



2021

НАУКОВІ ПРАЦІ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 27 № 1

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

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2021

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

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

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

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

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- Google Scholar

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

Editorial office address:

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

Recommended for publication by the Academic Council of the National University of Food Technologies. Minutes of meeting # 1 from 25th of February, 2021

© NUFT, 2021

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

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

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

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

- 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 25 лютого 2021 року

© НУХТ, 2021

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

Головний редактор

Editor-in-Chief

Олександр Шевченко

Olexander Shevchenko

д-р техн. наук, проф., Україна

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

Відповідальний секретар

Accountable secretary

Анастасія Шевченко

Anastasiia Shevchenko

канд. техн. наук, доц., Україна

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

Члени редакційної колегії:

Агота Гедре Райшене

Agota Giedre Raisiene

д-р екон. наук, Литва

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

Атанаска Тенсва

Atanaska Teneva

д-р екон. наук, доц., Болгарія

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

Анатолій Заїнчковський

Anatoly Zainchkovskiy

д-р екон. наук, проф., Україна

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

Анатолій Ладанюк

Anatoly Ladanyuk

д-р техн. наук, проф., Україна

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

Андрій Маринін

Andrii Marynin

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

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

Браян Мак Кенна

Brian McKenna

д-р техн. наук, проф., Ірландія

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

Валерій Мирончук

Valerii Myronchuk

д-р техн. наук, проф., Україна

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

Василь Кишенько

Vasyl Kyshenko

канд. техн. наук, проф., Україна

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

Василь Пасічний

Vasyl Pasichnyi

д-р техн. наук, проф., Україна

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

В'ячеслав Івашук

Vyacheslav Ivaschuk

д-р техн. наук, проф., Україна

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

Віктор Стабніков

Viktor Stabnikov

д-р техн. наук, проф., Україна

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

Володимир Зав'ялов

Volodymyr Zavialov

д-р техн. наук, проф., Україна

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

Володимир Іванов

Volodymyr Ivanov

д-р біол. наук, проф., Україна

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

Галина Колісник

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

ЗМІСТ

Автоматизація

та інформаційні технології

Луцька Н. М., Власенко Л. О., Пупена О. М. Технічні аспекти інтеграції відкритих онтологічних баз знань із сучасними автоматизованими системами управління

Дивак В. В., Шклярський С. М., Кузнєцов О. Ф. Використання MS Excel Office 365 у підготовці студентів економічних спеціальностей

Біотехнології

Михайлова О. Б., Ломберг М. Л., Красінко В. О. Біотехнологічні основи інтенсивного культивування лікарського базидієвого гриба *Fomitopsis betulina* (Fomitopsidaceae, Polyporales)

Пирог Т. П., Ярош М. Б., Вороненко А. А. Синтез мікробних екзополісахаридів на нетрадиційних субстратах

Економіка, менеджмент і маркетинг

Роганова Г. О., Ковальчук В. Ю. Оцінка конкурентоспроможності підприємства на прикладі ПрАТ «Оболонь»

Пенчук Г. С. Методичні підходи до моделювання бізнес-проектів на підприємстві

Скопенко Н. С., Євсєєва-Северина І. В. Формування товарної інноваційної політики підприємств молочної галузі

Механічна та електрична інженерія

Смагіна М. Н., Акуленко С. В., Смагін Д. А., Желудков А. Л. Применение моделирующих материалов при исследовании тепловых процессов переработки мясного сырья

Кулик В. В., Бурякин О. Б., Малогулко Ю. В., Телтя В. В., Лесько В. О. Забезпечення спостережності розподільних електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії

Шевченко О. Ю., Соколенко А. І., Максименко І. Ф., Мироненко С. М. Інтенсивні технології переробки плодів та ягід

Фізико-математичні науки

Пурський О. І., Романенко Р. П., Форостяна Н. П., Криворучко М. Ю., Литвінчук С. І. Дослідження світлодіодних джерел світла на UVКП

Харчові технології

Попова Н. В., Мисиюра Т. Г., Гавор А. І. Визначення якісних показників безалкогольного напою із соком помело та оптимізація його компонентного складу

Демидова А. О., Мольченко С. М., Левчук І. В., Носенко Т. Т. Вміст MCPD-ефірів і ефірів гліцидолу в олійно-жирових продуктах

CONTENTS

Automation

and Information Technologies

7 Lutska N., Vlasenko L., Pupena O. Technical aspects for integration of open ontological knowledge bases with modern automated control systems

22 Dyvak V., Shklyarsky S., Kuznetsov O. Use of MS Excel Office 365 in the training of students of economic specialties

Biotechnologies

32 Mykchaylova O., Lomberg M., Krasinko V. Biotechnological basis of intensive cultivation of medicinal mushroom *Fomitopsis betulina* (Fomitopsidaceae, Polyporales)

42 Pirog T., Yarosh M., Voronenko A. Synthesis of microbial exopolysaccharides on non-traditional substrates

Economy, Management and Marketing

53 Rohanova H., Kovalchuk V. Analysis of competitiveness of the enterprise on the example of PJSC "Obolon"

61 Penchuk A. Methodical approaches to modeling business projects at the enterprise

69 Skopenko N., Yevsieieva-Severyna I. Formation of innovation product policy of dairy enterprises

Mechanical and Electrical Engineering

80 Smahina M., Akulenko S., Smahin D., Zhalkou A. Application of modeling materials in the study of thermal processes of processing meat raw materials

90 Kulyk V., Burykin O., Malohulko Yu., Teptya V., Lesko V. The ensuring of distribution power networks monitoring with renewable energy sources

102 Shevchenko O., Sokolenko A., Maksymenko I., Myronenko S. Intensive technologies of fruit and berries processing

Physical and Mathematical Sciences

111 Pursky O., Romanenko R., Forostyana N., Kryvoruchko M., Litvynchuk S. Research of LED light sources on UMCD

Food Technologies

124 Popova N., Mysiura T., Gavor A. Determination of quality indicators of soft drink with pomelo juice and optimization of its component composition

135 Demydova A., Molchenko S., Levchuk I., Nosenko T. Content of MCPD-esters and glycidol esters in fat and oil products

- Сімахіна Г. О., Науменко Н. В., Камінська С. В.* 150 *Simakhina G., Naumenko N., Kaminska S.* Estimation of the nutritional value of quick-frozen fruit and berry half-products obtained with the usage of cryoprotection methods
- Оцінка харчової цінності швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів, отриманих із використанням методів криопротекції*
- Дорохович В. В., Гуленко А. М.* 160 *Dorohovych V., Hulenko A.* Determination of sunflower seed meal influence on the structural parameters of dough and physico-chemical parameters of butter cookies
- Визначення впливу шроту насіння соняшника на структурні показники тіста і фізико-хімічні показники здобного печива*
- Головко М. П., Колесник В. В., Полупан В. В., Пенкіна Н. М.* 168 *Holovko N., Kolesnyk V., Polupan V., Penkina N.* Research of predicted stability and quality of developed tinctures in the storage process
- Дослідження прогнозованої стійкості та якості розроблених настоянок у процесі зберігання*
- Шевченко А. О., Галенко О. О.* 182 *Shevchenko A., Galenko O.* Citrates of mineral substances in the technological process of manufacturing bakery products
- Цитрати мінеральних речовин у технологічному процесі виготовлення хлібобулочних виробів*
- Левандовський Л. В., Шендрік Т. Г., Куц А. М., Стукальська Н. М.* 188 *Levandovsky L., Shendrik T., Kuts A., Stukalska N.* Features of the use of activated carbons in alcoholic beverage production
- Особливості застосування активованого вугілля у лікєро-горілчаному виробництві*
- Різник А. О., Сильчук Т. А., Цирульнікова В. В., Тищенко О. М.* 199 *Riznyk A., Sylchuk T., Tsyrunnikova V., Tyshchenko O.* Justification of the choice of oatmeal for the production of bread products for restaurant business
- Обґрунтування вибору вівсяного толокна для виробництва хлібних виробів у закладах ресторанного господарства*

TECHNICAL ASPECTS FOR INTEGRATION OF OPEN ONTOLOGICAL KNOWLEDGE BASES WITH MODERN AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

N. Lutska, L. Vlasenko, O. Pupena
National University of Food Technologies

Key words:

*Ontological knowledge
Base
Semantic Web
Wikidata
SPARQL-query
Node
IIoT*

Article history:

Received 08.01.2021
Received in revised form
22.01.2021
Accepted 05.02.2021

Corresponding author:

N. Lutska
E-mail:
lutskanm2017@
gmail.com

ABSTRACT

Information systems and automated control systems are the engine of Industry 4.0, which are based on the processing of large amounts of data. Information is essentially the fuel for this engine. At the same time, even in the modern Web it is often difficult to find the necessary data among lots of information. Traditional search engines do not always make it possible to search for specific or complete data, so recently the ontological approach to building information search engines using the Semantic Web has been actively developed. This is also relevant for modern automated control systems and Internet of Things systems. Ontology-oriented technologies open up new possibilities for such systems. These capabilities can be used now, using the same resources of the Semantic Web, as they are based on a clear structuring of data and relationships and dependencies between pieces of information.

The paper highlights the integration of open ontological knowledge bases into a modern automated control system, built on the concept of the industrial Internet of Things IIoT. Wikidata is used as an ontological knowledge base, and Node-Red is used as a development and implementation tool for Edge-gateway devices in the IIoT structure.

The main components of Semantic Web, such as RDF, OWL and SPARQL are listed. On the example of the open ontological knowledge base Wikidata the peculiarities of its work were given and four SPARQL-queries of different content were formed: text, graphic and geographical coordinates.

In the last section of the article, a simple example of generating SPARQL-queries in Node-Red development medium was implemented to demonstrate the capabilities. The program and the result of its execution through the HTTP protocol was given. The HTTP-response removes useful information that is sent to the Node-RED Dashboard visualization page.

Thus, the examples given in the article illustrate the possibilities of using Semantic Web in automated data retrieval on the Internet, in particular in the popular free Wikidata database. Clear structuring and identification of information significantly improves the work with heterogeneous data sources, provides multiple use of information in different queries, which ensures the "machine-readability" of Internet data by an automated system.

ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ІНТЕГРАЦІЇ ВІДКРИТИХ ОНТОЛОГІЧНИХ БАЗ ЗНАНЬ ІЗ СУЧАСНИМИ АВТОМАТИЗОВАНИМИ СИСТЕМАМИ УПРАВЛІННЯ

Н. М. Луцька, Л. О. Власенко, О. М. Пупена

Національний університет харчових технологій

Рушієм Індустрії 4.0 є інформаційні системи та автоматизовані системи керування, які базуються на обробці великої кількості даних. Інформація є, по суті, паливом для цього рушія. У той же час навіть у сучасній WEB-навугині часто важко знайти потрібні дані серед множини інформації. Традиційні пошукові системи не завжди надають можливість провести пошук специфічних або повних даних, тому останнім часом активно розвивається онтологічний підхід побудови інформаційних пошукових систем засобами семантичного Web (Semantic Web). Це є актуальним і для сучасних автоматизованих систем управління та систем Інтернету речей. Онтолого-орієнтовані технології створюють для таких систем нові можливості, якими можна користуватися вже зараз, застосовуючи ті самі ресурси семантичного Web, оскільки в їх основі чітке структурування даних та відношень і залежностей між частинами інформації.

У статті висвітлено питання інтеграції відкритих онтологічних баз знань у сучасну автоматизовану систему управління, що побудована на основі концепції промислового Інтернету речей IIoT. Як онтологічна база знань використовується Wikidata, а як засіб розробки та виконання для пристроїв Edge-gateway в структурі IIoT — середовище Node-Red.

Наведено основні компоненти Semantic web, такі як RDF, OWL та SPARQL. На прикладі відкритої онтологічної бази знань Wikidata приведені особливості її роботи та сформовано чотири SPARQL-запити різного вмісту: текстового, графічного та географічних координат.

В останньому розділі статті для демонстрації можливостей реалізовано простий приклад формування SPARQL-запитів у середовищі розробки Node-Red. Наведено програму та результат її виконання через протокол HTTP. У HTTP-відповіді вилучається корисна інформація, що направляється на сторінку візуалізації результатів Node-RED Dashboard.

Отже, наведені в статті приклади ілюструють можливості використання Semantic Web при автоматизованому пошуку даних в Інтернеті, зокрема в популярній безкоштовній базі даних Wikidata. Чітке структурування та ідентифікація інформації суттєво покращує роботу з неоднорідними джерелами даних, забезпечує багаторазове використання інформації в різних запитах, що забезпечує «читабельність» Інтернет-даних автоматизованою системою.

Ключові слова: онтологічна база знань, Semantic Web, Wikidata, SPARQL-запит, вузол, IIoT.

Постановка проблеми. Онтологія — це формалізоване представлення знань про певну предметну галузь (домен), придатне для автоматизованої обробки [1]. Останні десятиліття набуває стрімкого розвитку Semantic Web (семантична павутина) та Ontology Engineering (онтологічний інжиніринг).

Математично онтологію можна представити у вигляді кортежу [1; 2]:

$$O = \{C, A, R, T, F, D\}, \quad (1)$$

де C — класи (Classes), набори, колекції, поняття, типи предметів або види сутностей; A — атрибути (Attributes), аспекти, властивості, ознаки, характеристики або параметри, які можуть мати об'єкти (і класи); R — відносини (Relations), способи, якими класи та об'єкти можуть бути пов'язані між собою; T — типи даних (Datatype), набір стандартних типових значень атрибутів; F — обмеження (Restrictions), зокрема офіційно викладені описи того, що має бути істинним, щоб якесь твердження було прийняте як вхідне, сюди також відносяться аксіоми (Axioms) — твердження (включаючи правила Rules) у логічній формі, що разом формують загальну теорію, яку онтологія описує у своїй сфері застосування; D — індивідууми (Individuals), екземпляри або об'єкти класів.

Онтологію класифікують за різними ознаками, зокрема повнотою, рівнем узагальнення, предметною або застосованою галуззю (доменом), призначенням або описовою мовою. Стандартизація знайшла своє місце при формуванні онтологій верхнього рівня (наприклад, BFO — стандарт ISO/IEC 21838-2 [3]), мов опису онтологій (наприклад, RDF [4] та OWL [5]), а також моделі збереження та представлення певної предметної галузі (наприклад, ISO 15926 [6]).

Онтології використовують як у класичних системах АСКТП, так і в сучасних системах промислового Інтернету речей ІоТ. У класичних системах АСКТП онтології можуть використовуватися для формування бази знань в експертних системах, зокрема в системах підтримки прийняття рішень [8]. У той же час розглядається використання бази знань на основі онтологій для представлення стандартів АСКТП. Зокрема, у [8; 9] розглянуті питання використання онтологій для формування бази знань зі стандарту ISA-88 (IEC 61512), що дає змогу не тільки формувати підсистему підтримки прийняття рішень для операційної діяльності, а й допомагати при проектуванні.

У контексті ІоТ онтологія може використовуватися:

- як база збереження знань, що зберігає інформацію протягом усього життєвого циклу пристрою (онтологічне сховище);
- як база знань для моделювання предметної галузі, що працює над звичайною історичною базою даних та здобуває з останньої необхідні знання (база знань);
- як база для представлення метаянформації про цифрового двійника для можливості її використання при побудові адаптованої взаємодії з іншими складовими системи;
- як засіб інформаційної підтримки ІоТ, що працює з відкритими онтологічними базами в мережі і служить для представлення допоміжної інформації людині (семантична павутина).

Перші три напрямки лише почали свій розвиток і знаходяться на стадії пошуку функціонального застосування. Є декілька прикладів прикладного застосування, однак системної узагальнюючої методології на сьогодні не існує. Міжнародні організації зі стандартизації (наприклад, ISO) оголосили, що в наступні роки будуть зосереджуватися на онтологічних моделях, які представляють структуру та формат збереження інформаційної моделі пристрою в мережі.

Що стосується останнього напрямку, то він вимагає ще більш глибокого вивчення, однак уже можна використовувати розроблені відкриті онтологічні бази знань, такі як Wikidata та DBdata. Пропонована стаття покликана висвітлити питання інтеграції відкритих онтологічних баз знань в автоматизовану систему керування, що оснащена засобами IoT.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Семантична павутина (Semantic WEB) є розширенням всесвітньої павутини за допомогою стандартів, встановлених Консорціумом всесвітньої павутини (W3C). Мета семантичної мережі — зробити Інтернет-дані читабельними машиною.

В основі семантичного WEB лежать три основоположні стандартизовані визначення: RDF, OWL та SPARQL [1—5; 7]. Перші дві технології використовуються для представлення метаданих, остання — для формування запитів до онтологічної бази. Вбудована семантика пропонує суттєві переваги, такі як міркування над даними та робота з неоднорідними джерелами даних, забезпечує загальну структуру, яка дає змогу обмінюватися та використовувати дані повторно через межі застосунків.

RDF (Framework Description Framework) — це середовище опису ресурсів, що подає твердження про ресурси у вигляді триплетів (triple) [4]. Ресурсом у RDF може бути будь-яка сутність — як інформаційна (наприклад, веб-сайт або зображення), так і неінформаційна (наприклад, людина, місто, абстрактне поняття). Для позначення суб'єктів, відносин і об'єктів у RDF використовуються URI. URI (Uniform Resource Identifier) — це уніфікований ідентифікатор ресурсів, який однозначно ідентифікує окремий абстрактний чи фізичний ресурс та описується уніфікованим ім'ям ресурсу URN (Uniform Resource Name) або уніфікованим локатором ресурсу URL (Uniform Resource Locator).

Множина RDF-тверджень утворює орієнтований граф, у якому вершинами є суб'єкти та об'єкти, а ребра відображають відносини. Об'єктом може бути як ресурс URI, так і RDF-літерал (значення). RDF підтримує декілька видів серіалізації (serialization formats): RDF/XML — стандартна форматна база XML; N-Triples — простий формат; Turtle — зручний формат; JSON-LD — формат на базі JSON; RDFa і Microdata — формат RDF-розмітки HTML-сторінок.

Безпосередньо RDF не є стандартом метаданих, як, наприклад, Dublin Core, FOAF, vCard. Все, що він «уміє», — фіксувати твердження про ресурси, їх властивості та значення цих властивостей. Розширенням RDF є RDFS (Shema RDF), що додатково вводить класи та відносини, таким чином формуючи онтологічну структуру бази знань.

До важливих характеристик RDF/RDFS слід віднести: узагальнений спосіб роботи з метаданими; орієнтація на програмне забезпечення як кінцевого споживача інформації; можливість здійснювати автоматичну обробку Web-ресурсів: пошук; каталогізацію; генерацію ієрархічних карт сайтів. Недоліки RDF/RDFS: відкритість і розширюваність RDF призводить до того, що «хто завгодно (тобто будь-який користувач RDF) може сказати, що завгодно (тобто фіксувати довільне твердження) про що завгодно (тобто про будь-який ресурс)», використовуючи RDF. RDF не забороняє виголошувати безглузді твердження або твердження, які не узгоджуються з іншими. Отже, жодної гарантії цілісності і несуперечності RDF-описів немає. Вся відповідальність за перевірку лягає на одержувачів (кінцевих користувачів) метаданих, тобто на розробників застосунків, що обробляють RDF-дані).

OWL (Web Ontology Language) — мова представлення онтологій у Web [5]. Фактично, це словник, який розширює набір термінів, визначених RDFS. OWL-онтології можуть містити описи класів, властивостей та їхніх екземплярів. Перевагами OWL є орієнтованість на незалежну розподілену розробку онтологій. Синтаксис мови такий, що будь-який клас, екземпляр або властивість можна доозначити незалежно від того, як вони були визначені спочатку. Процес доозначення не потребує будь-якого узгодження з автором вихідного визначення і може здійснюватися без зміни документа, де зафіксовано вихідне означення (тобто в окремому документі). Тож знання про екземпляри, класи і властивості можуть накопичуватися й уточнюватися поступово, за участі великої кількості людей. А недоліком OWL є те, що вона не дає відповіді на питання, як уникнути додавання в онтологію суперечливих тверджень і що робити, якщо виникнуть суперечності. Для вирішення проблеми несуперечності доводиться створювати спеціальні діагностичні методи і засоби.

OWL регламентує синтаксис і семантику. Семантика, заснована на RDF [OWL2 RDF-Based Semantics], надає значення безпосередньо графікам RDF і, отже, опосередковано структурам онтології за допомогою графіків відображення на RDF. Семантика на основі RDF повністю сумісна з RDF Semantics [RDF Semantics] і розширює семантичні умови, визначені для RDF. Семантику на основі RDF можна застосовувати до будь-якої онтології OWL 2, без обмежень, оскільки будь-яка онтологія OWL 2 може бути зіставлена з RDF. Прямая семантика [OWL 2 Direct Semantics] надає значення безпосередньо онтологічним структурам, у результаті чого семантика сумісна з теоретичною семантикою моделі логіки опису SROIQ — фрагментом логіки першого порядку з корисними обчислювальними властивостями. Перевагою цього є те, що велика література з опису логіки та досвід реалізації можуть бути безпосередньо використані інструментами OWL 2. Однак деякі умови повинні бути встановлені на онтологічних структурах, щоб забезпечити можливість їх переведення в базу знань SROIQ.

Що стосується синтаксису, то в стандарті означено п'ять синтаксичних структур OWL: RDF/XML, OWL/XML, Functional Syntax, Manchester Syntax та Turtle. Всі вони є набором інструкцій для опису триплетів RDF.

SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) — мова запитів до даних, представлених моделлю RDF, а також протокол для передачі цих запитів і відповідей на них. SPARQL є рекомендацією консорціуму W3C і однією з технологій семантичної павутини [7].

Шаблон формування запитів до онтологічної бази:

```
PREFIX foo: <http://example.com/resources/>
```

```
# префіксні оголошення
```

```
FROM ...
```

```
# джерела запиту
```

```
SELECT ...
```

```
# пункт результату
```

```
WHERE {...}
```

```
# критерії запиту
```

```
ORDER BY ...
```

```
# модифікатори запиту
```

Префіксні оголошення служать для скорочення URL. Джерела запиту визначають, які RDF графи запитуються. Пункт результату повертає набір даних (вибірку), які задовольняють критерії запиту. Критерії запиту визначають, що запитувати в базовому наборі даних. Модифікатори запиту обмежують, упорядковують і перетворюють результати запиту.

Метою статті є демонстрація на простому прикладі можливостей інтеграції відкритих онтологічних баз знань із сучасними автоматизованими системами керування, що побудовані на основі концепції промислового Інтернету речей ПоТ.

Викладення основних результатів дослідження.

Передусім варто зауважити, що у статті не розглядається конкретна предметна галузь, яка стосується мети інтеграції, аналізуються лише аспекти технічної реалізації. Тому як онтологічна база знань використовується Wikidata (віکیدані), а домен вибрано довільно — це відомі особистості. Як засіб розробки та виконання застосунків для пристроїв Edge-gateway в структурі ПоТ застосований Node-Red.

1. Особливості роботи з відкритою базою знань Wikidata.

Wikidata (віکیدата) — це безкоштовна, спільна, багатомовна, вторинна база даних, яка збирає структуровані дані для забезпечення підтримки Wikipedia (Вікіпедії), Wikimedia Commons (вікісховища), інших вікіпроектів у світі для будь-кого. Це означає, що безкоштовні дані у віکیدата публікуються в рамках Creative Commons Public Domain Dedication 1.0, що дає змогу повторно використовувати дані у багатьох різних сценаріях. Тобто можна копіювати, модифікувати, розповсюджувати та використовувати дані, навіть у комерційних цілях, не вимагаючи дозволу. Дані (спільні) вводяться та зберігаються редакторами Wikidata, які визначають правила створення та управління вмістом. Автоматизовані боти також вводять дані у сховище. Редагування, споживання, перегляд і повторне використання даних є багатомовним. Дані, введені будь-якою мовою, негайно доступні всіма іншими мовами. Редагування будь-якою мовою можливе і заохочується. Як вторинна база даних віکیدані записують не лише

твердження, а й їх джерела, а також зв'язки з іншими базами даних. Це відображає різноманітність наявних знань і підтримує уявлення про можливість їх перевірки. Нав'язування високого ступеня структурованої організації дає змогу повторно використовувати дані проектами вікімедіа й третіми сторонами, а також обробляти їх комп'ютерами та «розуміти». Вікідані допомагають Wikidata легше підтримувати інформаційні вікна та посилання на інші мови, зменшуючи таким чином навантаження на редагування, одночасно покращуючи якість. Оновлення однією мовою доступні для всіх інших мов. Будь-яка людина може використовувати вікідані будь-якого обсягу різним способом, використовуючи спеціальний програмний інтерфейс. Зокрема, останніми підтримуються мови Python, JS, Java, Matlab та ін.

Сховище вікіданих (The Wikidata repository). Елементи (сутності) та їх дані взаємопов'язані. Сховище Wikidata складається з елементів, кожен з яких має мітку (items), опис та будь-яку кількість псевдонімів. Сутності однозначно ідентифікуються позначкою Q, за якою слідує число, наприклад, Тарас Шевченко — Q134958 (рис. 1).

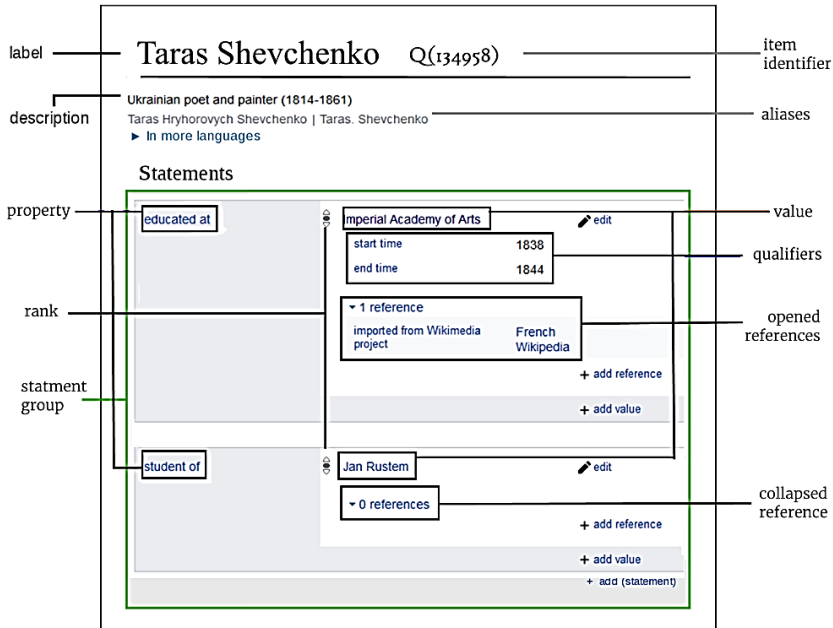


Рис. 1. Терміни вікіданих на прикладі елемента бази

Стани (Statements) описують детальну характеристику об'єкта та складаються з властивості (property) та значення (value). Властивості у Wikidata мають мітку P, за яким слідує цифра, наприклад, *навчався в* (P69). Для людини можна додати властивість, щоб зазначити, де вона здобула освіту, вказавши значення для школи. Для будівель можна призначити властивості географічних координат, вказавши значення довготи та широти. Властивості також можуть посилатися на зовнішні бази даних. Властивість, яка пов'язує елемент із зовнішньою базою даних, наприклад, базою даних контролю доступу, що використовується бібліотеками

та архівами, називається ідентифікатором (identifier). Спеціальні посилання на сайт підключають елемент до відповідного вмісту на вікіпрограмах клієнтів, таких як Вікіпедія (Wikipedia), вікікниги (Wikibooks) чи вікіцитати (Wikiquote).

У табл. 1 записано твердження, що Тарас Григорович Шевченко народився в селі Моринці.

Таблиця 1. Формування триплету в Wikidata

Item	Property	Value
Q134958	P19	Q2180620
Тарас Григорович Шевченко	Місце народження	с. Моринці

Уся ця інформація може відображатися будь-якою мовою, навіть якщо дані походять іншою мовою. При доступі до цих значень клієнтські вікі відображають найсвіжіші дані.

Доступ до Wikidata. Існує ряд способів отримати доступ до віکیدаних за допомогою вбудованих інструментів, зовнішніх інструментів або інтерфейсів програмування. Запит Wikidata та Reasonator — це найпопулярніші інструменти для пошуку та вивчення елементів Wikidata. Сторінка інструментів містить великий перелік цікавих проєктів для вивчення.

Клієнтські вікі можуть отримати доступ до даних своїх сторінок за допомогою інтерфейсу Lua Scribunto. Так, можна отримати всі дані самостійно, використовуючи API віکیدаних. При формуванні запитів до Wikidata застосовуються функціональні префікси даних, що використовуються для експорту моделі Wikidata у форматі RDF.

2. Приклади формування запитів до сховища Wikidata.

Приклад 1. Вивести всі твори Т. Г. Шевченка. Щоб сформувати такий запит, потрібно зайти на необхідний вузол (якщо він існує) та переглянути структуру даних (рис. 1). Твори Т. Г. Шевченка знаходяться за властивістю P800, однак туди входять не всі роботи, тому для доступу до всіх творів автора потрібно скористатися властивістю P50.

Далі формується SPARQL-запит виду:

```
SELECT ?book ?bookLabel WHERE {
  ?book wdt:P50 wd:Q134958.
  SERVICE wikibase:label {bd:serviceParam wikibase:language "[AUTO_LANGUAGE],en".}
}
```

Додаткове сервісне розширення запиту допомагає вивести поле Label (короткий опис) вузла з автоматичним вибором мови (в нашому випадку пріоритетом буде українська мова, якщо вона існує у вузлі).

Результат запиту бачимо у нижній частині вікна запиту на рис. 2. Цей запит можна імпортувати в програмне забезпечення користувача, скориставшись інструментом `</>` Код. У наступному розділі ця властивість буде використана при імпорті в середовище Node-Red.

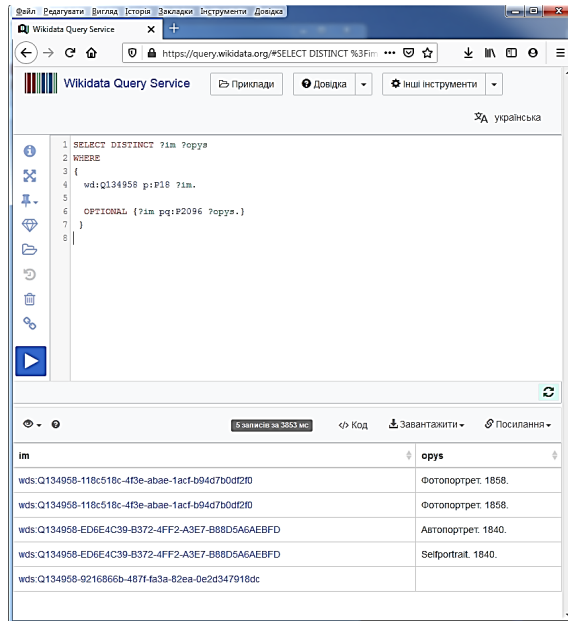


Рис. 2. Запит і відповідь до прикладу 1

Приклад 2. Зображення Т. Г. Шевченка з описом. Нижче наведений запит виводить всі вузли-значення, що містять зображення автора з описом.

```
SELECT DISTINCT ?im ?opys WHERE {
  wd:Q134958 p:P18 ?im.
  OPTIONAL { ?im pq:P2096 ?opys. } }
```

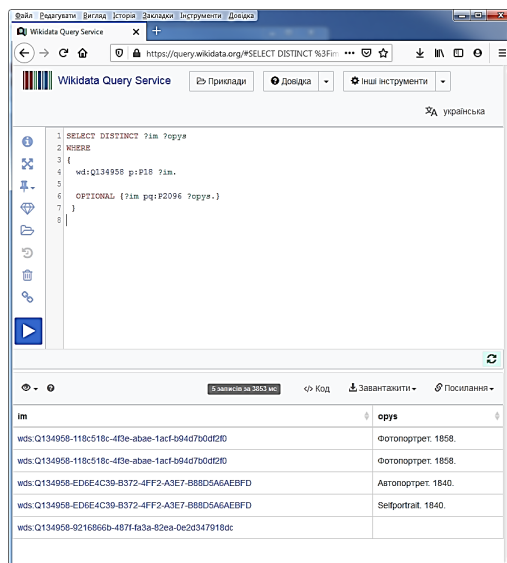


Рис. 3. Запит і відповідь до прикладу 2

Те саме, але з виведенням зображення (використовується пряме посилання wdt).

```
#defaultView:ImageGrid  
SELECT DISTINCT ?im WHERE { wdt:Q134958 wdt:P18 ?im. }
```

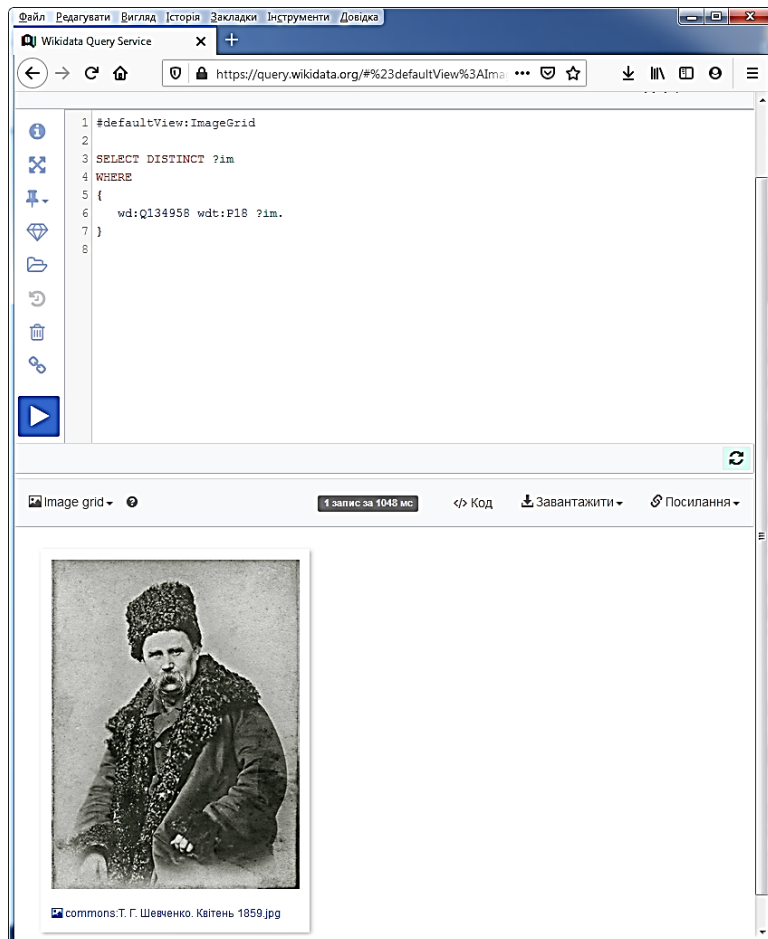


Рис. 4. Запит і відповідь до прикладу 2 з візуалізацією зображення

Приклад 3. Сферу діяльності автора можна вивести наступним запитом

```
SELECT ?prof ?profLabel WHERE {  
  wd:Q134958 wdt:P106 ?prof.  
  OPTIONAL {  
    ?prof rdfs:label ?profLabel.  
    FILTER((LANG(?profLabel)) = "uk") } }
```

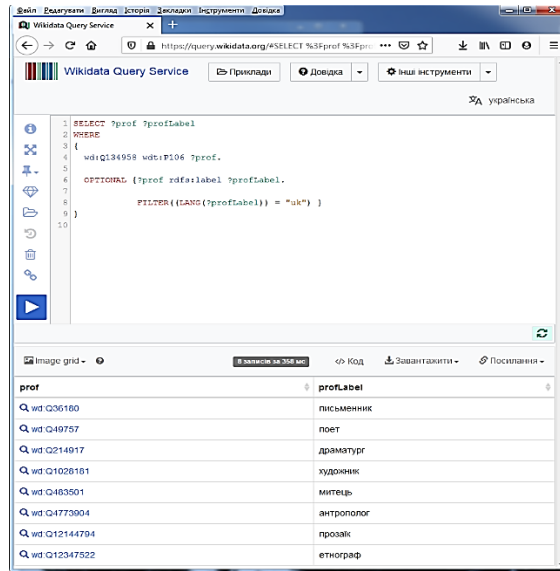


Рис. 5. Запит і відповідь до прикладу 3

Приклад 4. Точки геолокації громадянства Т. Г. Шевченко. При цьому запиті формуються маркери на карті України та Росії. Більше та точніше визначення та розташування у базі не закладено.

```

#defaultView:Map
SELECT DISTINCT ?mista ?geo WHERE {
  wd:Q134958 p:P27 _:b3.
  _:b3 ps:P27 ?mista.
  ?mista wdt:P625 ?geo. }

```

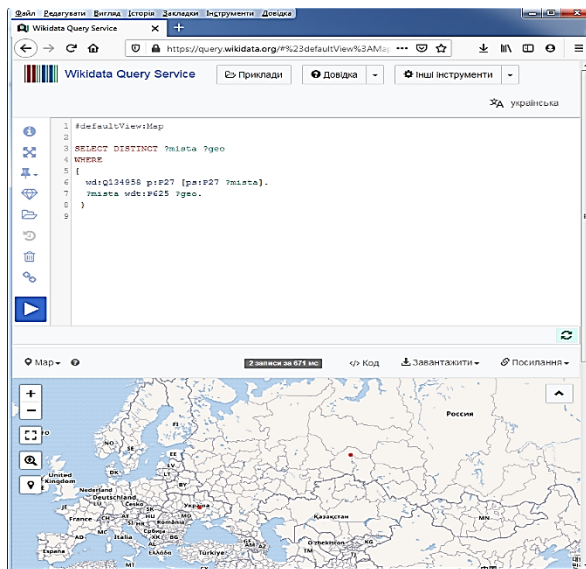


Рис. 6. Запит і відповідь до прикладу 4

3. Інтеграція даних Wikidata з середовищем виконання ІюТ.

Node-RED — це інструмент програмування для об'єднання апаратних пристроїв, API та онлайн-послуг новими та цікавими способами. Редактор функціонує на основі браузера, а програма виглядає як об'єднані в потоки (flow) вузли (node), що вибираються з палітри. Після редагування потоки можуть бути розгорнуті в середовище виконання в один клік. Вбудована бібліотека дає змогу зберігати корисні функції, шаблони або потоки для повторного використання. Легке середовище виконання побудоване на Node.js, що використовує подієво-керовану неблокуючу модель. Це робить його ідеальним для роботи на краю (Edge) мережі на недорогих апаратних засобах ІюТ, а також у хмарі.

Як приклад розглянемо інтеграцію інформації з Wikidata, що отримана в розділі 2, з Node-Red, що використовується як засіб розробки та виконання для пристроїв Edge-gateway [8]. Для витягування даних використовується протокол HTTP (HyperText Transfer Protocol), приклад застосування якого зображено на рис. 7. Відмітимо лише, що SPARQL-запит формується у URL, що надсилається, а отримана відповідь у форматі html включає дані, що витягаються з Wikidata.

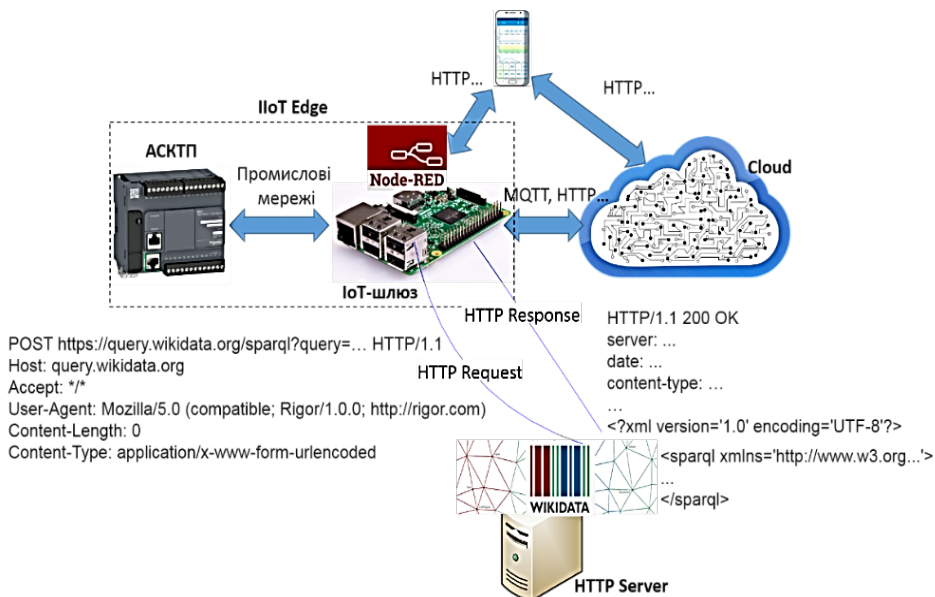


Рис. 7. Формування заголовків і даних HTTP-обміну

Програма Node-Red (рис. 8, рис. 9), окрім вхідних (tsh запит 1 та 2) та вихідних вузлів (debug 1 та 2), містить вузли, що формують безпосередньо HTTP-запит (Формувати запит 1 та 2), ініціюють HTTP-запит (запит 1 та 2), витягають корисну інформацію з html-відповіді (вибірка 1 та 2), перевіряють статус відповіді (перевірка 1 та 2).

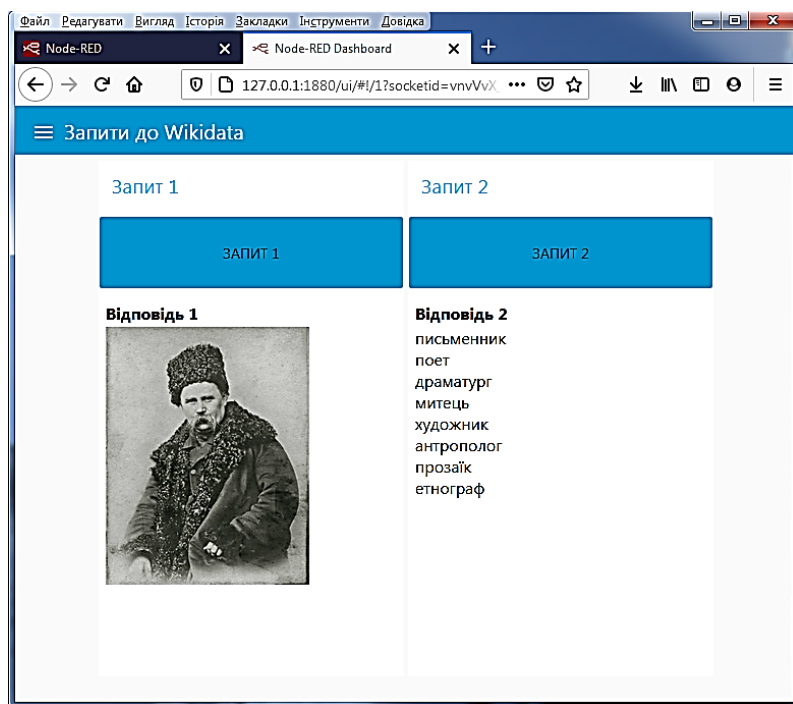


Рис. 10. Відображення результатів на сторінці клієнта через модуль Node-RED Dashboard

Висновки

Інтегрування відкритих онтологічних баз знань у сучасні АСУ набуває розвитку, про це свідчить робота над розробкою стандартів ISO з онтології. Перевагою використання онтологічних баз знань є наявність стандартизованих визначень: RDF, OWL та SPARQL. На простих прикладах показано особливості побудови SPARQL-запитів за допомогою вбудованих інструментів Wikidata та Reasonator і можливість імпорту його в програмне забезпечення користувача, зокрема в середовище Node-Red. Це забезпечує широкі можливості для роботи з відкритими даними в усіх сферах науки і техніки.

Слід відмітити, що певною складністю при написанні SPARQL-запитів на початковому етапі може стати для користувача чітке розуміння онтологічних відношень між інформаційними даними онтологічної бази даних. Також слід ураховувати, що правильність отриманих результатів безпосередньо залежить від коректності написаного запиту.

У пропонованій статті розглянутий приклад доступу до інформації у відкритій онтологічній базі без урахування специфіки задачі та необхідної предметної галузі. Це було зроблено свідомо для зосередження на технічних аспектах використання. У подальшому планується створити приклад застосунку, більш орієнтованого на конкретну предметну галузь для практичного використання в промисловому Інтернеті речей. Слід також зауважити, що використання відкритих

баз знань передбачає обережне ставлення до надійності представленої інформації. Проте ці ж технології можна використовувати для розробки своїх баз знань, а також для переносу існуючих онтологій у свої бази.

Література

1. Staab S., Studer R. *Handbook on ontologies*, 2nd Edition. Dordrecht, Springer 2009. Series: International handbooks on information systems, 811; doi: 10.1007/978-3-540-92673-3.
2. Allemang D., Hendler J. *Semantic web for the working ontologist*, 2nd Edition. Publisher: Morgan Kaufmann, 2011. 384.
3. International Organization for Standardization. *ISO/IEC 21838-2 Information technology — top-level ontologies — Part 2: Basic Formal Ontology*; 2019.
4. World Wide Web Consortium (W3C). *Resource Description Framework. Model and Syntax Specification*, 1999. URL: <https://www.w3.org/TR/1999/REC-rdf-syntax-19990222/>.
5. World Wide Web Consortium (W3C). *OWL 2 Web Ontology Language. Structural Specification and Functional-Style Syntax*, 2nd Edition, 2012. URL: <https://www.w3.org/TR/2012/REC-owl2-syntax-20121211/>.
6. International Organization for Standardization. *ISO 15926-13:2018 Industrial automation systems and integration — Integration of life-cycle data for process plants including oil and gas production facilities Part 1 — 13*; 2012-2020.
7. World Wide Web Consortium (W3C). *SPARQL 1.1 Overview*, 2013. URL: <https://www.w3.org/TR/2013/REC-sparql11-overview-20130321/>.
8. Principles for enhancing the development and use of standards within Industry 4.0., *Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем*, БГТУ, 4, 2020.
9. Ontological Approach for Standards Development Within Industry 4.0. / Taberko V., Ivaniuk D., Shunkevich D., Pupena O., *International Conference on Open Semantic Technologies for Intelligent Systems. OSTIS 2020: Open Semantic Technologies for Intelligent System*, 2020. P. 64—80.

USE OF MS EXCEL OFFICE 365 IN THE TRAINING OF STUDENTS OF ECONOMIC SPECIALTIES

V. Dyvak, S. Shklyarsky, O. Kuznetsov

Kyiv National University of Trade and Economics

Key words:

*MS Excel
Office 365 service
Managers
Group activities*

Article history:

Received 11.01.2021
Received in revised form
25.01.2021
Accepted 08.02.2021

Corresponding author:

V. Dyvak
E-mail:
v.dyvak@knute.edu.ua

ABSTRACT

The article discusses the features of using the corporate platform Office 365 in the organization of the educational process of students of economic specialties. Peculiarities of application of MS Excel application of cloud service Office 365 on an example of mathematical, statistical, financial and economic calculations and designing of common work of teachers with students of a specialty 073 “Management” were investigated.

The methodology that covers subject training in the discipline “Information technology in professional activities”, which covers elements of the use of cloud services in education and further professional activities was offered.

The object of the study was the corporate platform Office 365, which provides access to tools and services for educational purposes, testing technologies for the use of electronic educational resources and designing the educational medium of students and teachers.

The purpose of the article is to display certain elements of the use of MS Excel functions and the principles of the “Edit” and “Share” commands of the document in the cloud.

The research methodology includes working out practical tasks in MS Excel to solve mathematical, logical, financial functions, date and time functions, as well as working with the commands “Edit” and “Sharing”.

In MS Excel it is possible to perform calculations for certain categories of functions. The peculiarity of the calculation is that the names of all functions of the MS Excel application of the corporate platform Office 365 are written in Latin letters. It is possible to make changes to the document quickly, edit and collaborate with it, view the document in the browser; make quick changes, notes; print from a browser; store a document in the OneDrive file store.

The introduction of the developed method of teaching students of economic specialties creates conditions for improving learning outcomes, intensifies group work of students. The prospect of further research is further theoretical substantiation and wider approbation of the developed methodology, creation of methodical recommendations for work in MS Word, MS PowerPoint applications.

ВИКОРИСТАННЯ MS EXCEL OFFICE 365 У ПІДГОТОВЦІ СТУДЕНТІВ ЕКОНОМІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

В. В. Дивак, С. М. Шклярський, О. Ф. Кузнєцов

Київський національний торговельно-економічний університет

У статті досліджено особливості застосування MS Excel додатку хмарного сервісу Office 365 на прикладі математичних, статистичних, фінансово-економічних розрахунків і проєктування групової роботи викладачів зі студентами спеціальності 073 «Менеджмент».

Запропоновано методику, яка передбачає предметне навчання з дисципліни «Інформаційні технології в професійній діяльності», що охоплює елементи використання хмарних сервісів у навчанні та в подальшій професійній діяльності.

Об'єктом дослідження є корпоративна платформа Office 365, що забезпечує доступ до засобів і сервісів навчального призначення, відпрацювання технологій використання електронних освітніх ресурсів і проєктування освітнього середовища студентів і викладача.

Методика дослідження передбачає відпрацювання практичних завдань у MS Excel для вирішення математичних, логічних, фінансових функцій, функцій дати та часу, а також роботу з використанням команд «Редагування» та «Спільний доступ».

Зазначено, що MS Excel дає змогу проводити розрахунки за певними категоріями функцій. Особливість розрахунку полягає в тому, що назви всіх функцій додатку MS Excel корпоративної платформи Office 365 прописуються латинськими літерами. Існує можливість швидкого внесення змін у документ, його редагування та спільної роботи з ним, перегляд документа в браузері, внесення швидких змін, приміток, друк із браузера зберігання документа в сховищі файлів OneDrive.

Впровадження розробленої методики навчання студентів економічних спеціальностей створює умови для покращення результатів навчання, активізує групову роботу студентів. Перспективою подальших досліджень є подальше теоретичне обґрунтування та більш широка апробація розробленої методики, створення методичних рекомендацій щодо роботи в додатках MS Word, MS PowerPoint.

Ключові слова: *MS Excel, сервіс Office 365, менеджери, групово діяльність.*

Постановка проблеми. Все більшої популярності у сфері бізнесу та освіти набувають так звані «хмарні обчислення» [1]. Прикладом запровадження хмарних обчислень в освітньому процесі є сервіс Office 365. Одним із завдань, які вирішують викладачі з допомогою використання сервісу Office 365 в навчальному процесі, є надання студентам групових завдань та їх контроль, здійснення відеовикликів для вирішенні конкретних завдань, планування проєктів та їх виконання, обмін миттєвими повідомленнями [3; 5].

Цей сервіс пропонує набір програм, що включає в себе безкоштовну електронну пошту, проведення відеоконференцій і здійснення голосових викликів, а

також програми, що дають змогу створювати і редагувати документи в онлайн-режимі [9].

Використання сервісу Office 365 у закладах вищої освіти дає змогу забезпечити доступ учасників освітнього процесу до технологій навчання та управління освітніми закладами. Це стосується як науково-педагогічних працівників, так і студентів, які навчаються за певним спеціальностями [1].

Практична підготовка студентів за спеціальністю 073 «Менеджмент» передбачає використання сервісу Office 365, зокрема MS Excel. Адже для ефективної роботи майбутнього управлінця, менеджера необхідні ефективні рішення. Прийняття ефективних рішень часто залежить від інструментарію розрахунку цих рішень. Програма MS Excel проводить розрахунки аналізу даних, прогнозування, складання графіків погашення, таблиць і діаграм, обчислення простих і складних функцій.

У запропонованому дослідженні описано додаток MS Excel, який належить до хмарного сервісу Office 365.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням використання сервісу Office 365 присвячені наукові дослідження В. В. Серогодського, Т. А. Вакалюк, С. Г. Литвинової, В. П. Татаурова [1; 3; 7; 8] та ін. Проведені дослідження свідчать, що використання хмарних сервісів в освітньому процесі закладів вищої освіти є актуальним. Розглядаються такі питання, як організація спільного доступу до програмного забезпечення навчального призначення; створення і використання електронних освітніх ресурсів, використання додатків сервісу Office 365 в освітній діяльності; командної роботи студентів і викладачів тощо.

Дослідники Н. І. Степанова, Л. Л. Ройко, Т. П. Крутоус обґрунтували можливість використання табличного процесора MS Excel для організації математичних, статистичних і фінансово-економічних розрахунків [2; 4; 6].

Аналіз результатів досліджень свідчить про недостатнє висвітлення питання використання сервісів спільної роботи викладачів і студентів, зокрема у закладах вищої педагогічної освіти, а також обробки інформації в середовищі табличного процесора MS Excel в діяльності майбутніх менеджерів.

Тому, з нашої точки зору, особливий інтерес у цьому плані має процес навчання з дисципліни «Інформаційні технології в професійній діяльності». У вивченні цієї дисципліни закладаються основи ІКТ-компетентності фахівців, здатних до впровадження і використання у своїй професійній діяльності інформаційних технологій, зокрема спільної роботи у хмаро орієнтованих середовищах. Саме тут формуються знання, уміння і навички, необхідні для ефективного використання сучасних інформаційних технологій, уміння застосовувати табличний процесор MS Excel з метою ефективного розв'язання завдань щодо отримання, обробки, збереження та подання інформації.

Метою статті є відображення певних елементів використання функцій MS Excel і принципів роботи команд «Редагування» та «Спільний доступ» документа у хмаро орієнтованому середовищі.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження є навчальний процес з використанням корпоративної платформи Office 365. Зміст навчання охоплює предмет-

не вивчення сервісів Office 365 для проектування освітнього середовища студентів і викладача, забезпечення доступу до засобів і сервісів навчального призначення, відпрацювання технологій використання електронних освітніх ресурсів та оцінювання результатів навчання [10].

У дослідженні використовували елементи MS Excel Office 365 в підготовці студентів економічних спеціальностей.

Методи навчання: словесні (лекції, пояснення, бесіди); практичні (лабораторні та практичні роботи, вправи, розв'язання задач); дослідницькі (частково-пошуковий, проблемно-пошуковий, евристичний).

Викладення основних результатів дослідження. В MS Excel є можливість проводити розрахунки за певними категоріями функцій: фінансовими, дати і часу, математичними, статистичними, логічними, текстовими, роботи з базою даних. Усі вони необхідні для ефективної роботи майбутніх менеджерів [6; 8]. У професійній роботі менеджерами найчастіше використовуються функції категорії «Математичні» («Математические»).

До категорії функцій «Математичні» належать такі види функцій: ABS — повертає модуль (абсолютну величину) числа; SIN, COS, TAN — здійснюють розрахунок значень тригонометричних функцій (синуса, косинуса і тангенса); PI — повертає число π ; EXP — повертає експоненту заданого числа; LN — здійснює розрахунок натурального логарифма числа; SQRT — повертає квадратний корінь числа; POWER — повертає результат піднесення числа до степеня.

Приклад 1. Здійснити розрахунок доходу від реалізації товарів торговельним підприємством. Дані для розрахунку наведені у табл. 1.

Таблиця 1. Дохід від реалізації товарів

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Дохід від реалізації товарів									
2	№	Назва товару	Ціна закупки, грн	Кількість закупленого товару	Вартість закупленого товару, грн	Торговельна надбавка	Ціна реалізації, грн	Кількість реалізованого товару	Вартість реалізованого товару, грн	Дохід, грн
3	1	Товар 1	2,45	200		30%		155		
4	2	Товар 2	3,40	150		25%		125		
5	3	Товар 3	4,20	180		25%		145		
6	4	Товар 4	2,85	170		25%		120		
7	5	Товар 5	4,00	250		30%		215		
8	6	Товар 6	5,90	220		40%		200		
9	7	Товар 7	6,15	120		40%		115		
10		Разом								

Для того щоб виконати розрахунок, необхідно відкрити Інтернет-браузер і здійснити вхід в Office 365 (режим доступу <https://www.office.com>). Для створення електронної таблиці потрібно обрати Excel Online зі списку онлайн-сервісів які пропонує Office 365 (рис. 1).

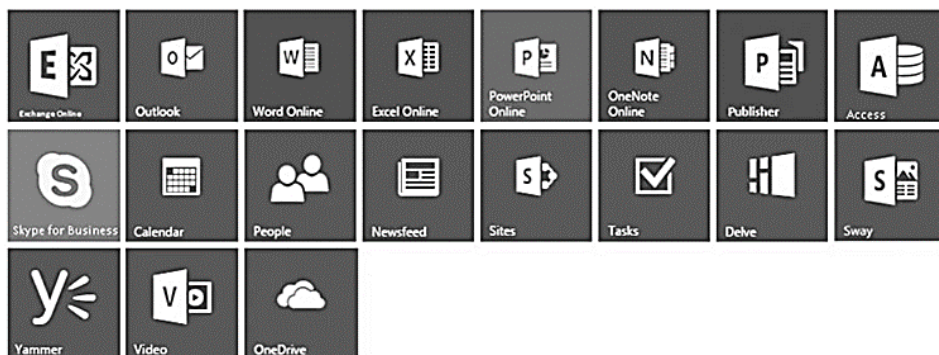


Рис. 1. Перелік онлайн-сервісів Office 365

Далі натиснути на пункт меню «Нова пуста книга», як показано стрілкою, або обрати необхідний шаблон із запропонованого переліку, як показано на рис. 2.

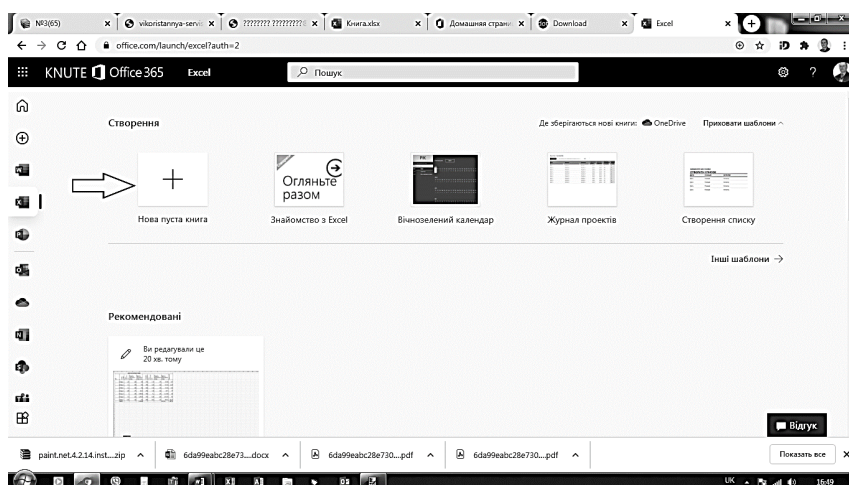


Рис. 2. Створення нової книги Excel

Дані з табл. 1 потрібно перенести в програму MS Excel.

Заповнюємо порожні комірки E3, G3, I3 та J3 такими результатами:

$$\begin{aligned}
 &= C3*D3; \\
 &= C3*(1+F3); \\
 &= G3*H3; \\
 &= I3-E3.
 \end{aligned}$$

Для заповнення стовпців E, G, I та J використовуємо команду автозаповнення. Для підрахунку кінцевих значень стовпчиків «Вартість закупленого товару», «Вартість реалізованого товару» та «Дохід» застосовуємо функцію SUM. Щоб отримати сумарні значення комірок E10, I10 та J10 вводимо такі формули:

$$\begin{aligned}
 &= \text{SUM}(E3:E9); & (1) \\
 &= \text{SUM}(I3:I9); & (2) \\
 &= \text{SUM}(J3:J9). & (3)
 \end{aligned}$$

Результати підрахунку наведено на рис. 3.

Дохід від реалізації товарів									
№	Назва товару	Ціна закупки, грн	Кількість закупленого товару	Вартість закупленого товару, грн	Торгова надбавка, грн	Ціна реалізації, грн	Кількість реалізованого товару	Вартість реалізованого товару	Дохід, грн
1	Товар 1	2,45	200	490	30%	3,185	155	493,675	3,675
2	Товар 2	3,4	150	510	25%	4,25	125	531,25	21,25
3	Товар 3	4,2	180	756	25%	5,25	145	761,25	5,25
4	Товар 4	2,85	170	484,5	25%	3,5625	120	427,5	-57
5	Товар 5	4	250	1000	30%	5,2	215	1118	118
6	Товар 6	5,9	220	1298	40%	8,26	200	1652	354
7	Товар 7	6,15	120	738	40%	8,61	115	990,15	252,15
	Разом			5 276,50				5973,825	697,325

Рис. 3. Таблиця з даними «Дохід від реалізації товарів»

Для округлення відповідних стовбців, для яких здійснювався підрахунок суми, потрібно виконати округлення отриманого результату. Застосуємо функцію округлення. В офісній версії MS Excel за цю операцію відповідає функція «ОКРУГЛ», яка знаходиться в категорії математичних функцій.

Варто зазначити, що всі функції в MS Excel сервісу Office 365 прописуються латинськими літерами. Отже, функції «ОКРУГЛ» буде відповідати функція «ROUND», тобто для обчислення комірки G3 використаємо формулу:

$$= \text{ROUND}(C3*(1+F3);2). \tag{4}$$

Після всіх підрахунків, табл. 1 матиме такий вигляд (рис. 4).

Дохід від реалізації товарів									
№	Назва товару	Ціна закупки, грн	Кількість закупленого товару	Вартість закупленого товару, грн	Торгова надбавка, грн	Ціна реалізації, грн	Кількість реалізованого товару	Вартість реалізованого товару	Дохід, грн
1	Товар 1	2,45	200	490	30%	3,19	155	494,45	
2	Товар 2	3,4	150	510	25%	4,25	125	531,25	21,25
3	Товар 3	4,2	180	756	25%	5,25	145	761,25	5,25
4	Товар 4	2,85	170	484,5	25%	3,56	120	427,2	-57,3
5	Товар 5	4	250	1000	30%	5,2	215	1118	118
6	Товар 6	5,9	220	1298	40%	8,26	200	1652	354
7	Товар 7	6,15	120	738	40%	8,61	115	990,15	252,15
	Разом			5 276,50				5974,3	

Рис. 4. Таблиця «Дохід від реалізації» після округлення даних

Аналізуючи електронні таблиці MS Excel сервісу Office 365, можна відмітити, що їхній інтерфейс майже не відрізняється від стаціонарної версії MS Excel. Програма MS Excel Office 365 має схожість з офісною програмою MS Excel, стандартне меню і звичний перелік команд, за винятком відсутності поля імен комірок. Також існують певні відмінності у роботі з функціями. Але разом з тим MS Excel від Office 365 надає ряд переваг. Так, сервіс Office 365 може використовуватися на пристроях, що працюють на мобільних операційних системах Android, iOS, Windows CE; має доступ до створення, редагування, зберігання та перегляду документів на мобільних гаджетах (смартфонах, електронних книгах, ноутбуках тощо); використання MS Excel Online надає можливості для швидкого внесення змін у документи і спільної роботи з ними. Для цього використовуються команди «Редагування» та «Спільний доступ».

Для майбутніх менеджерів функції «Редагування» та «Спільний доступ» є досить актуальними, оскільки вони збирають і аналізують інформацію про внутрішнє та зовнішнє середовище, визначають напрям руху підприємства, розподіляють ресурси, доводять інформацію до підлеглих. Для такого обсягу матеріалу інколи зусиль одного працівника замало, тому залучають цілу групу фахівців, у яких повинен бути доступ до документа, що є об'єктом спільної праці. Постає питання забезпечення одночасного колективного доступу до документа. Програма MS Excel має у своєму розпорядженні інструменти, які можуть його надати. MS Excel може не тільки надати загальний доступ до файлу, але й вирішити інші завдання, які постають у процесі спільної роботи з однією книгою. Інструменти програми дають змогу відслідковувати зміни, внесені іншими учасниками, а також затверджувати або відхиляти їх. Для надання спільного доступу до документа вибираємо елемент «Спільний доступ» та задаємо параметри надання доступу користувачам (рис. 5, 6).

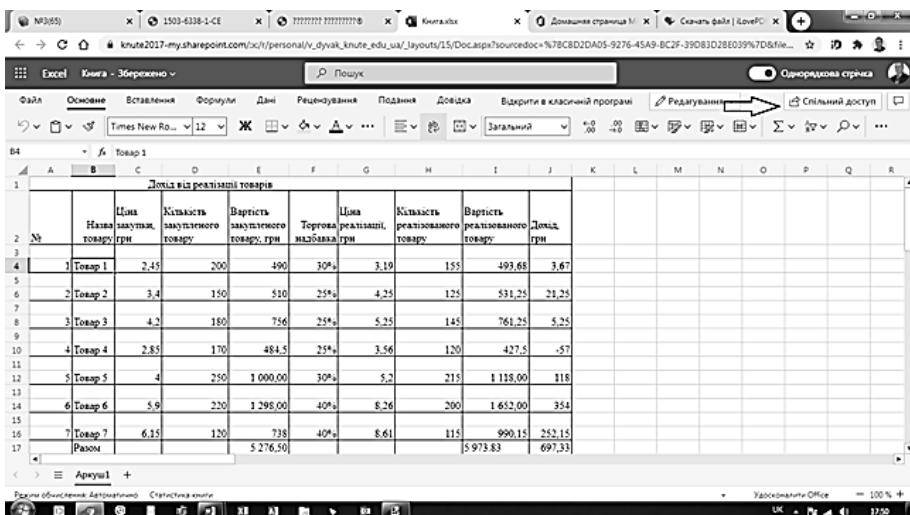


Рис. 5. Команди «Редагування» і «Спільний доступ» для редагування та зберігання інформації

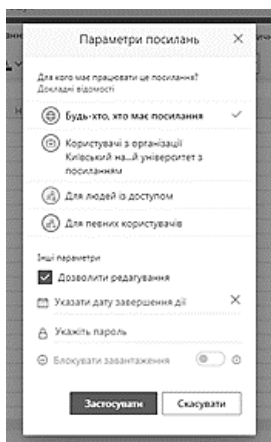


Рис. 6. Вибір параметра посилань для надання спільного доступу до документа

Варто зауважити, що всі створені документи в сервісі Office 365 зберігаються у хмарному сховищі OneDrive, що надає можливість доступу до файлу користувачеві з будь-якої точки та оповіщення його про отримання такого доступу.

У процесі прийняття управлінських рішень менеджерам доволі часто доводиться працювати з даними у форматі дати і часу. Для розрахунку таких задач в MS Excel існує категорія функцій «Дата і час» («Дата и время»), де зібрані, наприклад, такі функції: ВРЕМЯ (TIME) — перетворює задані у вигляді чисел години, хвилини та секунди в число в коді часу MS Excel; ГОД (YEAR) — повертає рік, ціле число від 1900 до 9999; СЕГОДНЯ (TODAY) — повертає поточну дату у формат дати; ДЕНЬ (DAY) — повертає число місяця-число від 1 до 31; МЕСЯЦ (MONTH) — повертає місяць-число від 1 (січень) до 12 (грудень); СЕКУНДИ (SECOND) — повертає секунди у вигляді числа від 0 до 59.

Приклад 2. Підприємство має намір отримати кредит у банку та зобов'язується повернути його через 100 днів. Потрібно визначити дату повернення кредиту.

Для цього використовується функція «TODAY»:

$$= \text{TODAY} () + 100. \quad (5)$$

Доцільно також розглянути застосування логічних функцій у MS Excel.

До категорії «Логічні» відносяться такі функції: ЕСЛИ (IF) — перевіряє, чи виконується умова, і повертає одне значення, якщо воно виконується, та інше значення, якщо не виконується; И (AND) — перевіряє, чи всі аргументи мають значення ИСТИНА, і повертає значення ИСТИНА, якщо істинні всі аргументи; ИЛИ (OR) — перевіряє, чи має хоча б один із аргументів значення ИСТИНА, і повертає значення ИСТИНА або ЛОЖЬ; ИСТИНА (TRUE) — повертає логічне значення ИСТИНА; ЛОЖЬ (FALSE) — повертає логічне значення ЛОЖЬ.

Приклад 3. Обчислити суми відрахування до пенсійного фонду, які складають 3% від нарахованої суми, якщо остання не перевищує 200 грн, і 2%, якщо нарахована сума перевищує 200 грн, як показано на рис. 7.

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І	Ј	К	Л	М	О	Р	Q	R
		Нарахована заробітна плата	До пенсійного фонду														
1	Прізвище																
2	Петренко	450,02 ₴	9,00 ₴														
3	Коваленко	512,80 ₴	10,26 ₴														
4	Харченко	187,52 ₴	3,75 ₴														
5	Іванов	145,36 ₴	1,45 ₴														

Рис. 7. Обчислення суми відрахування до пенсійного фонду

Нарахована заробітна плата працівника відома. Дані про відрахування до пенсійного фонду обчислюються за допомогою функції IF. Округлення до сотих одиниць відбувається за допомогою функції ROUND. Так, для комірки С3 формула для обчислень набуває вигляду:

$$= \text{ROUND} (\text{IF} (\text{C}3 <= 150; \text{C}3 * 0,01; \text{C}3 * 0,02); 2). \quad (6)$$

MS Excel дає змогу працювати з категорією функцій «Фінансові». До фінансових функцій, з якими найчастіше працюватимуть майбутні менеджери, відноситься функція БС (FV). Ця функція повертає майбутню вартість інвестицій на основі періодичних (постійних) платежів і постійної процентної ставки. Функція

ПС (PV) повертає вартість інвестицій, яка рівнозначна ряду майбутніх виплат. Функція ПЛТ (PMT) обчислює розмір постійної періодичної сплати за фіксованою відсотковою ставкою. Функція КПЕР (NPER) обчислює загальну кількість періодів виплат для інвестицій на основі періодичних виплат та постійної процентної ставки. Функція СТАВКА (RATE) обчислює відсоткову ставку за один період ренти.

Приклад 4. Підприємство отримало позику в розмірі 500 000 грн і планує розрахуватися рівними виплатами. Платіж здійснюється щомісяця протягом 5 років. Визначити, яким має бути розмір щомісячної виплати? Відсоткова ставка становить 10% річних.

Для розв'язання задачі використаємо функцію ПЛТ (PMT), яка належить до категорії «Фінансові». Аргументами функції є ставка, КПЕР, ПС, БС. За умовою задачі період виплат становить місяць, тому річну відсоткову ставку потрібно розділити на 12 місяців. Підприємство робить внески щомісячно, тобто 5 років множимо на 12 місяців, отримуємо 60 періодів сплат (рис. 8). Кінцева формула для розрахунку розміру щомісячної виплати у MS Excel Office 365 виглядає так:

$$= \text{PMT}(0,1/12;5*12;500000;0). \quad (7)$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Позика	500 000,00 ₴															
2	Термін виплати, роки	5															
3	Відсоткова ставка, %	10															
4	Щомісячна виплата	-10 623,52 ₴															

Рис. 8. Обчислення розміру щомісячного платежу

Результат дорівнює –10 623,52 грн. Значення від’ємне, оскільки виплати здійснюються щомісяця.

Висновки

У статті розглянуто додаток MS Excel, який за допомогою вбудованих функцій дає змогу виконувати певні розрахунки, необхідні в діяльності майбутніх менеджерів. Проведено аналіз використання можливостей спільного доступу та редагування документа, що надають можливість перегляду документа в браузері; внесення швидких змін, приміток у браузері; друк із браузера; спільної роботи над одним документом; зберігання документа в сховищі файлів OneDrive.

Впровадження розробленої методики навчання студентів економічних спеціальностей створює умови для покращення результатів навчання, активізує групову роботу студентів. Перспективою подальших досліджень є подальше теоретичне обґрунтування та більш широка апробація розробленої методики, створення методичних рекомендацій щодо роботи у додатках MS Word, MS PowerPoint.

Література

1. Вакалюк Т. А. Теоретико-методичні засади проектування і використання хмаро орієнтованого навчального середовища у підготовці бакалаврів інформатики: дис. ... доктора пед. наук: 13.00.10 «Інформаційно-комунікаційні технології в освіті». К., 2019. 614 с.

2. Крутоус Т. П. Формування математичної компетентності у студентів економічних спеціальностей засобами ІКТ технологій. *Науковий журнал «Фізико-математична освіта»*. 2019. № 4(22). С. 75—78.
3. Литвинова С. Г., Спирін О. М., Анікіна Л. П. Хмарні сервіси Office 365: навчальний посібник. Київ: Компринт, 2015. 170 с.
4. Ройко Л. Л., Ройко О. О. Прикладна спрямованість курсу «Математика для економістів та економічне моделювання». *Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво»*. 2018. № 30—31. С. 263—268.
5. Серогодский В. В. Microsoft Office 2016/Office 365. Полное руководство. Издательство: Наука и техника. 2017. 448 с.
6. Степанова Н. І. Розв'язання економічних задач засобами Microsoft Excel [Текст]: практикум. Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2008. 68 с.
7. Татауров В. П., Чевська К. С. Використання сервісів для організації освітньо-інформаційного середовища студентів ІТ спеціальностей. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка*. 2018. № 24. С. 120—124.
8. Татауров В. П., Шишкіна М. П. Методика використання сервісів Microsoft Office 365 для підтримання спільної роботи студентів. *Науковий журнал «Фізико-математична освіта»*. 2020. № 2(24). С. 151—158.
9. ISO/IEC 17788:2014(E) Information technology — Cloud computing — Overview and vocabulary. First edition 2014-10-15. 2014. 6 p.
10. Singh U., Baheti P. K. Role and Service of Cloud Computing for Higher Education System. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(11), 708—711. URL: <https://www.irjet.net/archives/V4/i11/IRJET-V4I11125.pdf>. (2017).

BIOTECHNOLOGICAL BASIS OF INTENSIVE CULTIVATION OF MEDICINAL MUSHROOM *FOMITOPSIS BETULINA* (FOMITOPSIDACEAE, POLYPORALES)

O. Mykchaylova, M. Lomberg

M. G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine

V. Krasinko

National University of Food Technologies

Key words:

*The IBK Mushroom Culture Collection
Pure cultures
Biologically active substances
Liquid nutrient media
pH
Sources of carbon and nitrogen*

Article history:

Received 12.01.2021
Received in revised form 26.01.2021
Accepted 09.02.2021

Corresponding author:

V. Krasinko

E-mail:

viktory.krasinko@gmail.com

ABSTRACT

The article presents results of the study on pure cultures of xylotrophic medicinal mushroom *Fomitopsis betulina* (11 strains) from the IBK Mushroom Culture Collection of the M. G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine. Data on the influence of different sources of carbon and nitrogen nutrition as well as medium pH on the vegetative growth of the cultures were obtained. The maximum of mycelial biomass production in *F. betulina* strains was found under pH values ranging from 5.5 to 6.5. As the only carbon source, the following compounds were investigated: monosaccharides — glucose, xylose; disaccharides — sucrose, lactose; trisaccharide — raffinose; polysaccharide — starch. The physiological features of certain strains were studied. It was found that all cultures showed a high level of physiological homogeneity in relation to carbon consumption. The glucose and starch were the best carbon sources for vegetative growth of the studied *F. betulina* strains. As the only nitrogen source in the medium, several nitrogen-containing compounds were tested: potassium nitrate — KNO_3 , diammonium hydrogen phosphate — $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, asparagine and peptone. The organic nitrogen sources — asparagine and peptone yielded the highest indicators of mycelial biomass. The study of the different glucose (25.0; 30.0; 35.0 g/l) and peptone (3.0; 3.5; 4.0 g/l) concentrations on the *F. betulina* mycelium growth allowed to define their optimal concentration in the nutrient medium. Glucose (30.0 g/l) and peptone (3.0 g/l) were determined to be most suitable carbon and nitrogen sources with the best yield of *F. betulina* biomass. Thus, according to the results of the multistage screening, the most efficient *F. betulina* strains of the Ukrainian origin have been selected. These cultures demonstrated distinct morphological features and high biosynthetic activity on cheap non-deficient substrates in surface culture. The obtained results allow to assert the prospects for developing cultivation technologies of *F. betulina* in order to obtain the mycelial biomass and biologically active substances.

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ІНТЕНСИВНОГО КУЛЬТИВУВАННЯ ЛІКАРСЬКОГО БАЗИДІЄВОГО ГРИБА *FOMITOPSIS BETULINA* (FOMITOPSIDACEAE, POLYPORALES)

О. Б. Михайлова, М. Л. Ломберг

Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України

В. О. Красінько

Національний університет харчових технологій

У статті представлено результати дослідження чистих культур ксилотрофного лікарського гриба *Fomitopsis betulina* (11 штамів) з Колекції культур шапинкових грибів (акронім ІВК) Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України. Отримано дані щодо впливу різних джерел вуглецевого та азотного живлення, кислотності середовища (рН) на вегетативний ріст культур. Максимальну продукцію маси міцелію у штамів *F. betulina* виявлено у діапазоні рН 5,5—6,5. Підбір оптимального моноджерела вуглецю у середовищі проводили за використання моносахаридів — глюкози, ксилози; дисахаридів — сахарози, лактози; трисахариду — рафінози; полісахариду — крохмаль. Досліджено фізіологічні особливості штамів і встановлено, що культури виявили високий рівень фізіологічної однорідності до споживання вуглецю. Для більшості досліджених культур *F. betulina* найкращими для вегетативного росту джерелами вуглецю виявились глюкоза та крохмаль. Визначення оптимального джерела азотного живлення проводили, використовуючи нітратний (KNO_3), амонійний ($(NH_4)_2HPO_4$) і органічний азот (аспарагін, пептон). Найбільші показники накопичення міцеліальної маси отримані при вирощуванні *F. betulina* на середовищах з органічними джерелами азоту (аспарагін, пептон). Найкращі результати накопичення міцеліальної маси у *F. betulina* отримані на рідкому поживному середовищі за концентрації глюкози 30,0 г/л та пептону 3,0 г/л. За результатами проведеного багатоступеневого скринінгу відібрані високотехнологічні штами *F. betulina* українського походження, які мають чіткі морфологічні ознаки й високу біосинтетичну активність на дешевих недефіцитних субстратах у поверхневій культурі. Отримані результати підтверджують перспективність розробки технологій культивування з метою отримання міцеліальної маси та біологічно активних субстанцій.

Ключові слова: Колекція культур шапинкових грибів (ІВК), чисті культури, біологічно активні речовини, рідкі живильні середовища, рН, джерела вуглецевого та азотного живлення.

Постановка проблеми. Пошук нових природних джерел фізіологічно активних сполук з метою одержання ефективних і безпечних біопрепаратів є одним з пріоритетних завдань сучасної біотехнології. Значна увага до пізнання різних аспектів біології та біосинтетичної активності ксилотрофних базидієвих грибів, що спостерігається в останні роки, обумовлена передусім розширенням сфери їх практичного використання з метою одержання екологічно чистих, оздоровчих і

лікувально-профілактичних препаратів. На особливу увагу заслуговують дослідження біологічних властивостей чистих культур макроміцетів, які за сучасними даними мають імуностимулюючу, антиоксидантну, протипухлинну та антивірусну активність [2; 16]. Практичне втілення нових грибних біотехнологій у вітчизняне виробництво потребує науково обґрунтованого відбору перспективних продуцентів, розширення фундаментальних знань про їх біологічні властивості в культурі, закономірності росту та фізіологічні особливості. Одним із перспективних об'єктів біотехнології з метою отримання біологічно активних речовин (БАР) широкого спектра дії є трутовик березовий.

Fomitopsis betulina (Bull) B. K. Cui, M. L. Han & Y. C. Dai (syn. *Piptoporus betulinus* (Bull) P. Karst) (трутовик березовий або губка березова) поширений у зонах із помірним кліматом, у природі трапляється, зазвичай, на відмерлих, зрідка на живих березах з червня по грудень, спричинюючи жовто-буру або червоно-коричневу гниль деструктивного типу [1]. Цей вид добре відомий і має тривалу історію використання [2], підтвердженням чого може бути, зокрема, знахідка мумії людини епохи халколіту в Тірольських Альпах, вік якої приблизно 5300 років. Поряд із мумією були знайдені і плодове тіла трутовика березового, які, можливо, вже тоді використовувалися людиною як антибактеріальний і ларвіцидний засіб [9]. Сучасними дослідженнями доведено, що метаболіти *F. betulina*, отримані як з плодових тіл, так і з міцеліальної маси, вирощеної на рідких поживних середовищах, мають протизапальну, імуностимулюючу, антибактеріальну, протипухлинну, антивірусну дію [10—15]. Встановлено, що базидіоми *F. betulina* містять поліпоренові кислоти А, В та С. Поліпоренова кислота А має антибіотичну і протизапальну дію, яка за своєю активністю не поступається кортизону [8]. При цьому слід відмітити, що поліпоренова кислота малотоксична і не акумулюється в організмі. Доведено, що культура *F. betulina* здатна продукувати антибіотик «піптамін», який проявляє високу антибактеріальну дію до грам-позитивної аеробної бактерії *Bacillus subtilis* та грам-негативної анаеробної бактерії *Escherichia coli*, зменшує прояви хронічних дерматологічних захворювань [14]. Встановлені мікроморфологічні та культурально-морфологічні особливості трутовика березового *in vitro* [6].

Мета дослідження: проведення скринінгу штамів *F. betulina*, перспективних для практичного використання, та визначення факторів, які регулюють процеси життєдіяльності грибного організму і дають змогу контролювати найбільш важливі його функції.

Матеріали і методи. Об'єктами досліджень були чисті культури базидієвих грибів *F. betulina* (11 штамів) з Колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України (акронім *IBK*). Штами зберігають за температури 4°C на агаризованому пивному суслі (8° за Балінгом) і пересівають з перевіркою чистоти кожні 10—12 місяців [7]. Штами 1554, 1555, 1556 було ізольовано з базидієм *F. betulina*, зібраних у природі на *Betulina spp.*, у Київській області (м. Тетерів) у 1997 р.; штами 1647, 1648, 1650, 1651, 1652, 1653, 1654 ізольовані з базидієм, зібраних у Київській області (сmt Клавдієво) у 1999 р.; штам 2020 ізольовано з базидієм, зібраних у Житомирській області у 2009 році.

Культивування на рідких поживних середовищах проводили в поверхневій культурі в колбах Ерленмеєра ємністю 250 мл, які містили 50 мл середовища, за температури 26±0,1°C. Інокуляцію проводили за допомогою дисків з міцелієм.

Вносили 7-добові культури, попередньо вирощені на солодовому агарі (СА). У кожну колбу з рідким середовищем вносили по три міцеліальні диски ($d = 5$ мм). Культури інкубували у стаціонарних умовах. Масу міцелію визначали на момент, коли в одному з варіантів міцелій повністю покривав поверхню середовища. Біомасу фільтрували та висушували за температури $105 \pm 0,1^\circ\text{C}$ до постійної ваги [2]. Також визначали кінцеве значення рН культуральної рідини.

Для визначення впливу кислотності середовища на ріст міцелію, потреб культур у джерелах вуглецевого й азотного живлення використовували рідке синтетичне середовище такого складу, г/л: глюкоза — 20,0; $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ — 4,0; KH_2PO_4 — 1,0; K_2HPO_4 — 1,0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,5; $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,005; $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — 0,005; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — 0,003; ZnCl_2 — 0,005. Значення рН змінювали в середовищі в інтервалі від 2 до 7,8 з кроком 1 за допомогою розчинів 1н КОН і 1н НСІ. Контрольні вимірювання початкового значення рН середовища проводили після стерилізації.

Джерелами вуглецю були моносахариди (глюкоза, ксилоза), ди- (сахароза, лактоза) і трисахариди (рафіноза), полісахариди (крохмаль), які додавали в середовища в кількостях, еквівалентних 20,0 г глюкози за вуглицем, рН 6,5.

Джерелами азоту слугували KNO_3 ; $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$; аспарагін, пептон, які вносили в середовища у кількості, еквівалентній 3,0 г $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ за азотом. Вплив на ріст міцелію *F. betulina* різних концентрацій глюкози (25,0; 30,0; 35,0 г/л) та пептону (3,0; 3,5; 4,0 г/л) проводили в стаціонарних умовах за температури $26 \pm 0,1^\circ\text{C}$.

Усі досліді проводили в трьох повторностях. Одержані кількісні результати при порівняльному вивченні штамів на рідких поживних середовищах були опрацьовані за допомогою комп'ютерної програми MS Excel 2010. Розраховували значення середніх квадратичних відхилень, коефіцієнтів варіації, довірчих інтервалів, у межах яких варіювали значення отриманої міцеліальної маси грибів. У таблицях та рисунках наведені середні статистично достовірні дані за 95% імовірності.

Викладення основних результатів досліджень. За сучасними уявленнями морфолого-культуральні дослідження максимальної кількості штамів дають змогу суттєво розкрити природний потенціал виду і його певні фізіологічні особливості [5]. Саме тому проведений авторами цієї статті скринінг штамів *F. betulina*, виділених на території України, надає можливість підібрати оптимальні поживні середовища для культивування й збереження штамів у належному фізіологічному стані та визначити культури, перспективні для подальшого практичного застосування.

Усі досліджені штами мали чіткі макро- та мікроморфологічні ознаки, за якими можна постійно контролювати чистоту культури. До макроморфологічних ознак виду можна віднести морфологію міцеліальних колоній: на агаризованих поживних середовищах формуються розріджені повстисті колонії білого кольору з незначною кількістю коротких, сплутаних, повітряних гіф, край колонії рівний, злегка піднятий, колір реверзума збігається із забарвленням середовища, ексудат відсутній. Після 20 діб культивування за наявності світла спостерігається поява примордіїв. За мікроморфологічними ознаками вегетативний міцелій *F. betulina* складається переважно з тонкостінних, помірно розгалужених, регулярно септованих, незабарвлених генеративних гіф, діаметром 2—4 мкм. На гіфах спостерігається значна кількість пряжок. Для *F. betulina*, окрім поодиноких пряжок,

характерні численні, мутовчасті та парні пряхки. Вони можуть значно варіювати за формою: великі та маленькі, короткі та довгі, слабо- та крутозигнуті, медальйонного типу і практично без зазору між пряхкою і гіфою. Культури *F. betulina* здатні утворювати структури нестатевого спороношення — бластоконідії. Наявність на вегетативному міцелії *F. betulina* різних за формою, розташуванням на гіфі та кількістю пряхок є однією із мікроморфологічних характеристик цього виду у вегетативній стадії розвитку [6].

Одним із важливих постійно діючих фізико-хімічних факторів середовища є водневий показник (рН), який зумовлює фізіологічну активність культур, зокрема впливає на властивості клітинних стінок, транспорт поживних речовин, мембранні реакції, швидкість росту і характер метаболізму, а також на здатність засвоювати ті або інші джерела живлення [2]. Встановлено, що дослідження впливу на ріст культур і визначення оптимальних значень рН середовища для кожного штаму є необхідним, оскільки відкриває можливості підвищення продуктивності процесу. Відомо, що багато видів здатні рости в широкому діапазоні показника кислотності, хоча для більшості придатними для росту міцелію є рН у межах 5—6.

Дослідження росту культур *F. betulina* на синтетичному рідкому середовищі із глюкозою проводили у діапазоні рН від 2,0 до 7,5 з кроком 1. Встановлено, що кислотність середовища є фактором, який регулює ріст міцелію. Для всіх штамів спостерігали початок ростових процесів за рН середовища не нижче 4,0 та активний ріст у діапазоні рН 4,0—7,0. У процесі росту культур *F. betulina* рН середовища знижувався до значень 3,7—4,2. Найсприятливішим для активного росту всіх досліджених штамів *F. betulina* є рН у межах 5,0—5,5 (табл. 1). За цих значень рН найактивнішими виявились штами 1556, 1651, 1653, 2020, вихід біомаси становив понад 4,2 г/л на 14-у добу культивування у стаціонарних умовах. Культури 1647 та 1650 в процесі росту на рідких живильних середовищах з рН 5,0—5,5 накопичували незначну кількість біомаси (не більше 2,3 г/л). За показника рН середовища вище 7,0 культури практично не росли.

Таблиця 1. Ріст штамів *Fomitopsis betulina* за встановлених оптимальних значень рН середовища (14-а доба культивування)

Штам	Значення рН		Максимальна маса міцелію, г/л (а.с.м.)
	Початкове значення рН	Кінцеве значення рН	
1554	5,5	3,8	2,8±0,3
1555	5,5	3,9	3,1±0,3
1556	5,0	4,0	4,3±0,3
1647	5,0	4,2	1,7±0,4
1648	5,5	3,7	2,7±0,4
1650	5,0	4,1	2,3±0,3
1651	5,5	3,5	4,2±0,2
1652	5,5	3,3	3,3±0,3
1653	5,5	3,5	4,6±0,4
1654	5,5	3,8	3,7±0,5
2020	5,5	3,8	4,4±0,1

Примітка: жирним шрифтом позначено найвищі показники маси міцелію.

Отже, визначено діапазон рН, за якого відбувався активний ріст вегетативного міцелію досліджених штамів *F. betulina*, що важливо для проведення подальших досліджень.

Вуглець відіграє провідну роль у живленні грибів, оскільки є необхідним компонентом живої клітини і бере участь у процесах окиснення як джерело енергії. За даними літератури [2; 5] відомо, що культури базидіоміцетів добре асимілюють глюкозу, мальтозу і крохмаль. Вивчено вплив різних джерел вуглецевого живлення на ріст досліджуваних штамів *F. betulina*. Потреби культур *F. betulina* у джерелах вуглецевого живлення перевіряли на рідких поживних середовищах за оптимального значення рН 6,5. Як єдине джерело вуглецю на синтетичному поживному середовищі використовували: моносахариди — глюкозу, ксилозу; дисахариди — сахарозу, лактозу; трисахарид — рафінозу; полісахарид — крохмаль, які додавали в середовища у кількостях, еквівалентних 25,0 г/л глюкози за вуглицем.

Накопичення маси міцелію в досліджених культурах відрізнялось на поживних середовищах із різними джерелами вуглецю. Проте з'ясовано, що для всіх досліджених видів кращими джерелами вуглецю є глюкоза і крохмаль (табл. 2). Більшість культур *F. betulina* надавала перевагу глюкозі — при цьому максимальне накопичення біомаси становило 3,5 г/л. Проте штами 1647, 1648, 1650 накопичували найбільшу масу міцелію на поживних середовищах з крохмалем. Лактоза була добрим джерелом вуглецю, але маса міцелію (до 4,0 г/л) не перевищувала таку на поживних середовищах з крохмалем і глюкозою. Всі досліджені культури гірше засвоювали сахарозу та рафінозу, порівняно з глюкозою і крохмалем.

Усі досліджені штами *F. betulina* споживали ксилозу дуже слабо. Під час росту культур на середовищах із різними джерелами вуглецевого живлення рН зменшувалось.

Таблиця 2. Накопичення біомаси штамами *F. betulina* на синтетичному поживному середовищі з різними джерелами Карбону (а.с.м., г/л)

Штам	Джерело вуглецю					
	Глюкоза	Ксилоза	Сахароза	Лактоза	Рафіноза	Крохмаль
1554	2,8±0,4	2,3±0,5	—	1,8±0,3	0,9±0,3	1,7±0,2
1555	3,5±0,2	2,1±0,3	2,4±0,2	2,8±0,4	2,2±0,3	3,1±0,2
1556	3,7±0,4	—	1,7±0,3	—	1,1±0,2	1,4±0,3
1647	1,8±0,3	—	1,2±0,5	—	1,4±0,4	2,4±0,4
1648	1,2±0,3	—	0,9±0,2	—	1,2±0,2	1,5±0,4
1650	2,5±0,2	—	1,9±0,2	1,2±0,2	1,7±0,2	2,8±0,2
1651	3,9±0,2	1,8±0,3	2,1±0,3	1,1±0,2	1,6±0,3	3,3±0,2
1652	3,1±0,4	—	1,9±0,4	0,9±0,2	1,2±0,3	2,3±0,3
1653	4,1±0,3	2,7±0,3	2,2±0,4	—	1,9±0,2	3,7±0,2
1654	3,3±0,2	2,1±0,4	2,1±0,2	1,0±0,3	1,3±0,2	3,0±0,1
2020	4,7±0,3	2,05±0,2	2,6±0,3	4,0±0,2	2,5±0,2	4,4±0,4

Примітка: «—» — культури *Fomitopsis betulina* на поживному середовищі не росли.

Зниження рН середовища в процесі росту культур в основному залежало від природи джерела вуглецю і швидкості його використання штамами гриба. На

поживних середовищах із помірно доступним для споживанням джерелом вуглецю, зокрема крохмалем, значення рН знижувалось у процесі росту культур меншою мірою (рН 4,0—4,5), ніж на середовищах із легкодоступною глюкозою (рН 3,5—4,0).

Таким чином, у ході дослідження встановлено, що найліпшими для росту міцелію більшості досліджених штамів *F. betulina* виявились глюкоза і крохмаль, ксилозу й лактозу культури засвоювали гірше.

Загально визнано, що гриби можуть використовувати як органічні, так і неорганічні сполуки азоту. За даними літератури гарними джерелами азотного живлення для росту міцелію дереворуйнівних грибів є органічний та амонійний азот, зокрема пептон, аспарагін, діамоній фосфат $((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4)$ [2; 3; 5].

Вивчення потреб культур *F. betulina* у джерелах азотного живлення проводили на рідких поживних середовищах за оптимального значення рН 6,5. Як єдине джерело азоту використовували нітратний (KNO_3) , амонійний $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ та органічний азот (аспарагін і пептон), які вносили у середовища в кількостях, еквівалентних 3,0 г пептону за азотом.

Дослідження росту культур *F. betulina* на середовищі з різними джерелами Нітрогену показало, що найліпше всі досліджені штами росли на середовищах із органічними джерелами азотного живлення (аспарагін і пептон) (табл. 3). За використання органічних джерел Нітрогену культури накопичували до 3,7 г/л біомаси на 14-ту добу культивування. Найактивніше накопичували міцеліальну масу штами 1556, 1651, 1653, 2020. Встановлено, що всі досліджені культури засвоювали як амонійний, так і нітратний Нітроген, проте продукцію більшої маси міцелію спостерігали на поживних середовищах із амонійним Нітрогеном (табл. 3). За даними літератури [3; 4] засвоєння неорганічного Нітрогену залежить від рН субстрату, а також від характеру амфолітичних протоплазматичних білків. Використання дереворуйнівними грибами сполук неорганічного Нітрогену залежить від того, в якому вигляді він знаходиться в середовищі: або як аніон NO_3^- , або як катіон NH_4^+ за умов, що кислотність середовища нижча або вища, ніж оптимальна кислотність гриба для росту.

Таблиця 3. Накопичення біомаси штамами *F. betulina* на синтетичному поживному середовищі з різними джерелами азоту (а.с.м., г/л)

Штам	Джерело азотного живлення			
	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	KNO_3	Пептон	Аспарагін
1	2	3	4	5
1554	2,1±0,2	1,5±0,3	2,9±0,3	2,5±0,2
1555	3,0±0,2	2,9±0,3	3,5±0,4	3,7±0,4
1556	3,2±0,3	2,4±0,2	4,9±0,3	3,7±0,2
1647	1,6±0,3	1,3±0,2	2,2±0,2	1,8±0,2
1648	2,2±0,5	1,8±0,4	3,4±0,2	2,7±0,3
1650	2,5±0,2	1,1±0,3	2,9±0,4	2,4±0,5
1651	3,9±0,2	2,4±0,3	4,8±0,2	4,1±0,3
1652	2,2±0,3	1,7±0,4	4,1±0,3	3,8±0,2
1653	3,4±0,2	2,0±0,2	4,7±0,2	4,5±0,3
1654	2,5±0,2	2,0±0,3	3,5±0,3	3,8±0,4
2020	3,7±0,3	2,2±0,4	4,2±0,2	4,6±0,5

При вивченні живильних потреб досліджених штамів встановлено їх специфічність стосовно джерел вуглецевого та азотного живлення. Найкращими джерелами вуглецю для росту культур *F. betulina* були глюкоза та крохмаль, азоту — пептон.

Важливим фактором, який впливає на ріст і метаболізм грибів у культурі є співвідношення вуглецю та азоту в живильному середовищі. За даними різних дослідників [2; 3], для росту базидієвих макроміцетів оптимальне співвідношення С:N в межах від 5:1 до 20:1.

Досліджено вплив різних концентрацій глюкози (25,0; 30,0; 35,0 г/л) на ріст міцелію *F. betulina* у стаціонарних умовах. Найбільшу масу міцелію культури *F. betulina* накопичували за концентрації глюкози 30,0 г/л на 14 добу культивування (рис. 1).

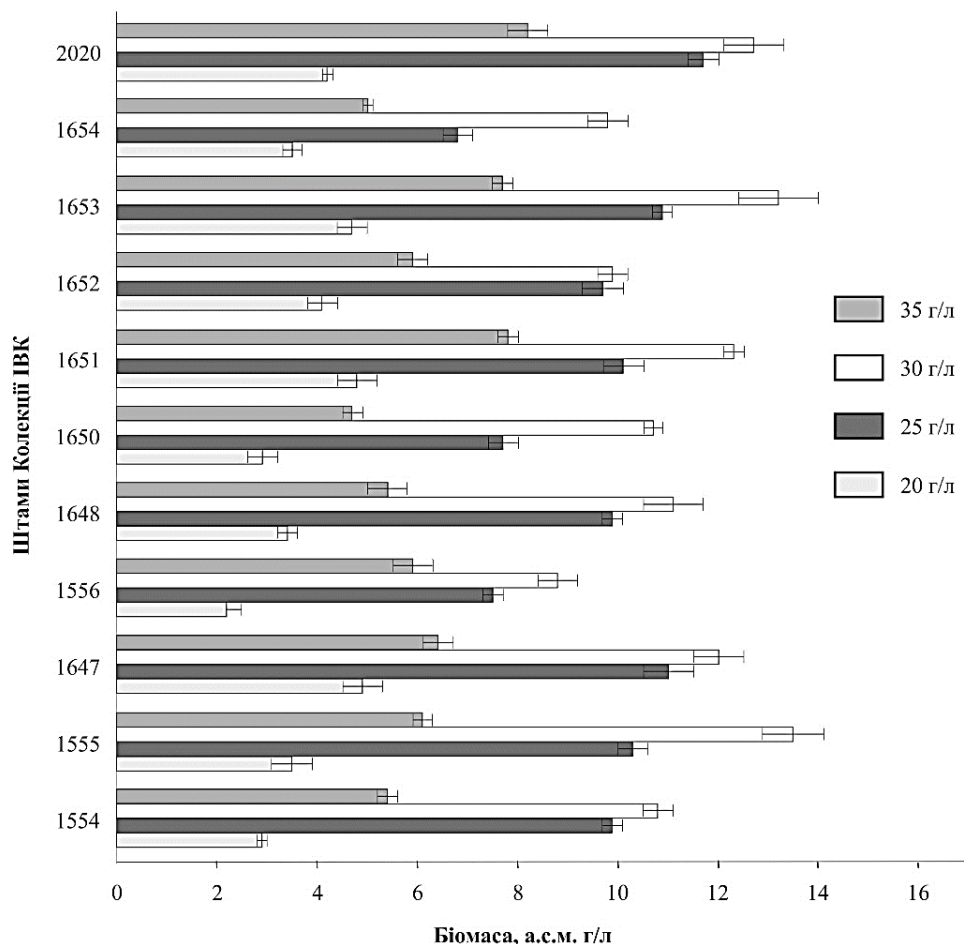


Рис. 1. Ріст штамів *F. betulina* на середовищах із різною концентрацією глюкози (20, 25, 30, 35 г/л)

Збільшення кількості глюкози в середовищі до 35,0 г/л не лише не призводило до збільшення біомаси, а, навпаки, обмежувало процеси росту. Наприклад, у середовищі, яке містило 30,0 г/л глюкози, найактивніші штами 1556, 1651, 1653,

2020 накопичували понад 12,0 г/л біомаси, тоді як при концентрації глюкози 35,0 г/л кількість біомаси зменшувалась до 7,4 г/л. Це можна пояснити тим, що збільшення концентрації глюкози при постійному значенні вмісту азоту викликає значні відхилення у вуглецевому обміні грибного організму [4]. За даними літератури [3] за умов надлишку вуглецю можливе уповільнення або навіть припинення росту. Так, за високої концентрації глюкози виникає стан, який має назву «фосфатної пастки». Метаболіти початкових етапів гліколізу накопичуються в концентраціях, які більш ніж на порядок перевищують вихідний рівень. Інша проблема, яка виникає при високому рівні вуглецевого субстрату, — накопичення в середовищі органічних кислот. У середовищі і у вегетативному міцелії накопичуються різноманітні продукти обміну (глюконові кислоти, жири), що призводить до сильного підкислення середовища до 3,0. Тому продукти обміну, які накопичуються в культурі, можуть бути чинниками, що інгібують ріст гриба. За результатами комплексного дослідження встановлено, що найбільшу масу міцелію культури *F. betulina* накопичують при 30,0 г/л глюкози в живильному середовищі.

Наступним етапом роботи було дослідження росту культур при концентрації глюкози 30 г/л та при збільшенні концентрації пептону до 4 г/л. Встановлено, що збільшення концентрації пептону в поживному середовищі з 3,0 до 4,0 г/л при постійній концентрації глюкози (30,0 г/л) не призвело до збільшення біомаси, а в деяких штамів спостерігалось незначне її зменшення. Отже, найвищу концентрацію біомаси базидієвих грибів *F. betulina* отримано на рідкому поживному середовищі за концентрації глюкози 30,0 г/л та пептону 3,0 г/л.

Висновки

Досліджено фізіологічні властивості 11 штамів *Fomitopsis betulina* на рідких поживних середовищах з різними джерелами вуглецю та азоту. Для досліджених культур встановлено сприятливі для росту вегетативного міцелію значення рН середовища та джерел вуглецевого й азотного живлення. Максимальну продукцію маси міцелію *F. betulina* виявлено у діапазоні рН 5,5—6,5. Найліпшими для росту міцелію досліджених штамів джерелами вуглецю є глюкоза і крохмаль, азоту — пептон. Найменш придатні для росту поживні середовища із ксилозою, лактозою та нітратним азотом.

Досліджено вплив різних концентрацій глюкози (25,0; 30,0; 35,0 г/л) та пептону (3,0; 3,5; 4,0 г/л) на ріст міцелію *F. betulina* у стаціонарних умовах. Найбільшу масу міцелію культури *F. betulina* накопичували за концентрації глюкози 30,0 г/л та пептону 3,0 г/л на 14 добу культивування.

За результатами проведеного скринінгу відібрані штами українського походження *F. betulina* 1555, 1653, 2020, які можуть бути перспективними для подальшого біотехнологічного застосування.

Література

1. Бондарцев А. С. Трутовые грибы европейской части СССР и Кавказа. М.: Из-во академии наук СССР, 1953. 1106 с.
2. Бисько Н. А., Бабицкая В. Н., Бухало А. С., Ломберг М. Л., Михайлова О. Б. и др. Биологические свойства а лекарственных макромицетов в культуре: Сборник научных трудов в двух томах. Т. 2 / Под ред. чл.-кор. НАН Украины С. П. Вассера. Киев, 2012. 459 с.

3. Галынкин В. А., Заикина Н. А., Миндукшев И. В. Юрлова Н. А. Промышленная микология. СПб.: Изд-во СПХФА, 2003. 220 с.
4. Заикина Н. А., Коваленко А. Е., Галынкин В. А. и др. Основы биотехнологии высших грибов. СПб: «Перспектив науки», 2007. 336 с.
5. Ильина Г. В., Ильин Д. Ю., Лыков Ю. С. Роль специфики лигнинсодержащих субстратов при культивировании ксилотрофных грибов *in vitro*. *Микол. и фитопатол.* 2009. 43, № 2. С. 135—140.
6. Михайлова О. Б. Морфолого-культуральні властивості лікарського гриба *Piptoporus betulinus* (Basidiomycetes) на агаризованих живильних середовищах. *Український ботанічний журнал.* 2014. Т. 71, № 5. С. 603—609.
7. Bisko N., Lomberg M., Mykchaylova O., Mytropolska N. (2020). IBK Mushroom Culture Collection. Version 1.2. The IBK Mushroom Culture Collection of the M.G. Kholodny Institute of Botany. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/dzdsqu> accessed via GBIF.org on 2020-12-14.
8. Bryce T. A., Campbell I. M., McCorkin N. J. Metabolites of *Polyporaceae*. Novel conjugates of polyporenic acid from *Piptoporus betulinus*. *Tetrahedron.* 1991. Vol. 72. P. 51—53.
9. Capasso L. 5300 years ago, the Ice man used natural laxatives and antibiotics. *Lancet.* 1998. Vol. 352, № 9143. P. 1864.
10. Kamo T., Asanoma M., Shibata H., Hirota M. Anti-inflammatory lanostane-type triterpene acids from *Piptoporus betulinus*. *Journal of Natural Products.* 2003. Vol. 66, № 8. P. 1104—1106. doi:10.1021/np0300479.
11. Karaman M., Mimica-Dukic N., Knezevic P., Svircev Z., Matavuly M. Antibacterial properties of selected lignicolous mushrooms and fungi from Northern Serbia. *International Journal Medicinal Mushrooms.* 2009. Vol. 11, № 3. P. 269—279. doi:10.1615/IntJMedMushr.v11.i3.60.
12. Keller C., Maillard M., Keller J., Hostettmann K. Screening of European fungi for antibacterial, antifungal, larvicidal, molluscicidal, antioxidant and free-radical scavenging activities and subsequent isolation of bioactive compounds. *Pharmaceutical Biology.* 2002. Vol. 40, № 5. P. 18—525. doi:10.1076/phbi.40.7.518.14680.
13. Pleszczyńska M., Lemieszek M. K., Siwulski M. et al. Fomitopsis betulina (formerly *Piptoporus betulinus*): the Iceman's polypore fungus with modern biotechnological potential. *World Journal of Microbiology and Biotechnology.* 2017. Vol. 33, № 83. doi:10.1007/s11274-017-2247-0.
14. Schlegel B., Luhmann U., Hartl A., Grafe U. Piptamine, a new antibiotic produced by *Piptoporus betulinus* Lu 9—1. *The Journal of Antibiotics.* 2000. Vol. 53, № 9. P. 973—974. doi:10.7164/antibiotics.53.973.
15. Vunduk J., Klaus A., Kozarski M., Petrovic P., Zizak Z., Niksic M., Van Griensven LJLD. Did the Iceman know better? screening of the medicinal properties of the birch polypore medicinal mushroom, *Piptoporus betulinus* (Higher Basidiomycetes). *International Journal Medicinal Mushrooms.* 2015. Vol. 17, № 12. P. 1113—1125. doi:10.1615/IntJMed-Mushrooms.v17.i12.10.
16. Wasser S. P. Medicinal mushroom science: history, current status, future trends, and unsolved problems. *International Journal Medicinal Mushrooms.* 2010. Vol. 12. № 1. P. 1—16. doi:10.1615/IntJMedMushr.v12.i1.10.

SYNTHESIS OF MICROBIAL EXOPOLYSACCHARIDES ON NON-TRADITIONAL SUBSTRATES

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

Key words:

Exopolysaccharides of microbial origin, Biosynthesis, Waste of biodiesel production, Agro-industrial and household waste

Article history:

Received 15.01.2021
Received in revised form 29.01.2021
Accepted 12.02.2021

Corresponding author:

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

ABSTRACT

Microbial exopolysaccharides (EPS) are exogenous products of microorganisms metabolism of carbohydrate nature with high molecular weight which due to their ability to gelation, emulsification, suspension, flocculation and change the rheological characteristics of water systems are widely used in various industries (food, chemical, oil, etc.).

However, a significant disadvantage of microbial exopolysaccharide technologies is using expensive carbohydrate substrates (sucrose, glucose, starch, etc.).

There is limited information in the literature on alternative substitution of carbohydrates for EPS production with unconventional substrates that are cheap and available in large quantities.

Such promising substrates for the biosynthesis of microbial polysaccharides are waste of biodiesel production, waste of the agro-industrial complex (extracts and hydrolysates of shrimp shells, rice bran, low-quality fig syrup, tomato processing waste, hydrolysates and crushed fruit skins, chicken feathers, potato peel waste, waste waters from wine industry), as well as hydrolysates of kitchen waste.

The highest concentration of EPS (25—50 g/l), which is comparable to the synthesizing ability of industrial producers of microbial polysaccharides, is achieved by cultivating producers on glycerol and waste of biodiesel production, hydrolyzates of kitchen waste, fruit skins, chicken feathers.

It should be noted that at present there are still few data on the using industrial waste for the biosynthesis of microbial EPS. Pioneering in this regard are the results of own research on the synthesis of ethapolan polysaccharide (EPS concentration 14—16 g/l) on mixed oil of different quality after frying any products. The implementation of this technology not only reduces the cost of the final product, but also allows to utilize of large quantities of toxic oil-containing waste, the emissions of which are not regulated in Ukraine.

СИНТЕЗ МІКРОБНИХ ЕКЗОПОЛІСАХАРИДІВ НА НЕТРАДИЦІЙНИХ СУБСТРАТАХ

Т. П. Пирог, М. Б. Ярош, А. А. Вороненко

Національний університет харчових технологій

Мікробні екзополісахариди (ЕПС) — високомолекулярні екзогенні продукти метаболізму мікроорганізмів вуглеводної природи завдяки здатності до гелеутворення, емульгування, флокулювання, суспендування і змінення реологічних характеристик водних систем широко використовуються у різноманітних галузях промисловості (харчовій, хімічній, нафтовидобувній тощо). Проте суттєвим недоліком технологій мікробних екзополісахаридів є те, що для їх синтезу використовують дорожу вуглеводну сировину (сахарозу, глюкозу, крохмаль тощо).

У літературі обмеженою залишається інформація про альтернативну заміну вуглеводів для одержання ЕПС на нетрадиційні субстрати, які є дешевими та доступними у великій кількості. Такими перспективними субстратами для біосинтезу мікробних полісахаридів є відходи виробництва біодизелю, відходи агропромислового комплексу (екстракти та гідролізати панцирів креветок, рисових висівок, сироп зіпсованих фініків, відходи переробки томатів, гідролізати та подрібнені шкірки фруктів, куряче пір'я, картопляне лушпиння, стічні води після виробництва вина), а також гідролізати побутових відходів.

Найвища концентрація ЕПС (25—50 г/л), яка є порівняною з синтезувальною здатністю промислових продуцентів мікробних полісахаридів, досягається під час культивування продуцентів на гліцерині та відходах виробництва біодизелю, гідролізатах побутових відходів, фруктових шкірок, курячого пір'я.

Зазначимо, що на тепер відомості про використання промислових відходів для біосинтезу мікробних ЕПС все ще обмежені. Піонерськими в цьому плані є результати наших власних досліджень про синтез полісахариду етаполану (концентрація ЕПС 14—16 г/л) на змішаній після смаження будь-яких продуктів олії різної якості. Реалізація такої технології не тільки знижує собівартість цільового продукту, а й дає змогу утилізувати наявні у великій кількості токсичні олієві відходи, викиди яких в Україні не регламентуються.

Ключові слова: екзополісахариди мікробного походження, біосинтез, відходи виробництва біодизелю, агропромислові та побутові відходи.

Постановка проблеми. Мікробні екзополісахариди — високомолекулярні екзогенні продукти метаболізму мікроорганізмів вуглеводної природи завдяки здатності до гелеутворення, емульгування, флокулювання, суспендування і змінення реологічних характеристик водних систем широко використовуються у різноманітних галузях промисловості (харчовій, хімічній, нафтовидобувній тощо) [1—3].

Попит на мікробні полісахариди на світовому ринку є високим [4], що засвідчує збільшення з року в рік обсягів виробництва першого мікробного ЕПС ксантану (продуцент *Xanthomonas campestris*, виділений у кінці 60-х років ХХ ст. [5]). Починаючи з відкриття ксантану і дотепер, мікробні екзополісахариди є

об'єктом теоретичних і практичних досліджень. Проте суттєвим недоліком технологій мікробних екзополісахаридів є те, що для їх синтезу використовують дорогу вуглеводну сировину (сахароза, глюкоза, крохмаль тощо).

У літературі обмеженою залишається інформація про альтернативну заміну вуглеводів для одержання ЕПС на промислові відходи виробництва, які є дешевими та доступними у великій кількості. У 2016 р. ми опублікували огляд [6], в якому проаналізували відомі на той час дані літератури щодо синтезу мікробних ЕПС на відходах харчової промисловості, сільськогосподарського сектору, виробництва біодизелю. У цій статті акцентується увага на тому, що використання промислових відходів для отримання екзополісахаридів дасть змогу вирішити не лише проблему накопичення вторинної сировини, а й зменшити витрати на біосинтез практично цінних метаболітів. Крім того, застосування деяких відходів порівняно з традиційними вуглеводними субстратами, окрім екологічних переваг, має ряд технологічних: наявність ростових факторів, відсутність потреби у піногаснику та стерилізації субстрату.

Мета статті: узагальнення даних останніх років, а також відомостей, що не увійшли в огляд [6], про використання для синтезу екзополісахаридів мікробного походження нетрадиційних джерел вуглецю.

Викладення основних результатів дослідження. *Гліцерин.* У [7] встановлено можливість підвищення синтезу ксантану штамом *X. campestris* WXLB-006 до 33,9 г/л у разі дробного внесення гліцерину в середовище. Початкова концентрація субстрату становила 40 г/л, у процесі культивування продуцента здійснювали його дробне внесення порціями по 1—3 г/л/год до кінцевої концентрації 100 г/л.

Лиу із співавт. [8] повідомили про використання гліцерину (50 г/л) для утворення штамом *Agrobacterium* sp. NX1126 нового полісахариду PGHX у концентрації 24,9 г/л. Пізніше [9] було показано, що реологічні властивості полісахариду PGHX (зокрема, гелеутворювальна активність) залежала від концентрації гліцерину в середовищі культивування штаму NX1126. За високої концентрації гліцерину (50 г/л) синтезувався ЕПС з низькою гелеутворювальною активністю. У разі зниження початкової концентрації субстрату до 20 г/л і підтриманням вмісту гліцерину на рівні 10 г/л після припинення росту (на стадії утворення ЕПС) показники синтезу полісахариду дещо знижувалися (концентрація 22 г/л), проте синтезований полісахарид характеризувався високою гелеутворювальною активністю.

Відходи виробництва біодизелю. Біодизель — екологічно чистий вид біопалива, одержуваний з рослинних олій чи тваринних жирів, який використовується для заміни нафтового дизельного палива. Найпоширеніший спосіб отримання біодизелю — переетерифікація рослинної олії, що з хімічної точки зору являє собою суміш метилових (етилових) моноалкілових ефірів довголанцюгових жирних кислот (насичених і ненасичених). Рослинна олія переетерифікується з метанолом, рідше етанолом або ізопропіловим спиртом (приблизно в пропорції на 1 т олії 200 кг метанолу) при температурі 60°C і нормальному тиску від 1 до 8 год. Як катализатор найчастіше використовується гідроксид натрію або калію [10].

Проте у зв'язку з інтенсивним зростанням попиту на біодизель у світі виникає проблема утилізації побічного продукту — гліцерину, адже на кожні 100 л біодизелю утворюється майже 10 л технічного гліцерину (так звана гліцеринова

фракція) [10; 11]. Гліцерінова фракція містить велику кількість різних домішок, що робить неможливим її використання в багатьох традиційних сферах застосування гліцерину (наприклад, виробництво харчових продуктів, фармацевтична і косметична промисловість тощо), якщо тільки не застосовувати вартісні стадії очищення. Зазначимо, що через підвищену лужність і вміст метанолу зберігання й утилізація технічного гліцерину є серйозною екологічною проблемою. Одним із шляхів розв'язання цієї проблеми є використання такого відходу у біотехнологічній галузі як субстрату для культивування мікроорганізмів [10; 11].

У [12; 13] встановлено можливість синтезу мікробних ЕПС на відходах виробництва біодизелю (технічному гліцерині).

Wang із співавт. [12] показали, що за умов росту *Xanthomonas campestris* CCTCC M2015714 (продуцент ксантану) на відходах біодизельного виробництва (40 г/л) концентрація синтезованого полісахариду становила 11 г/л.

Raghunandan із співавт. [13] повідомили про штам *Sphingomonas yabuuchiae* GI:724472388, який у процесі культивування на середовищі, що містило 80 г/л відходів виробництва біодизелю, синтезував 52,6 г/л екзополісахариду гелану. Зазначимо, що заявленої авторами дослідження концентрації субстрату недостатньо для утворення такої кількості ЕПС. На нашу думку, це може бути зумовлене такими причинами: 1) завищена концентрація гелану, оскільки методика визначення передбачала кип'ятіння культуральної рідини, охолодження, доведення до рН 10, центрифугування, осадження ізопропанолом [13]. За таких умов відбувається руйнування клітин, в результаті якого вивільнюються високомолекулярні внутрішньоклітинні полімери (полісахариди, білки, нуклеїнові кислоти), які також осаджуються цим розчинником. Разом з полісахаридом можуть співосаджуватися й солі, що залишилися у культуральній рідині; 2) у складі відходів виробництва біодизелю, крім гліцерину, містяться спирти (етанол, метанол), тригліцериди, вільні жирні кислоти [10; 11], які також можуть використовуватися як ростові субстрати продуцентом гелану.

У [14] встановлено, що штам симбіотичних азотфіксувальних бактерій *Mesorhizobium loti* Semia 816 синтезував 4,91 г/л під час вирощування у середовищі, що містило 12,2 г/л відходів виробництва біодизелю. Автори цього дослідження зазначають, що синтезувальна здатність штаму Semia 816 порівняна з такою інших діазотрофних бактерій роду *Rhizobium*, які утворюють від 4 до 7 г/л ЕПС, щоправда, на середовищі з вуглеводними субстратами (манітол, сахароза).

Значимо, що в доступній літературі нам не вдалося знайти більше відомостей про використання як очищеного гліцерину, так і відходів виробництва біодизелю для біосинтезу мікробних полісахаридів.

Відходи агропромислового комплексу. Останніми роками з'явилися публікації про використання для синтезу мікробних полісахаридів не тільки продуктів переробки цукрової тростини [15; 16] і жому маніоки [17], а й дійсно нетрадиційних субстратів, до яких належать екстракт панцирів креветок [18—21], гідролізати побутових відходів [22—24], рисових висівок [25], сироп зіпсованих фініків [26], відходи переробки томатів [27; 28], подрібнені шкірки манго [29, 30], куряче пір'я [31], гідролізат апельсинової шкірки [32], картопляне лушпиння [33; 34], стічні води після виробництва вина [35; 36].

Гідролізат цукрової тростини. Hilares зі співавт. [15] встановили, що при культивуванні штаму *Aureobasidium pullulans* LB83 на гідролізаті цукрової тростини (початковий вміст вуглеводів у середовищі культивування, г/л: глюкоза — 37,29, ксилоза — 21,24, целобіоза — 4,49, арабіноза — 2,04) кількість синтезованого пулулану досягала 20,0—22,1 г/л на 168 год культивування, що було вищим за показники (10,9—15,8 г/л), отримані на середовищі з глюкозою (45 г/л).

Подальша оптимізація умов культивування (температура — 25,3°C, швидкість перемішування — 232 об/хв, концентрація дріжджового автолізату — 1,88 г/л) за дизайном Бокса-Бенкена супроводжувалася додатковим підвищенням концентрації полісахариду до 25,19 г/л та скороченням тривалості культивування до 96 год [16].

Жом маніоки. У [17] автори встановили, що за оптимальних умов при твердофазному культивуванні штаму *A. pullulans* MTCC 2670 на середовищі, яке містить подрібнений (розмір часток 2,38 мм) жом маніоки та 5% манози, максимальний вихід пулулану становив 49 мг ЕПС/г субстрату.

Панцирі креветок. Прогнозується, що до 2025 р. глобальний обсяг виробництва креветок досягне 7,28 млн тонн. Зазначимо, що при їх переробці та споживанні в їжу генерується значна кількість твердих відходів (50—60%) та відпрацьованої води (приблизно 4 л на 1 тону приготованих креветок) [18]. Лише незначна кількість цих відходів використовується для регенерації практично цінних сполук (хітину тощо), та відгодівлі худоби. Перспективним також є їхнє використання в біотехнологічних процесах як субстратів для одержання ферментів [19], поверхнево-активних речовин [20], а також мікробних ЕПС [21].

Так, у [21] повідомляється про можливість синтезу полісахариду ксантану штамами *X. campestris* pv. *campestris* 1182, *X. campestris* pv. *campestris* 254, *X. campestris* pv. *campestris* 629 за різної концентрації 2—10% (об'ємна частка) екстракту панцирів креветок. Встановлено, що найвища концентрація ЕПС (4,6 г/л) досягалася при вирощуванні штаму 1182 на середовищі з 10% цього екстракту.

Побутові відходи. Постійний розвиток галузі громадського харчування призводить до збільшення кількості кухонних відходів, безпечна утилізація яких через високий вміст органіки та вологи є досить проблемною. Так, прогнозується, що до 2025 р. лише в країнах Азії обсяг таких відходів досягне 416 млн тонн. Зазначимо, що захоронення сміття на звалищах не є вирішенням проблеми, оскільки його деградація супроводжується забрудненням ґрунтів і підземних вод [22].

Лі зі співавт. [22] продемонстрували можливість використання подрібнених і підданих ферментативній обробці (використано нейтральну протеазу, α -амілазу, амілоглюкозидазу) кухонних відходів (після видалення паперового та пластмасового пакування) з університетської їдальні для синтезу полісахариду велану бактеріальним штамом *Sphingomonas* sp. ATCC 31555. Встановлено, що найвищі показники синтезу ЕПС (5,6 г/л) спостерігалися на середовищі, що містило нерозбавлені кухонні відходи без жодних добавок.

У [23] показано можливість використання гідролізованих сірчаною кислотою кухонних відходів як субстрату для отримання ксантану штамом *X. campestris* LRELP-1. Кількість синтезованого ЕПС досягала 11,73 г/л за умов росту штаму на середовищі з тричі розбавленим гідролізатом відходів.

Інші дослідники [24] встановили, що кухонні відходи можуть слугувати субстратом для синтезу пулулану штамом *A. pullulans* МТСС2013. Так, при культивуванні грибів на ферментативно гідролізованих відходах, що містили 31 г/л глюкози та 46 г/л інших редуруючих вуглеводів, концентрація цільового продукту досягала 24,77 г/л на 120-ту год культивування. Для ферментативного гідролізу автори використовували суміш целюлозолітичних ферментів СМCase і FPase, а також β -глюкозидази, ксиланази, мананази, пектинази, α -амілази та глюкоамілази.

Рисові висівки. У [25] продемонстровано здатність штаму *A. pullulans* ССТСС М 2012259 синтезувати 15,6 г/л пулулану на гідролізованих сульфатною кислотою рисових висівках (15%, масова частка). Зазначимо, що в результаті кислотного гідролізу лігноцелюлози виділяється оцтова кислота, яка є інгібітором синтезу пулулану. З метою підвищення синтезу ЕПС на цьому середовищі без застосування додаткових методів очищення субстрату одержували мутантні штами, стійкі до оцтової кислоти. В результаті отримано мутантний штам *A. pullulans* ARH-1, здатний накопичувати на такому гідролізаті 22,2 г/л пулулану.

Фініковий сироп. Альтернативний спосіб використання низькоякісних фініків наведено у [26]. Так, при вирощуванні штаму *A. pullulans* 51 на 12,5% (масова частка) фініковому сиропі спостерігали синтез 14 г/л пулулану за 96 год культивування. Цікаво, що при використанні глюкози як субстрату концентрація полісахариду була суттєво нижчою і становила лише 5 г/л.

Відходи виробництва переробки томатів. На кожному з етапів переробки томатів утворюється багато різних відходів (томати невідповідної якості, насіння та шкірки), що потребують подальшої належної утилізації. На сьогодні основна частина відходів (яка може досягати 40%) використовується для відгодівлі худоби й удобрення ґрунтів. Перспективним також є виділення з томатних відходів біологічно активних сполук (антиоксидантів, вітамінів, полісахаридів тощо) [27].

Antunes із спіавт. [28] досліджували можливість використання некондиційної томатної пасти, що містить у своєму складі комплекс уранових кислот і простих вуглеводів, зокрема глюкози (5,9%, масова частка) та фруктози (6,9%, масова частка), для синтезу ЕПС штамом *Enterobacter* A47 (DSM 23139). Експерименти показали, що при реалізації культивування з підживленням (швидкість підживлення 25-відсотковим розчином некондиційної томатної пасти становила 11 г/год, початкова концентрація субстрату в середовищі 8,2%, масова частка) концентрація цільового продукту досягала 8,77 г/л, а продуктивність — 2,92 г/л за добу.

Подрібнені шкірки манго. Відомо, що в деяких людей при контакті з плодами манго можливе виникнення алергічного дерматиту, спричиненого токсином урушиолом, що міститься в шкірці плодів [29]. Зазначимо, що урушиол також міститься в отруйному плющі (*Toxicodendron radicans*) та західному отруйному дубі (*Toxicodendron diversilobum*). Одним із способів утилізації цього токсичного відходу є його використання як субстрату для синтезу мікробних полісахаридів.

Так, у праці [30] продемонстровано здатність мутантного штаму *Bacillus licheniformis* MS3 в умовах твердо-фазового культивування на подрібнених мангових шкірках (60%, масова частка) синтезувати до 15,6 г/л ЕПС.

Подрібнене куряче пір'я. На сьогодні пір'я є одним з основних відходів птахопереробних підприємств, велика кількість якого не утилізується відповідно до вимог, що спричиняє забруднення навколишнього середовища. Оскільки пір'я

на 90% складається з протеїну, то перспективним є його використання в біотехнологічних процесах [31].

Ozidal із співавт. [31] встановили, що внесення 6 г/л пептону з курячого пір'я (містить 56 г білка, 41,5 г золи та 9 г азоту на 100 г субстрату) у середовище культивування *X. campestris* MO-03 з 40 г/л глюкози, супроводжувалося збільшенням кількості синтезованого полісахариду до 24,45 г/л, що у 1,73 раза вище, ніж на середовищі без додавання пептону.

Гідролізат апельсинової шкірки. Щорічно у світі під час виробництва апельсинового соку утворюється мільйони тонн відходів, серед яких майже половину становить апельсинова шкірка. Зазначимо, що через наявність лігноцелюлозних залишків, що спричиняють утворення шкідливих продуктів вилугування, скидання цих відходів на звалища є небезпечним з екологічної точки зору. У той же час шкірки є багатим джерелом розчинних і нерозчинних вуглеводів, що робить перспективним їхню ферментативну переробку з подальшим використанням гідролізату як субстрату для одержання практично цінних продуктів у мікробних технологіях [32].

У [32] встановлено, що в разі використання 85-відсоткового розчину гідролізату апельсинових шкірок як субстрату для культивування *X. campestris* концентрація ксантану перевищувала 30 г/л. При цьому ступінь утилізації такого нетрадиційного субстрату досягав 99,99%.

Картопляне лушпиння. Більшість врожаю картоплі при переробці на харчових підприємствах піддається механічному очищенню від шкірки, яка потребує подальшої переробки. Тож, ці відходи можуть бути цінним біотехнологічним ростовим субстратом, оскільки містять у своєму складі крохмаль (25%) та інші полісахариди (30%), а також білок (18%), лігнін (20%), ліпіди (1%) і золу (6%) [33].

Під час дослідження можливості використання картопляного лушпиння для синтезу ЕПС ксантану штамом *X. campestris* pv. *manihotis* ISBF 1182 встановлено, що максимальні показники синтезу ЕПС (20,9 г/л за 48 год вирощування) спостерігалися в умовах напівтвердо-фазового культивування [34]. Причому при глибинному культивуванні продуцента кількість синтезованого ксантану різко знижувалась і досягала лише 2,03 г/л після 72 год вирощування.

Стічні води після виробництва вина. Виноробство традиційно вважається екологічно чистим процесом, однак на всіх етапах виробництва утворюється велика кількість стічних вод (до 14 л на л виробленого вина), які характеризуються низьким рН, високим вмістом органічних речовин, макро- та мікроелементів, важких металів тощо. Очищення таких стічних вод є багатоетапним та економічно нерентабельним процесом, що стимулює пошук альтернативних шляхів їх утилізації.

Ваїїс із співавт [35] встановили можливість синтезу ксантану *X. campestris* ATCC 13951 на різних фракціях стічних вод, що генеруються при виробництві білого вина на стадіях подрібнення, пресування, кларифікації сусле та бродіння. Найвищі показники синтезу ксантану (10,67 г/л) досягалися при культивуванні бактерій на розведених стічних водах після кларифікації, що містили 25 г/л глюкози та фруктози.

У подальших дослідженнях з метою розробки більш універсальної технології було досліджено можливість використання змішаних відпрацьованих вод з різ-

них стадій виробництва білого та рожевого вина [36]. Встановлено, що максимальна концентрація синтезованого ЕПС (30,64 г/л) спостерігалася при використанні змішаних стічних вод після виробництва рожевого вина. За умов росту штаму-продуцента на відходах виробництва білого вина кількість ксантану знижувалася до 20,92 г/л. Автори пояснюють це явище високим вмістом азоту у відходах білого вина, що призводило до зниження співвідношення C/N до неоптимального для синтезу ЕПС рівня.

Олієві відходи. Sengupta зі співавт. [37] показали принципову можливість синтезу ЕПС штамом *Ochrobactrum pseudintermedium* C1 на середовищах з 5% (об'ємна частка) відпрацьованих рослинних (гірчична та пальмова) або мінеральних олій (шпиндельні, гідравлічні, різальні та компресорні). у концентрації 5% (об'ємна частка). Зазначимо, що незалежно від типу використаної олії концентрація синтезованого ЕПС була невисокою і не перевищувала 1 г/л.

Наші дослідження [38] показали, що незалежно від якості (соняшникова, кукурудзяна, оливкова, ріпакова) та виду (після смаження м'яса чи картоплі) відпрацьованої олії в середовищі культивування *Acinetobacter* sp. ІМВ В-7005 (продуцент екзополісахариду етаполану) концентрація ЕПС та його реологічні властивості не відрізнялися від показників, встановлених у процесі вирощування штаму ІМВ В-7005 на рафінованих оліях. Використання відпрацьованої олії, зокрема змішаної після смаження різних продуктів, у суміші з мелясою або ацетатом дала змогу збільшити кількість синтезованого етаполану до 14—16 г/л. Однак, на тепер у літературі відомості про синтез такої кількості мікробних полісахаридів на відпрацьованих оліях відсутні.

Узагальнені дані про синтез мікробних полісахаридів на нетрадиційних субстратах наведено в таблиці.

Таблиця. Синтез полісахаридів на альтернативних джерелах вуглецю

Продуцент	Субстрат	Концентрація субстрату, г/л	Концентрація ЕПС, г/л	Література
1	2	3	4	5
<i>Xanthomonas campestris</i> WXLB-006	Гліцерин	100	33,9	[7]
<i>Agrobacterium</i> HX1126	Гліцерин	50	24,9	[8]
<i>Xanthomonas campestris</i> CCTCC M2015714	Відходи виробництва біодизелю	40	11	[12]
<i>Sphingomonas yabuuchiae</i> K10	Відходи виробництва біодизелю	80	52,6	[13]
<i>Mesorhizobium loti</i> Semia 816	Відходи виробництва біодизелю	12,2	4,91	[14]
<i>Aureobasidium pullulans</i> LB 83	Гідролізат цукрової тростини	Вміст у гідролізаті (г/л): глюкоза — 37,29, ксилоза — 21,24, целобіоза — 4,49, арабіноза — 2,04	22,1	[15]
<i>Xanthomonas campestris</i> 1182	Екстракт панцирів креветок	10% (об'ємна частка)	4,6	[21]

1	2	3	4	5
<i>Sphingomonas</i> sp. ATCC 31555	Гідролізат побутових відходів	Нерозбавлений ферментативний гідролізат	5,6	[22]
<i>Xanthomonas campestris</i> LRELP-1	Гідролізат побутових відходів	Розбавлений у три рази гідролізат	11,73	[23]
<i>Aureobasidium pullulans</i> MTCC2013	Ферментативний гідролізат побутових відходів	Вміст у гідролізаті (г/л): глюкоза — 31, інші редуруючі вуглеводи — 46	24,77	[24]
<i>Aureobasidium pullulans</i> CCTCC M 2012259	Гідролізат рисових висівок	15% (масова частка)	15,6	[25]
<i>Aureobasidium pullulans</i> 51	Фініковий сироп	12,5% (масова частка)	15	[26]
<i>Enterobacter</i> A47 (DSM 23139)	Некондиційна томатна паста	Вміст (% масова частка): глюкоза — 5,9, фруктоза — 6,9	8,77	[28]
<i>Bacillus licheniformis</i> MS3	Подрібнені шкірки манго	60% (масова частка)	15,6	[30]
<i>Xanthomonas campestris</i> MO-03	Подрібнене куряче пір'я	6 г/л пептону з пір'я + 40 г/л глюкози	24,45	[31]
<i>Xanthomonas campestris</i> (штам не наведено)	Гідролізат апельсинової шкірки	85%-ний розчин гідролізату	30,19	[32]
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>manihotis</i> ISBF 1182	Картопляне лущиння	10	20,9	[34]
<i>Xanthomonas campestris</i> ATCC 13951	Стічні води з стадії кларифікації виробництва білого вина	25 (за вуглеводами)	10,67	[35]
<i>Xanthomonas campestris</i> ATCC 13951	Змішані стічні води з усіх стадій виробництва рожевого вина	50 (за вуглеводами)	30,64	[36]
<i>Ochrobactrum pseudintermedium</i> C1	Пальмова олія, гірчична олія	5% (об'ємна частка)	1,1	[37]

Висновки

Проаналізовані дані свідчать про те, що найвища концентрація ЕПС (25—50 г/л), яка є порівняною з синтезувальною здатністю промислових продуцентів мікробних полісахаридів, досягається під час культивування продуцентів на гліцерині та відходах виробництва біодизелю, гідролізатах побутових відходів, фруктових шкірок, курячого пір'я. Проте натепер відомості про використання промислових відходів для біосинтезу мікробних ЕПС досить обмежені. Новаторськими у цьому плані є результати наших власних досліджень про синтез полісахариду етаполану (концентрація ЕПС 14—16 г/л) на змішаній після смаження будь-яких продуктів олії різної якості. Реалізація такої технології не тільки знижує собівартість цільового продукту, а й дає змогу утилізувати наявні у великій кількості токсичні олієвмісні відходи, викиди яких в Україні не регламентуються.

Література

1. Freitas F., Torres C.A.V., Reis M.A.M. Engineering aspects of microbial exopolysaccharide production. *Bioresour. Technol.* 2017, 245(Pt B):1674—1683. doi: 10.1016/j.biortech.2017.05.092.

2. Rana S., Upadhyay L. S. B. Microbial exopolysaccharides: Synthesis pathways, types and their commercial applications. *Int. J. Biol. Macromol.* 2020, 157:577—583. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.04.084.
3. Barcelos M. C. S., Vespermann K. A. C., Pelissari F. M., Molina G. Current status of biotechnological production and applications of microbial exopolysaccharides. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2020, 60(9):1475—1495. doi: 10.1080/10408398.2019.1575791.
4. Kreyenschulte D., Krull R., Margaritis A. Recent advances in microbial biopolymer production and purification. *Crit. Rev. Biotechnol.* 2014, 34(1):1—15. doi: 10.3109/07388551.2012.743501.
5. Cadmus M. C., Rogovin S. P., Burton K. A., Pittsley J. E., Knutson C. A., Jeanes A. Colonial variation in *Xanthomonas campestris* NRRL B-1459 and characterization of the polysaccharide from a variant strain. *Can. J. Microbiol.* 1976, 22(7):942—948. doi: 10.1139/m76-136.
6. Pirog T. P., Ivakhniuk M. O., Voronenko A. A. Exopolysaccharides synthesis on industrial waste. *Biotechnologia acta.* 2016, 9(2):7—18. <https://doi.org/10.15407/biotech9.02.007>.
7. Wang Z., Wu J., Gao M., Zhu L., Zhan X. High production of xanthan gum by a glycerol tolerant strain *Xanthomonas campestris* WXLB-006. *Prep. Biochem. Biotechnol.* 2017, 47(5):468—472. doi: 10.1080/10826068.2017.1292288.
8. Liu Y., Gu Q., Ofosu FK., Yu X. Production, structural characterization and gelforming property of a new exopolysaccharide produced by *Agrobacterium* HX1126 using glycerol or d-mannitol as substrate. *Carbohydr. Polym.* 2016, 20(136):917—922. doi:10.1016/j.carbpol.2015.09.107.
9. Liu Y., Wang Z., Zhao J., Zong C., Liu M., Niu Y. Effects of glycerol concentrations on the bioproduction of PGHX by *Agrobacterium* HX1126. *Prep. Biochem. Biotechnol.* 2019, 49(6):584—589. doi: 10.1080/10826068.2019.1591989.
10. Crosse A.J., Brady D., Zhou N., Rumbold K. Biodiesel's trash is a biorefineries' treasure: the use of "dirty" glycerol as an industrial fermentation substrate. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2019, 36(1):2. doi: 10.1007/s11274-019-2776-9.
11. Diamantopoulou P., Filippousi R., Antoniou D., Varfi E., Xenopoulos E., Sarris D., Papanikolaou S. Production of added-value microbial metabolites during growth of yeast strains on media composed of biodiesel-derived crude glycerol and glycerol/xylose blends. *FEMS Microbiol. Lett.* 2020, 367(10): fnaa063. doi: 10.1093/femsle/fnaa063.
12. Wang Z., Wu J., Zhu L., Zhan X. Activation of glycerol metabolism in *Xanthomonas campestris* by adaptive evolution to produce a high-transparency and low-viscosity xanthan gum from glycerol. *Bioresour Technol.* 2016, 211:390—397. doi:10.1016/j.biortech.2016.03.096.
13. Raghunandan K., Kumar A., Kumar S., Permaul K., Singh S. Production of gellan gum, an exopolysaccharide, from biodiesel-derived waste glycerol by *Sphingomonas* spp. *3 Biotech.* 2018, 8(1): 71. doi: 10.1007/s13205-018-1096-3.
14. de Oliveira J. M., Amaral S. A., Burkert C. A. V. Rheological, textural and emulsifying properties of an exopolysaccharide produced by *Mesorhizobium loti* grown on a crude glycerol-based medium. *Int. J. Biol. Macromol.* 2018, 120(Pt B): 2180—2187. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.06.158.
15. Terán Hilaes R., Orsi C. A., Ahmed M. A., Marcelino P. F., Menegatti C. R., da Silva S. S., Dos Santos J. C. Low-melanin containing pullulan production from sugarcane bagasse hydrolysate by *Aureobasidium pullulans* in fermentations assisted by light-emitting diode. *Bioresour. Technol.* 2017, 230:76—81. doi:10.1016/j.biortech.2017.01.052.
16. Terán Hilaes R., Resende J., Orsi C. A., Ahmed M. A., Lacerda T. M., da Silva S. S., Santos J. C. Exopolysaccharide (pullulan) production from sugarcane bagasse hydrolysate aiming to favor the development of biorefineries. *Int. J. Biol. Macromol.* 2019, 127:169—177. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.01.038.
17. Sugumaran K. R., Jothi P., Ponnusami V. Bioconversion of industrial solid waste — cassava bagasse for pullulan production in solid state fermentation. *Carbohydr. Polym.* 2014, 99:22—30. doi:10.1016/j.carbpol.2013.08.039.
18. Nirmal N. P., Santivarangkna C., Rajput M. S., Benjakul S. Trends in shrimp processing waste utilization: an industrial prospective. *Trends Food Sci. Tech.* 2020, 103:20—35. doi: 10.1016/j.tifs.2020.07.001.
19. Cheba B. A., Zaghoul T. I., EL-Mahdyd A. R. Demineralized crab and shrimp shell powder: cost effective medium for *Bacillus* sp. R2 growth and chitinase production. *Procedia Manuf.* 2018, 22:413—419. doi: 10.1016/j.promfg.2018.03.065.

20. Kadam D., Savant D. Biosurfactant production from shrimp shell waste by *Pseudomonas stutzeri*. *Indian J. Mar. Sci.* 2019, 48(9):1411—1418.
21. Costa L. A. S., Campos M. I., Druzian J. I., Oliveira A. M., Oliveira Jr E. N. Biosynthesis of xanthan gum from fermenting shrimp shell: yield and apparent viscosity. *Int. J. Polym. Sci.* 2014. doi: 10.1155/2014/273650.
22. Li P., Xie Y., Zeng Y., Hu W., Kang Y., Li X., Wang Y., Xie T., Zhang Y. Bioconversion of welan gum from kitchen waste by a two-step enzymatic hydrolysis pretreatment. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2017, 183(3):820—832. doi: 10.1007/s12010-017-2466-8.
23. Li P., Li T., Zeng Y., Li X., Jiang X., Wang Y., Zhang Y. Biosynthesis of xanthan gum by *Xanthomonas campestris* LREL1-1 using kitchen waste as the sole substrate. *Carbohydr. Polym.* 2016, 151:684—691. doi:10.1016/j.carbpol.2016.06.017.
24. Rishi V., Sandhu A. K., Kaur A., Kaur J., Sharma S., Soni S. K. Utilization of kitchen waste for production of pullulan to develop biodegradable plastic. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2020, 104(3):1307—1317. doi: 10.1007/s00253-019-10167-9.
25. Wang D., Ju X., Zhou D., Wei G. Efficient production of pullulan using rice hull hydrolysate by adaptive laboratory evolution of *Aureobasidium pullulans*. *Bioresour. Technol.* 2014, 164:12—19. doi: 10.1016/j.biortech.2014.04.036.
26. Monjazeb Marvdashti L., Abdolshahi A., Hedayati S., Sharifi-Rad M., Iriti M., Salehi B., Sharifi-Rad J. Pullulan gum production from low-quality fig syrup using *Aureobasidium pullulans*. *Cell Mol. Biol. (Noisy-le-grand, France)*. 2018, 64(8):22—26. doi: 10.14715/cmb/2018.64.8.4.
27. Boccia F., Di Donato P., Covino D., Poli A. Food waste and bio-economy: Ascenario for the Italian tomato market. *J. Clean. Prod.* 2019, 227:424—433. doi:10.1016/j.jclepro.2019.04.180.
28. Antunes S., Freitas F., Sevrin C., Grandfils C., Reis M. A. Production of FucoPol by *Enterobacter* A47 using waste tomato paste by-product as sole carbon source. *Bioresour. Technol.* 2017, 227:66—73. doi: 10.1016/j.biortech.2016.12.018.
29. Yoo M. J., Carius B. M. Mango Dermatitis After Urushiol Sensitization. *Clin. Pract. Cases Emerg. Med.* 2019, 3(4):361—363. doi: 10.5811/cpcem.2019.6.43196.
30. Asgher M., Urooj Y., Qamar S. A., Khalid N. Improved exopolysaccharide production from *Bacillus licheniformis* MS3: Optimization and structural/functional characterization. *Int. J. Biol. Macromol.* 2020, 151:984—992. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.11.094.
31. Ozdal M., Kurbanoglu E. B. Valorisation of chicken feathers for xanthan gum production using *Xanthomonas campestris* MO-03. *J. Genet. Eng. Biotechnol.* 2018, 16(2). doi:10.1016/j.jgeb.2018.07.005.
32. Mohsin A., Zhang K., Hu J., Salim-ur-Rehman Tariq M., Zaman W. Q., Guo M. Optimized biosynthesis of xanthan via effective valorization of orange peels using response surface methodology: a kinetic model approach. *Carbohydr. Polym.* 2018, 181:793—800. doi:10.1016/j.carbpol.2017.11.076.
33. Javed A., Ahmad A., Tahir A., Shabbir U., Nouman M., Hameed A. Potato peel waste — its nutraceutical, industrial and biotechnological applications. *AIMS Agric. Food.* 2019, 4(3):807—823. doi: 10.3934/agrfood.2019.3.807.
34. da Silva A. S., dos Santos F. P., de Souza Abud A. K. Xanthan gum production by semisolid and submerged processes using potato peel as substrate. *Braz. J. Development. (BJD)* 2020, 6(5): 25202—25207. doi: 10.34117/bjdv6n5-102.
35. Bajić B., Rončević Z., Puškaš V., Miljić U., Dodić S., Grahovac J., Dodić J. White wine production effluents used for biotechnological production of xanthan. *J. Process. Energy Agriculture.* 2015, 19(1):52—55.
36. Rončević Z. Z., Bajić B. Z., Vučurović D. G., Dodić S. N., Grahovac J. A., Dodić J. M. Xanthan production on wastewaters from wine industry. *Hemjska Industrija.* 2017, 71(2):145—153. doi: 10.2298/HEMIND160401025R.
37. Sengupta B., Datta S., Biswas D. Exploring two contrasting surface-active exopolysaccharides from a single strain of *Ochrobactrum* utilizing different hydrocarbon substrates. *J. Basic Microbiol.* 2019. doi: 10.1002/jobm.201900080.
38. Voronenko A., Ivakhniuk M., Pirog T. Production of exopolysaccharide ethapolan by *Acinetobacter* sp. IMV B-7005 on fried oil and oil-containing mixed substrates. *Banat's J. Biotechnol.* 2020, XI(22):66—75. doi: 10.7904/2068-4738-XI(22)-66. <http://www.bjbabe.ro>.

ANALYSIS OF COMPETITIVENESS OF THE ENTERPRISE ON THE EXAMPLE OF PJSC “OBOLON”

H. Rohanova, V. Kovalchuk

National University of Food Technologies

Key words:

*Competitiveness
Cluster analysis
SPACE-analysis
SWOT-analysis
Competitive advantages
Food industry enterprise*

Article history:

Received 29.01.2021
Received in revised form
08.01.2021
Accepted 23.01.2021

Corresponding author:

H. Rohanova
E-mail:
hanna.rohanova@
gmail.com

ABSTRACT

The interpretation of the term “enterprise competitiveness” is investigated in the work. Differences in the interpretation of the concept of enterprise competitiveness by different scientists are revealed, the main methods of assessing the competitiveness of the enterprise and the parameters of competitive advantage are clarified.

The purpose of the article is to study the level of competitiveness of the modern food industry, to clarify its competitive advantages at the market, to determine the used competitive strategy. Cluster analysis, SPACE analysis and SWOT analysis were used during the study.

Diagnosis of the company’s competitiveness was carried out for the food industry company PJSC “Obolon” according to the consolidated financial statements of the end of 2019. Cluster analysis of eight food companies allowed them to be classified into three clusters based on the results of calculating the following indicators of financial stability: autonomy ratio, financial risk ratio, equity maneuverability ratio, financial leverage ratio.

The main object of research of PJSC “Obolon” is in one (second) cluster with PJSC “Opillya”. The results of SPACE-analysis on the factors of environmental stability, industrial and financial potential, competitive advantages allowed to define the competitor’s strategy of Obolon PJSC as protective. The SWOT analysis helped to identify the main competitive advantages (strengths, opportunities) and weaknesses and threats to determine the prospects for effective operation of the enterprise. The main factors influencing the formation of the competitiveness of the object of study are identified and measures are proposed to improve the financial condition and increase its competitiveness.

Prospects for further research are to develop measures to optimize the capital structure in order to increase profitability and investment attractiveness by modeling the capital structure.

ОЦІНКА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА НА ПРИКЛАДІ ПрАТ «ОБОЛОНЬ»

Г. О. Роганова, В. Ю. Ковальчук

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено трактування терміна «конкурентоспроможність підприємства». Виявлено відмінності у тлумаченні поняття конкурентоспроможності підприємства, з'ясовано основні методи оцінки конкурентоспроможності підприємства та параметри конкурентних переваг.

Досліджено рівень конкурентоспроможності сучасного підприємства харчової промисловості, визначено його конкурентні переваги на ринку та особливості використовуваної конкурентної стратегії. Під час дослідження застосовано кластерний аналіз, SPACE-аналіз та SWOT-аналіз.

Діагностика конкурентоспроможності підприємства здійснена для підприємства харчової промисловості ПрАТ «Оболонь» за даними консолідованої фінансової звітності станом на кінець 2019 року. Кластерний аналіз восьми підприємств харчової галузі дав змогу розподілити їх на три кластери за результатами розрахунку таких показників фінансової стійкості: коефіцієнт автономії, коефіцієнт фінансового ризику, коефіцієнт маневреності власного капіталу, коефіцієнт фінансового левериджу.

Основний об'єкт дослідження ПрАТ «Оболонь» знаходиться в одному (другому) кластері з ПрАТ «Опілля». Результати SPACE-аналізу за факторами стабільності середовища, промислового та фінансового потенціалу, конкурентних переваг дали змогу визначити конкурентну стратегію ПрАТ «Оболонь» як захисну. SWOT-аналіз допоміг виявити основні конкурентні переваги (сильні сторони, можливості) та слабкі сторони і загрози для з'ясування перспектив ефективного функціонування підприємства. Визначено основні фактори впливу на формування конкурентоспроможності об'єкта дослідження і запропоновано заходи щодо покращення фінансового стану та підвищення його конкурентоспроможності.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці заходів щодо оптимізації структури капіталу з метою підвищення рентабельності та інвестиційної привабливості методом моделювання структури капіталу.

Ключові слова: конкурентоспроможність, кластерний аналіз, SPACE-аналіз, SWOT-аналіз, конкурентні переваги, підприємство харчової промисловості.

Постановка проблеми. Конкуренція між суб'єктами господарювання є ключовим елементом ринкових відносин. Мінливі конкурентні умови потребують від підприємств вчасного відповідного реагування на зміни, що відбулися. Конкуренція є визначальним фактором впорядкування цін, стимулом інноваційних процесів, сприяє витісненню з виробництва неефективних підприємств, раціональному використанню ресурсів, запобігає диктату виробників-монополістів стосовно споживача [1]. Конкуренція спонукає суб'єктів господарювання до постійного оновлення та розвитку, а отже, гарантує споживачам отримання необхідної продукції з покращеними характеристиками [2, с. 69].

Конкурентні позиції вітчизняних підприємств на внутрішньому та зовнішньому ринках значно впливають на можливості економічного зростання країни в цілому. Критерієм оцінки конкурентної позиції підприємств є їхня конкурентоспроможність [3, с. 67], що виступає одним із основних факторів забезпечення його виживання в умовах нестабільності і подальшого ефективного розвитку [4, с. 406]. Саме тому оцінка конкурентоспроможності підприємства завжди є актуальною як під час розробки стратегії захвату ринку, так і під час оцінки санаційної спроможності та виявлення потенціалу росту підприємства, що знаходиться у фінансовій кризі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поняття «конкурентоспроможність» — одна з найбільш загальноживаних економічних категорій. Проте досі не існує єдиного визначення поняття, що пов'язано з різноманітністю підходів до розуміння сутності конкурентоспроможності [5, с. 117]. Так, у статті [6] (Котенко С. І., Швіндіна Г. О., 2018) автори наводять декілька трактувань поняття «конкурентоспроможність підприємства» і звертають увагу на те, що науковці по-різному трактують це поняття, визначаючи різні акценти та різні характеристики конкурентоспроможності. Автори праці [3, с. 67] (Головчук Ю. О., Пчелянська Г. О., 2020) вважають, що під конкурентоспроможністю підприємства слід розуміти здатність підприємства підтримувати або розширювати своє конкурентне становище на ринку та впливати на ситуацію на ринку, пропонуючи якісні послуги або продукти, що відповідають конкретним потребам споживачів і забезпечують їх ефективність. У [5, с. 120] (Джеджула В. В. та ін., 2018) визначено, що конкурентоспроможність підприємства — це комплексна характеристика підприємства, що дає змогу ідентифікувати здатність господарського суб'єкта ефективно оперувати наявними ресурсами та можливостями, а також спроможність вести ефективнішу діяльність порівняно з іншими підприємствами галузі.

Для оцінки конкурентоспроможності підприємства використовується цілий ряд методів, що пояснюється неоднозначністю наявних методичних підходів у дослідженні конкурентоспроможності підприємства [4, с. 407]. Так, авторами публікації [6] (Котенко С. І., Швіндіна Г. О., 2018) проаналізовано методи оцінки конкурентоспроможності та наведено підхід щодо використання комбінованих методик оцінки та їх формалізація. У [7] (Перерва П. Г. та ін., 2018) визначено основні групи фактори, що характеризують конкурентоспроможність, та запропоновано на основі експертних оцінок багатofакторну модель оцінки конкурентоспроможності машинобудівних підприємств. Основні фактори запропоновано розподіляти на ринкові, управлінські, ресурсно-виробничі та фінансові. Стаття авторів [8] (Левицька І. В., Климчук А. О., 2018) містить удосконалений механізм формування конкурентоспроможності готельних підприємств, зокрема методичне забезпечення реалізації ресурсного забезпечення, спрямованого на підвищення конкурентоспроможності, якості та розвиток культури сервісу. Праця [9] (Панчошна Т., 2020) містить апробацію методу SPACE-аналізу для з'ясування конкурентних переваг аеропорту «Бориспіль» та визначення ефективної стратегії розвитку. Автори [10] (Третяк Н. М. та ін., 2020) застосовують кластерний аналіз для визначення рівня фінансової стійкості підприємств харчової промисловості з метою з'ясування їх конкурентних переваг. Метод дає змогу оцінити стратегічне положення підприємства та визначитися із пріоритетами щодо подальшого його розвитку. Призначений для аналізу позиції на ринку та

вибору оптимальної стратегії [11, с. 6] (Пархоменко О. С. та ін., 2019). Невід'ємною частиною аналізу в оцінці конкурентоспроможності суб'єктів господарювання є застосування SWOT-аналізу. Алгоритм комплексного SWOT-аналізу управління грошовими потоками підприємств харчової галузі детально розкрито у [12] (Роганова Г. О., 2019). Саме такі три методи використано у пропонуваній статті на прикладі ПрАТ «Оболонь».

Попередньо здійснений аналіз консолідованої фінансової звітності з метою оцінки ефективності структури капіталу ПрАТ «Оболонь» [13] свідчать про його нестійкий фінансовий стан, неефективну структуру джерел фінансування, проблеми з ліквідністю і платоспроможністю, довготривалий операційний і виробничий цикли, низьку оборотність дебіторської та кредиторської заборгованості. Саме тому постає питання оцінки конкурентоспроможності підприємства для виявлення потенціалу нарощування обсягів реалізації, підвищення рівня ділової активності, відновлення ліквідності і платоспроможності, покращення фінансового стану в цілому.

Метою статті є дослідження рівня конкурентоспроможності підприємства харчової промисловості та з'ясування його конкурентних переваг. У процесі дослідження застосовано кластерний аналіз, SPACE-аналіз та SWOT-аналіз.

Викладення основних результатів дослідження. Кластерний аналіз було здійснено на підставі аналізу даних фінансової звітності 8 підприємств харчової промисловості України, зокрема виробників пива. Розраховані основні показники оцінки структури капіталу та фінансової стійкості досліджуваних підприємств за 2019 р. наведено у табл. 1. Саме на основі фінансових коефіцієнтів було здійснено кластеризацію підприємств харчової промисловості за рівнем їх фінансової стійкості у програмі SPSS Statistics (рис. 1).

Таблиця 1. Показники фінансової стійкості підприємств пивоваріння України за 2019 рік (розраховано авторами за [14])

Назва підприємства	Фінансові показники			
	Коефіцієнт автономії	Коефіцієнт фінансового ризику	Коефіцієнт маневреності власного оборотного капіталу	Коефіцієнт фінансового левериджу
ПрАТ «Оболонь»	0,4	1,51	-1,01	0,37
ПАТ «Калсберг Україна»	0,63	0,59	0,25	0,01
ПАТ «Фірма «Полтавпиво»»	0,72	0,39	0,48	0,01
ТОВ «Бердичівський пивоварний завод»	0,93	0,08	0,4	0,00
ПАТ «Опілля»	0,44	1,26	-1,14	0,83
ПрАТ «АБІНБЕВ ЕФЕС Україна»	0,05	18,63	-13,24	0,56
ПрАТ «Охтирський пивоварний завод»	0,63	0,59	0,4	0,01
ТОВ «Микулинецький Бровар»	0,7	0,42	0,39	0,00

До першого кластеру, який характеризується більш оптимальними показниками фінансової стійкості серед усіх досліджуваних підприємств, віднесено 5 підприємств: ПАТ «Карлсберг Україна», ПрАТ «Охтирський пивоварний завод», ПАТ «Фірма «Полтавпиво», ТОВ «Микулинецький Бровар», та ТОВ «Бердичівський пивоварний завод». Другий кластер, який характеризується меншим значенням коефіцієнтів автономії та від'ємним власним оборотним капіталом, включає ПрАТ «Оболонь» та ПрАТ «Опілля». До третього кластеру віднесено тільки ПрАТ «АБІНБЕВ ЕФЕС Україна» — низький коефіцієнт фінансової незалежності, високі ризики, від'ємний власний оборотний капітал.

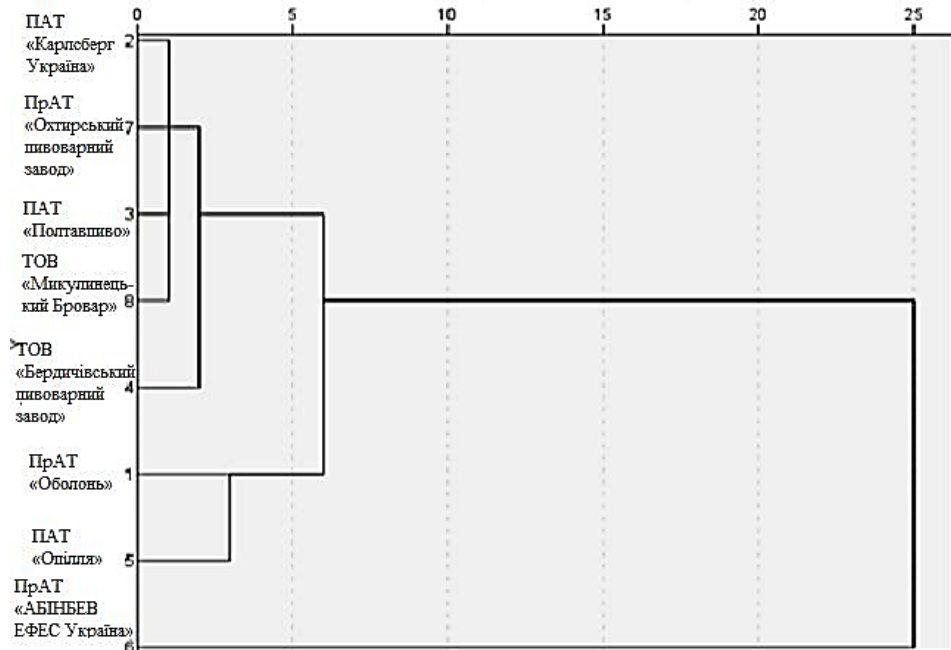


Рис. 1. Кластерний аналіз підприємств харчової промисловості України за рівнем їх фінансової стійкості (побудовано авторами в програмі SPSS Statistics)

Наступним кроком є SPACE-аналіз ПрАТ «Оболонь». Для проведення цього аналізу проаналізуємо 4 групи факторів. Результати аналізу узагальнено в табл. 2. Матриця SPACE відображає рівень конкурентоспроможності підприємства на ринку, базуючись на показниках, що характеризують його діяльність [11, с. 6]. Метод полягає в тому, що для підприємства оцінюються чотири групи чинників: фактори стабільності середовища; привабливість галузі; конкурентні переваги; фінансовий потенціал. Кожен показник оцінювався за 6-бальною шкалою.

Таблиця 2. Зведення результатів зваженої оцінки критеріїв за методом SPACE-аналізу для ПрАТ «Оболонь»

№ з/п	Група показників	Зважена оцінка, бали
1	Фінансовий потенціал	2
2	Конкурентні переваги	4,4
3	Привабливість галузі	2,63
4	Стабільність середовища	2,83

Після отримання загальних оцінок ключових критеріїв будуємо вектор рекомендованої стратегії розвитку підприємства в системі координат SPACE.

Початок вектора знаходиться в точці початку координат, кінець — в точці з координатами: $X = 2,63 - 4,4 = -1,77$; $Y = 2 - 2,83 = -0,83$. Отже, вектор рекомендованої стратегії (рис. 2) побудовано за двома точками: $O(0;0)$ та $P(-1,77; -0,83)$.



Рис. 2. SPACE-матриця для ПрАТ «Оболонь»

Результат аналізу SPACE-матриці показав необхідність впровадження захисної стратегії, тобто комплексу заходів, що дають змогу протидіяти конкурентам.

Проаналізуємо сильні та слабкі місця підприємства методом SWOT-аналізу, який відноситься до головних методів оцінки санаційної спроможності (табл. 3).

Таблиця 3. SWOT-аналіз підприємства ПрАТ «Оболонь»

Сильні сторони	Слабкі сторони
1	2
1. Оновлені основні засоби 2. Висока якість продукту 3. Власне виробництво солоду 4. Широкий асортимент 5. Наявність широкої дистрибуторської мережі 6. Довга історія та досвід праці на ринку 7. Налаштована система постачання та збуту 8. Сформований портфель брендів 9. Впізнаваність брендів	1. Слабкий відгук покупців на інновації 2. Великі кредитні зобов'язання 3. Зниження оборотності активів 4. Зниження ефективності використання основних засобів 5. Зниження завантаженості виробничих потужностей 6. Плинність кадрів 7. Високий рівень залежності від кредиторів 8. Зниження ефективності управління власним капіталом
Можливості	Загрози
1. Збільшення кількості споживачів за рахунок реклами і маркетингу 2. Збільшення темпів росту ринку 3. Зниженні цін на сировину 4. Податкові пільги 5. Надходження великих замовлень	1. Подорожання кредитних коштів 2. Подорожання сировини та зниження її якості 3. Підвищення ставок акцизного збору на пиво 4. Зменшення частки ринку

1	2
6. Послаблення конкурентів	5. Посилення тиску конкурентів
7. Можливості виходу на новий ринок	6. Завоювання частки ринку аутсайдером
8. Можливості розширення ринку неосновного виробництва	7. Недобросовісна конкуренція
9. Швидке зростання ринку	8. Погіршення стану економіки
10. Зростання попиту на продукцію компанії	9. Введення військового стану в країні
	10. Витіснення вітчизняного виробництва імпортними марками

Як бачимо з вищенаведених даних, підприємство має потенціал і можливості для проведення оздоровчих фінансових заходів.

Висновки

За результатами кластерного аналізу досліджуване підприємство ПрАТ «Оболонь» відноситься до другої групи, що характеризується середніми значеннями фінансової незалежності і ризику (відносно нормативних) та від'ємною величиною власного оборотного капіталу. Аналіз SPACE-матриці свідчить про використання підприємством захисної конкурентної стратегії, а результати SWOT-аналізу підтверджують наявність потенціалу для покращення підприємством своїх ринкових позицій. Тож важливий вплив на конкурентоспроможність здійснюють наявні на підприємстві фінансові та матеріальні ресурси, структура виробництва, фаза життєвого циклу підприємства, особливості галузі, сезонність продукції тощо. Обираючи конкурентну стратегію, підприємству слід орієнтуватися на умови навколишнього середовища, тривалість операційного і виробничого циклів, наявність технологічного потенціалу, загальну корпоративну стратегію, прийнятний рівень ризику.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці заходів щодо оптимізації структури капіталу з метою підвищення рентабельності та інвестиційної привабливості.

Література

1. Богацька Н. М., Цинкобур Л. Р. Сучасні методики оцінки конкурентоспроможності підприємства. *Молодий вчений*. 2017. 4(44). С. 599—603.
2. Скопенко Н. С., Євсєєва-Северина І. В. Застосування сучасних інформаційних систем і технологій в управлінні з метою підвищення конкурентоспроможності підприємств. *Наукові праці НУХТ*. 2020. Т. 26. № 4. С. 58—70.
3. Головчук Ю. О., Пчелянська Г. О. Особливості формування стратегії підвищення конкурентоспроможності підприємства на основі парадигми інноваційного розвитку. *Економіка і держава*. 2020. № 3. С. 66—70.
4. Швед Т. В., Біла І. С. Оцінка конкурентоспроможності підприємства. *Економіка і суспільство*. 2017. Вип. 8. С. 405—410.
5. Джеджула В. В., Єпіфанова І. Ю., Гуменюк В.С. Конкурентоспроможність підприємства як економічна категорія. *Економічний вісник запорізької державної інженерної академії*. 2018. Вип. 6(18). С. 116—121.
6. Котенко С. І., Швіндіна Г. О. Проблеми оцінки конкурентоспроможності підприємств як індикатора стратегічного розвитку. *Проблеми економіки*. 2018. № 3(37). С. 104—112.
7. Перерва П. Г., Сабольч Нагі, Кобелева Т. А. Оцінка впливу інноваційної, інвестиційної та маркетингової політики підприємства на рівень конкурентоспроможності. *Вісник НТУ «ХПИ»*. 2018. № 15(1291). С. 89—94.

8. Левицька І. В., Климчук А. О. Механізм формування конкурентоспроможності готельних підприємств. *Бізнес Інформ*. 2018. № 9. С. 238—246.
9. Panchoshna T., Rohanova H. Assessment of competitiveness of the airport “Boryspil” through SPACE-analysis. *Сучасні підходи до креативного управління економічними процесами: XI Міжнародна науково-практична конференція*. Київ, 9—10 квітня 2020 р.
10. Третяк Н. М., Головка О. Г., Жеваго Д. М. Використання кластерного аналізу для визначення рівня фінансової стійкості підприємств: *Фінансовий простір*. 2020. № 3(39). С. 8—18.
11. Пархоменко О. С., Лисак Н. М., Живодьор М. М. Стратегічний аналіз середовища функціонування охоронного підприємства. *Ефективна економіка*. 2019. № 10. DOI: 10.32702/2307-2105-2019.10.58.
12. Роганова Г. О. Впровадження статистичних показників до методики аналізу ефективності грошових потоків підприємств. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2019. № 202(1). С. 34—40.
13. Роганова Г. О. Підвисоцький В. В. Імітаційне моделювання структури капіталу підприємства: метод Монте-Карло. *Молодий вчений*. № 2(78). 2020. С. 44—49.
14. Корпоративна фінансова звітність ПрАТ «Оболонь». URL: <https://obolon.ua>.

METHODICAL APPROACHES TO MODELING BUSINESS PROJECTS AT THE ENTERPRISE

A. PENCHUK

National University of Food Technologies

Key words:

*Business project
Project
Business model
Modeling
Method*

Article history:

Received 02.02.2021
Received in revised form
15.02.2021
Accepted 25.02.2021

Corresponding author:

A. PENCHUK
E-mail:
npnut@ukr.net

ABSTRACT

The modeling of business projects is considered as one of the most important components of the whole enterprise management system in modern conditions, which requires serious changes in the activities of any enterprise and involves the construction of a business model. Types of business project models of the enterprise are presented: hierarchical list, graphic models of business processes, strategic models of indicators, model of organizational structure, models of document library, models of information systems, models of goods and services and model of quality management. It is noted that the development of business models requires compliance with the following stages: definition and approval of goals and objectives for the use of a particular method of modeling; conducting a theoretical assessment of the model and the scope of its potential application; implementation of the obtained model in practice; adjustment of the current model taking into account real data and errors. It was determined that several different methods were used to model a business project and create a corresponding model, which were based on structural and object-oriented approaches to modeling. Their characteristics are given and differences are highlighted. It was pointed out that the classification of methods into structural and object was quite conditional, because the most developed of them used elements of both approaches. These included: SADT (IDEF0); IDEF3; DFD; ARIS; Ericsson-Penker; Rational Unified Process.

Their characteristics were revealed, advantages and disadvantages were defined. A clear determination of approaches and methods of modeling business projects to facilitate their practical application was conducted. In this aspect, the creation of models of structural type, modeling of workflows and data flows, as well as simulation of business processes were set. It was proved that modeling investigated business projects at all stages of development, provided diagnostics of their problems and in the conditions of increase of a role of quality and manufacturability of production its significance grew, despite decrease in price competition. It was noted that although the modeling process was an expensive investment project, its result helped to demonstrate the prospects of commercial activity. Emphasis is placed on the fact that modeling methods must be effectively used by managers to make management decisions.

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЄКТІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Г. С. Пенчук

Національний університет харчових технологій

У статті озглянуто моделювання бізнес-проектів як один із найважливіших компонентів всієї системи управління підприємством у сучасних умовах, що вимагає серйозних змін в діяльності будь-якого підприємства та передбачає побудову бізнес-моделі. Представлено види моделей бізнес-проектів підприємства: ієрархічний список, графічні моделі бізнес-процесів, стратегічні моделі показників, модель організаційної структури, моделі бібліотеки документів, моделі інформаційних систем, моделі товарів і послуг та модель з менеджменту якості. Зазначено, що розробка бізнес-моделей вимагає дотримання таких етапів: визначення та затвердження цілей і завдань використання того чи іншого методу моделювання; проведення теоретичної оцінки моделі та сфери її потенційного застосування; реалізація отриманої моделі на практиці; коригування діючої моделі з урахуванням реальних даних і помилок.

Визначено, що для моделювання бізнес-проекту та створення відповідної моделі використовується декілька різних методів, в основі яких лежать структурний та об'єктно-орієнтований підходи до моделювання. Надано їх характеристику та виділено відмінності. Виокремлено, що класифікація методів на структурні та об'єктні має досить умовний характер, тому що найбільш розвинуті з них використовують елементи обох підходів. До них відносять: SADT (IDEF0); IDEF3; DFD; ARIS; Ericsson-Penker; Rational Unified Process. Розкрито їх характеристику, визначено переваги і недоліки.

Проведено чітку детермінацію підходів і методів моделювання бізнес-проектів для полегшення їх практичного застосування. У цьому аспекті виділено створення моделей структурного типу, моделювання потоків робіт і потоків даних, а також симуляцію бізнес-процесів. Доведено, що моделювання досліджує бізнес-проекти на всіх стадіях розвитку, забезпечує діагностику їх проблем і в умовах підвищення ролі якості й технологічності продукції його значимість зростає, незважаючи на зниження цінової конкуренції. Зазначено, що хоча й процес моделювання являє собою дорогий інвестиційний проект, його результат сприяє демонстрації перспектив комерційної діяльності. Акцентовано увагу на тому, що методи моделювання повинні бути ефективно задіяні менеджерами для прийняття управлінських рішень.

Ключові слова: бізнес-проект, проект, бізнес-модель, моделювання, метод.

Постановка проблеми. Слова «проект» і «бізнес-проект» міцно закріпилися в економічній термінології і використовуються керівниками різних сфер і рівнів управління. Моделювання бізнес-проектів є одним із найважливіших компонентів усієї системи управління підприємством у сучасних умовах. Це, у свою чергу, вимагає серйозних змін у діяльності будь-якого підприємства та передбачає побудову бізнес-моделі, що є складним завданням, яке вимагає певного набору

методів і засобів для його розв'язання. Спектр методів досить широкий: від найпростіших графічних нотацій, що використовуються для побудови блок-схем та алгоритмів, і таких математичних апаратів, як мережі Петрі, до об'єктно-орієнтованих мов моделювання, наприклад, UML (Unified Modeling Language) і спеціально розроблених для опису бізнес-систем мов моделювання, наприклад, XPDL (XML Process Definition Language) і BPEL (Business Process Execution Language) [6]. Проте саме вони забезпечують серйозні переваги і суттєво впливають на ефективність діяльності підприємства, оскільки дають змогу швидко реагувати на мінливі умови зовнішнього середовища.

Тому проблема вибору адекватних підходів і методів моделювання бізнес-проектів на підприємстві є актуальним питанням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження методичних підходів до моделювання бізнес-проектів на підприємстві висвітлено у працях як вітчизняних, так і зарубіжних вчених, серед яких: В. Бахтизин, В. Беседіна, О. Бистерфельд, М. Булгакова, Л. Дмитришин, В. Єліферов, С. Карташова, Н. Коваленко, О. Лисенко, М. Маклаков, Є. Ойхман, Є. Попов, В. Репін, А. Шеєр, Р. Шкіль та інші. Незважаючи на різноплановість та глибину проведених досліджень, у вітчизняній науці виникає багато дискусійних питань щодо існуючих методів моделювання бізнес-проектів, які використовують різні мови моделювання, термінологію, що зазвичай, несумісні між собою, дорогі і трудомісткі при впровадженні на підприємстві.

Метою статті є розгляд та аналіз підходів і методів моделювання бізнес-проектів на підприємстві та їх порівняльна характеристика.

Викладення основних результатів дослідження. Моделювання — циклічний процес дослідження об'єктів, заснований на вивченні створених бізнес-моделей.

В управлінні моделювання використовується для опису внутрішніх процесів і зв'язків підприємства, щоб структурувати і раціоналізувати управлінські рішення щодо вибору альтернативної бізнес-моделі. З теоретичної точки зору, бізнес-модель дає змогу проаналізувати елементи бізнес-систем і встановити зв'язки між ними. Результатом моделювання стає визначення методів максимально ефективного функціонування підрозділів організації.

З практичної точки зору бізнес-модель ніколи не залишається постійною, тому що різні операційні процеси, аспекти малого бізнесу й організаційна політика підприємства впливають на її розвиток і деформацію. Тобто основним завданням моделі є знаходження альтернативних шляхів вирішення проблем, які можуть бути викликані суперечностями в реалізації стратегії підприємства.

Розробка бізнес-моделей вимагає дотримання таких етапів:

- визначення та затвердження цілей і завдань використання того чи іншого методу моделювання;
- проведення теоретичної оцінки моделі та сфери її потенційного застосування;
- реалізація отриманої моделі на практиці;
- коригування діючої моделі з урахуванням реальних даних і помилок [9].

Розрізняють такі види моделей бізнес-проєкту підприємства: ієрархічний список, графічні моделі бізнес-процесів, стратегічні моделі показників, модель організаційної структури, моделі бібліотеки документів, моделі інформаційних систем, моделі товарів і послуг та модель з менеджменту якості [3].

Для моделювання бізнес-проєктів та створення відповідних моделей використовується декілька різних методів, в основі яких лежать структурний і об'єктно-орієнтований підходи до моделювання.

Структурний підхід застосовують насамперед для вивчення вже існуючої системи. Його завдання — виявити склад елементів системи і зв'язок між ними. На підставі отриманої інформації робиться висновок про структуру системи. Рівень розгляду і деталізації системи залежить від поставленого завдання.

За структурного підходу система розбивається на функціональні підсистеми, які, у свою чергу, діляться на підфункції, підфункції — на завдання тощо, аж до конкретних процедур.

До його переваг слід віднести:

- можливість проведення глибокого аналізу бізнес-проєкту, виявлення «вузьких місць»;

- застосування універсальних графічних мов моделювання;
- перевіреність часом, поширення серед аналітиків і розробників.

Недоліками структурного підходу є:

- низька наочність для непідготовлених користувачів моделі;
- складність сприйняття ієрархічно впорядкованої інформації;
- необхідність дотримання жорсткої (не завжди необхідної) структури.

Об'єктно-орієнтований підхід до моделювання істотно відрізняється від структурного. Об'єкти є сталі, їх компоненти використовуються повторно при розробці системних вимог і специфікацій системи. Отже, метою об'єктно-орієнтованого підходу є:

- виявлення об'єктів і їх зв'язків, тобто функціональної структури системи;
- визначення бажаної поведінки системи в основних режимах роботи, так званих «сценаріїв», у можливо більш формальному вигляді;
- виділення класів об'єктів і відносин між класами;
- визначення кордону між апаратною і програмною складовими системи.

Тобто об'єктно-орієнтований підхід описує поведінку об'єктів суб'єкта господарювання і їх взаємодію між собою. Іноді для цього виконується моделювання структури об'єктів, проте це не є необхідним. Завданнями аналітика є:

- знаходження об'єктів, які залишаються в системі протягом великого проміжку часу, і моделювання її поведінки навколо цих об'єктів. Такий підхід дає змогу отримати чітке уявлення про поведінку системи;
- повторно використовувати існуючі системні елементи, таким чином досягається значне вдосконалення останніх.

Деякі методології наполягають на тому, що специфікації системи (і навіть її реалізація) повинні бути наслідком розвитку моделі, отриманої на етапі аналізу. Реалізувати такий підхід — досить непросте завдання. Однак послідовне просування від аналізу через специфікації до реалізації системи з використанням об'єктно-орієнтованого підходу набагато простіше, ніж виконання того ж самого

з використанням інших підходів. Слід зауважити, що при використанні об'єктно-орієнтованого підходу велика кількість елементів, що виникають у процесі аналізу, переходять безпосередньо в стадію реалізації. Це істотно допомагає поліпшити контрольованість зв'язків усередині проектної документації та зробити його зручнішим для її супроводу.

Єдиним недоліком об'єктно-орієнтованого підходу є його менша наочність.

Проте класифікація методів на структурні та об'єктні має досить умовний характер, тому що найбільш розвинуті з них використовують елементи обох підходів. До них відносять: SADT (IDEF0); IDEF3; DFD; ARIS; Ericsson-Penker; Rational Unified Process.

Метод функціонального моделювання SADT (Structured Analysis And Desine Technique) [1] сформульований Дугласом Россом (компанія SofTech) близько 50 років тому. На ринку SADT з'явився в 1975 р. і до 1981 р. його вже використовували більш ніж у 50 компаніях. Він вважається класичним методом підходу до управління на основі процесів, базовим принципом якого є структуризація діяльності організації згідно з її бізнес-процесами.

Найчастіше використовується тільки функціональний варіант цього методу — стандартизована версія, що отримала назву IDEF0.

Перевагами SADT є:

- універсальність — SADT може використовуватися для проектування складних систем будь-якого призначення;
- SADT — єдиний метод, який легко відображає такі системні характеристики, як управління, зворотній зв'язок і виконавці;
- SADT має розвинені процедури підтримки колективної роботи;
- на відміну від переважної більшості інших технологій, SADT може бути використаний на ранніх етапах створення системи (передпроектна стадія);
- SADT може поєднуватися з іншими структурними методами проектування.

У той же час метод SADT має ряд недоліків:

- складність сприйняття;
- велика кількість рівнів декомпозиції;
- труднощі зіставлення декількох процесів, представлених у різних моделях однієї системи.

IDEF3 — структурний метод моделювання бізнес-проектів, який показує причинно-наслідкові зв'язки і події, як організована робота і які користувачі працюють з моделлю.

Засоби документування та моделювання IDEF3 дають змогу виконувати такі завдання:

- документувати дані про технології процесу;
- аналізувати точки впливу потоків супутнього документообігу на сценарій технологічних процесів;
- визначати ситуації, в яких потрібно прийняти рішення;
- сприяти прийняттю оптимальних рішень при реорганізації технологічних процесів;
- розробляти імітаційні моделі технологічних процесів за принципом «як буде, якщо ...».

Загальні принципи побудови моделі в методології IDEF3 схожі з IDEF0. Модель являє собою сукупність ієрархічно залежних діаграм, прямокутники означають роботи або процеси, стрілки — певні дані. Побудова моделі здійснюється зверху вниз шляхом проведення декомпозиції великих робіт на більш дрібні [2].

Методи SADT і IDEF3 багато в чому схожі, тому метод IDEF3 має аналогічні переваги й недоліки.

Діаграми потоків даних (Data Flow Diagrams — DFD) являють собою графічний структурний аналіз, що описує зовнішні стосовно системи джерела й адресати даних, логічні функції, потоки даних і сховища.

Необхідність використання DFD-діаграм у моделюванні бізнес-проектів полягає в наявній потребі описати існуючі в структурі організації потоки даних:

- функції обробки інформації (роботи);
- документи (стрілки), об'єкти, співробітників або відділи, які беруть участь в обробці інформації;
- зовнішні посилання, які забезпечують інтерфейс із зовнішніми об'єктами, що знаходяться за межами модельованої системи;
- таблиці для зберігання документів (сховище даних).

Відмінність DFD від простого опису потоків інформації між підрозділами полягає в тому, що в ньому міститься інформація про події, які реально відбуваються у виробничих процесах як на рівні підрозділів, так і на рівні організації. Так само в діаграмах DFD відображаються і сховища даних, під якими може розумітися будь-який носій інформації (документ, база даних тощо) [5].

Метод ARIS являє собою сучасний підхід до структурованого опису діяльності організації і подання його у вигляді взаємопов'язаних і взаємодоповнюючих графічних діаграм, зручних для розуміння й аналізу. Він ґрунтується на концепції інтеграції, що пропонує цілісний погляд на процеси, і являє собою безліч різних методик, об'єднаних в рамках єдиного системного підходу.

Основними елементами моделей в ARIS є:

- структурні (об'єкти) — неподільні елементи предметної області, які представлені у вигляді процесів, функцій, операцій, дій (залежно від ступеня деталізації);
- зв'язки — взаємини між двома об'єктами, що мають певний тип, напрям та інші властивості.

Кожен об'єкт або зв'язок має набір характеристик (атрибутів), за допомогою яких можна задати кількісні та якісні характеристики модельованих елементів.

Основою методу ARIS є те, що будь-яка організація розглядається і візуально представляється як єдина система, опис якої включає:

- організаційну структуру;
- дані (потоки і структуру);
- функції («дерево» функцій);
- контроль і управління (ділові процеси).

Загалом, ARIS підтримує три типи моделей, які віддзеркалюють різні аспекти системи, що досліджується:

- організаційну (Organizational Chart — OC);
- функціональну (Function Tree — FT);
- процесно-подієву (Extended Event-Driven Process Chain — eEPC).

Моделі можна створювати з тим або іншим ступенем наближеності, практично без обмежень. Ступінь деталізації опису залежить від цілей бізнес-проєкту.

Для побудови зазначених типів моделей використовуються як власні методи моделювання ARIS, так і різні відомі методи та мови моделювання, зокрема UML.

Отже, ARIS призначений для візуального опису бізнес-процесів і умов функціонування підприємств, а також для аналізу їх діяльності за різними показниками з метою визначення ідеальних характеристик діяльності, реорганізації їх організаційної структури, цілей і функцій, бізнес-процесів тощо.

Метод ефективно використовувати для аналізу й оптимізації бізнес-процесів (реінжиніринг), для впровадження стандартних інформаційних систем класу ERP (таких, як, SAP) і впровадження систем управління якістю.

Аналіз і оптимізація бізнес-процесів в ARIS здійснюються за допомогою процедурної моделі (яка регламентує фази оптимізації), що дає змогу перебудувати і постійно вдосконалювати бізнес-процеси. В основі процедурної моделі лежить циклічний принцип. Нові бізнес-процеси визначаються в результаті аналізу існуючих структур, реалізуються сучасними засобами ІТ, а потім регулярно переглядаються і модифікуються.

Також за допомогою методу ARIS можуть вирішуватися спеціалізовані завдання, наприклад, пов'язані з імітаційним моделюванням. ARIS підтримує побудову моделей, оскільки перебіг процесів реальний [10].

Метод Ericsson-Penker використовується при проектуванні бізнес-проєктів із застосуванням UML в рамках процесного підходу до моделювання бізнес-процесів. Автори методу створили свій профіль UML для моделювання бізнес-процесів, ввівши набір стереотипів, що описують процеси, ресурси, правила і цілі діяльності організації та використовують чотири різних уявлення бізнес-моделі:

- концептуальне уявлення — структура цілей і проблем;
- уявлення процесів — взаємодія між процесами і ресурсами (у вигляді набору діаграм діяльності);
- структурне уявлення — структура організації і ресурсів (у вигляді діаграм класів);
- уявлення поведінки — поведінка окремих ресурсів і деталізація процесів (у вигляді діаграм діяльності, станів і взаємодії) [8].

Мова UML використовується також у методі, який є частиною технології Rational Unified Process (фірми IBM). Цей метод спрямовано насамперед на створення основи для формування вимог до програмного забезпечення підприємства. Ітераційна розробка програмного забезпечення в RUP передбачає поділ бізнес-проєкту на кілька дрібних проєктів, які виконуються послідовно, і кожна ітерація розробки чітко визначена набором цілей, яких потрібно досягти.

RUP досить добре формалізований, і найбільша увага приділяється початковим стадіям розробки проєкту — аналізу і моделюванню. Тож цей метод спрямований на зниження комерційних ризиків (risk mitigating) за допомогою виявлення помилок на ранніх стадіях розробки проєкту [11].

Висновки

Отже, моделювання досліджує бізнес-проєкти на всіх стадіях розвитку і забезпечує діагностику їх проблем. В умовах підвищення ролі якості і технологічності

продукції його значимість зростає, незважаючи на зниження цінової конкуренції. І хоча процес моделювання — дорогий інвестиційний проект, його результат сприяє демонстрації перспектив комерційної діяльності. Тому методи моделювання повинні бути ефективно задіяні менеджерами для прийняття управлінських рішень.

Отже, дослідження підходів і методів моделювання бізнес-проектів дало змогу провести їх чітку детермінацію для полегшення їх практичного застосування. Доцільно виділити створення моделей структурного типу, моделювання потоків робіт і потоків даних, а також симуляцію бізнес-процесів. Перспективним напрямом у сфері моделювання бізнес-проектів є дослідження бізнес-процесів, їх детальний опис, регламентація, інтеграція економіко-математичних методів з існуючими методами моделювання.

Література

1. Бахтизин В. В., Глухова Л. А. Методология функционального проектирования IDEF0: Учеб. Пособие. Минск.: БГУИР, 2003. 24 с.
2. Бистерфельд О. А. Моделирование бизнес-процессов с использованием методологии IDEF3: учебно-методическое пособие. Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина. Рязань, 2008. 44 с.
3. Булгакова М. В. Исследование бизнес-проекта методами моделирования. *Управление в современных системах*. 2015. № 1(5). С. 40—45.
4. Дмитришин Л. І. Методологічні підходи до моделювання бізнес-процесів на підприємстві. *Моделювання регіональної економіки*. 2011. № 1. С. 3—9.
5. Киселев Д. Ю. Структурный анализ потоков данных (Data Flow Diagrams — DFD): метод. Указания. Самара: Изд-во СГАУ, 2014. 12 с.
6. Корзаченко О. В. Моделювання бізнес-процесів підприємств: методології, підходи та методи. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Сер.: Економічні науки*. 2015. Вип. 11(1). С. 171—175.
7. Лисенко О. А. Основні методологічні підходи до моделювання бізнес-процесів на підприємстві. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. 2011. № 13(167). С. 314—319.
8. Метод Ericsson-Penker. URL: https://wiki.clan.su/publ/metod_ericsson_penker/1-1-0-11/.
9. Методы и модели в бизнесе. URL: https://spravochnick.ru/strategiche URL skiy_menedzhment/biznes_model/metody_i_modeli_v_biznese/.
10. Основные сведения о методологии ARIS. URL: https://studme.org/87189/ekonomika/osnovnye_svedeniya_metodologi_iaris.
11. Унифицированный процесс Rational RUP. URL: <https://yandex.ua/turbo/internet-technologies.ru/s/articles/newbie/unificirovannyu-process-rational-rup.html>.
12. Шкіль Р. А. Аналітичний огляд методу URL в моделювання бізнес-процесів в електронній комерції. URL: http://archive.nbu.gov.ua/portal/natural/vdnuzht/2008_25/articles/modelir/Shkil_25.pdf.

FORMATION OF INNOVATION PRODUCT POLICY OF DAIRY ENTERPRISES

N. Skopenko, I. Yevsieieva-Severyna
National University of Food Technologies

Key words:

Innovation
Innovation product policy
Innovation activity
Strategy
Innovation project
Innovation development
Dairy enterprises
Dairy products

Article history:

Received 18.01.2021
Received in revised form
27.01.2021
Accepted 08.02.2021

Corresponding author:

N. Skopenko
E-mail:
skopnata67@gmail.com

ABSTRACT

The article is devoted to the research of the formation of innovation policy of dairy enterprises. It was proved that innovation product policy of the enterprise affected the improvement of operational efficiency and increased the level of competitiveness. The importance of implementation of new (improved) technologies, recipes, production processes, equipment, which will contribute to improving the quality of dairy products and optimizing the use of all resources, was substantiated. Selecting directions of innovation development and realizing innovation projects, the enterprise reaches the appropriate level of innovation activity. It is crucial to take into account the existing potential of dairy enterprises and their coordination with innovation objectives to select the right projects for implementation among the various alternatives.

The main parameters that are decisive in consumer choice of dairy products have been studied. Aspects of production ecologization are of highest priority. Consumer attention to innovation products of dietary therapy is growing. Changes in tastes and preferences of consumers have a significant impact on the organization of production activities of enterprises, directing them to constantly review, update the assortment and develop new products. These measures will contribute to the expansion of sales of innovation products, entering foreign markets and improving the company's image. On the example of CJSC "Wimm-Bill-Dann Ukraine" the effectiveness of implementation of innovative solutions (introduction of ultrafiltration technology for cottage cheese production) was demonstrated. The qualitative characteristics of dairy product were compared to the use of traditional production processes and with the use of innovation technology (ultrafiltration technology).

ФОРМУВАННЯ ТОВАРНОЇ ІННОВАЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ ПІДПРИЄМСТВ МОЛОЧНОЇ ГАЛУЗІ

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

Національний університет харчових технологій

Стаття присвячена дослідженню формування інноваційної політики підприємств молочної галузі. Доведено, що товарна інноваційна політика підприємства впливає на покращення операційної ефективності та сприяє підвищенню рівня конкурентоспроможності. Обґрунтовано необхідність впровадження нових (удосконалених) технологій, рецептур, виробничих процесів, обладнання, що сприятиме покращенню якості готової молочної продукції та заощадженню використання всіх видів ресурсів. Обираючи напрямки інноваційного розвитку та реалізуючи інноваційні проєкти, підприємство досягає певного рівня інноваційної активності. Акцентовано увагу на необхідності врахування наявних потенціалів підприємств молочної галузі та узгодження їх з інноваційними цілями для вибору найкращих проєктів до імплементації серед різних альтернатив.

Досліджено основні параметри, що є вирішальними при виборі молочних продуктів споживачами. Велике значення приділяється питанням екологізації виробництва, зростає увага споживачів до інноваційної продукції дієтичного та лікувально-профілактичного спрямування. Зміни у смаках та вподобаннях споживачів чинять суттєвий вплив на організацію виробничої діяльності підприємств, спрямовують їх постійно переглядати та оновлювати асортимент продукції, розвивати саме ті види, що користуються найбільшою популярністю. Перераховані заходи сприятимуть розширенню збуту інноваційної продукції, виходу підприємств на зовнішні ринки, покращенню іміджу. На прикладі ПрАТ «Вімм-Білл-Данн Україна» продемонстровано ефективність реалізації інноваційних рішень (впровадження технології ультрафільтрації для виробництва сиру). Проведено порівняння якісних характеристик молочного продукту при традиційному методі виробництва та при застосуванні інноваційної технології (технології ультрафільтрації).

Ключові слова: інновації, інноваційна товарна політика, інноваційна діяльність, стратегія, інноваційний проєкт, інноваційний розвиток, молочна галузь, молочна продукція.

Постановка проблеми. Забезпечення конкурентоспроможності українських підприємств можливе лише за умови впровадження кращих практик господарювання, проведення роботи в напрямку постійних удосконалень виробничих процесів, технічного переоснащення, перегляду асортиментного портфеля з метою оновлення продукції та випуску нової тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання формування інноваційної політики підприємства є досить актуальними і перебувають у центрі уваги багатьох іноземних та вітчизняних вчених. Серед науковців, які займалися дослідженням інноваційної політики підприємства, можна відзначити Н. С. Ардашкіну, О. М. Грабчук, С. М. Ілляшенко, Л. В. Кадола, Р. С. Квасницьку, Л. М. Кравчука, Н. В. Ликуну, В. Я. Плаксієнка, М. В. Римара, І. В. Федулову та інших [1—6].

Проте, враховуючи мінливість ринкових умов господарювання, важливим залишається питання формування інноваційної політики з огляду на галузеву специфіку діяльності підприємств харчової промисловості.

Метою статті є дослідження товарної інноваційної політики вітчизняних підприємств молочної галузі та її впливу на операційну ефективність.

Викладення основних результатів дослідження. Сучасний стан економіки України характеризується високим рівнем динамічності та нестабільністю ринкових процесів. Для забезпечення стійкого зростання і задоволення потреб споживачів підприємства мобілізують власні ресурси та обирають інноваційний шлях розвитку. Аналізуючи діяльність вітчизняних підприємств молочної галузі, варто відзначити постійну появу на ринку нових і вдосконалених продуктів, враховуючи зміни в технології їх виробництва та пакування.

Саме тому формування інноваційної політики й управління товарним асортиментом відіграє ключову роль у забезпеченні конкурентоспроможності підприємств і формує підґрунтя для поступового зміцнення досягнутих ринкових позицій. Інноваційність, постійне вдосконалення та впровадження принципово нових товарів обґрунтовується, з одного боку, ринковою потребою (необхідність задоволення нових потреб споживачів), а з іншого — інтелектуальним розвитком персоналу, який на основі власного досвіду, рівня знань і навичок генерує часом неординарні ідеї, які вимагають розгляду та імплементації в діяльність підприємств (рис. 1).

Реалізація інноваційних проєктів завжди викликає необхідність змін у процесах виробництва й організації роботи. Проте, з часом, ці зміни призводять до досягнення високих результатів діяльності, що відображаються в показниках операційної ефективності. Обґрунтовуючи доцільність вибору певного шляху розвитку, варто оцінити всі альтернативні варіанти, і за допомогою різних видів оцінки кількісно підтвердити ефективність певного напрямку розвитку.

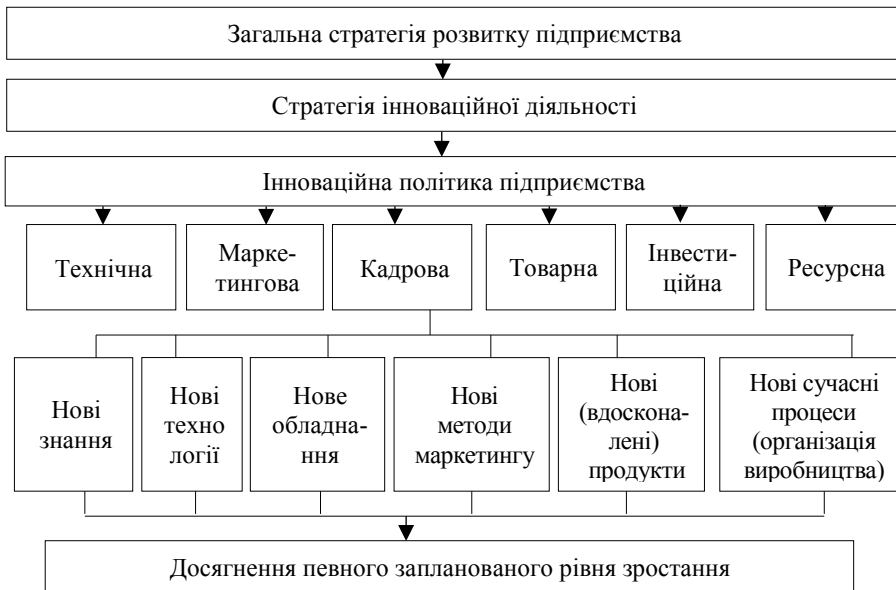


Рис. 1. Формування товарної інноваційної політики підприємств (розроблено авторами)

На рівень інноваційного розвитку товарів впливає ряд факторів, які повинні бути описані з огляду на галузеву специфіку господарювання і залежать від досягнутого рівня розвитку, розмірів підприємства просторового розташування, наявності фінансових та інших ресурсів тощо. Доцільність вибору інноваційного проекту повинна бути обґрунтована відповідно до результату, який отримає підприємство після впровадження інновацій у виробництво (рис. 2).



Рис. 2. Схема впровадження інноваційних змін у діяльність молочних підприємств

Цілі, яких прагне досягти певне підприємство, різняться, починаючи від покращення іміджу, розширення ринків збуту продукції, підвищення прибутково-

сті діяльності, формування реакції на кроки конкурентів для збереження досягнутих ринкових позицій тощо. Ступінь новизни залежить від ресурсного потенціалу та визначених цілей і характеризується такими змінами в товарі:

- поліпшення якості продукції (перегляд рецептури, рецептурних компонентів, зміна технології виробництва);
- поліпшення упаковки (зручність для споживача, підвищення безпеки зберігання продукції та, якщо можливо, пролонгація термінів її придатності, екологічність упаковки).

Вибір певного варіанта передбачає різні обсяги капіталовкладень, а отже, відзначається різним ступенем ризикованості. І хоча інноватори-лідери суттєво ризикують, проте й віддача за ризик формує «запас міцності підприємства», який проявляється у високому рівні конкурентоспроможності підприємства та досягненні конкурентних переваг найвищого порядку — суттєвий розрив між існуючими конкурентами, неможливість протягом більш тривалого часу наздогнати інноваційне підприємство. Менш інноваційні підприємства, звичайно, не мають високого ступеня ризику, проте вони потрапляють у запеклу боротьбу з підприємствами аналогічної продукції, а отже, стикаються з проблемами виживання на ринку.

Маючи намір і потенціал для інноваційного розвитку, перш за все ретельного аналізу потребує наявний асортимент продукції підприємств молочної галузі. В асортиментному портфелі підприємства товари повинні знаходитися на різних стадіях життєвого циклу та орієнтуватися на різні групи споживачів. Постійний моніторинг змін у вподобаннях споживачів, попиту на товари, дії конкурентів, надасть можливість вчасно вжити заходів з управління товарним асортиментом, запропонувати (впровадити) модифіковані (нові) товари з покращеними властивостями за рахунок нових технічних рішень тощо.

Відсутність дефіциту товарів і наявність жорсткої конкуренції товаровиробників призводить до того, що реалізується виключно продукція, яка відповідає потребам і запитам споживачів. Тому, формуючи товарний асортимент підприємства молочної галузі, постійно здійснюють моніторинг ринкових потреб споживачів, вивчають їх вподобання та задоволеність якістю продукції. Дослідження споживчих переваг різних груп населення надало можливість виділити основні мотиви споживання молочної продукції в Україні (табл. 1).

Таблиця 1. Основні параметри при виборі молочних продуктів харчування (сформовано авторами на основі [7; 8])

Параметри продукції	Групи споживачів (за віком і рівнем доходів)						
	Підлітки	Молодь (18-30 років)		Зрілі (до 60 років)		Родини, що мають дітей до 7 років	Пенсіонери
		Працюючі	Безробітні	Працюючі	Безробітні		
1	2	3	4	5	6	7	8
Упаковка	***	***	**	**	*	**	*
Смак	***	***	**	***	**	***	*
Екологічність	*	**	**	***	**	***	*

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Термін реалізації	*	**	**	**	*	***	*
Умови зберігання	*	*	*	**	**	***	**
Ємність тари	**	*	**	***	***	***	**
Лікувальні властивості	*	**	**	***	***	***	***
Доступність	***	***	**	***	**	***	***
Ціна	***	**	***	***	***	***	***
Знижки з ціни	***	***	***	**	***	**	*

Примітка: умовні позначення: *** — відіграє важливу роль при виборі товару споживачами; ** — враховується серед інших факторів при покупці; * — практично не враховується.

Аналізуючи представлені результати, слід зазначити, що споживачі останнім часом все більше уваги звертають на екологічність продукції, смакові властивості, вартість. На сьогодні все більше спостерігається бажання споживача вести здоровий спосіб життя, тому зростає популярність інноваційної продукції — дієтичної та лікувально-профілактичного спрямування. Великого значення набувають професіоналізм і відповідальність виробників молочної продукції в частині організації виробничих процесів на основі використання новітніх технологій.

Досліджуючи структуру виробництва молочної продукції за перше півріччя 2020 р., треба відмітити, що найбільшу частку складають класичні види молочної продукції: питне молоко, кисломолочні продукти, морозиво та сири (рис. 3).

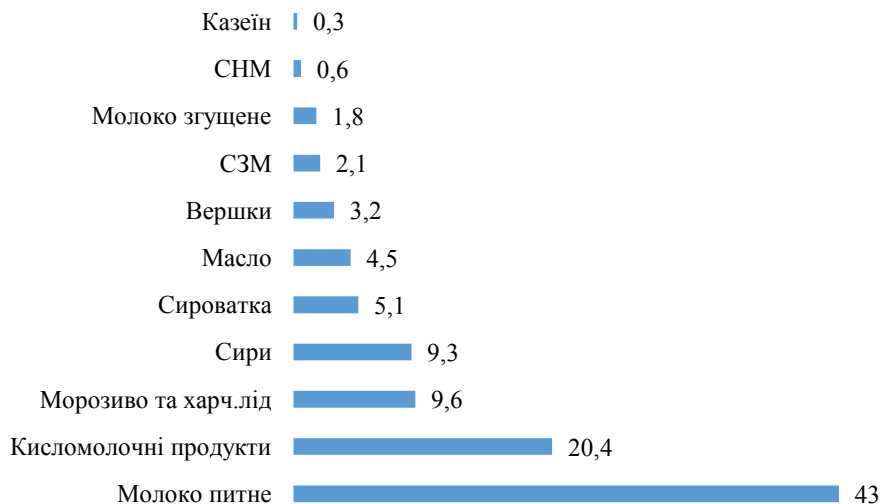


Рис. 3. Структура виробництва молочної продукції за перше півріччя 2020 року, % [9]

При плануванні розвитку інноваційних видів продукції необхідною є концентрація уваги саме на цих групах, що підтверджується наявністю високого попиту, популярністю споживання, а отже, і потужними обсягами їх виробництва.

Найбільшими виробниками молочної продукції в Україні є Данон, Молочний Альянс, Лакталіс, Люстдорф та Вімм-Білл-Данн [10]. Усі зазначені підприємства впроваджують інновації у виробництво, випускають нові види продукції, вдосконалюють власні виробничі процеси. Використання новітнього обладнання та сучасних технологій забезпечує відмову від нерациональних виробничих процесів з метою скорочення операційного циклу й економії ресурсів; комплексну переробку сировини; впровадження безвідходних технологій; освоєння нових видів продукції, включаючи геронтологічно цінні вироби тощо.

Розглянемо інноваційне рішення, що було впроваджено на ПрАТ «Вімм-Білл-Данн». Протягом останніх років на ПрАТ «Вімм Білл Данн Україна» американська компанія «PepsiCo» проводить активну роботу з впровадження сучасного обладнання, енергозберігаючих технологій, спрямованих на скорочення споживання природних ресурсів. Так, упродовж останніх років споживання води й електроенергії для технічних потреб виробництва щорічно скорочувалося на 3%, зменшується кількість твердих побутових відходів. «PepsiCo» входить до рейтингу ТОП-25 кращих міжнародних компаній в Україні [11].

Одним з яскравих прикладів інноваційних напрямків роботи є використання мембранного обладнання на ПрАТ «Вімм-Білл-Данн Україна», що відкрило перед підприємством принципово нові можливості переробки молочної сировини, дало змогу концентрувати або виділяти компоненти молока зі збереженням їх біологічної цінності і технологічних характеристик, отримувати нові функціональні продукти з регульованим складом і властивостями.

Серед мембранних процесів найбільший інтерес у переробників молока викликає процес ультрафільтрації [12—17]. Це обумовлено тим, що ультрафільтрація ідеально підходить для стандартизації молока за вмістом білка — найбільш цінного компонента при виробництві білкових продуктів, зокрема сиру [13].

Загальна схема переробки молока за допомогою технології ультрафільтрації для отримання основної молочної продукції представлена на рис. 4.

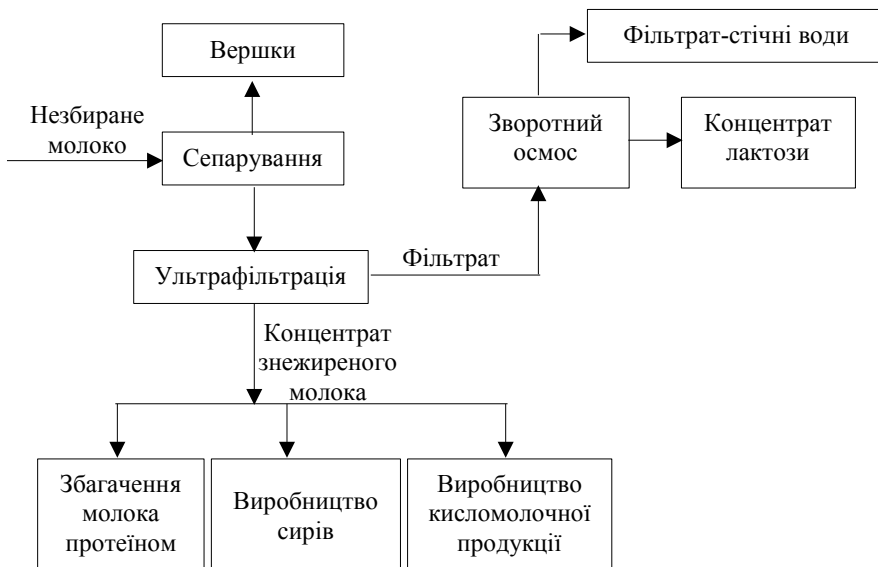


Рис. 4. Схема переробки молока за допомогою технології ультрафільтрації (сформовано на основі [12; 14; 17])

У процесі ультрафільтрації молоко-сировина розділяється на два потоки: ретентат (концентрат) — молоко, в якому сконцентрована білкова і жирова складові, але при цьому вуглеводний і мінеральний склад залишені без змін, і перміат — водний розчин лактози, мінеральних речовин і частково небілкових азотистих сполук (рис. 5).

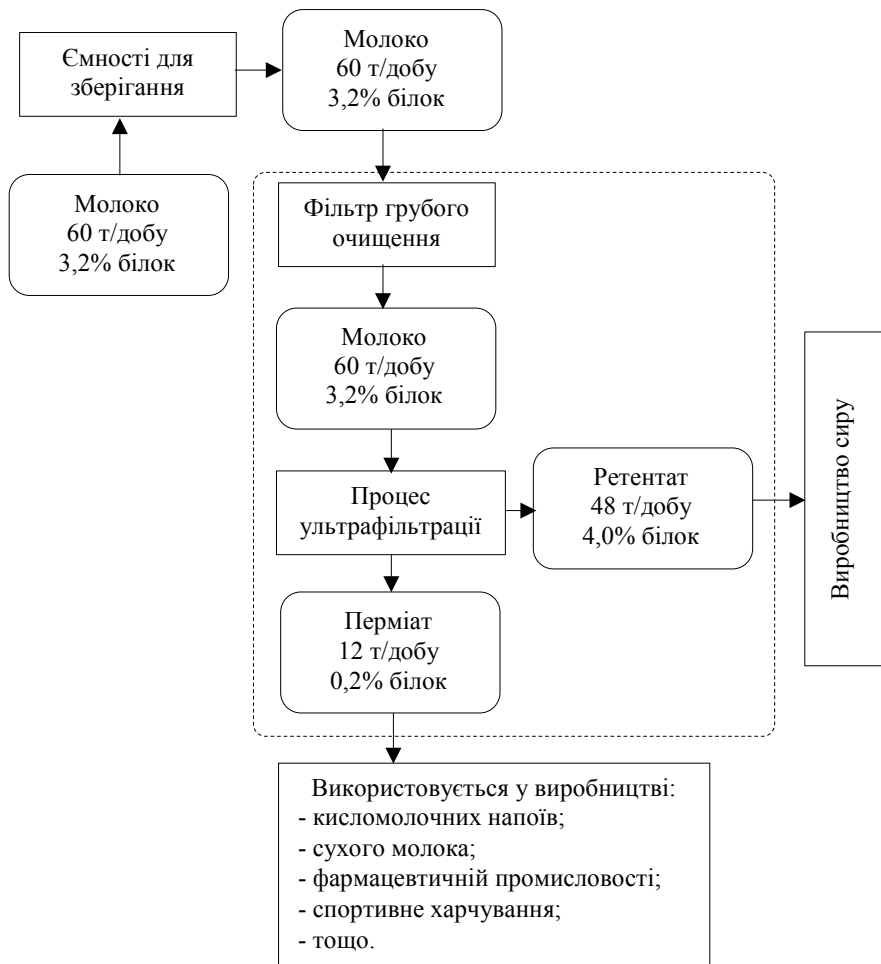


Рис. 5. Принцип роботи ультрафільтрації на прикладі виробництва сиру на ПрАТ «Вім-Білл-Данн Україна» (сформовано на основі [18; 19])

Молочний перміат, завдяки унікальному вуглеводно-мінеральному складу, ідеально підходить для нормалізації вмісту білка в молоці-сировині, використовується для випуску продукції із незбираного молока та кисломолочних напоїв. При нормалізації молока перміат знижує лише рівень білка і жиру, інші складові зберігається без змін. Молочний перміат може бути використаний і в ряді інших технологічних операцій. Він добре підходить для відновлення сухих молочних

продуктів і концентрованих соків, є гарною основою для вироблення соковмісних та освіжаючих напоїв з різними смаковими наповнювачами. На ринку сухої молочної продукції сухий перміат дуже затребуваний.

Сир, виготовлений завдяки ультрафільтраційній технології, відрізняється від традиційних продуктів своєю структурою і більш рівномірною кремовою консистенцією (табл. 2). Такий спосіб виробництва дає змогу зберегти більшу кількість білків у готовому продукті.

Таблиця 2. Порівняльна таблиця основних параметрів сиру при традиційному методі виробництва та застосуванні технології ультрафільтрації (сформовано на основі [15—18; 20—22])

Параметри	Згідно з ДСТУ 4395:2005. Сири м'які	При використанні ультрафільтрації
Зовнішній вигляд	Поверхня чиста без механічних ушкоджень, пружна, може мати відбиток перфорації. Дозволено: мазка, злегка ламка або крихка, в міру щільна	Густа, кремоподібна, однорідна
Консистенція		
Смак і запах	Сирний, кисломолочний, без сторонніх присмаків та запахів, властивий конкретному сиру. Дозволено: злегка кислуватий, гострий, пікантний, аміачний, солоний з легкою гіркотою	М'який кисломолочний, без сторонніх присмаків
Колір	Від білого до світло-жовтого з кремовим відтінком, рівномірний за всією масою	Біло-кремовий

Процес ультрафільтрації допомагає перерозподілити й оптимізувати використання сухих речовин молока-сировини в масштабах усього виробництва; мінімізувати втрати жиру і білка (в т. ч. сироваткового) на етапі обробки сировини; підвищити якість сиру; спростити й автоматизувати технологічний процес його виробництва; скоротити обсяги молочної сироватки. Утворений новий вид вторинної молочної сировини — перміат — містить у собі величезний економічний потенціал. Його застосування дає змогу збільшити обсяг випуску продукції із незбираного молока і кисломолочних напоїв, вивільнити додаткові обсяги молока-сировини, економити сухі і згущені продукти при їх відновленні, а також використовувати для виробництва нових видів продукції.

Завдяки впровадженню технології ультрафільтрації для виробництва сиру на ПрАТ «Вімм-Білл-Данн Україна» досягнуто такі результати:

- збільшити виробництво сиру на 3% — у фільтрат переходять тільки вода, лактоза і солі (при вмісті сухих речовин в сири 18—20% на 1 кг сиру витрачається 5 л молока);
- суттєво знизити витрати на сировину і, відповідно, зменшити собівартість готової продукції;
- зменшити кількість одержуваної сироватки в результаті концентрації суміші на виробництво сиру;
- заощадити на заквасках;

- при отриманні сиру із знежиреного молока за рахунок підвищеного вмісту білків із сироватки його смакові якості вищі порівняно з традиційним сиrom як із знежиреного, так із нормалізованого за вмістом жиру молока.

Отже, інноваційна діяльність підвищує конкурентоспроможність підприємства, покращує його імідж, збільшує прихильність споживачів до продукції, дає змогу розширювати ринки збуту.

Висновки

Проведене дослідження свідчить, що для втримання досягнутих позицій, забезпечення стійкості та розвитку конкурентоспроможності підприємств молочної галузі необхідною є концентрація уваги на формуванні товарної інноваційної політики. Найбільш поширеними напрямками є: впровадження нових (удосконалених) продуктів шляхом перегляду і коригування рецептурних компонентів (закупівля екологічної сировини), удосконалення технологій виробництва, запровадження інноваційних методів маркетингу, перебудови виробничих процесів тощо.

Впровадження інноваційних змін у діяльність молочних підприємств підвищує показники операційної ефективності, сприяє зменшенню витрат виробництва, ощадливому використанню всіх видів ресурсів і покращенню якісних показників готових молочних продуктів, збільшує лояльність споживачів до продукції, надає можливість розширювати ринки збуту тощо.

Література

1. Грабчук О. М., Плаксієнко В. Я. Інструменти інноваційної політики промислових підприємств. *Економіка та держава*. 2017. № 2. С. 11—15.
2. Ілляшенко С. М. Теоретико-методичні засади товарної інноваційної політики підприємства. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2011. № 2. С. 13—26.
3. Кадол Л. В., Кравчук Л. М. Принципи формування інноваційної політики підприємства. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Сер.: Економічні науки*. 2016. Вип. 17(1). С. 76—79.
4. Квасницька Р. С., Ардашкіна Н. С. Особливості інноваційної діяльності підприємств у сучасних умовах. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2009. № 6, Т. 3. С. 247—251.
5. Римар М. В., Ликун Н. В. Етапи та принципи здійснення інноваційної діяльності підприємства. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Проблеми економіки та управління*. 2012. № 725. С. 360—365.
6. Федулова І. В. Передумови інноваційного розвитку промислових підприємств України: монографія. Київ, НУХТ, 2009. 272 с.
7. Аналіз ринку молочної продукції України. URL: <https://koloro.ua/ua/blog/issledovaniya/analiz-molochnoho-gynka.html>.
8. Інформаційно-аналітичний бюлетень «Ринок молока». URL: <https://infagro.com.ua>.
9. В Україні зменшилось виробництво молока. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3114460-v-ukraini-zmensilos-virobnictvo-moloka.html>.
10. ТОП-10 українських виробників молочної продукції. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/top-10-ukrainskih-virobnikov-molocnoi-produkcii>.
11. PepsiCo потрапила до десятки кращих компаній України 2020. URL: http://pepsico.ua/media/press_releases/releases_1763.html.
12. Вотинцев Ю. П., Гаврилова Н. Б., Чернопольская Н. Л. Ультрафильтрация в производстве функционального творожного продукта. *Переработка молока*. 2016. № 7(177). С. 28—29.

13. Лазарев В. А., Бобылев Д. О. Применение мембранной технологии в производстве творога. *Молодой ученый*. 2016. № 6—5(110). С. 7—9.
14. Маневич Е. Б., Кузина Ж. И., Маневич Б. В., Косьяненко Т. В., Кручинин А. Г., Евдокимов И. А. Регенерация ультрафильтрационных мембран при производстве творога. *Молочная промышленность*. 2016. № 7. С. 31—32.
15. Тимкин В. А., Гальчак И. П., Лазарев В. А., Минухин Л. А. Разработка баромембранной технологи. *Аграрный вестник Урала*. 2017. № 7(113). С. 35—37.
16. Тимкин В. А., Горбунова Ю. А. Лазарев В. А. Применение отечественных керамических мембран. *Молочная река*. 2016. № 2(58). С. 56—58.
17. Лазарев В. А., Бобылев Д. О. Производство творога методом ультрафильтрации. *Технические науки — от теории к практике*: сб. ст. по матер. LXVI междунар. науч.-практ. конф. № 1(61). Новосибирск: СибАК. 2017. С. 58—65.
18. Ультрафильтрация в молочной промышленности. URL: <http://www.milkbranch.ru/publ/view/311.html>.
19. Мембранные технологии переработки молока. Ультрафильтрация (UF). *Аналитическое агентство ИНФАГРО*. URL: <http://mil-co.ru/ustanovki/ultrafiltratsiya/>.
20. ДСТУ 8552:2015 Молоко та молочні продукти. Методи визначання вологи та сухої речовини. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71700.
21. ДСТУ 2212:2003 Молочна промисловість. Виробництво молока та кисломолочних продуктів. Терміни та визначення понять. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71700.
22. ДСТУ 4834:2007 Молоко та молочні продукти. Правила приймання, відбирання та готування проб до контролювання. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71700.

APPLICATION OF MODELING MATERIALS IN THE STUDY OF THERMAL PROCESSES OF PROCESSING MEAT RAW MATERIALS

M. Smahina, S. Akulenko, D. Smahin, A. Zhaludkou

Mogilev State University of Food Technologies, Country Belarus, City Mogilev

Key words:

*Model body
Minced chicken meat
Thermal processes
Heating
Cutting
Convective processing*

Article history:

Received 20.01.2021
Received in revised form
05.02.2021
Accepted 19.02.2021

Corresponding author:

M. Smahina
E-mail:
m.n.smahina@mail.ru

ABSTRACT

When conducting research on the process of grinding meat raw materials, a mixture of bentonite clay-sawdust-water in a given proportion is used. However, such mixtures were not used to study the processes of heating minced meat. The formula of a mixture of bentonite clay-sawdust-water is proposed, which simulates the physical structure, technological, rheological and thermophysical properties of minced chicken meat. Experimental stands based on a cutter and a convection oven have been developed. A method is proposed for evaluating the flow of thermal processes during cutting (the maximum heating temperature is 12°C, does not cause mass transfer processes and physico-chemical changes in the structural elements) and during baking (the maximum temperature in the center is 85°C, accompanied by mass transfer processes and physico-chemical changes in the structural elements).

The conducted studies have shown that the model body can be effectively used to study and mathematically describe the process of heating minced meat during cutting. When studying the processes of heating the inner layers of products made of minced chicken, the model body is not applicable (there is a significant difference in the physics of the process). When studying the process of heating the surface of products made of minced chicken, the model body is not applicable for the mathematical description of the heat transfer process. The graph of the temperature increase when the surface of the minced meat product is heated shows the presence of an inflection point corresponding to the denaturation temperature of proteins, which is not observed for the heating process of the model body, characterized by a smooth growth line. However, despite the differences in the features of the heat exchange process, the model body can be used to determine the surface temperature of the product in a given time interval.

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ МЯСНОГО СЫРЬЯ

М. Н. Смагина, С. В. Акуленко, Д. А. Смагин, А. Л. Желудков

Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия», Республика Беларусь, г. Могилев

При проведении исследований по изучению процесса измельчения мясного сырья применяется смесь бентонитовая глина-опилки-вода в заданной пропорции. Однако для исследования процессов нагревания мясных фаршей подобные смеси не применялись. В статье предложена формула смеси бентонитовая глина-опилки-вода, моделирующая физическое строение, технологические, реологические и теплофизические свойства фарша из мяса кур. Разработаны экспериментальные стенды на базе куттера и конвекционной печи. Предложена методика оценки протекания тепловых процессов в ходе куттерования (предельная температура нагревания 12°C , не вызывает массообменных процессов и физико-химических изменений структурных элементов) и при запекании (предельная температура в центре 85°C , сопровождается массообменными процессами и физико-химическими изменениями структурных элементов).

Проведенные исследования показали, что модельное тело может эффективно применяться для исследования и математического описания процесса нагревания мясных фаршей в ходе куттерования. При исследовании процессов нагревания внутренних слоев изделий из куриного фарша модельное тело не применимо (наблюдается значительное различие в физике процесса). При исследовании процесса нагревания поверхности изделий из куриного фарша модельное тело неприменимо для математического описания процесса теплообмена. График прироста температуры при нагревании поверхности изделия из мясного фарша показывает наличие точки перегиба, соответствующей температуре денатурации белков, чего не наблюдается для процесса нагревания модельного тела, характеризуемого плавной линией роста. Однако, несмотря на различия в особенностях протекания теплообменного процесса, модельное тело может использоваться при определении температуры поверхности изделия в заданном временном промежутке.

Ключевые слова: модельное тело, фарш из мяса кур, тепловые процессы, нагревание, куттерование, конвективная обработка

Постановка проблемы. При производстве мясопродуктов важным направлением является оптимизация ведения операций переработки сырья с целью снижения энергоемкости процесса и повышения качественных характеристик готовой продукции. Проведение подобных исследований предполагает использование в ходе экспериментов значительного количества мяса, которое характеризуется высокой стоимостью, нестойкостью при хранении, колебаниями

технологических, реологических и теплофизических характеристик различных партий. В этой связи в научных исследованиях широко распространена практика использования модельных тел, заменяющих оригинальный продукт.

В предшествующей работе [1] получена формула модельного тела, позволяющая получить материал с физическим строением и реологическими свойствами, аналогичному фаршу из мяса кур. Данное модельное тело эффективно применялось для проведения исследования механических процессов переработки мясного сырья.

При производстве мясной продукции крайне важными с технологической точки зрения являются процессы, сопровождаемые нагреванием, которое оказывает значительное влияние на составные нутриенты. В данной работе поставлена задача определения эффективности использования разработанного модельного тела для исследования тепловых процессов при производстве изделий из мясного фарша.

Анализ последних исследований и публикаций. Мясной фарш — смесь подготовленных по заданной технологии ингредиентов, взятых в количествах согласно рецептуре заданного изделия. В зависимости от рецептуры фарш может быть макроскопически однородным или содержать кусочки неизмельченной жировой ткани [2]. В ходе технологического процесса мясное сырье изменяется от клеточной структуры (мясное сырье после обвалки и жиловки) к вязкопластичной (фарш после измельчения и перемешивания) и далее до упругоэластично-пластичной структуры (готовый продукт после тепловой обработки) [2].

Стремясь сократить расходы на проведения экспериментальных исследований, ученые провели значительный объем научных работ по поиску материалов, моделирующих строение и физические свойства мясного фарша.

Мясной фарш и глиняная паста аналогичны по структуре, т. е. имеют коагуляционный тип, характеризующийся относительно слабыми силами сцепления между частицами или белковыми молекулами через тончайшие водяные прослойки в местах контакта. Предшествующими исследователями показано, что смесь бентонитовая глина-опилки-вода в заданных пропорциях имеет геометрическое и физическое строение, приближенное к строению фарша, что вызывает аналогичное изменение реологических свойств. Полученные на основе данных исследований модельные тела успешно применялись для исследования структурно-механических изменений при измельчении и перемешивании мясного фарша [2].

Ряд ученых, рассматривая пищевые продукты как влажные тела, предлагали оценивать интенсивность распространения тепла в мясных продуктах на основе структурно-механических свойств материала. В результате использования данной теории математическим путем было получено значение скорости распространения теплоты на основе реологических характеристик мясопродуктов, которое составило $\omega = 0,11 \cdot 10^{-4}$ м/с, найденное для периода структурно-механической релаксации $\tau_p = 10,3$ с. Однако данные работы носили теоретический характер и экспериментальных исследований не проводилось [2; 3].

В результате ранее проведенных исследований установлено, что физическое строение и значение модуля упругости $3,99 \cdot 10^{-3}$ Н/мм², аналогичные физическому строению и свойствам куриного фарша, достигается для модельного материала следующего состава: опилки — 13,4%; бентонитовая глина — 11,6%; вода — 75 % [1].

Состав модельного тела таким образом выражается математической зависимостью [1]:

$$M = K_v M + K_{оп} M + K_r M, \quad (1)$$

где M — масса моделирующего материала, кг;

$K_{оп}$ — содержание опилок в долях единицы, ($K_{оп}=0,134$);

K_r — содержание глины в долях единицы, ($K_r=0,116$);

K_v — содержание воды в долях единицы, ($K_v=0,75$).

Самым весомым компонентом куриного фарша и модельного тела является влага. Поэтому с позиции теории теплообмена и мясной фарш, и модельное тело можно рассматривать как смесь сухих веществ и воды, образующих сплошной пространственный каркас с заданными параметрами.

Цель исследования: оценка эффективности применения разработанного модельного тела для проведения исследований процесса нагревания мясного фарша при реализации механических и термических операций переработки мясного сырья.

Материалы и методы. В рамках теоретических исследований проведена оценка технологических и теплофизических характеристик моделирующего материала и куриного фарша.

Свойства получаемой смеси сведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные свойства модельного тела и куриного фарша

Показатель	Модельное тело	Куриный фарш
Влажность, %	72,1	71...74
Модуль упругости, мПа	0,0014	0,0014
Теплоемкость, Дж/(кг×К)	3509	2700...4100 (для фаршей без добавок)
Плотность	1109	1050...1120

Влажность и модуль упругости определяли экспериментальным путем.

Теплоемкость и плотность определяли расчетным путем поскольку данные показатели характеризуются аддитивными зависимостями [4; 5]:

$$c_{см} = g_1 c_1 + g_2 c_2 + \dots + g_n c_n; \quad (2)$$

$$\rho_{см} = g_1 \rho_1 + g_2 \rho_2 + \dots + g_n \rho_n, \quad (3)$$

где g_1, \dots, g_n — массовые доли компонентов смеси;

c_1, \dots, c_n — удельная теплоемкость компонентов смеси, Дж/(кг×К);

ρ_1, \dots, ρ_n — плотность компонентов смеси, кг/м³.

Проведение экспериментальных исследований включало два этапа:

- исследование процесса нагревания модельного тела и мясного фарша в ходе тонкого измельчения мясного сырья (температура нагревания не более 12°C согласно требований к процессу куттерования, не вызывает выраженных физико-химических изменений структурных элементов);

- исследование процесса нагревания модельного тела и мясного фарша в ходе запекания мясного сырья (температура нагревания поверхности до 180°C, центра — до 85°C, сопровождается выраженными физико-химических изменений структурных элементов).

Для тонкого измельчения мясного сырья использовали экспериментальный стенд с измерительными приборами на базе промышленного куттера марки ФК-50. Для запекания изделий из мясного фарша использовали экспериментальный стенд на базе универсального пароконвекционного аппарата марки UNOX 203-G.

Температуру сырья внутри изделия в исследуемых процессах определяли с помощью хромель-алюмелевой термопары, а температуру поверхности — используя пирометр.

Результаты и обсуждение. При математической обработке экспериментальных данных для процесса нагревания модельного тела и мясного фарша в ходе тонкого измельчения мясного сырья приняты следующие допущения: энергия, идущая на преодоление пластических деформаций и трения, полностью расходуется на нагрев измельчаемого сырья; теплотой, поступающей от окружающей среды, пренебрегаем как крайне малой величиной; потерями теплоты наружными поверхностями машины пренебрегаем как крайне малой величиной; потерями на разогрев конструкции пренебрегаем как крайне малой величиной.

Исходя из принятых допущений, получаем уравнение для определения затрат механической и тепловой энергии на процесс тонкого измельчения $A_{\text{пол}}$, Дж:

$$A_{\text{пол}} = A_{\text{изм}} + Q_{\text{теп}}, \quad (4)$$

где $A_{\text{изм}}$ — работа, затрачиваемая на измельчение, Дж;

$Q_{\text{теп}}$ — энергия, идущая на нагрев сырья в процессе измельчения, Дж.

Для оценки интенсивности нагревания мясного сырья и модельного тела в процессе измельчения вводим коэффициент K_1 , показывающий, какая часть энергии от энергии, расходуемой на весь процесс измельчения, идет на нагрев сырья:

$$K_1 = Q_{\text{теп}} / A_{\text{пол}}. \quad (5)$$

Количество теплоты, уходящей на нагрев измельчаемого материала, в результате которой температура сырья повышается на Δt , определяется из выражения:

$$Q_{\text{теп}} = c \cdot m \cdot \Delta t, \quad (6)$$

где c — теплоемкость сырья, Дж/(кг·°C);

m — масса загружаемого сырья, кг;

Δt — прирост температуры сырья, °C.

Работу, затрачиваемую на процесс тонкого измельчения $A_{\text{пол}}$, определяем из выражения:

$$A_{\text{пол}} = N_{\text{пол}} \cdot \tau, \quad (7)$$

где $N_{\text{пол}}$ — полезная мощность, затрачиваемая на процесс, Вт;

τ — продолжительность эксперимента, с.

Таким образом, коэффициент пропорциональности K_1 определяется как:

$$K_1 = \frac{c \cdot m \cdot \Delta t}{N_{\text{пол}} \cdot \tau} \quad (8)$$

После определения коэффициента пропорциональности K_1 , выводим закономерность между продолжительностью процесса и изменением температуры обрабатываемого материала:

$$\tau = \frac{Q_{\text{теп}}}{K_1 \cdot N_{\text{пол}}} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta t}{K_1 \cdot N_{\text{пол}}} \quad (9)$$

На рис. 1 представлены расчетная зависимость и экспериментальные данные прироста температуры мясного фарша во времени при куттеровании для модельного материала.

Зависимость между временем воздействия и приростом температуры для модельного тела описывается уравнением:

$$\tau = \frac{c \cdot m \cdot \Delta t}{90,968 \cdot N_{\text{пол}}} \quad (10)$$

С целью сравнения расчетного времени куттерования, полученного с помощью выражения (10), и экспериментального времени куттерования модельного материала проводились исследования. При этом устанавливались следующие режимы куттерования: скорость резания $v_p = 27,5$ м/с; линейная скорость чаши $v_{\text{ч}} = 0,43$ м/с; коэффициент скольжения ножа $K_c = 2,06$.

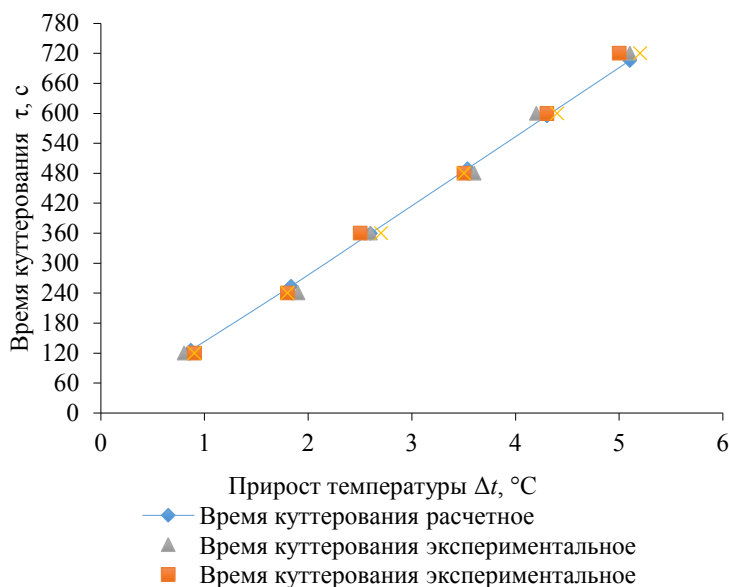


Рис. 1. Зависимость времени от прироста температуры при $K_c = 2,06$, $v_p = 27,5$ м/с и $v_{\text{ч}} = 0,43$ м/с для модельного тела

На рис. 2 представлены графические зависимости расчетного и экспериментального времени куттерования мяса кур механической обвалки в зависимости от изменения температуры измельчаемого сырья.

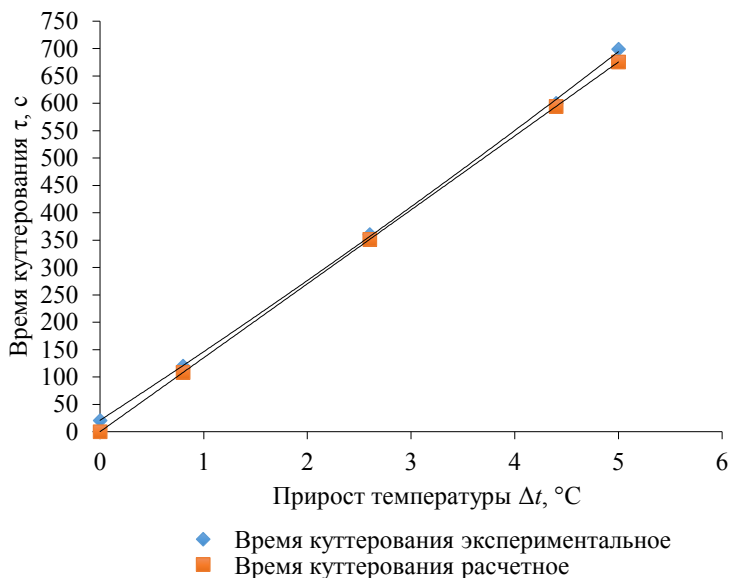


Рис. 2. Залежність часу куттерования від прироста температури при $K_c = 2,06$, $v_p = 27,5$ м/с і $v_c = 0,43$ м/с для м'ясного сир'я

Залежність між часом впливу і приростом температури для куриного фарша описується рівнянням:

$$\tau = \frac{c \cdot m \cdot \Delta t}{87,96 \cdot N_{\text{пол}}} \quad (11)$$

Як видно з отриманих формул, степенні коефіцієнти не змінюються. Відмінність узагальнюючого коефіцієнта незначительна (90,968 для модельного тіла і 87,96 для куриного фарша).

Для оцінки різниці процесу нагрівання при куттерования м'яса кур механічної обвалки і модельного тіла визначали коефіцієнт K_2 , що показує різницю в інтенсивності прироста температур. В результаті обробки експериментальних даних було встановлено, що $K_2 = 0,784$.

Для оцінки різниці витрат корисної потужності при куттерования м'яса кур механічної обвалки, супроводжуваної нагріванням, і модельного тіла вводили коефіцієнт пропорційності K_3 , який показує відношення корисної потужності при куттерования м'яса кур механічної обвалки до корисної потужності при куттерования модельного матеріалу. В результаті обробки експериментальних даних встановлено, що $K_3 = 1,11$.

В цілому можна зробити висновок, що отримане модельне тіло може бути застосовано для дослідження процесів нагрівання м'ясних фаршей в ході механічного впливу, не супроводжувані вираженими фізико-хімічними змінами структурних елементів.

Нагрівання здійснювали методом конвективної теплової обробки в середі нагрітого повітря при температурі 160°C. Вологість вихідних зразків складала 72...75% для всіх нагріваних матеріалів. Результати вимірювань показані на рис. 3.

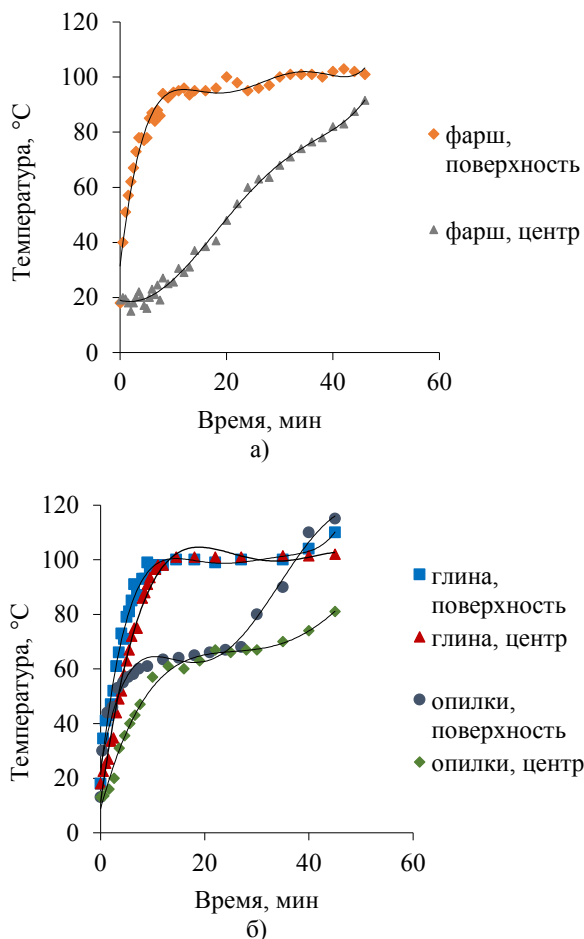


Рис. 3. Изменение температурного поля образцов:
а — куриный фарш; б — влажная глина и влажные опилки

Особенности изменения температуры во внутренних слоях существенно отличается для составных частей модельного тела и для мясных изделий. Температура в центре влажной глины и влажных опилок сразу начинает возрастать, а в мясном фарше увеличивается с большим отставанием во времени.

Важной особенностью нагревания образца из влажных опилок является то, что кривые термометрических зависимостей выходят на горизонтальный участок не при температуре кипения влаги (100°C), а значительно раньше (около 70°C).

От таким образом, модельное тело не может быть использовано для экспериментальных исследований процесса нагревания внутренних слоев изделий из мясного фарша при тепловых операциях.

На следующем этапе проводим оценку возможности использования модельного тела для исследования процесса нагревания непосредственно поверхности продукта. Закономерности нагревания внутренних слоев мясного фарша опреде-

ляются теорией нестационарной теплопроводности однородных тел, а нагревание поверхности — закономерностями теплообмена между греющей средой и поверхностью влажного тела. Полученные графические зависимости показаны на рис. 4.

Геометрия построения кривых изменения абсолютной температуры поверхности во времени для мясного фарша и для модельного тела значительно различаются, что приводит к невозможности применять модельное тело для получения математических зависимостей, описывающих собственно тепломассообменный процесс.

Модельное тело нагревается менее интенсивно на начальном этапе по сравнению с куриным фаршем. Но по истечении 10 мин нагревания интенсивность нагревания поверхности куриного фарша заметно падает, а модельное тело продолжает нагреваться с исходной интенсивностью.

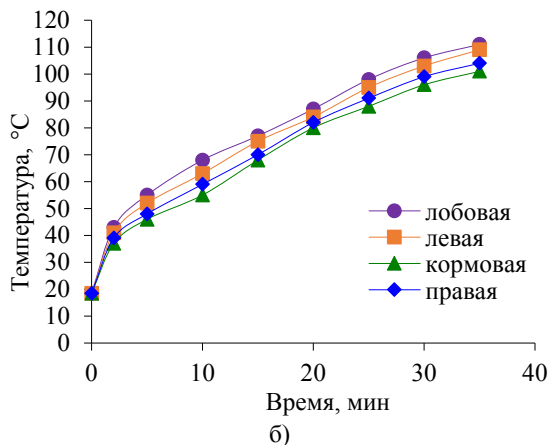
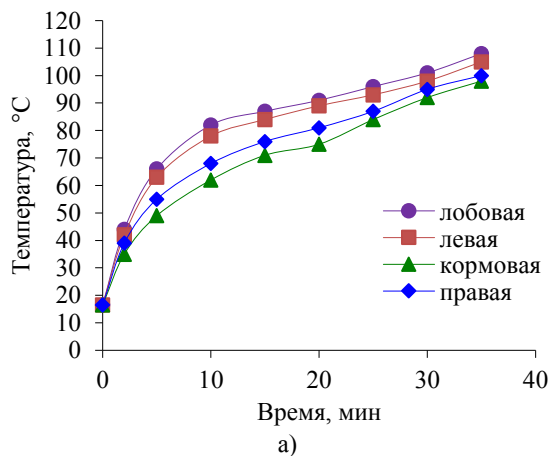


Рис. 4. Изменение температуры поверхности изделий во времени:
а — куриный фарш; б — модельное тело

Точка перегиба кривой прироста температуры для куриного фарша (т. е. 10 минута нагревания) соответствует температуре денатурации белков (60...80°C для различных участков). Очевидно, физико-химические изменения структурных

элементов, усложняемые различными тепломассообменными процессами, приводят к различиям в нагревании с простым влажным материалом, которым является модельное тело.

Однако конечные температуры поверхности для времени достижения кулинарной готовности продукта практически не отличаются для обоих материалов (отклонение не превышает 10%). Данный факт обусловлен переменной интенсивностью нагревания мясного фарша при постоянной интенсивности нагревания модельного тела, в результате чего конечная температура выравнивается.

Выводы

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы по эффективности использования изучаемого материала, моделирующего физические свойства куриного фарша, для проведения экспериментальных исследований по нагреванию мясных фаршей:

- может быть применено для исследования процессов нагревания мясных фаршей в ходе механического воздействия, не сопровождаемых выраженными физико-химическими изменениями структурных элементов;

- невозможно применение для экспериментальных исследований процесса нагревания внутренних слоев изделий из мясного фарша при тепловых операциях переработки мясного сырья;

- невозможно применение для математического описания процесса теплообмена при нагревании поверхности изделий из мясного фарша при тепловых операциях переработки мясного сырья;

- может быть применено для определения конечных температур поверхности при достижении кулинарной готовности продукта.

Литература

1. Желудков А. Л., Акуленко С. В. Використання модельного матеріалу для дослідження процесу кутерування. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2012. № 42. С. 68—73.

2. Косой В. Д., Дорохов В. П. Совершенствование производства колбас: учебное пособие. М.: ДеЛиПринт, 2006. 766 с.

3. Elansari A., Hobani A. Effect of temperature and moisture content on thermal conductivity of four types of meat. *International Journal of Food Properties*. 2002. № 12(2). P. 308—315.

4. Гинзбург А. С., Громов М. А., Красовская Г. И. Теплофизические характеристики пищевых продуктов: справочник. 2-е изд. М.: «Пищевая промышленность», 1980. 288 с.

5. Основин В. Н. Справочник современных строительных материалов и конструкций. М.: Феникс, 2010. 201 с.

6. Wehrmaker M. Effect of sterilization and storage on a model meat analogue pet food. *Animal Feed Science and Technology*. 2021. Volume 271. Article #114737.

7. Kondjoyan A. Combined heat transfer and kinetic models to predict cooking loss during heat treatment of beef meat. *Meat Science*. 2013. Volume 95, Issue 2. P. 336—344.

8. Smagin D. A., Smolyak A. A., Smagina M. N. Methods for calculating the duration of baking of minced meat products during heat treatment in convection. *Proceedings of the National academy of sciences of Belarus — agrarian series*. 2020. Volume 58, Issue 3. P. 373—384.

THE ENSURING OF DISTRIBUTION POWER NETWORKS MONITORING WITH RENEWABLE ENERGY SOURCES

V. Kulyk, O. Burykin, Yu. Malohulko, V. Teptya, V. Lesko
Vinnitsia National Technical University

Key words:

Renewable energy sources
Distribution power networks
State estimation
Observation
Typical meteorological year data set

Article history:

Received 27.01.2021
Received in revised form 12.02.2021
Accepted 24.02.2021

Corresponding author:

O. Burykin

E-mail:

mr.burykin@gmail.com

ABSTRACT

The paper proposes a method of increasing the observation of distribution power networks (DPN) with renewable energy sources (RES) by using aggregated information of automated systems of commercial electricity metering and pseudo-measurements in the form of typical generation schedules. To solve this problem, it is proposed to use the typical meteorological year data set.

Based on typical data sets for the meteorological year, typical renewable energy generation schedules are used to calculate and analyze electricity losses in distributed power networks using state estimation methods to time synchronize information and recover time-aggregated electricity generation information. The advantage of this approach is the ability to analyze the energy efficiency of distribution power networks with a significant share of renewable energy sources (such as photovoltaic power plants, wind farms, etc.). Particular attention is paid to photovoltaic power plants, as they have a fairly predictable generation schedule according to a typical meteorological year. This allows it to be used in a mathematical model as a typical one, along with power consumption graphs. It also becomes possible to recover lost information for each specific mode of the distributed power network, provided it is observed for a certain period of time. The use of this approach involves the use of functional dependencies of the mode parameters in combination with other methods of recovering lost data.

Thus, the insufficiency of the observation vector in the target state estimation function can be compensated by information from a typical data set, namely the mathematical expectation of electricity generation of the renewable energy source, its standard deviation and information about the generated power in the unobserved node from the billing system.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОСТЕРЕЖНОСТІ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

В. В. Кулик, О. Б. Бурикін, Ю. В. Малогулко, В. В. Тептя, В. О. Лесько
Вінницький національний технічний університет

У статті запропоновано метод ідентифікації режимних параметрів розподільних електричних мереж (ЕМ) з відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ) на основі псевдовимірювань графіків їх генерування, отриманих за агрегованою інформацією автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) та типовими графіками.

Типові графіки генерування відновлюваних джерел енергії, отримані на основі типових наборів даних про метеорологічний рік, використовуються для визначення режимних параметрів і втрат електроенергії в електричних мережах. Для синхронізації даних і відновлення агрегованої в часі інформації про генерування відновлюваних джерел енергії в розподільних електричних мережах використовуються алгоритми оцінювання стану. Перевагою застосування оцінювання стану є можливість поточного та перспективного аналізу енергоефективності розподільних електричних мереж зі значною часткою відновлюваних джерел енергії. Особливо це стосується фотовольтаїчних електричних станцій (ФЕС), оскільки вони мають складно-прогнозований графік генерування. Відновлення графіка генерування за даними типового метеорологічного року дає змогу використовувати його як типовий, нарівні із типовими графіками електроспоживання, а отже, розраховувати параметри окремих режимів розподільної електричної мережі протягом звітного періоду. Підхід передбачає виконання функціональних залежностей параметрів режиму розподільних електричних мереж у комплексі з іншими засобами відновлення втрачених даних.

Показано, що недостатність вимірювань режимних параметрів розподільних електромереж з відновлюваними джерелами енергії можна компенсувати з допустимою точністю, використовуючи інформацію з типових наборів даних і відомості про відпуск електроенергії з автоматизованими системами комерційного обліку електроенергії.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, розподільні електричні мережі, оцінка стану, спостережність, типовий набір даних про метеорологічний рік.

Постановка проблеми. Нині з низки розрахунково-аналітичних задач експлуатації розподільних електричних мереж (ЕМ) об'єктивно вирізняється задача з розрахунку, аналізу та структурування втрат електроенергії. Адже це забезпечує підґрунтя для планування заходів щодо енергоефективної роботи енергопостачальних компаній. Важливим аспектом структурування втрат електроенергії є формування поелементної структури з прив'язкою до періоду часу експлуатації елементів мережі та можливістю аналізу й визначення локальних осередків з найбільшим впливом на сумарні втрати. Оскільки зменшення втрат прямо забезпечує підвищення прибутку енергопостачальних компаній, то цей

напрямок є досить актуальним і перспективним у плані розроблення і впровадження програмних засобів, зокрема з використанням баз даних та інформаційних систем.

У розподільних електричних мережах України основним джерелом інформації є автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ). Системи АСКОЕ призначені надавати інформацію про облік електроенергії, на підставі якої можуть бути проведені фінансові розрахунки між суб'єктами ринку.

Однак на сьогодні у більшості енергопостачальних компаній АСКОЕ передбачені лише для периметру (у точках комерційного обліку енергообміну із сусідніми електричними мережами) та юридичних споживачів. Також для балансування електроенергії в районних електричних мережах вимірювальні засоби технічного обліку передбачено на головних ділянках ліній 6—20 кВ, що відходять від підстанцій 110—35 кВ. Тож для розподільних електричних мереж спостережність забезпечується лише у випадку електропостачання юридичних осіб.

У розподільних ЕМ з відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ) прилади обліку з можливістю реєстрації графіків навантаження встановлені лише в місцях приєднання ВДЕ піковою потужністю понад 50 кВт [1]. Постачальник послуг комерційного обліку щоденно передає дані комерційного обліку постачальнику універсальних послуг для завантаження даних комерційного обліку електричної енергії в систему управління ринком [2]. Тому інформація про графіки генерування відновлюваними джерелами потужністю понад 50 кВт є завжди актуальною та може бути використана для обрахунку режимних параметрів ЕМ без додаткових припущень і перетворень. Проте через відмову апаратного або інформаційного забезпечення ці дані можуть не надходити протягом усієї доби або її частини. Під час вимірювань і передачі інформація може спотворюватися через вплив електромагнітних завад, ресинхронізацію, втрати окремих пакетів інформації або спрямовані атаки на інформаційну мережу сторонніми особами у вигляді ручного або «вірусного» втручання в роботу інформаційної системи.

Для населення електроенергія, вироблена з енергії сонця або на комбінованих вітро-сонячних генерувальних системах, визначається за календарний місяць в обсязі, що перевищує місячне споживання електричної енергії приватним домогосподарством. Для фіксації обсягу електричної енергії, що відпущена з мереж приватного домогосподарства побутового споживача, як правило, використовується двонаправлений засіб обліку активної електричної енергії, що обліковує окремо обсяги відпущеної в електричну мережу та отриманої з електричної мережі електричної енергії або сальдоване їх значення [3].

Тож для підвищення точності визначення режимних параметрів і втрат електроенергії в розподільних електричних мережах з ВДЕ важливим є використання інтегрованої інформації з білінгових систем. Для вирішення цього питання можливо застосовувати типові добові графіки генерування (ТГГ) ВДЕ, отримані з типових наборів даних про метеорологічний рік [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Типовий набір даних про метеорологічний рік (ТНД) [4] містить погодинні метеорологічні значення, інтегровані до одного року, що характеризують кліматичні умови для конкретної місцевості протягом тривалого періоду часу (наприклад 30 років). Таке зменшення обсягу даних призводить до часткової втрати інформації, що містилася в початковому

часовому ряду. Однак досвід показує, що такі набори даних широко використовуються для моделювання систем перетворення відновлюваної енергії [5—7]. Додатковою перевагою використання ТНД є відкритий доступ до них [8].

Одним із способів застосування ТНД є їх використання як псевдовимірювань в алгоритмах оцінки стану [9—15], що дає змогу відновити режимні параметри для кожного конкретного режиму ЕМ за умови її спостережності протягом певного інтервалу часу. Використання цього підходу передбачає застосування функціональних залежностей параметрів режиму в комплексі з іншими способами відновлення втрачених даних.

Мета статті: розроблення методу забезпечення спостережності розподільних електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії на основі агрегованої інформації автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії і типових наборів даних про метеорологічний рік.

Викладення основних результатів дослідження. З аналізу публікацій встановлено, що перспективним є застосування комбінованого підходу методів оцінювання стану [9—15] для синхронізації даних і застосування типових графіків електричних навантажень для відновлення агрегованої в часі інформації [16—18] про перетікання електроенергії. Перевагою застосування такого підходу є можливість аналізу погодинних режимів і втрат електроенергії у розподільних ЕМ зі значною часткою відновлюваних джерел енергії. Особливо це стосується фотовольтаїчних електричних станцій (ФЕС), оскільки вони мають досить передбачуваний графік генерування відповідно до типового метеорологічного року [19; 20]. Застосування оцінювання стану дає змогу використовувати його в математичній моделі як типового, нарівні із типовими графіками електроспоживання.

Для формування вектора стану електричної мережі x можна використовувати нескінченну кількість комбінацій значень режимних параметрів, однак практичну цінність має така комбінація, що забезпечує мінімізацію абсолютних значень вектора похибок вимірювання. Цільова функція задачі визначення вектора стану ЕМ у загальному вигляді [21—23]:

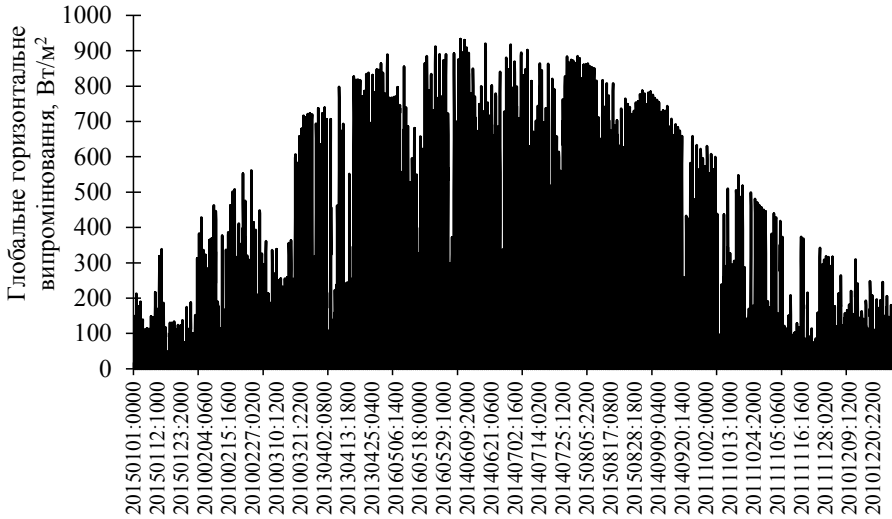
$$J(x) = \sum_{i=1}^m \frac{[z_i - h_i(x)]^2}{\sigma_i^2} = [z - h(x)]^T W [z - h(x)] \rightarrow \min, \quad (1)$$

де z — вектор, що містить набір вимірювань, які можна перерахувати у параметри режиму; $h_i(x)$ — нелінійна функція, що пов'язує вимірювання i та змінну вектора стану x ; $x^T = [x_1, x_2, \dots, x_m]$ — вектор стану системи; σ — стандартне відхилення кожного вимірювання; $W = \text{diag} [\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_m^2]^{-1}$ — обернена діагональна матриця очікуваних (оцінених) середньоквадратичних відхилень окремих вимірювань.

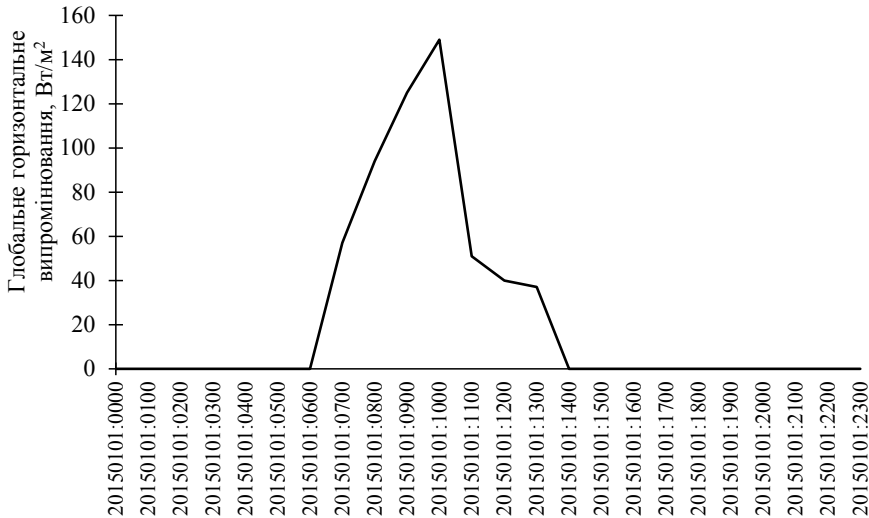
Як змінні стану x_i було прийнято модулі U_i та фазні кути φ , напруги у незалежних вузлах ЕМ. Вимірюваними параметрами в ЕМ є модулі напруги в окремих вузлах U_i^B , активні P_i^B та реактивні Q_i^B потужності у вузлах навантаження та генерування, оснащені засобами АСКОВЕ, активні P_j^B та реактивні Q_j^B потужності, що протікають у ЛЕП, оснащених засобами телевимірювання.

Доповнення вектора спостереження з інформацією з типових графіків генерування, розроблених на основі ТНД (псевдовимірами) для вузлів ЕМ, дає змогу забезпечити спостережність електричних мереж, використовуючи ресурси наявних засобів вимірювання та моніторингу.

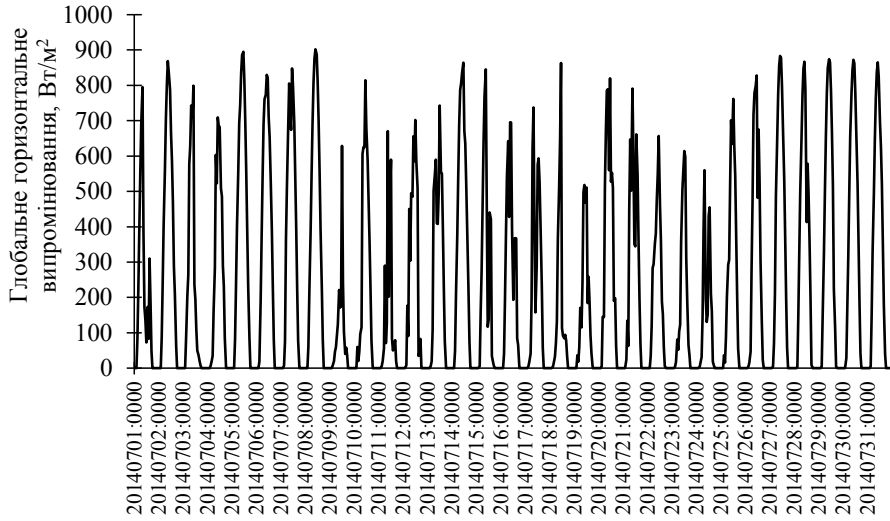
Приклади з типового набору даних про метеорологічний рік у частині глобального горизонтального опромінення $\text{Вт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ наведено на рис. 1 у вигляді річного та добового графіка для Шаргородського району Вінницької області [8].



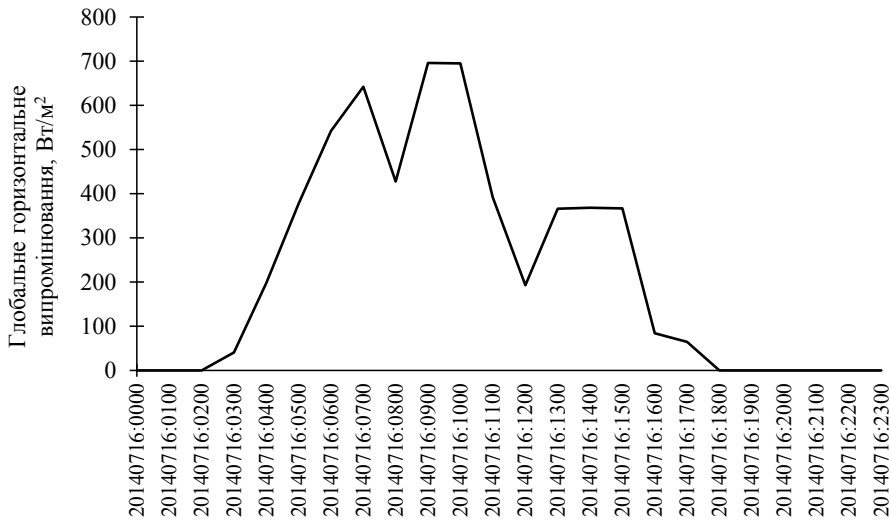
а)



б)



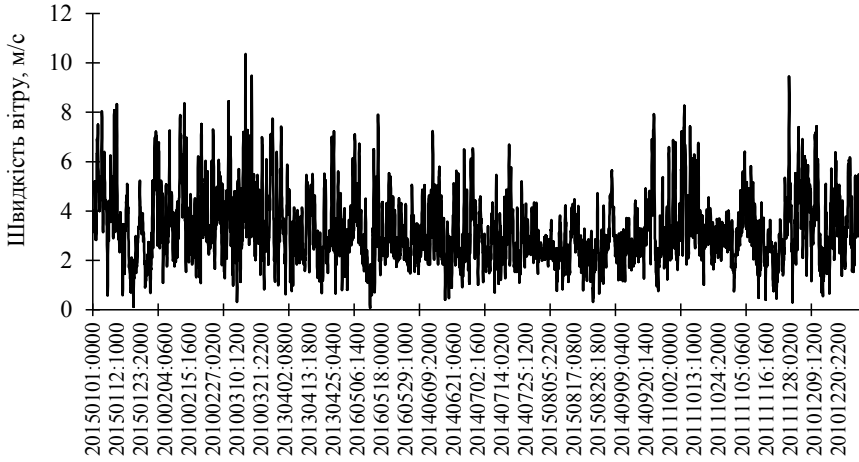
в)



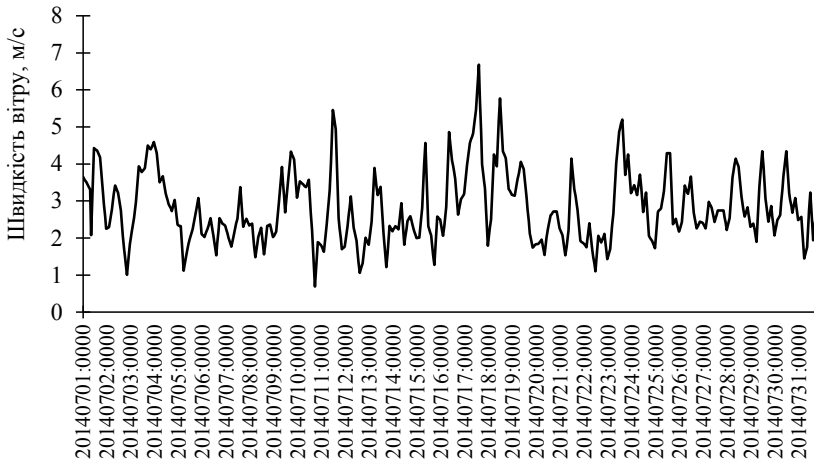
г)

Рис. 1. Типові набори даних про метеорологічний рік у частині глобального горизонтального опромінення $Вт \cdot год/м^2$ для Шаргородського району Вінницької області: а) річний графік; б) місячний графік (липень); в) добовий графік (16 липня); г) добовий графік (1 січня)

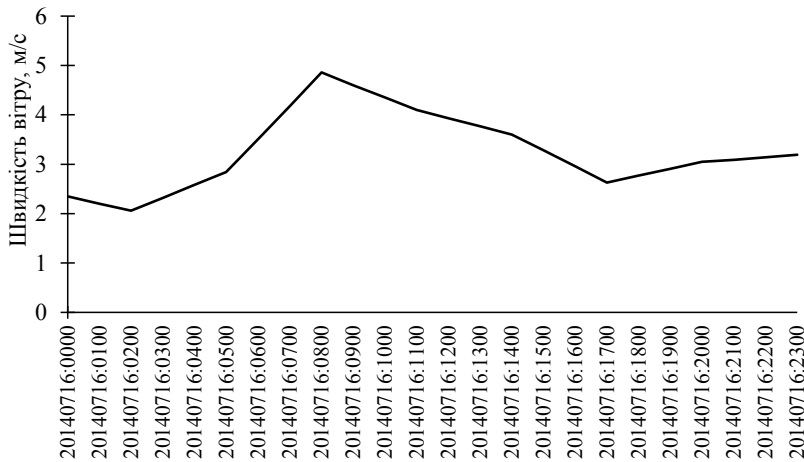
Приклади з типового набору даних про метеорологічний рік у частині швидкості вітру м/с наведено на рис. 2 у вигляді річного та добового графіка для Шаргородського району Вінницької області [8].



а)



б)



в)

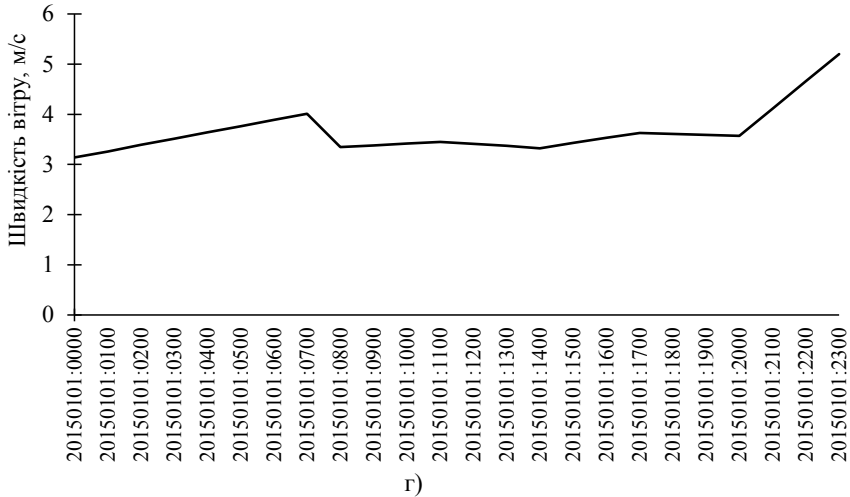


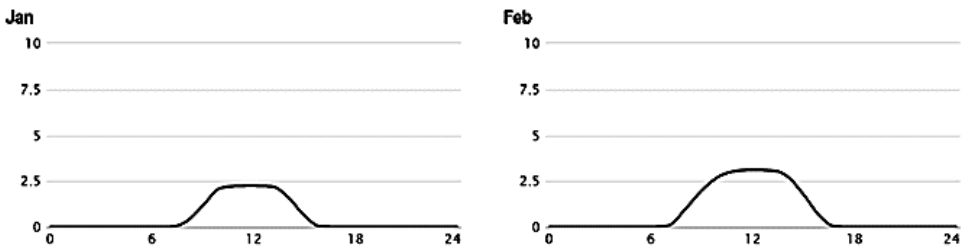
Рис. 2. Типові набори даних про метеорологічний рік у частині швидкості вітру м/с для Шаргородського району Вінницької області:
 а) річний графік; б) місячний графік (липень);
 в) добовий графік (16 липня); г) добовий графік (1 січня)

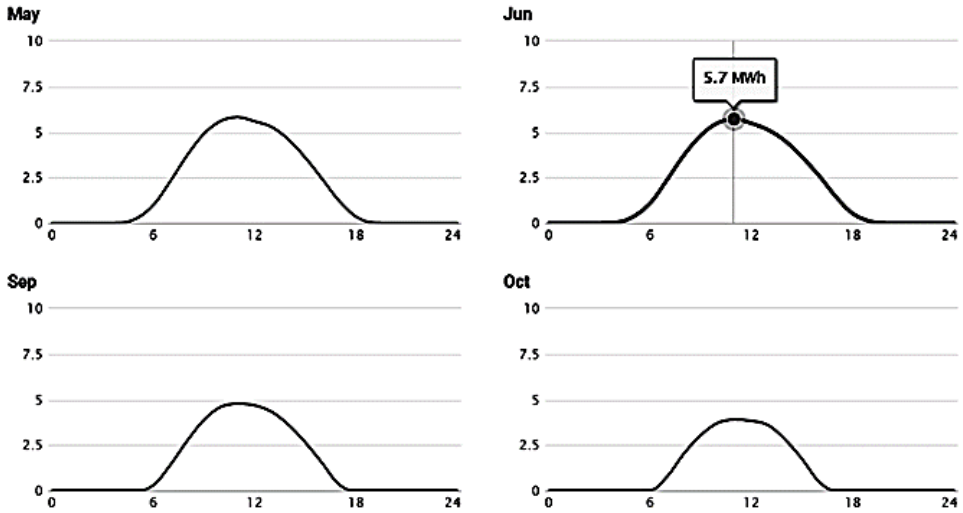
У [24] наведено способи перерахунку типових наборів даних про метеорологічний рік у потужність генерування ВДЕ. Для фотовольтаїчної станції вираз для визначення погодинного генерування має вигляд [24; 25]:

$$P_{ij} = F_{\text{тер}} \cdot I_{\text{сп}} \cdot \eta_{\text{фм}} \cdot \Delta P_{\%},$$

де $F_{\text{тер}}$ — площа встановленої електростанції; $I_{\text{сп}}$ — сонячна погодинна інсоляція з урахуванням кута повороту сонячної панелі; $\eta_{\text{фм}}$ — коефіцієнт корисної дії встановлених фотомодулів; $\Delta P_{\%}$ — коефіцієнт втрат (до 25%), який включає втрати в інверторі, зменшення потужності пов'язане з нагріванням, втрати у кабельних лініях тощо.

Приклади типових графіків виробництва електроенергії, побудовані на основі ТНД (рис. 2), наведено на рис. 3 для зимового та літнього місяців фотовольтаїчної електричної станції встановленою потужністю 9500 кВт [26].





Source: globalsolaratlas.info

Рис. 3. Типові погодинні профілі генерування для фотовольтаїчної станції з встановленою потужністю 9,5 МВт (за даними globalsolaratlas.info)

Для отримання типового графіка генерування вітроелектростанцій застосовується залежність потужності вітрогенератора від швидкості вітру (рис. 4).

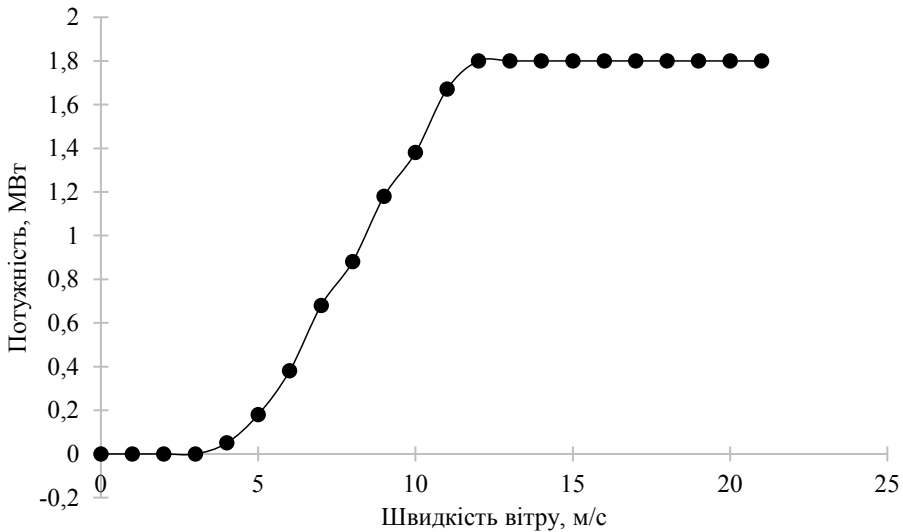


Рис. 4. Залежність потужності вітрогенератора v-90 (1,8 МВт) від швидкості вітру

Поєднання описаних джерел інформації формує передумови для створення набору типових графіків генерування (ТГГ) ВДЕ, залежно від регіону та встановленої потужності. Відповідно до [27] середньоквадратичне відхилення таких

типових графіків генерування $\sigma_i^{TГГ}$ становить 6—12% залежно від використовуваного набору даних, що є цілком прийнятним для застосування ТГГ як псевдовимірювань.

Отже, цільова функція (1) з урахуванням інформації ТГГ у явному вигляді може бути записана таким чином:

$$J(x) = \left[\begin{matrix} z^{SM} \\ z^{TГГ} \end{matrix} - h(x) \right]^T \text{diag} \left[\left(\sigma^{SM} \right)^2 \left(\sigma^{TГГ} \right)^2 \right]^{-1} \left[\begin{matrix} z^{SM} \\ z^{TГГ} \end{matrix} - h(x) \right] \rightarrow \min, \quad (2)$$

де $z_{ij}^{TГГ} = M(P_{ij}^{TГГ}) \cdot P_i^{ВДЕ}$ — псевдовимірювання, отримане на основі інформації про i -те джерело енергії та відповідний йому ТГГ; z^{SM} — вектор вимірювань, отриманих засобами Smart Metering, які можна перерахувати в параметри режиму. Недостатність вектора спостереження z у цільовій функції (1) можна компенсувати інформацією з ТНД — математичним очікуванням генерування електроенергії ВДЕ $M(P_{ij}^{TГГ})$ i -го вузла вимірювання на часовому проміжку j , його середньоквадратичним відхиленням $\sigma_i^{TГГ}$ та інформацією про генеровану потужність у неспостережному вузлі з білінгової системи $P_i^{ВДЕ}$ у вигляді цільової функції (2).

Висновки

Запропоновано метод забезпечення спостережності розподільних електричних мереж з ВДЕ шляхом використання агрегованої інформації автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії та псевдовимірювань у вигляді типових графіків генерування. Показано, що дані з АСКОЕ можуть ефективно використовуватися для доповнення вектора стану ЕМ інформацією про зміни генерованої потужності у неспостережних вузлах. Для уточнення та синхронізації даних про режимні параметри доцільно застосовувати алгоритм оцінювання стану електричних мереж. Залучення додаткової інформації сприяє підвищенню точності моделювання режимних параметрів розподільних мереж 6—20 кВ, результатів розрахунку та аналізу втрат електроенергії.

Література

1. Про затвердження Змін до Правил роздрібного ринку електричної енергії Нацком. енергетики, ком. послуг: постанова від 26.06.2020. № 1219.
2. Про внесення змін до Кодексу комерційного обліку електричної енергії. Нацком. енергетики, ком. послуг: постанова від 20.03.2020. № 716.
3. Wilcox S., Marion W. User's manual for THM3 data sets. *Technical Report* NREL/TP-581-43156. NREL Lab., Golden, CO. 2008.
4. Лежнюк П. Д., Рубаненко О. Є., Гунько І. О. Оптимізація режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами електроенергії: монографія. Вінниця: ВНТУ. 2017. 164 с.
5. Pereira S., Abreu E., Iakunin M., Canhoto P. and Salgado R. Prediction of Solar Resource and Photovoltaic Energy Production through the Generation of a Typical Meteorological Year and Meso-

NH Simulations: Application to the South of Portugal: *2019 IEEE 2nd International Conference on Renewable Energy and Power Engineering (REPE)*, Toronto, ON, Canada. 2019. P. 182—186.

6. Kuo-Tsang Huang and Wen-Sheng Ou. Establishing a typical solar radiation year time series for the application of building integrated photovoltaic systems in Taiwan: *5th International Conference on Responsive Manufacturing — Green Manufacturing (ICRM 2010)*, Ningbo. 2010. P. 122—127.

7. Kubiniec A., Kankiewicz A. and Tadesse A. Comparing the Typical GHI Year vs Typical Power Year: *2017 IEEE 44th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC)*, Washington, DC. 2017. P. 1132—1133.

8. EU Science Hub. The European Commission's science and knowledge service. THM generator. URL: <https://ec.europa.eu/jrc/en/PVGIS/tools/THM> (дата звернення: 15.12.2020).

9. Alimardani A., Therrien F., Atanackovic D., Jatskevich J. and Vaahedi E. Distribution System State Estimation Based on Nonsynchronized Smart Meters. *IEEE Transactions on Smart Grid*. Nov. 2015. Vol. 6. No. 6. P. 2919—2928.

10. Matthijs B., Erb J. and Binder J. Using Smart Meters for Distribution Grid State Estimation: *2019 International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST)*, Porto, Portugal. 2019. P. 1—5.

11. Samarakoon K., Wu J., Ekanayake J. and Jenkins N. Use of delayed smart meter measurements for distribution state estimation: *2011 IEEE Power and Energy Society General Meeting*, Detroit, MI, USA. 2011. P. 1—6.

12. Primadianto A. and Lu C. N. A review on distribution system state estimation. *IEEE Transactions on Power Systems*. 2017. Vol. 32. No. 5. P. 3875—3883.

13. Ni Sept F., Nguyen P. H., Cobben J. F. G., Van den Brom H. E. and Zhao D. Uncertainty analysis of aggregated smart meter data for state estimation: *2016 IEEE International Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS)*. Sept 2016. P. 1—6.

14. Gómez-Expósito A., Gómez-Quiles C. and Džafić I. State estimation in two time scales for smart distribution systems. *IEEE Transactions on Smart Grid*. Jan 2015. Vol. 6. No. 1. P. 421—430.

15. Pau M., Patti E., Barbierato L., Estebarsari A., Pons E., Ponci F. and Monti A. Low voltage system state estimation based on smart metering infrastructure: *2016 IEEE International Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS)*. Sept 2016. P. 1—6.

16. Kim Y., Shin J., Song J. and Yang I. Customer clustering and TDLP (typical daily load profile) generation using the clustering algorithm: *2009 Transmission & Distribution Conference & Exposition: Asia and Pacific*, Seoul, 2009. P. 1—4.

17. Panapakidis I. P. and Papagiannis G. K. Application of the load profiling methodology In Short-Term Bus Load Forecasting: *MedPower 2014, Greece Conference*. 2—5 Nov. Athens. 2014. P. 1—8.

18. Буславець О. А., Квицинський А. О., Кудачький Л. Н., Меженний С. Я., Мойсеєнко Л. В. Типові графіки електричних навантажень у 3D зображенні. *Енергетика та електрифікація*. 2016. № 2. С. 2—12.

19. Kasaeian, Alibakhsh & Sameti, Mohammad & Razi Astaraei, Fatemeh. Simulation of a ZEB Electrical Balance with a Hybrid Small Wind/PV. *Sustainable Energy*. 2014. Vol. 2. No 5.

20. Venkataraman S., Ziesler C., Johnson P. and Van Kempen S. Integrated Wind, Solar, and Energy Storage. *Designing Plants with a Better Generation Profile and Lower Overall Cost: IEEE Power and Energy Magazine*. May-June 2018. Vol. 16, No. 3. P. 74—83.

21. Gomez-Exposito Antonio, Conejo Antonio J., Canizares Claudio. Electric energy systems: analysis and operation: The electric power engineering series). 2009. 748 p.

22. Allemong J. J., Radu L. and Sasson A. M. A fast and reliable state estimation algorithm for AEP's new control center. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems PAS-101*. April 1982. P. 933—944.

23. Alimardani A., Therrien F., Atanackovic D., Jatskevich J. and Vaahedi E. Distribution System State Estimation Based on Nonsynchronized Smart Meters. *IEEE Transactions on Smart Grid*. Nov. 2015. Vol. 6. No. 6. P. 2919—2928.

24. Sadati S. M. Sajed & Qureshi, Fassahat & Baker, Derek. Energetic and economic performance analyses of photovoltaic, parabolic trough collector and wind energy systems for Multan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Pakistan. 2015. Vol. 47. P. 844—855.

25. Hirata Y., Tani T. Output variation of photovoltaic modules with. *Sol Energy*. 1995. Vol. 55. No. 6. P. 463—468.

26. Global Solar Atlas online application website. URL: <https://globalsolaratlas.info/map> (дата звернення: 25.12.2020).

27. Huld T., Paietta E., Zangheri P., Pinedo Pascua I. Assembling Typical Meteorological Year Data Sets for Building Energy Performance Using Reanalysis and Satellite-Based Data. *Atmosphere*. 2018. Vol. 9. P. 53.

INTENSIVE TECHNOLOGIES OF FRUIT AND BERRIES PROCESSING

O. Shevchenko, A. Sokolenko, I. Maksymenko, S. Myronenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Processing
Fruit
Vacuuming
Pressure
Energy potential*

Article history:

Received 27.01.2021
Received in revised form
10.02.2021
Accepted 24.02.2021

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The article concerns the assessment of possibilities and prospects of using technologies of vacuum thermodynamic transformations in fruit and berry processing systems to obtain juices, compotes, canned products with extension of their shelf life and target use.

The increase in the yield of target products is associated with the modes of grinding, blanching, pressing, clarification, but they are macro-effects and have reached the limit values. The study proposes to resort to the use of microinfluences in vacuum modes, in which media are transferred to a state of unbalanced thermodynamic systems with transient transitions to new equilibrium states. Reducing the pressure ensured the achievement of the phase transition and lowering the temperature from the initial to the final by generating a vapor phase, the sharp formation of which led to micro-destruction of organic structures and the achievement of planned effects.

The article presents materials of theoretical developments to confirm the feasibility of the implementation of elements of discrete-pulse technologies and calculation data relating to estimates of energy potentials of the processes of evacuation of media. The reduced time of such processes corresponds to significant capacities and influences.

Given the positive effects of different components in the methods of obtaining juices in the processing of fruit and berries, it is possible to make the transition to their combination into a common technology of simultaneous or sequential action.

Theoretical provisions of thermodynamic transformations due to vacuuming of media are supplemented by developments of technologies with the corresponding patent support of features of engineering maintenance.

The use of this information can be significantly extended to facilities with significant energy potentials, which include beer jams in beer production, scalded sugar beet chips in sugar production, low-temperature boiling and saccharification systems for alcohol production, drying systems etc.

ІНТЕНСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ПЛОДІВ ТА ЯГІД

О. Ю. Шевченко, А. І. Соколенко, І. Ф. Максименко, С. М. Мироненко
Національний університет харчових технологій

У статті оцінено можливості і перспективи використання технологій вакуумних термодинамічних трансформацій у системах переробки плодів і ягід для одержання соків, компотів, консервованих продуктів з подовженням термінів їх зберігання і цільового застосування.

Підвищення виходу цільових продуктів пов'язується з режимами подрібнення, бланшування, пресування, освітлення, однак вони відносяться до макровпливів і досягли граничних значень. У дослідженні запропоновано використання мікрое впливів у режимах вакуумування, за яких середовища переводяться до стану незрівноважених термодинамічних систем з швидкоплинними переходами до нових станів рівноваги. Зниження тиску забезпечує досягнення фазового переходу і зниження температури від початкової до кінцевої за рахунок генерування парової фази, різке утворення якої приводить до мікроруйнувань органічних структур і досягнень планових ефектів.

Наведено матеріали теоретичних розробок на підтвердження можливостей реалізації елементів дискретно-імпульсних технологій і розрахункові дані, які стосуються оцінок енергетичних потенціалів перебігу процесів вакуумування середовищ. Скорочений час перебігу таких процесів відповідає значним потужностям і впливам. Зважаючи на позитивні впливи різних складових у способах одержання соків при переробці плодів та ягід, можливо здійснити перехід до їх об'єднання у спільну технологію одночасної або послідовної дії.

Розроблені теоретичні положення термодинамічних перетворень за рахунок вакуумування середовищ доповнено розробками технологій з відповідним патентним супроводженням особливостей інженерного забезпечення.

Результати дослідження будуть корисними для об'єктів зі значними енергетичними потенціалами, до яких відносяться пивні затори у виробництві пива, ошпарена стружка цукрових буряків у виробництві цукру, системи низькотемпературного розварювання та оцукрювання замісів у виробництві спирту, системи для сушіння продукції тощо.

Ключові слова: переробка, плоди, вакуумування, тиск, енергетичний потенціал.

Постановка проблеми. В значній кількості випадків переробка плодів і, особливо, ягід з метою одержання продукції довготривалого зберігання потребує використання технологій швидкісного реагування на основі сукупностей механічного й енергетичного обладнання. В переліку процесів таких технологій можуть бути санітарна обробка, подрібнення, бланшування, пресування маси та освітлення соку. Спрямування цієї сукупності має за мету максимально можливий вихід продукції при збереженні номінальних якісних показників. До числа

вагомих впливів відносяться всі названі операції, підвищений рівень інтенсивності яких супроводжується зростанням виходу продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сукупність якісних показників при цьому в певному діапазоні змін інших впливів залишається задовільною лише при обмежених значеннях енергетичних теплових і силових впливів. Так, завищений рівень подрібнення сировинного потоку до рівня мезги ускладнює фільтрацію й освітлення, підвищення тиску пресування має обмеження через руйнування оболонки і кісточок плодів та ягід і перехід поліфенольних, дубильних та пектинових речовин у сік. Останнє в результаті внутрішніх взаємодій призводить до трансформацій його хімічного складу, погіршення смакових якостей, помутніння в процесі зберігання тощо. Крім того, підвищення температури бланшування призводить до руйнування вітамінних комплексів [1; 2].

Тож цілком можливо, що в існуючих технологіях ресурс на підвищення їх результативності вичерпано, хоча втрати природних ресурсів мають оцінки своїх значень, які змушують час від часу звертатися до цих проблем [3; 4]. Це актуально, тому що проблеми наявні і в технологіях масового випуску продукції. Для підвищення рівня вилучення екстрактивних речовин з пивних заторів використовуються промивні води [5], цукор з бурякової стружки в дифузійних апаратах також вилучається в протитоті водою [6; 7]. Однак такі заходи на наступних етапах потребують нівелювання деяких втручань. Так, на етапі варіння пивного суслу надлишок рідинної фракції у кількості 10...12% має бути випареним, кристалізація цукру також пов'язана з видаленням вологої складової.

Мета дослідження: оцінка можливостей і перспектив застосування методів інтенсифікації технологічних процесів на мікроскопічних рівнях за рахунок вакуумування і виведення середовищ за межі зрівноважених термодинамічних станів. Кінцевий результат стосується розробки технічних пропозицій, захищених патентами України.

Матеріали і методи. Теоретична частина досліджень здійснена на основі законів термодинаміки і механіки взаємодій між фракціями середовищ, а феноменологічне підґрунтя забезпечило розробку патентного захисту.

Результати і обговорення. Феноменологічний аналіз особливостей переробки плодів і ягід підтвердив можливість поглибленого впливу на подрібнену перероблювану масу, зокрема примусового переведення її в термодинамічно незрівноважений стан з утворенням і виділенням парової фази та активним руйнуванням клітинних структур. Такий режим може досягатися в умовах вакуумування середовищ, а для підвищення потенціалу енергетичного впливу температуру середовища доцільно підвищити до значень, які дозволені технологією. Тобто рідинна фракція оброблюваного середовища має бути переведена в режим генерування парової фази за рахунок вакуумування.

Якщо відомі є значення початкової температури та кінцеві температура і тиск, то це дає змогу розрахувати потенціал енергетичного впливу. При цьому важливим показником у цьому перехідному процесі є швидкість його перебігу.

За відсутності термодинамічних параметрів рідинних фракцій середовищ на рівні першого наближення скористаємося даними для води. Очевидно, що саме

вона відіграє роль розчинника в середовищі і бере участь у фазовому переході. Дані, потрібні для подальших міркувань, наведені у табл. 1 [8].

Таблиця 1. Значення води і водяної пари в стані насичення

$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{МПа}$	$v', \text{м}^3/\text{кг}$	$v'', \text{м}^3/\text{кг}$	$h', \text{кДж/кг}$	$h'', \text{кДж/кг}$	$r, \text{кДж/кг}$
0	0,0006108	0,0010002	206,321	-0,04	2501,0	2501,0
1	0,0006566	0,0010001	192,611	4,17	2502,8	2498,6
2	0,0007054	0,0010001	179,935	8,39	2504,7	2496,3
3	0,0007575	0,001	168,165	12,6	2506,5	2493,9
4	0,0008129	0,001	157,267	16,8	2508,3	2491,5
5	0,0008718	0,001	147,167	21,01	2510,2	2489,2
6	0,0009346	0,001	137,768	25,21	2512,0	2486,8
7	0,0010012	0,0010001	129,061	29,41	2513,9	2484,5
8	0,0010721	0,0010001	120,952	33,6	2515,2	2482,1
9	0,0011473	0,0010002	113,423	37,8	2517,5	2479,7
10	0,0012271	0,0010003	106,419	41,99	2519,4	2477,4
15	0,0017041	0,0010008	77,97	62,94	2528,6	2465,7
20	0,0023368	0,0010017	57,833	83,86	2537,7	2453,8
25	0,0031663	0,0010029	43,399	104,77	2546,8	2442,0
30	0,0042417	0,0010043	32,929	125,66	2555,9	2430,2
35	0,0056217	0,001006	25,246	146,56	2565,0	2418,4
40	0,0073749	0,0010078	19,548	167,45	2574,0	2406,5

Розрахунок супроводжується призначенням початкової температури рідинної фракції середовища $t_{(n)}$, їй відповідає початкова теплоємність рідинної фракції середовища $h'_{(n)}$. Саме цей показник системи є енергетичним потенціалом системи, який у процесі вакуумування і падіння тиску витрачається на генерування парової фракції. Числове значення $h'_{(n)}$ визначається з наведеної табл. 1 або розраховується із залежності:

$$h'_{(n)} = c_p t_{(n)}, \text{ кДж/кг}, \quad (1)$$

де $c_p = 4,187 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ — теплоємність води, яка майже не змінюється зі зміною температури і тиску.

Кінцеві параметри системи відповідають кінцевій температурі середовища $t_{(к)}$, кінцевому тиску $P_{(к)}$, кінцевим питомим об'ємам рідинної фракції $v'_{(к)}$, парової фракції $v''_{(к)}$, кінцевій теплоємності $h_{(к)}$ та кінцевій теплоті пароутворення $r_{(к)}$.

Звернемось до прикладу, прийнявши значення $t_{(n)} = 30^\circ\text{C}$ і $t_{(к)} = 5^\circ\text{C}$. Їм відповідають значення:

$$h'_{(n)} = 125,66 \text{ кДж/кг}; \quad h'_{(к)} = 21,01 \text{ кДж/кг}. \quad (2)$$

Тоді використаний на генерування пари потенціал складе:

$$\Delta h = h'_{(n)} - h'_{(к)} = 125,66 - 21,01 = 104,65 \text{ кДж/кг}. \quad (3)$$

Знайдена величина Δh дає змогу знайти масу випару:

$$m_{\text{вип}} = \frac{2\Delta h}{r_{(n)} + r_{(к)}} = \frac{2 \cdot 104,65}{2555,9 + 2510,2} = 0,0413 \text{ кг.} \quad (4)$$

Об'єм генерованої пари становить:

$$v'' = \frac{v''_{(n)} + v''_{(к)}}{2} m_{\text{вип}} = \frac{32,929 + 147,167}{2} 0,0413 = 3,719 \text{ м}^3. \quad (5)$$

Розрахунки з визначення параметра Δh наведено в табл. 2, а на рис. 1 наведено графічне узагальнення залежності $\Delta h = \Delta h(t_{(n)})$.

Таблиця 2. Значення енергетичних потенціалів

Кінцева температура $t_{(к)}$, °C	Початкова температура $t_{(n)}$, °C								
	15	20	25	30	35	40	45	50	60
0	62,89	83,76	104,71	125,66	146,61	167,56	188,51	209,46	251,36
2	54,46	75,41	96,36	117,31	138,26	159,21	180,16	201,11	243,01
4	46,05	67,00	87,95	108,90	129,85	150,80	171,7	192,7	234,60
6	37,64	58,59	79,54	100,49	121,44	142,39	163,34	184,29	226,19
8	29,25	50,20	71,15	92,10	113,05	134,00	154,95	175,90	217,80
10	21,00	41,81	62,76	83,71	104,66	125,61	146,56	167,50	209,41
15	0	20,96	41,81	62,76	83,71	104,66	125,61	146,56	188,46
20	—	0	20,89	41,84	62,79	83,74	104,69	125,64	167,54
30	—	—	—	—	20,99	47,34	62,89	83,84	125,74
40	—	—	—	—	—	—	21,1	42,05	83,95

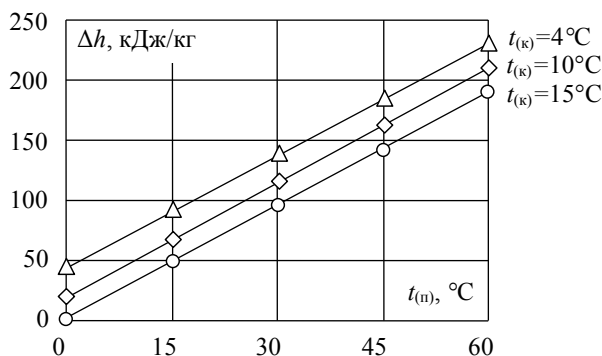


Рис. 1. Графік залежності енергетичного потенціалу від співвідношення початкової і кінцевої температур

З графіка на рис. 1 видно, що вибраному значенню початкової температури $t_{(n)}$ відповідають різні величини енергетичних впливів у зв'язку з глибиною вакуумування і відповідною кінцевою температурою. При цьому в такому перехідному процесі важливе значення має швидкість його перебігу. В наших дослідженнях час обробки τ становив 10...20 с, що відповідає виробничим умовам. Але за умови, що $\tau = 10$ с, енергетичні трансформації в одиницях потужності складуть відповідно:

$$N_{4^{\circ}\text{C}} = \frac{108,9}{10} = 10,89 \text{ кВт/кг}; \quad (6)$$

$$N_{10^{\circ}\text{C}} = \frac{83,71}{10} = 8,371 \text{ кВт/кг}; \quad (7)$$

$$N_{15^{\circ}\text{C}} = \frac{62,76}{10} = 6,276 \text{ кВт/кг}. \quad (8)$$

Названі питомі потужності стосуються середніх значень і в абсолютних обчисленнях вони досить помітні. Окрім того, слід відмітити додаткові відмінності порівняно з процесами механічного пресування.

По-перше, впливи термодинамічних переходів у завакуумованих системах характеризуються підвищеною рівномірністю перебігу у всьому об'ємі середовища, окрім гідростатичного тиску.

По-друге, фізична картина руйнування клітинних структур супроводжується збіганням напрямків силової дії, генерованої в кожній клітині і локальній зоні парою та градієнтом переміщення вивільненої рідинної фракції. Варто зауважити, що в системах механічного пресування ці напрямки протилежні.

Наведене теоретичне обґрунтування може бути продовженим у напрямку створення відповідного обладнання для забезпечення та реалізації важливих технологічних і енергетичних переваг. На підтвердження цього положення перейдемо до інформації щодо напрямків використання внутрішніх енергетичних потенціалів середовищ за рахунок виведення їх за межі термодинамічної рівноваги вакуумуванням.

Пропонуються до використання розробки, описані в патентах України.

Патент 84986 «Спосіб одержання соків при переробці плодів та ягід» має таку формулу винаходу: спосіб одержання соків при переробці плодів та ягід, що включає подрібнення, бланшування, пресування маси та освітлення соків, який відрізняється тим, що подрібнена маса після нагрівання до температури 40—42°C в режимі безперервного транспортування подається в герметизовану вакуумну камеру з тиском 0,03—0,005 МПа з досягненням температури адіабатного кипіння рідинної фракції матеріалу з утворенням парової фази.

Технічний результат полягає в руйнуванні міжклітинних структур і клітинних оболонок, що приводить до підвищення виходу соку з матеріалу, покращення умов пресування та освітлення соків і підвищує якість продукції.

Технічна ідея переведення оброблюваних середовищ до метастабільного стану з подальшим адіабатним генеруванням парової фази може бути поширена на значну кількість технологій. Очевидно, що нагріванням їх вище 100°C дає змогу одержати таку ж реакцію системи, як за зниження тиску до атмосферного.

Інший приклад стосується поширення способу одержання цукрових сиропів і аналогів цукатів, що відповідає патенту України на винахід 90732. Його формула: спосіб одержання цукрових сиропів і аналогів цукатів, що включає подрібнення і пересипку подрібненої маси ягід, фруктів і овочів цукром з доведенням концентрації сухих речовин від 60 до 90%, який відрізняється тим, що подрібнену масу фасують у тару, вакуумують і герметизують за рівня залишкового тиску в тарі 0,005—0,01 МПа та витримують для здійснення осмомолекулярної дифузії.

У такій системі мають місце два фактори впливу. Вакуумування середовища приводить до руйнування міжклітинних і клітинних структур, виділення рідинної фракції та часткового пароутворення з відповідним охолодженням. Водночас через наявність цукру починається процес осмодифузії. Фасування подрібненої і пересипаної цукром маси, вакуумування та подальше витримання для здійснення осмомолекулярної дифузії надає можливість одержання цукрових сиропів і аналогів цукатів підвищеної біологічної цінності зі збереженим природним кольором, вітамінним і ферментним комплексами, покращеними смаковими якостями та подовженими термінами зберігання.

Підсилення фактора осмомолекулярної дифузії з можливістю поєднання режимів вакуумування стосується патенту України на корисну модель 62413 «Спосіб одержання концентрованих компотів» з формулою: спосіб одержання концентрованих компотів, що включає зневоднення плодів методом осмосу, витримкою їх у концентрованому сиропі цукрози, який відрізняється тим, що для виготовлення сиропу використовують суміш глюкози і фруктози у співвідношенні з еквівалентною за показником осмотичного тиску концентрацією цукрози.

У процесі осмотичного зневоднення вилучається волога з плодів, змінюється їх маса під впливом двох факторів, зокрема виходу води з тканини і дифузії цукру з плодів з досягненням осмотичного анабіозу.

Перехід від цукрози з молекулярною масою $M = 342$ г/моль до суміші глюкози і фруктози з масою $M = 180$ г/моль означає підвищення осмотичного тиску за інших рівних умов у 1,9 раза або можливість зниження витрат маси цукрів у такому ж співвідношенні за стабілізованої величини осмотичного тиску.

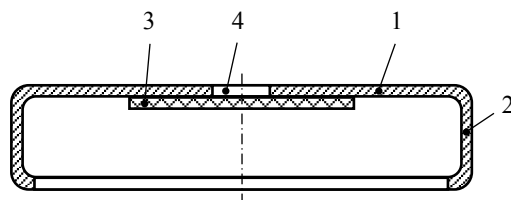


Рис. 2. Кришка для герметизації банки з харчовими продуктами і підвищеним тиском інертної газової фази

Реалізація заходів щодо одержання завакуумованих жорстких упаковок відповідають пропозиції щодо використання спеціальних кришок. Патенту України на корисну модель 50232 відповідає кришка для герметизації банки з харчовими продуктами і підвищеними тисками інертної газової фази (рис. 2), яка відрізняється тим, що її центральна частина виконана з отвором і оснащена гнучким зворотним клапаном на внутрішній поверхні. Розфасована у банки продукція герметизується вінцем кришки 2 і подається в барометричну камеру, в якій після вентиляції за рахунок підвищеного тиску відбувається заповнення інертним газом вільної частини її об'єму через отвір 4 у центральній частині 1. Після досягнення певного рівня тиску газової фази розгерметизація барокамери і вирівнювання в ній тиску до атмосферного відбувається герметизація отвору 4 з гнучким зворотним клапаном 3 та утримання постійного тиску в банці.

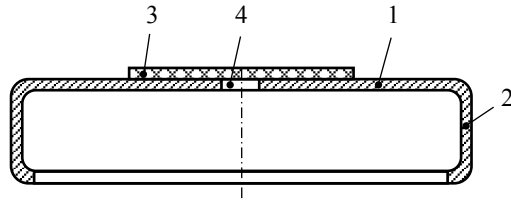


Рис. 3. Кришка для герметизації завакуумованої банки

Кришка за патентом України на корисну модель 43797 «Кришка для герметизації завакуумованої банки» дає змогу вирішити питання герметизації завакуумованої банки (рис. 3). Вона складається з центральної частини та вінця. Центральна частина виконана з отвором і устаткована гнучким зворотним клапаном на зовнішній поверхні. Банка з розфасованою продукцією герметизується вінцем кришки 2 і подається до вакуумної камери. За рахунок зниженого тиску відбувається видалення повітря з банки через отвір 4 у її центральній частині 1. Після досягнення певного рівня вакууму в банці і заданої витримки в часі здійснюється розгерметизація вакуумної камери та вирівнювання в ній тиску до атмосферного. При цьому за рахунок перепадів зовнішнього і внутрішнього тиску у банці відбувається герметизація отвору 4 гнучким зворотним клапаном 3 та утримання стабілізованого рівня вакууму в банці.

Зважаючи на позитивні впливи різних складових у способах одержання соків при переробці плодів та ягід, можливо здійснити перехід до їх об'єднання у спільну технологію одночасної або послідовної дії. Одночасній дії, як відмічалося, відповідають адіабатичні переходи й осмомолекулярна дифузія. Послідовним впливам відповідає технологія обробки середовищ за патентом України на корисну модель 63328 «Спосіб одержання соків при переробці плодів та ягід». Він також включає подрібнення, бланшування, пресування маси та освітлення соку і відрізняється тим, що подрібнена маса після нагрівання до температури 38—42°C в дискретному режимі подається в гнучку оболонку, вакуумується з кінцевим тиском 0,003—0,004 МПа у вакуумній камері з досягненням адіабатного кипіння рідинної фракції з утворенням парової фази, герметизується в гнучкій оболонці і підлягає кількаразовим змінам тиску у вакуумній камері.

Після оцінювання режими фазових переходів віднесено до рівня мікропроцесів, а силові впливи підвищеного тиску — до макровпливів.

Названий перелік впливів і способів з їх відмінностями параметрів і призначень, особливостями перебігу перехідних процесів узагальнюється поняттям дискретно-імпульсних технологій. Головна ідея останніх спирається на можливість достатньо сповільнених режимів накопичення в середовищах енергетичних потенціалів суттєво обмежена сучасними можливостями, за винятком технологій НІЧ, тоді як виведення середовища з перегрітого стану за рахунок різкого зменшення тиску цілком можливе.

Наведена інформація може бути поширена для використання об'єктів зі значними енергетичними потенціалами. До них відносяться пивні затори у виробництві пива, ошпарена стружка цукрових буряків у виробництві цукру, системи

низькотемпературного розварювання та оцукрювання замісів у виробництві спирту, системи для сушіння продукції тощо.

Висновки

Доповнення традиційних технологій переробки плодів і ягід стосується завдань підвищення виходу цільової продукції, підвищення продуктивності за рахунок інтенсифікації сукупностей процесів у послідовних режимах термодинамічних впливів. Досягнення таких цільових результатів пропонується на основі використання внутрішніх енергетичних потенціалів, що накопичуються на перших етапах обробки нагріванням до номінальних температур, і спрацьовують на наступних етапах у режимах адіабатного генерування парової фази з руйнуванням міжклітинних і клітинних структур.

Розроблені теоретичні положення термодинамічних перетворень за рахунок вакуумування середовищ доповнено розробками технологій з відповідним патентним супроводженням особливостей інженерного забезпечення.

Література

1. Даскалов П. и др. Плодове и овощные соки. Пер. с болгарского. Москва: Пищевая промышленность, 1969. 424 с.
2. Соколенко А. І. та ін. Фізико-хімічні методи обробки сировини і стабілізація харчових продуктів. Київ: ПП. Люксар, 2009. 454 с.
3. Соколенко А. І., Піддубний В. А., Гіджеліцький В. М. та ін. Фізико-хімічні методи обробки сировини і харчових продуктів. Київ: Кондор-Видавництво, 2015. 324 с.
4. Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів в харчових технологіях: монографія / під ред. д-ра техн. наук, проф. А. І. Соколенка. Київ, 2011. 536 с.
5. Бабарин В. П. Стерилизация консервов: справочник. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2006. 312 с.
6. Кунце В. Технология солода и пива. Пер. с нем. Санкт-Петербург: Профессия, 2001. 912 с.
7. Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства. В 2-х ч. Ч. 1. / В. О. Штангеев и др. Киев: Цукор України, 2003. 532 с.
8. Буляндра О. Ф. Збірник задач з технічної термодинаміки. Київ: НУХТ, 2015. 394 с.

RESEARCH OF LED LIGHT SOURCES ON UMCD

O. Pursky, R. Romanenko, N. Forostyana, M. Kryvoruchko

Kyiv national university of trade and economics

S. Litvynchuk

National University of Food Technologies

Key words:

*UMCD (universal measuring computer device)
LED-lamps
light flux
flickering*

Article history:

Received 14.01.2021
Received in revised form
26.01.2021
Accepted 10.02.2021

Corresponding author:

Y. Onyshchenko

E-mail:

yaroslav_onyshchenko
@ukr.net

ABSTRACT

The aim of the study was to identify disadvantages of LED lamps, find out the reason of flickering and possibility of its elimination. The purpose also lied in generalization and systematization of obtained experimental data in the following areas: studying the lamps of different manufacturers for compliance of declared characteristics specified in their technical device passports with real characteristics.

On the UMCD basis, an installation was assembled to study the flickering effect of artificial light sources. The principle of UMCD operation is based on signals received from a analog-to-digital convertor (ADC) and then transmitted to the computer via a USB port. The algorithm of electronic unit operation is set programmatically.

At the first stage of the research, the operation of an incandescent lamp, a fluorescent compact (energy-saving) lamp, a fluorescent linear (with a T8 cap) lamp and an LED (with a E27 and T8 caps) lamp was studied.

Comparative analysis of the flickering effect of different types of light sources showed that, with 100 Hz frequency, there was the following reduction of luminous flux: for a incandescent lamp (sample 1) — by 32%, a compact fluorescent lamp (energy saving one, sample 2) — by 12%, a linear fluorescent lamp — by 43%, a LED compact lamp (sample 4) — not recorded, a LED linear (sample 5) — within statistical accuracy, with non-systemic changes in surface luminance recorded.

Besides the flickering effect, a gradual increase in luminous flux for a compact fluorescent lamp was recorded, as well as flashes while turning on and off the LED lamp with a E27 cap.

The most probable reason of LED lamp flickering is mismatch or lack of a compensation capacitor in a lamp driver. Luminaries require compliance with certain input parameters. Improper driver voltage can cause LED lamp flickering.

ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА НА УВКП

О. І. Пурський, Р. П. Романенко, Н. П. Форостяна, М. Ю. Криворучко
Київський національний торговельно-економічний університет

С. І. Літвінчук

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати дослідження світлодіодних ламп. З'ясовано причини миготіння та можливості його усунення, узагальнено і систематизовано отримані експериментальні результати за такими напрямками: дослідити відповідність заявлених у паспорті характеристик ламп різних виробників реальним характеристикам приладу.

На основі універсального вимірювального комп'ютерного пристрою (УВКП) було зібрано установку для дослідження ефекту миготіння штучних джерел світла. Принцип роботи УВКП заснований на перетворенні сигналів датчиків вимірювання фізичних величин на цифрові дані та їх подальшій обробці. Алгоритм роботи електронного блока задається програмою.

На першому етапі досліджено роботу лампи розжарювання, люмінесцентної компактною (енергозберігаючої), люмінесцентної лінійної (на цоколь Т8) та світлодіодної на цоколь Е27 та Т8.

Порівняльний аналіз ефекту миготіння різних типів джерел світла показав, що із частотою 100 Гц знижують світловий потік: лампа розжарювання (зразок 1) — на 32%, компактна люмінесцентна лампа (енергозберігаюча, зразок 2) — на 12%, лінійна люмінесцентна лампа (зразок 3) — на 43%, світлодіодна компактна лампа (зразок 4) — не зафіксовано, світлодіодна лінійна (зразок 5) — в межах статистичної похибки, зафіксовані несистемні зміни освітленості поверхні.

Окрім ефекту миготіння, зафіксовано поступове зростання світлового потоку компактною люмінесцентною лампою, а також спалахи при вмиканні та вимиканні світлодіодної лампи на цоколь Е27.

Найбільш імовірною причиною миготіння світлодіодної лампи є невідповідність або її відсутність компенсаційного конденсатора в драйвері лампи. Світильники вимагають дотримання певних входних параметрів. Невідповідна напруга драйвера здатна спричинити миготіння або мерехтіння світлодіодних ламп.

Ключові слова: УВКП (універсальний вимірювальний комп'ютерний пристрій), LED-лампи, світловий потік, миготіння.

Постановка проблеми. В останні роки LED-лампи широко використовуються для зовнішнього, внутрішнього, точкового й акцентованого освітлення. Вдало вписуючись у загальну «хвилю» енергозбереження, світлодіодні лампи набувають популярності завдяки своїй перевазі над люмінесцентними аналогами за багатьма параметрами. На сьогодні світлодіоди мають чимало унікальних характеристик, що поєднують в собі кращі якості інших джерел світла. Безсумнівно, світлодіод не є панацеєю, однак наявні технології поступово вирішують основні

проблеми штучного освітлення. Нашу увагу привернули деякі розбіжності між заявленими характеристиками ламп і їх реальними можливостями під час вивчення «Фізики» та «Електротехніки» студентами галузі знань «Інформаційні технології». Тому встановлення недоліків LED-ламп, про які практично ніхто із виробників не вказує у паспортах приладів, є актуальним.

Популярність світлодіодних ламп (LED) обумовлена низкою об'єктивних чинників:

- тривалий термін експлуатації, дуже низький рівень енергоспоживання, висока світловіддача, широкий діапазон відтінків кольору;

- відсутність пульсації світлового потоку, але лише при застосуванні якісного електронного блоку (драйвера);

- LED-лампи перетворюють електричний струм у світлове випромінювання більш ефективно, ніж традиційне джерело світла — лампа розжарювання;

- LED-лампи, уникаючи втрат енергії на етапі утворення світлового випромінювання, зводять витрати електроенергії до мінімуму;

- LED-лампи як джерело світла доцільно застосовувати в системах, які вимагають жорсткого контролю над заощадженням електроенергії у зв'язку з тривалістю і масштабністю використання. Наприклад, при організації декоративного освітлення;

- світлодіодні лампи можуть використовуватися в модульних освітлювальних системах, при цьому вигорання одного або декількох світлодіодів незначно відіб'ється на загальній світловіддачі системи, тому негайна заміна LED-лампи не потрібна;

- світлодіодні лампи як безпечне джерело світла застосовуються при організації освітлення в складних умовах, таких як підсвічування водойм і фонтанів [1].

Інфрачервоне випромінювання також невластиве світлодіодним лампам. Це вже було підтверджено, оскільки вони не є джерелами перешкод для датчиків або камер, які працюють на основі цієї технології [2].

На відміну від інших джерел світла, світлодіоди виділяють мінімальну кількість тепла, більша частина з якого поглинається алюмінієвим рефлектором. З огляду на це вони набагато безпечніші за лампи розжарювання або галогенні лампи, які розжарюються так, що дотик до них може спричинити опік.

На відміну від люмінесцентних ламп, які часто ще називають енергозберігаючими, світлодіодні не вимагають спеціальної утилізації, адже не містять парів ртуті. Світлодіодне освітлення кімнати є повністю безпечними. Наявність важких металів у мікросхемах не перевищує кількості, яку можна знайти в будь-якому іншому побутовому приладі в будинку, що не є безпосередньою загрозою для здоров'я.

Для зменшення загрози травм деякі виробники люмінесцентних ламп оточують трубки силіконовим чохлам, але це знижує світловий потік і підвищує вартість лампи. Світлодіодні лампи виготовляються, в основному, з пластику. Проте деякі виробники світлодіодних ламп виготовляють розсіювальний ковпак із скла, тому в процесі експлуатації слід бути обережним.

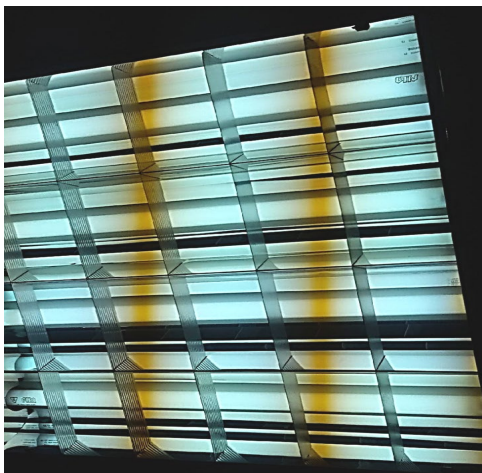
Без використання спеціальних драйверів світлодіоди будуть миготіти зі швидкістю 100 разів у секунду, що неможливо помітити, але це загрожує безпосередньо нервовій системі людини.

Щоб уникнути цього, світлодіодну продукцію необхідно купувати тільки в спеціалізованих магазинах і перевіряти супровідні сертифікати якості. Дешеві контрафактні лампочки, зазвичай, не мають такого важливого для здоров'я компоненту. Миготіння світла та причини його виникнення обумовлені інерцією зору: якщо частота зміни образів становить приблизно 16 Гц (або більше), образи зливаються в один безперервний рух.

При висвітленні рухомих або обертових предметів пульсуючим світловим потоком може з'явитися стробоскопічний ефект, пов'язаний із спотворенням зорового сприйняття. Світловий потік, що випромінюється джерелом світла, змінюється за величиною, слідуючи за змінами струму через лампу. Отже, світловий потік лампи пульсує з подвійною частотою, якщо порівняти з частотою мережі.

При роботі з лампами розжарювання ми не помічаємо пульсації світлового потоку через теплову інерційність нитки розжарювання. Люмінесцентні лампи не володіють такою інерційністю, тому припинення струму в них призводить до негайного погасання розряду і зникнення світіння лампи. Люмінофори мають властивість післясвітіння, тобто протягом певного проміжку часу після припинення їх опромінення ультрафіолетовим випромінюванням вони продовжують випромінювати видиме світло, що згладжує пульсацію світлового потоку лампи [3].

Для різних типів люмінофорів час та інтенсивність післясвітіння різні. Інтенсивність пульсації світлового потоку, створюваного люмінесцентними лампами, також залежить від тривалості початкової і кінцевої пауз струму, які, у свою чергу, визначаються типом баласту. Приклад пульсації люмінесцентних газорозрядних ламп на цоколі Т8 наведено на рис. 1.



а) пульсація світильника



б) пульсація однієї лампи

Рис. 1. Пульсація газорозрядних ламп у лабораторії фізики КНТЕУ

Фотографії було зроблено на камеру мобільного телефону, яка працює із частотою 22 Гц.

Світлодіоди працюють від блоку живлення (драйвера), який має видавати постійний струм, що унеможливує виникнення ефекту миготіння. Проте виробники часто економлять на електронних компонентах (компенсаційних конденсаторах), що призводить до зниження світлового потоку лампи в той момент часу, коли миттєве значення напруги в мережі падає до 0 В. А оскільки в Україні промислова частота коливання напруги в електромережі — 50 Гц, то миготіння у світлодіодних джерелах світла повинно бути з частотою 100 Гц.

Теоретично, при випромінюванні монохроматичними світлодіодами і відсутності компенсаційних конденсаторів, світловий потік повинен зменшуватись майже до «0» — 100 разів на секунду. Однак використання люмінофорів для формування білого світла в світлодіоді значно зменшує цей ефект [4].

Мета дослідження: узагальнити і систематизувати отримані експериментальні дані за такими напрямками:

- дослідити лампи різних виробників на відповідність заявлених характеристик, указаних в паспорті приладу, реальним його характеристикам;
- виявити недоліки світлодіодних джерел світла;
- з'ясувати причини виникнення миготіння світлодіодних ламп;
- провести порівняння ефекту миготіння штучних джерел світла основних типів різних виробників.

Викладення основних результатів дослідження. Світлодіод, або світлови-промінювальний діод — напівпровідниковий прилад з електронно-дірковий перехо-дом, що створює оптичне випромінювання при пропусненні через нього електричного струму в одному напрямку [1].

Для фіксування світлового потоку було використано Універсальний вимірю-вальний прилад (УВКП), що складається з електронного блока, набору датчиків та програмного забезпечення для сумісної роботи з персональним комп'ютером.

Електронний блок виготовлено в металевому або в пластмасовому корпусі. На верхній поверхні корпусу розташовано чотири входи типу DB-15, призначені для підключення зовнішніх пристроїв (аналогових і цифрових датчиків, а в нашому випадку — люксметрів) [6].

На правій боковій поверхні корпусу знаходиться вхід типу USB-B для під-ключення до комп'ютера. Обмін даними між комп'ютером та електронним бло-ком, а також живлення електронного блока і датчиків, які входять до комплекту поставки, здійснюється через з'єднувальний шнур USB A-B, який входить до комплекту поставки.

Принцип роботи УВКП заснований на перетворенні сигналів датчиків вимі-рювання фізичних величин на цифрові дані та їх подальшій обробці. Сигнали від аналогових і цифрових датчиків підключаються до відповідних входів електро-нного блока. Із входів сигнали подаються на аналого-цифровий перетворювач (АЦП). Дані, отримані від АЦП через порт USB, передаються до комп'ютера. Алгоритм роботи електронного блока задається програмно.

На основі УВКП було зібрано установку для дослідження ефекту миготіння штучних джерел світла. Фотографія дослідної установки наведена на рис. 2 і 3.



Рис. 2. Установка для дослідження ефекту миготіння ламп

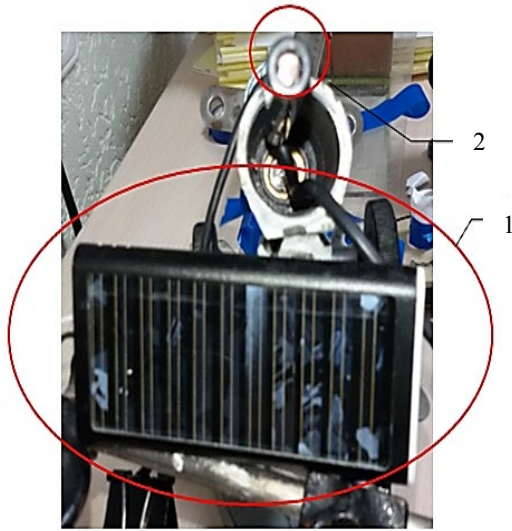


Рис. 3. Датчики люксметрів, що використовувалися в дослідженні:
1 — люксметр № 1 (оригінальної конструкції);
2 — люксметр № 2 (промислового виробництва)

При роботі люмінесцентної лампи в моменти її включення випромінюються електромагнітні хвилі, які лежать у діапазоні радіочастот, що можуть створювати радіоперешкоди. Тому при розробці схеми установки було вжито заходів щодо зниження рівня радіоперешкод пуско-регуляційною апаратурою. Використано два датчики освітлення [7].

Люксметр 1 (оригінальної конструкції) складається із кремнієвого фотоелемента в металевому корпусі, ватметра та навантаження. Частота роботи датчика — 250 Гц.

Люксметр 2 (направленої дії) вироблено ТОВ «ІТМ», м. Харків. Він має екранування алюмінієвою фольгою та прихований у корпусі фотоелемент. Цей датчик не пристосований до визначення рівня освітленості, а використовується для запуску експериментів за різкою зміною світлового потоку. Тому його показники значно відрізняються як від люксметра 1, так і залежно від спектра світла лампи [8].

Безумовною перевагою люксметра 1 є можливість зняття показників із частотою до 10 000 Гц. Проте, оскільки максимальна частота роботи вимірювального блоку складала 5000 Гц, а теоретична частота миготіння — 100 Гц, було вирішено знімати дані з частотою 50 Гц.

Показники обох люксметрів фіксувалися паралельно. Таке дублювання даних необхідне у разі збоїв даних, викликаних електромагнітними спалахами електроніки ламп.

На першому етапі досліджень досліджено роботу лампи розжарювання, люмінесцентної компактної (енергозберігаючої), люмінесцентної лінійної (на цоколь Т8) та світлодіодної на цоколь Е27 та Т8.

Дані щодо досліджуваних зразків наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Характеристики ламп, що були використані на першому етапі дослідження

№	Тип лампи	Виробник	Потужність, Вт	Цоколь	Примітка
1	Розжарювання	Іскра	60	E27	
2	Люмінесцентна	Megaman	15	E27	Наявність розсіювача світла
3	Люмінесцентна	Pila	18	T8	Працювало одночасно 2 лампи
4	Світлодіодна	Osram	10	E27	
5	Світлодіодна	Optima	18	T8	

Усі досліди проводилися в приміщенні із закритими шторами в темну пору доби. Яскравість монітора дослідної установки була виставлена на мінімум.

Результати експерименту із почергового вмикання різних джерел світла наведено на рис. 4.

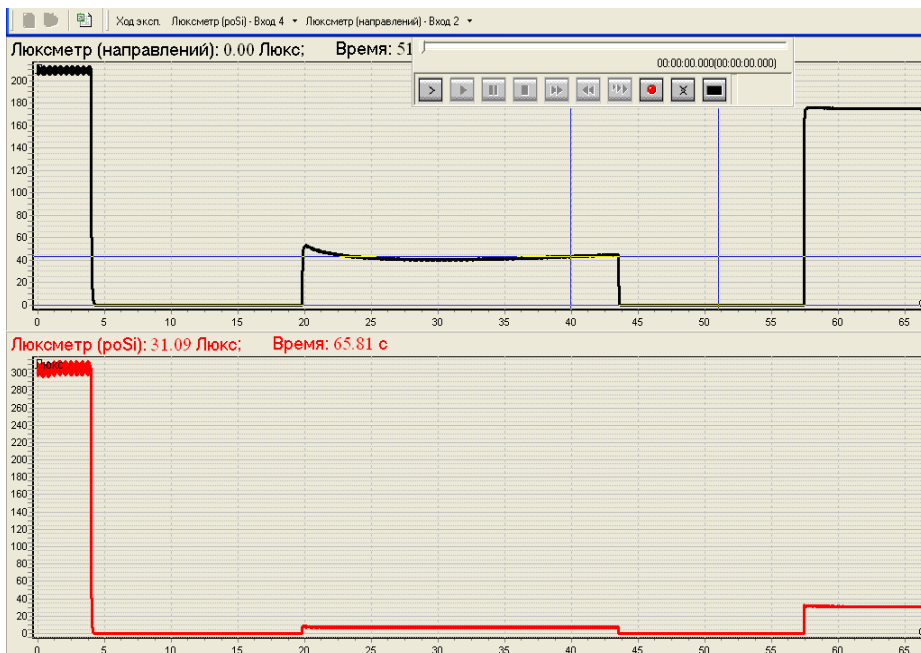


Рис. 4. Результати послідовного вмикання різних джерел світла

На рис. 4 можна виділити три ділянки: 1 — робота лампи розжарювання, де чітко видно коливання показників люксметрів (миготіння лампи), амплітуда якого сягає 9% від значень показника освітленості; 2 — робота люмінесцентної лампи, де ефекту миготіння не видно, але відбувається спалах у момент вмикання, а потім поступове нарощування освітленості; ділянка 3 — робота світлодіодної лампи.

Під час наступного експерименту досліджено кожен зразок окремо. Результати коливань освітленості поверхні під час роботи різних джерел світла наведено на рис. 5—9.

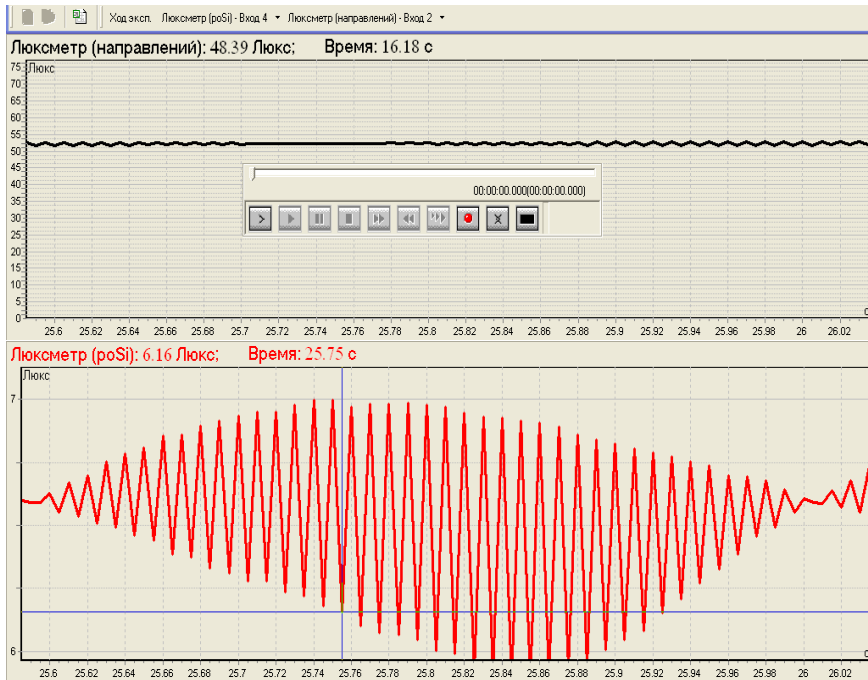


Рис. 5. Зміна освітленості поверхні при роботі зразка № 1 (лампа розжарювання)

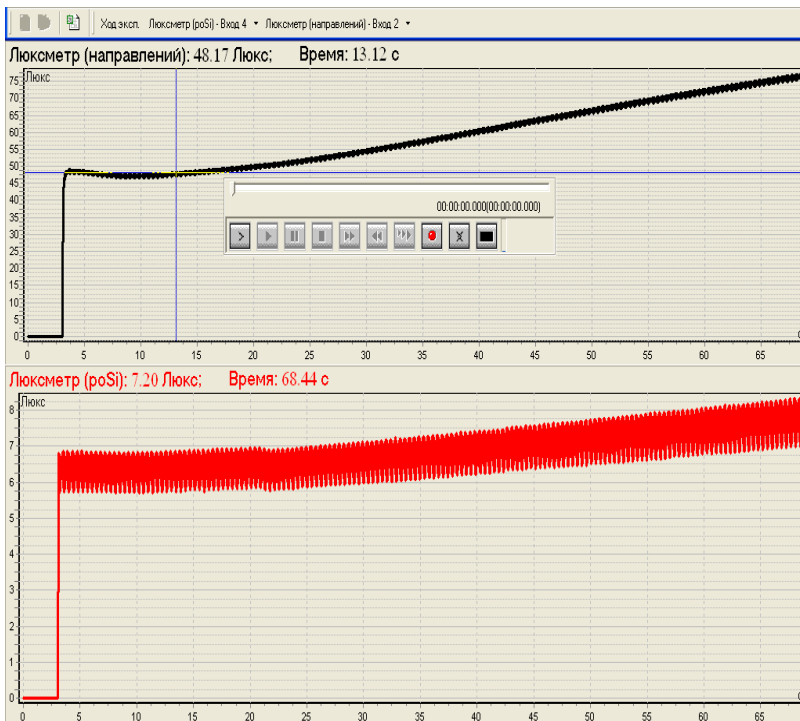


Рис. 6. Зміна освітленості поверхні при роботі зразка № 2 (люмінесцентна лампа)

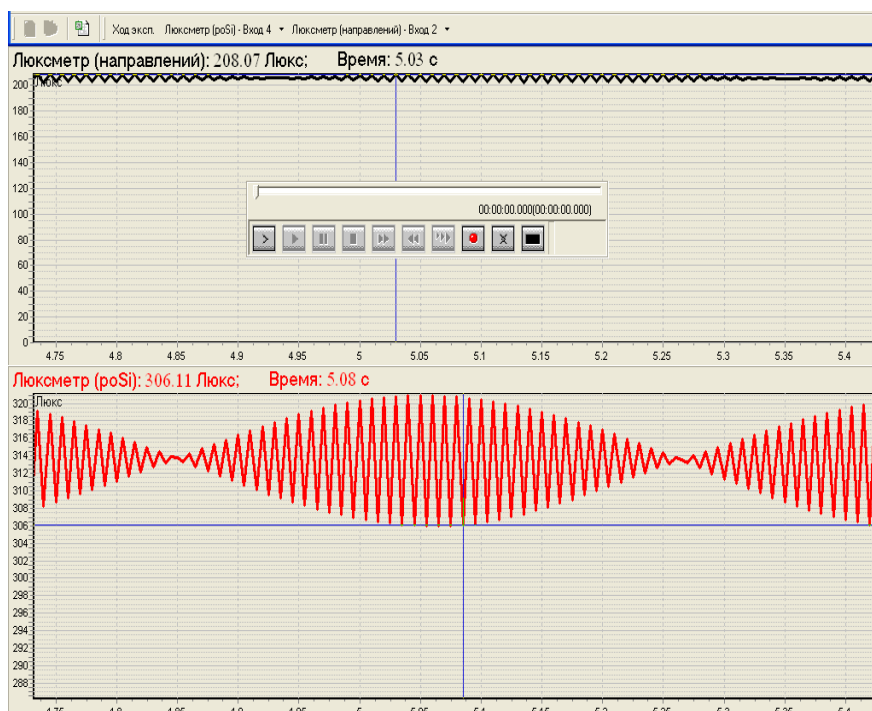


Рис. 7. Зміна освітленості поверхні при роботі зразка № 3 (люмінесцентна лампа Т8)

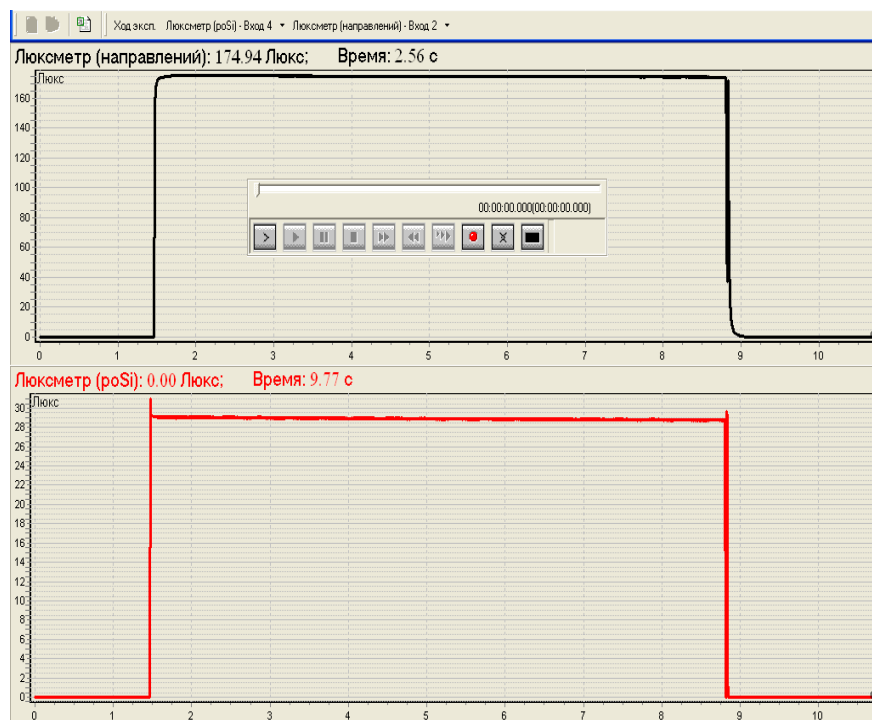


Рис. 8. Зміни освітленості поверхні при роботі зразка № 4 (світлодіодна лампа)

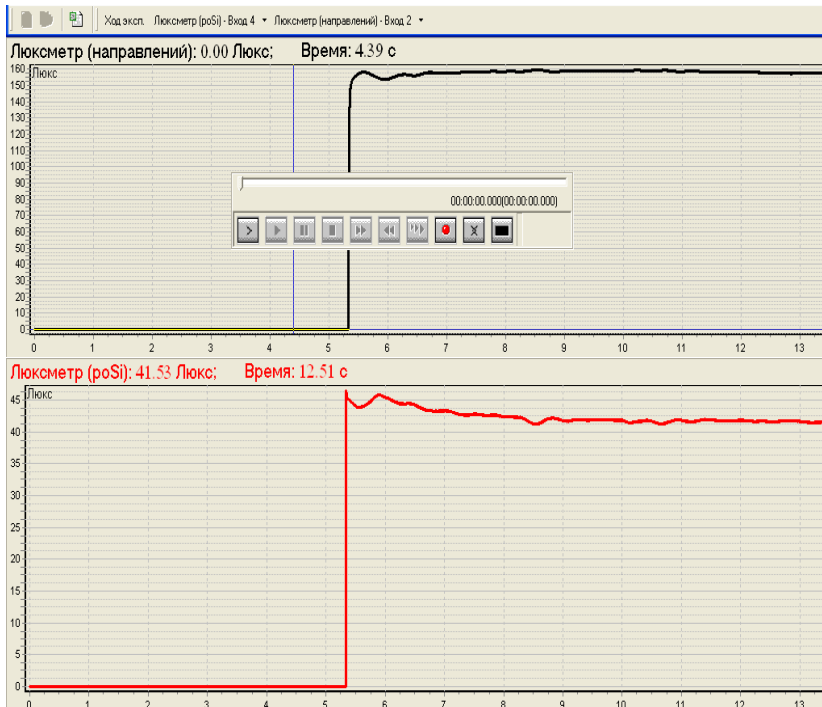


Рис. 9. Зміни освітленості поверхні при роботі зразка № 5 (світлодіодна лампа Т8)

Слід зазначити, що зміна освітленості поверхні лінійною світлодіодною лампою (на цоколь Т8) відбувалися через особливості установки і не мали певної частоти.

Порівняльний аналіз ефекту миготіння різних типів джерел світла показав, що із частотою 100 Гц знижують світловий потік:

- лампа розжарювання (зразок 1) — на 32%,
- компактна люмінесцентна лампа (енергозберігаюча, зразок 2) — на 12%,
- лінійна люмінесцентна лампа (зразок 3) — на 43%,
- світлодіодна компактна лампа (зразок 4) — не зафіксовано.
- світлодіодна лінійна (зразок 5) — у межах статистичної похибки, зафіксовані несистемні зміни освітленості поверхні.

Окрім ефекту миготіння, зафіксовано поступове зростання світлового потоку компактною люмінесцентною лампою (рис. 6), а також спалахи при вмиканні та вимиканні світлодіодної лампи на цоколь Е27 (рис. 9).

Характеристики світлодіодних ламп, використаних на другому етапі дослідження, наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Характеристики ламп світлодіодних ламп, що були використані на другому етапі дослідження

№	Виробник	Заявлений світловий потік, Лм	Заявлена потужність, Вт	Тип діодів	Цоколь
1	2	3	4	5	6
1	Feron	540	7	STM	E 27
2	Electrum	460	5	COB	E 27

1	2	3	4	5	6
3	Maxus	1200	12	STM	T8
4	Osram	806	9,5	STM	E 27
5	Eajer*	—	4	STM 5050	GU10

Примітка: * не можна сказати з упевненістю, що це торговельна марка, але це був єдиний напис на корпусі, окрім значень напруги.

Зразки 1—4 були куплені в магазинах м. Києва, зразок № 5 — куплений на сайті оголошень AliExpres безпосередньо в Китаї влітку 2013 року. Загальний час роботи зразка № 5 — до 2 год (лампа не використовувалась за призначенням).

Результати дослідження миготіння світлодіодних ламп показали, що всі зразки, окрім № 5, зменшували рівень освітленості поверхні менш ніж на 0,4%, що лежить у межах статистичної похибки вимірювань. Графіки рівня освітленості нагадували рис. 8, і не несли інформаційного навантаження, тому ми вирішили їх тут не наводити.

У зразку № 2 не прослідковувалось миготіння взагалі. Коливання, що фіксувалися, не мали певної частоти. Очевидно, це пов'язано із використанням COB — світлодіодів, що мають велику площу, вкриту люмінофором [9].

Результати дослідження миготіння зразка № 5 наведено на рис. 10.

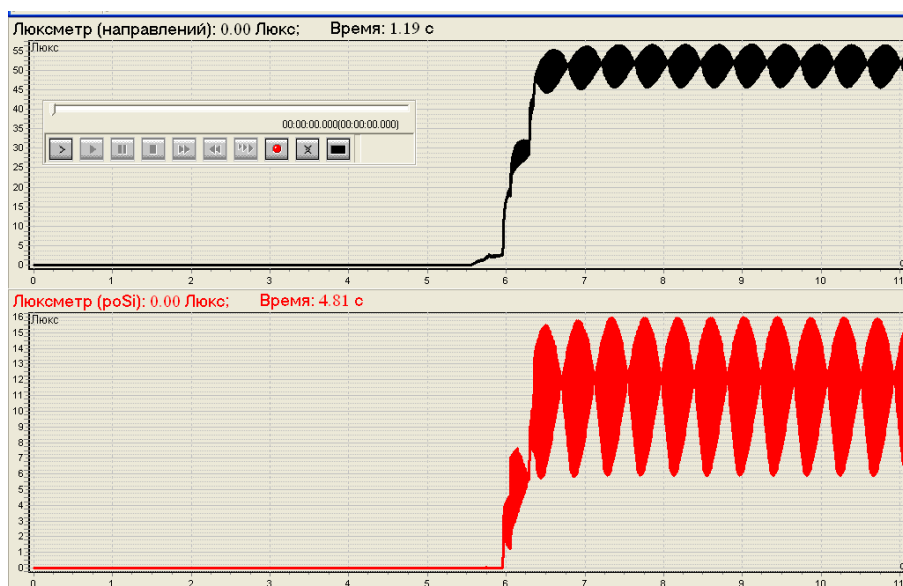


Рис. 10. Фіксація показників освітленості поверхні у процесі вмикання і роботи світлодіодної лампи ТМ «Eajer»

На рис. 10 чітко видно, що амплітуда коливань сягає 50% рівня освітленості. Причому зменшення світлового потоку в 1,5 раза більше, ніж його зростання. Процес вмикання лампи також супроводжувався миготінням, що чітко видно на ділянці 1 (рис. 10).

Використання таких ламп, як основного джерела світла може призвести до погіршення зору, швидкої втомлюваності та інших негативних наслідків для

організму людини, адже в природі, де ми еволюціювали мільйони років, немає джерел світла, що зменшують свою інтенсивність на 50% 100 разів на секунду [10].

Відповідно до літературних даних [10—12], найбільш імовірною причиною миготіння світлодіодної лампи може бути невідповідність або її відсутність компенсаційного конденсатора в драйвері лампи.

Другою причиною мерехтіння світлодіодних ламп є неправильна напруга на діодах. Світильники вимагають дотримання певних вхідних параметрів. Невідповідна напруга драйвера здатна спричинити миготіння або мерехтіння світлодіодних ламп. Для усунення несправності необхідно перевірити вхідну напругу драйвера, що можна зробити, лише розібравши лампу. В такому разі гарантійні зобов'язання виробника нівелюються. Та й споживач не повинен, заплативши кошти, коригувати роботу електроніки лампи.

Мерехтіння світлодіодних ламп виникає в тому випадку, якщо світильник не призначений для конкретного навантаження світлорегулятора, драйвер несумісний з його керуючою схемою. Слід звернутися увагу на упаковку і з'ясувати, чи драйвер лампи надає можливість її регулювання і, якщо так, які пристрої з ним сумісні. Наші дослідження проводилися без використання драйверів і світлорегуляторів [11].

Для правильного функціонування цих елементів керування іноді потрібна наявність мінімальної номінальної потужності. Наприклад, блок управління датчика присутності може вимагати наявності навантаження, що дорівнює як мінімум 20 Вт, а світлодіод споживає тільки 10 Вт. Щоб усунути мерехтіння світлодіодних ламп, у ланцюг потрібно додати додаткові пристрої, які збільшать потужність навантаження до необхідної для нормальної роботи пристрою, або замінити блок управління датчика присутності чи драйвера на інший, з більш помірними вимогами до споживаної потужності.

Мерехтіння світлодіодних ламп можна усунути, виконавши такі дії:

- звернутися до технічних характеристик світильників для визначення еквівалентної навантаження;
- якщо світловий потік регулюється, то видалити димер з лінії живлення лампи і з'ясувати, чи вирішить це проблему;
- розділити лампи на декілька ліній, які підключити до різних фаз;
- застосувати в одному приміщенні лампи різних виробників;
- купувати лампи в магазинах, попередньо перевіривши ефект миготіння за допомогою камери мобільного телефону, як показано на рис. 1.

Висновки

Дослідження показали, що до шкідливих для здоров'я людини факторів у світлодіодних лампах можна віднести лише ефект миготіння, який призводить до погіршення зору та додаткового навантаження на нервову систему.

У результаті аналізу причин виникнення ефекту миготіння встановлено, що частіше за все світлодіодні лампи миготять через невідповідну напругу живлення та неякісний електронний блок (драйвер).

Проведено порівняльний аналіз ефекту миготіння різних типів джерел світла і встановлено, що із частотою 100 Гц знижують світловий потік: лампа розжарювання — на 32%, лінійна люмінесцентна лампа — на 43%, компактна люмінесцентна лампа (енергозберігаюча) — на 12%, світлодіодна лінійна і компактна лампи — в межах статистичної похибки.

Під час перевірки ефекту миготіння світлодіодних ламп доведено, що лише лампа невстановленого виробника знижувала світловий потік із частотою 100 Гц на 55%. Інші лампи, які ефекту миготіння не мали, знижували світловий потік на величину, що знаходиться у межах статистичної похибки.

Отже, світлодіодні джерела світла максимально безпечні як для здоров'я, в цілому, так і для очей зокрема [12]. Ефект миготіння, характерний для ламп деяких виробників, легко фіксується на камеру мобільного телефону у вигляді горизонтальних смужок.

Література

1. Державне підприємство «Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації»/ ДП «Харків стандарт метрологія» провело експертизу світлодіодних (LED) ламп. URL: <http://khsms.com/news/one/news/type/id/78/lang/ua>.
2. Шкода від світлодіодної лампи: міф чи правда? URL: <http://dimcad.in.ua/чи-шкідливі-світлодіодні-лампи>.
3. Polynet — Корисні поради / Що таке стробоскопічний ефект. URL: <http://polynet.com.ua/shho-take-stroboskopichnij-efekt.html>.
4. Зонов М., Смольняков А., Зонова Е. Светодиодное освещение в промышленном птицеводстве. *Животноводство*. 2011. С. 15—17.
5. Choi Robert S., Kwai Kong C., and Choi Oong. Battery-powered flashing superluminescent light emitting diode safety warning light. U.S. Patent. 1994. 17 May. No. 5, 313, 187.
6. Універсальний вимірювальний прилад. Датчики. ТОВ «Фірма ІТМ». URL: <http://itm.com.ua/datchiki>.
7. Романовський І. Я., Форостяна Н. П., Романенко Р. П. Фізика та методи дослідження сировини і матеріалів. Лабораторний практикум: Навчально-методичне видання. К.: КНТЕУ, 2010. 180 с.
8. Шаповал С. Л., Форостяна Н. П., Литвинов Ю. В., Романенко Р. П. Рекомендації до виконання науково-дослідних робіт на УВКП: лабор. практикум. К.: Київ. нац. торг.-екон. університет, 2013. 96 с.
9. Goldston Mark R., Bemis Jon L., and Rapisarda Carmen C. Footwear with flashing lights. U.S. Patent. 2000. 25 Jan. No. 6, 017, 128.
10. Шкода світлодіодного освітлення. URL: <http://montagnik.com/domovedenna/745-chkoda-svitlodiodnogo-osvitlena.html>.
11. Лампа світлодіодна: мерехтіння і інші проблеми. Як усунути мерехтіння світлодіодних ламп? URL: <http://поради.pp.ua/tehnika/2567-lampa-svtlododna-merehtnnya-nsh-problemi-yak-usnuti-merehtnnya-svtlododnih-lamp.html>.
12. Щербак І. Б. Офтальмологи заговорили о важности медицинского тестирования светодиодных ламп. *Український медичний часопис*. 2016. URL: <https://www.umj.com.ua>.

DETERMINATION OF QUALITY INDICATORS OF SOFT DRINK WITH POMELO JUICE AND OPTIMIZATION OF ITS COMPONENT COMPOSITION

N. Popova, T. Mysiura, A. Gavor

National University of Food Technologies

Key words:

Soft drinks

Component composition

Pomelo juice

Optimization

Quality indicators

Article history:

Received 15.01.2021

Received in revised form

29.01.2021

Accepted 12.02.2021

Corresponding author:

N. Popova

E-mail:

Nata_2506@nuft.edu.ua

ABSTRACT

The fast pace of life, constant stress, poor ecology require saturation of the human body with vitamins and trace elements. In such conditions, it is the best to drink juices or soft drinks that contain them. They provide the human body with all physiologically active substances. The introduction of fruit juices in the composition of beverages promotes the formation of original taste and nutritional value. The use of juices together with extracts and infusions of plant raw materials in beverages enhances their nutritional value due to the variety of physiologically significant substances.

A prescription composition of the drink based on pomelo juice and mint extract with improved vitamin composition was developed in the paper and quality indicators were described.

The first step was to develop and study the formulation of a soft drink with pomelo juice and mint extract with a complete analysis of the effects of the components on the human body and compliance with acceptable consumption standards. For this purpose, a profilogram of organoleptic parameters of experimental samples of the drink with pomelo juice and mint extract was constructed. A comprehensive indicator of the quality of the drink with different ratios of water, the amount of pomelo juice and the amount of mint extract was calculated. The response surfaces of a statistical mathematical model of the dependence of a complex indicator of the quality of a soft drink on the amount of pomelo juice and the amount of mint extract were constructed.

In order to find the optimal ratio of the component composition, a local optimum was found for the complex quality indicator of the soft drink. Solving the complex system of equations allowed to establish optimal parameters of the ratio of the components of the drink, which provided the optimal values of the complex quality indicator.

The next stage of work was the production of a test sample of the product with the subsequent determination of organoleptic and physico — chemical parameters in accordance with the requirements of current regulations.

ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ БЕЗАЛКОГОЛЬНОГО НАПОЮ ІЗ СОКОМ ПОМЕЛО ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ЙОГО КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ

Н. В. Попова, Т. Г. Мисюра, А. І. Гавор

Національний університет харчових технологій

Швидкий ритм життя, постійні стреси, погана екологія вимагають насичення організму людини вітамінами та мікроелементами, тому варто вживати соки або безалкогольні напої, що забезпечують організм людини всіма фізіологічно активними речовинами. Введення плодових соків до складу напоїв сприяє формуванню оригінального смаку і підвищенню харчової цінності. Вміщені в соках вуглеводи (моносахариди, пектинові речовини) спільно з мікро- та макроелементами, дубильними речовинами, органічними кислотами позитивно впливають на організм людини, зміцнюючи захисні сили і збагачуючи його енергетичний запас. Використання соків з екстрактами і настоями рослинної сировини в складі напоїв підсилює їх харчову цінність за рахунок різноманіття фізіологічно значущих речовин.

У статті розроблено рецептурну композицію напою на основі соку помело та екстракту м'яти з покращеним вітамінним складом і надано характеристику її показникам якості.

Досліджено рецептуру безалкогольного напою із соком помело й екстрактом м'яти з повним аналізом впливу складових на організм людини і відповідності допустимим нормам споживання. Для цього побудовано профілограму органолептичних показників дослідних зразків напою із соком помело й екстрактом м'яти. Розраховано комплексний показник якості напою з різними співвідношеннями води, кількості соку помело і кількості екстракту м'яти. Побудовано поверхні відгуку статистичної математичної моделі залежності комплексного показника якості безалкогольного напою від кількості соку помело і кількості екстракту м'яти.

З метою знаходження оптимального співвідношення компонентного складу знайдено локальний оптимум за комплексним показником якості безалкогольного напою. Розв'язання складеної системи рівнянь дало змогу встановити оптимальні параметри співвідношення компонентів напою, що забезпечило оптимальні значення комплексного показника якості.

Виготовлено пробний зразок продукту з подальшим визначенням органолептичних і фізико-хімічних показників відповідно до вимог чинної нормативної документації.

Ключові слова: *безалкогольні напої, компонентний склад, сік помело, оптимізація, показники якості.*

Постановка проблеми. Група безалкогольних напоїв об'єднує різноманітні за сировиною, складом, властивостями і технологіями отримання напої, які

вгамовують спрагу й освіжають. До безалкогольних напоїв відносяться мінеральні води, плодово-ягідні безалкогольні напої і кваси, які володіють певною харчовою і біологічною цінністю. Харчову цінність безалкогольним напоям додають цукристі речовини; біологічну — вітаміни, мінеральні речовини; освіжаючу дію — вуглекислота й органічні кислоти, що додаються або утворюються в процесі приготування напоїв. Багато безалкогольних напоїв мають профілактичні або лікувальні властивості.

Сокомістки напої готують з використанням натуральної сировини — соків, сиропів, екстрактів, настоїв. Вони відрізняються повним смаком, гармонійним і природним ароматом, збалансованим співвідношенням кислот і цукру. Їх випускають солодкими — 10—12% цукру і зі зниженою солодкістю — 6—8%.

Безалкогольні напої з вмістом соку є важливим продуктом харчування. Вони забезпечують організм людини всіма фізіологічно активними речовинами: вітамінами, макро- і мікроелементами, поліфенолами, ароматичними та біологічно активними речовинами (БАР), харчовими волокнами, до яких відносяться і пектинові речовини [1]. Організм людини може існувати за умов постійного обміну поживних речовин і води. Обмін води і пов'язані з ним фізіологічні та біохімічні процеси мають винятково важливе значення для життя людини. Напої на основі фруктових соків компенсують потребу організму у воді й, водночас, поповнюють корисними харчовими елементами.

Швидкий ритм життя, постійні стреси, погана екологія вимагають багато вітамінів, особливо групи А, В, С; їх нестача призводить до різних патологій. Сокові напої містять велику кількість вітамінів і мікроелементів, яких так потребує наш організм. В Україні один з найпоширеніших соків — яблучний [2].

До складу соку помело входить широкий набір вітамінів (А, С, В₁, В₅), мінералів (кальцій, калій, залізо, фосфор, натрій), клітковина, ефірні масла й органічні кислоти. Дієтологи відносять цей продукт до корисних і рекомендують вживати його при дотриманні дієти. Пов'язано це зі здатністю помело прискорювати обмінні процеси, що, у свою чергу, призводить до спалювання жирових відкладень і зниження ваги [3].

Великий вміст у соку помело вітаміну С підвищує опірність організму, допомагає боротися з вірусами і бактеріями, особливо взимку і в міжсезоння. Його також вживають для зниження тиску, профілактики утворення тромбів у судинах і пухлин.

Не варто вживати цей продукт у разі алергії на citrusові. Також не потрібно зловживати напоєм із соком помело при виразці шлунку, виразці дванадцятипалої кишки і підвищеній кислотності шлунку.

Головне «багатство» екстракту м'яти — велика кількість ментолу. Він надає рослині характерний приємний аромат. Процентний вміст цієї ефірної олії — близько 5...6%. Але ці показники нестабільні і залежать від того, в яких умовах була вирощена трава, в який час зібрана. Найкраще м'яту збирати у квітні-вересні, в ідеалі — до цвітіння. Також активними компонентами м'яти є дубильні речовини, каротин, вітамін С, ефіри [5].

Екстракт м'яти допомагає:

- нормалізувати роботу кишечника;

- протистояти зростанню хвороботворних бактерій;
- не допускати здуття живота;
- покращувати захисні функції печінки;
- запобігати утворенню каменів у жовчному міхурі та протоках;
- допомагати відтоку жовчі;
- усувати нудоту, печію;
- знижувати занадто високу кислотність шлунку;
- запобігати появі виразок;
- покращувати роботу нирок і жовчного міхура [6].

Протипоказань до застосування засобів на основі екстракту м'яти небагато. Їх треба з обережністю вживати людям з алергією, матерям-годувальницям, гіпотонікам, вагітним, а також тим, у кого низький тонус вен. При лікуванні малюків використання м'яти допускається тільки невеликими дозами. Також обережними з м'ятою треба бути чоловікам — може знизитися потенція.

Мета дослідження: розроблення рецептурної композиції на основі соку помело та екстракту м'яти з покращеним вітамінним складом і характеристика її показників якості.

Матеріали і методи. Безалкогольний напій із соком помело й екстрактом м'яти виготовляється відповідно до вимог «ДСТУ 4069:2016 Напої безалкогольні. Загальні технічні умови» згідно з рецептурами та технологічними інструкціями, затвердженими в установленому порядку, з дотриманням санітарних норм і правил. За органолептичними показниками безалкогольні напої повинні відповідати вимогам, зазначеним у табл. 1.

Таблиця 1. Органолептичні показники безалкогольного напою

Назва показника	Характеристика освітлених напоїв
Зовнішній вигляд і консистенція	Прозора рідина. Дозволено незначну опалесценцію
Смак і аромат	Добре виражені, притаманні певному виду відновленого соку. Сторонні присмаки і запахи не дозволено
Колір	Однорідний за всією масою, властивий кольору однойменних натуральних соків. Дозволено більш відтінки в соках зі світлозбарвлених фруктів і незначне знебарвлення соків із темнозбарвлених фруктів

За фізико-хімічними показниками безалкогольні напої повинні відповідати вимогам, зазначеним у табл. 2.

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники безалкогольного напою

Назва показника	Значення показника	Метод контролювання
Масова частка сухих речовин, %	Від 0 до 20,0 включно	ДСТУ 4855
Кислотність, см ³ , 1 моль/дм ³ розчину гідроксиду натрію на 100 см ³ напою	Від 1,0 до 15,0	ДСТУ 7102

Показники безпечності безалкогольних напоїв відповідають вимогам, зазначеним у табл. 3.

Таблиця 3. Показники безпечності безалкогольних напоїв

Показники, інгредієнти тощо	Норматив ДсанПіН 2.2.4-171-10	Одиниці виміру
Загальне мікробне число	< 100	КУО/см ³
Загальні коліформи	Відсутні	КУО в 100 см ³
<i>E. coli</i>	Відсутні	КУО в 100 см ³
Ентерококи	Відсутні	КУО в 100 см ³
Хлор залишковий вільний	< 0,5	мг/дм ³
Окиснюваність	< 0,5	мг/дм ³
Сухий залишок	< 1000, < 1500	мг/дм ³
Жорсткість загальна	< 7,0/10,00	ммоль/дм ³

З фізико-хімічних показників визначали вміст сухих речовин і кислотність.

1. Пікнометричний метод (ДСТУ 4855:2007. Продукція безалкогольної промисловості. Методи визначення сухих речовин. [Чинний від 01.01.2009]). Метод передбачає визначення відносної густини випробовувальної рідини за допомогою пікнометра після проведення в пробі продукції (крім концентрату квасного сусла і колеру) повної інверсії і знаходженні масової частки сухих речовин.

2. Рефрактометричний метод (ДСТУ 8402:2015. Продукти перероблення фруктів та овочів. Рефрактометричний метод визначання вмісту розчинних сухих речовин. [Чинний від 01.07.2017]). Метод передбачає визначення масової частки сухих речовин випробовувальної рідини за шкалою рефрактометра за температури 20°C після проведення в пробі продукції повної інверсії. Метод застосовують для визначення масової частки сухих речовин у безалкогольних напоях, сиропах, концентратах і екстрактах квасів.

3. Визначення титрованої кислотності (ДСТУ 4957:2008. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначення титрованої кислотності. [Чинний від 01.07.2009]). Метод засновано на титруванні лугом усіх кислот, що знаходяться в напої.

4. Визначення активної кислотності (ДСТУ EN 1262:2007. Методи визначення рН розчинів чи дисперсій (EN 1262:2003, IDT). [Чинний від 01.01.2009]). Для визначення активної кислотності використовують напій, звільнений від вуглекислоти за методикою аналізу масової частки сухих речовин. Визначення проводять потенціометричним методом на рН-метрі ЛПУ-01 або іншої марки.

5. Визначення сухого залишку (ДСТУ 4069:2016. Напої безалкогольні. Загальні технічні умови. [Чинний від 01.05.2017]). Кількість сухого залишку залежить від кількості розчинених солей у напої. Виконують шляхом випаровування рідини на водяній бані з подальшим зважуванням залишку.

Результати і обговорення. Першим етапом роботи є розробка та дослідження рецептури безалкогольного напою із соком помело й екстрактом м'яти з повним аналізом впливу складових на організм людини і відповідності допустимим нормам.

Наступний етап — це виготовлення пробного зразка продукту з подальшим визначенням органолептичних і фізико-хімічних показників. Далі передбачається опрацювання технології виробництва безалкогольного сокового напою на підприємстві.

Перелік інгредієнтів, які використовували для створення продукту, та основні нормативні документи, що регламентують показники якості, наведено у табл. 4.

Таблиця 4. Перелік інгредієнтів

Інгредієнт	Нормативний документ
Вода питна	ДСТУ 7525:2014. Вимоги та методи контролювання якості питної води. [Чинний від 01.02.2015]
Цукор білий	ДСТУ 4623:2006. Цукор білий. технічні умови. [Чинний від 29.06.2006]
Сік помело	ДСТУ 7159:2010. Соки відновлені. Загальні технічні умови. [Чинний від 01.10.2011].
Лимонна кислота	ДСТУ ГОСТ 908:2006. Кислота лимонна моногідрат харчова. Технічні умови. [Чинний від 01.01.2007].
Екстракт м'яти	ДСТУ ISO 9235:2005. Сировина ароматична натуральна. [Чинний від 01.10.2007].

Кількість лимонної кислоти незначна і майже не впливає на смак, тому при дослідженнях не враховується.

Для побудови матриці планування експерименту визначимо основні фактори і рівні їх варіювання, які наведені в табл. 5 і 6.

Таблиця 5. Рівні факторів дослідження та інтервали їх варіювання

	Кількість соку помело, мл	Кількість екстракту м'яти, мл	Кількість води, мл
Код	x_1	x_2	x_3
Основний рівень (кодоване значення 0)	30	10	60
Інтервал варіювання	10	5	20
Нижній рівень (кодоване значення -1)	20	5	40
Верхній рівень (кодоване значення +1)	40	15	80

Таблиця 6. Матриця експерименту за D-оптимальним планом

№ експерименту	Рівні факторів у виразі					
	Кількість соку помело, мл		Кількість екстракту м'яти, мл		Кількість води, мл	
	Кодованому	Натуральному	Кодованому	Натуральному	Кодованому	Натуральному
1	-1	20	+1	15	0	60
2	+1	40	-1	5	+1	80
3	+1	40	+1	15	-1	40
4	+1	40	-1	5	-1	40
5	+1	40	+1	15	+1	80
6	-1	20	0	10	+1	80
7	0	30	-1	5	+1	80
8	0	30	0	10	0	60
9	-1	20	-1	5	0	60
10	+1	40	0	10	-1	40

Якість продукції є ключовою проблемою всіх галузей харчової промисловості. Органолептичний аналіз дає змогу швидко і просто оцінити якість, виявити

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

відхилення від технології виробництва, що, у свою чергу, надає можливість оперативно вживати заходів щодо усунення недоліків. Об'єктом дослідження є безалкогольний напій із соком помело й екстрактом м'яти.

За матрицею експерименту (табл. 6) було виготовлено зразки напою, органолептична оцінка яких наведена в табл. 7, профілограма наведена на рис. 1.

Таблиця 7. Балова шкала органолептичних показників

Зразок	Опис показника	Кількість балів
1	2	3
Зовнішній вигляд і консистенція (максимальний бал — 5)		
Зразок 1	Мутна рідина, незначний осад на дні тари	4
Зразок 2	Прозоро-мутна рідина, незначний осад на дні тари	5
Зразок 3	Мутна рідина, незначний осад на дні тари	4
Зразок 4	Прозоро-мутна рідина, незначний осад на дні тари	5
Зразок 5	Мутна рідина, незначний осад на дні тари	4
Зразок 6	Прозоро-мутна рідина, незначний осад на дні тари	5
Зразок 7	Прозоро-мутна рідина, незначний осад на дні тари	5
Зразок 8	Прозоро-мутна рідина, незначний осад на дні тари	5
Зразок 9	Прозоро-мутна рідина, незначний осад на дні тари	5
Зразок 10	Прозоро-мутна рідина, незначний осад на дні тари	5
Смак і аромат (максимальний бал — 5)		
Зразок 1	Сильно виражений смак соку помело, слабо виражений смак екстракту м'яти, без сторонніх присмаків і запахів	2
Зразок 2	Добре виражений, притаманний соку помело й екстракту м'яти смак, без сторонніх присмаків і запахів	5
Зразок 3	Сильно виражений смак соку помело, слабо виражений смак екстракту м'яти, без сторонніх присмаків і запахів	2
Зразок 4	Сильно виражений смак м'яти, слабо виражений смак соку помело, без сторонніх присмаків і запахів	3
Зразок 5	Сильно виражений смак соку помело, слабо виражений смак екстракту м'яти, без сторонніх присмаків і запахів	4
Зразок 6	Добре виражений, притаманний соку помело й екстракту м'яти смак, без сторонніх присмаків і запахів	5
Зразок 7	Слабо виражений, притаманний соку помело й екстракту м'яти смак, без сторонніх присмаків і запахів	4
Зразок 8	Сильно виражений смак м'яти, слабо виражений смак соку помело, без сторонніх присмаків і запахів	3
Зразок 9	Сильно виражений смак м'яти, слабо виражений смак соку помело, без сторонніх присмаків і запахів	3
Зразок 10	Слабо виражений, притаманний соку помело й екстракту м'яти смак, без сторонніх присмаків і запахів	4
Колір (максимальний бал — 5)		
Зразок 1	Однорідний за своєю масою, переважає забарвлення в соку помело	4
Зразок 2	Однорідний за своєю масою, властивий соку помело, незначний відтінок екстракту м'яти	5
Зразок 3	Однорідний за своєю масою, переважає забарвлення соку помело	4

1	2	3
Зразок 4	Однорідний за своєю масою, переважає забарвлення соку помело	3
Зразок 5	Однорідний за своєю масою, переважає забарвлення соку помело	4
Зразок 6	Однорідний за своєю масою, властивий соку помело, незначний відтінок екстракту м'яти	5
Зразок 7	Однорідний за своєю масою, властивий соку помело, незначний відтінок екстракту м'яти	5
Зразок 8	Однорідний за своєю масою, властивий соку помело, незначний відтінок екстракту м'яти	5
Зразок 9	Однорідний за своєю масою, переважає забарвлення в соку помело	3
Зразок 10	Однорідний за своєю масою, властивий соку помело, незначний відтінок екстракту м'яти	5

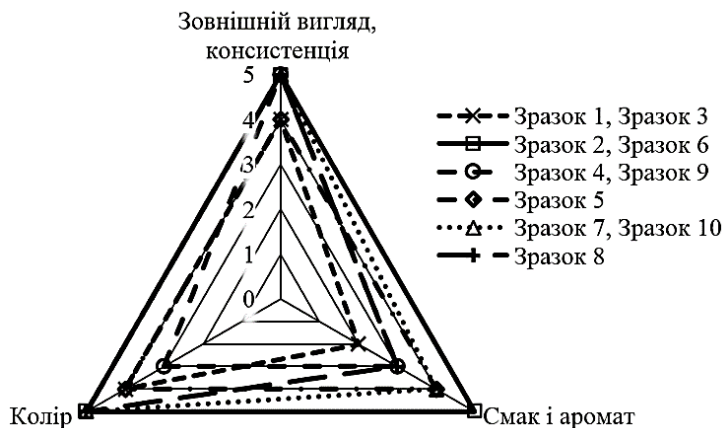


Рис. 1. Профілограма органолептичних показників дослідних зразків напою із соком помело й екстрактом м'яти

З огляду на дані з табл. 7 розрахуємо коефіцієнт вагомості, який допоможе визначити комплексний показник якості продукції.

Таблиця 8. Розрахунок коефіцієнтів вагомості

№ експерта	Коефіцієнт вагомості M_i показника властивостей			
	P_1	P_2	P_3	SM_i
1 експерт	0,3	0,5	0,2	1,0
2 експерт	0,3	0,6	0,1	1,0
3 експерт	0,2	0,5	0,3	1,0
4 експерт	0,4	0,4	0,2	1,0

Комплексний показник якості продукції — показник, що відноситься до кількох її властивостей. Показник якості продукції — кількісна характеристика однієї або кількох властивостей продукції, які визначають її якість і розглядаються стосовно певних умов її створення і споживання.

Розрахунок комплексного показника якості проводився за формулою:

$$K = M_1 \frac{P_1}{P_1^{\sigma}} + M_2 \frac{P_2}{P_2^{\sigma}} + M_3 \frac{P_3}{P_3^{\sigma}}.$$

Результати розрахунків наведено в табл. 9.

Таблиця 9. Значення коефіцієнтів вагомості для зразків

Номер зразка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значення комплексного показника якості	0,6	1,0	0,6	0,72	0,6	1,0	0,9	0,8	0,72	0,9

Оцінка «відмінно» — зразки 2, 6, 7, 10.

Оцінка «добре» — зразок 8.

Оцінка «задовільно» — зразки 1, 3, 4, 5, 9.

Об'єднавши табл. 2 і табл. 7, отримаємо матрицю планування *D*-оптимального плану (табл. 10).

Таблиця 10. Матриця результатів експерименту D-оптимального плану

№ експерименту	Рівні факторів			Y комплексного показника якості
	x ₁ кількість соку помело	x ₂ кількість екстракту м'яти	x ₃ кількість води	
1	20	15	60	0,6
2	40	5	80	1,0
3	40	15	40	0,6
4	40	5	40	0,72
5	40	15	80	0,6
6	20	10	80	1,0
7	30	5	80	0,9
8	30	10	60	0,8
9	20	5	60	0,72
10	40	10	40	0,9

У результаті розрахунків отримаємо адекватну статистичну модель:

$$K = 1,2345 - 0,019x_1 + 0,0003x_1^2 + 0,1371x_2 - 0,0079x_2^2 - 0,0265x_3 + 0,00025x_3^2.$$

Поверхні відгуку наведені на рис. 2.

З метою знаходження оптимального співвідношення компонентного складу визначено локальний оптимум за комплексним показником якості:

$$\begin{cases} 20 \leq x_1 \leq 40; \\ 5 \leq x_2 \leq 15; \\ 40 \leq x_3 \leq 80; \\ 1,234483 - 0,018966x_1 + 0,000303x_1^2 + 0,137102x_2 - \\ - 0,007945x_2^2 - 0,026534x_3 + 0,000247x_3^2 \geq 0 \\ 1,234483 - 0,018966x_1 + 0,000303x_1^2 + 0,137102x_2 - \\ - 0,007945x_2^2 - 0,026534x_3 + 0,000247x_3^2 \leq 1. \end{cases}$$

Розв'язання наведеної системи рівнянь дало змогу встановити такі оптимальні

параметри: $x_1 = 40$, $x_2 = 7,5$, $x_3 = 80$, що забезпечить оптимальні значення комплексного показника якості $K:K = 1$.

Отримуємо оптимальне співвідношення компонентів напою: кількість соку помело — 40 мл, кількість екстракту м'яти — 7,5 мл, кількість води — 80 мл. У перерахунку на 1 л: кількість соку помело — 315 мл, кількість екстракту м'яти — 60 мл, кількість води — 625 мл.

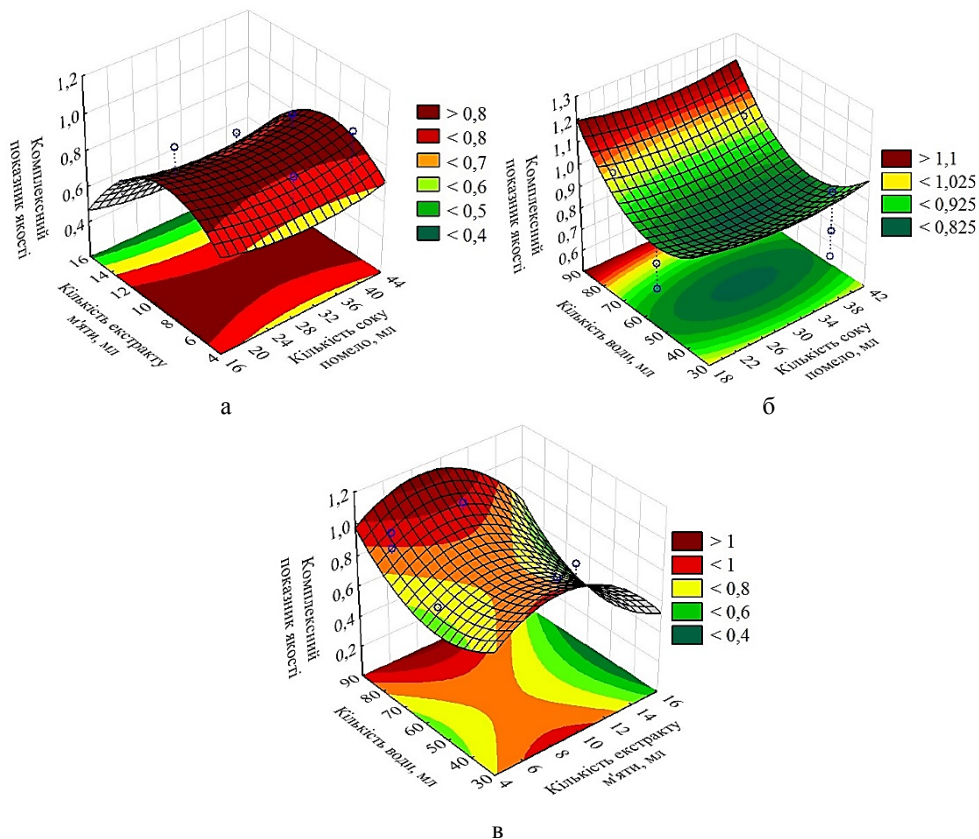


Рис. 2. Поверхні відгуку статистичної математичної моделі залежності комплексного показника якості від:

- а — кількості соку помело x_1 і кількості екстракту м'яти x_2 при кількості води $x_3 = 60$ мл;
- б — кількості соку помело x_1 і кількості води x_3 при кількості екстракту м'яти $x_2 = 10$ мл;
- в — кількості екстракту м'яти x_2 і кількості води x_3 при кількості соку помело $x_1 = 30$ мл

Також визначені фізико-хімічні показники отриманого оптимального зразка безалкогольного напою, що наведені в табл. 11.

Отже, рецептура безалкогольного напою з розрахунку на 1 л продукту:

- вода — 625 мл;
- сік помело — 315 мл;
- екстракт м'яти — 60 мл;
- цукор — 5 г;
- лимонна кислота — 1 г.

Таблиця 11. Результати фізико-хімічних досліджень розробленого безалкогольного напою

Назва показника	Значення показника	Метод контролювання
Масова частка сухих речовин, %	18,3	ДСТУ 4855
Кислотність, см ³ , 1 моль/дм ³ розчину гідроксиду натрію на 100 см ³ напою	12,0	ДСТУ 7102
Сухий залишок, г/дм ³	1,5	ДСТУ 4069:2016

Висновки

1. З використанням *D*-оптимального плану розроблено рецептуру безалкогольного напою із соком помело й екстрактом м'яти з повним аналізом впливу складових на організм людини і відповідності допустимим нормам споживання.

2. Побудовано профілограму органолептичних показників дослідних зразків напою із соком помело й екстрактом м'яти.

3. Розраховано комплексний показник якості напою з різними співвідношеннями води, кількості соку помело і кількості екстракту м'яти.

4. Побудовано поверхні відгуку статистичної математичної моделі залежності комплексного показника якості безалкогольного напою від кількості соку помело й кількості екстракту м'яти.

5. З метою знаходження оптимального співвідношення компонентного складу знайдено локальний оптимум за комплексним показником якості безалкогольного напою. Вирішення наведеної системи рівнянь дало змогу встановити оптимальні параметри співвідношення компонентів напою, що забезпечило оптимальні значення комплексного показника якості. Розраховано рецептуру напою на 1 л.

6. Виготовлено пробний зразок напою з подальшим визначенням органолептичних і фізико-хімічних показників відповідно до вимог чинної нормативної документації. Наступний етап дослідження передбачає опрацювання технології виробництва безалкогольного сокового напою на підприємстві.

Література

1. Самсонова А.Н. Плодово-ягодные и овощные соки. Москва: *Легкая и пищевая промышленность*, 1982. 472 с.
2. Петрович О. Огляд ринку сокової продукції в Україні. *Продукти харчування*. 2015. № 10. С. 41—50.
3. Fatlon B. Sinclair The grapefruit: its composition, physiology, and products. University of California, Division of Agricultural Sciences, 1972.
4. Домарецький В. А., Прибильський В. Л., Михайлов М. Г. Технологія екстрактів, концентратів і напоїв із рослинної сировини: підручник. Вінниця: Нова книга, 2005. 408 с.
5. Гойко І. Ю., Сімахіна Г. О. Перспективи використання дикорослої сировини для одержання безалкогольних напоїв антиоксидантної дії. *Наукові праці НУХТ*. 2014. Т. 20, № 6. С. 219—226.

CONTENT OF MCPD-ESTERS AND GLYCIDOL ESTERS IN FAT AND OIL PRODUCTS

A. Demydova, S. Molchenko

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”

I. Levchuk

SE “Ukrmetrteststandard”

T. Nosenko

National University of Food Technologies

Key words:

MCPD-esters (MCPD-E)

Glycidol esters (GE)

Vegetable oils

Palm oil

Margarine

Article history:

Received 21.01.2021

Received in revised form
03.02.2021

Accepted 17.02.2021

Corresponding author:

T. Nosenko

E-mail:

tamara_nosenko@ukr.net

ABSTRACT

The content of MCPD esters (MCPD-E) and glycidol esters (GE) in different types of fats and high-fat products was compared in this review. These substances have carcinogenic effects, genotoxicity, nephrotoxicity, suppress fertile function. The highest content of MCPD-E and GE is observed in palm oil, its fractions, margarine, fish oil and etc. Recent data on the toxicity of MCPD esters and glycidol esters have led to an understanding of the urgency of limiting their levels in food. It is expected that from January 1, 2021, the Codex Alimentarius Commission will adopt a new Code of Practice for the Prevention and Reduction of 3-MCPD-E and GE with the following restrictions on their content in fats: 1250 µg/kg for unrefined oils, refined coconut oil, maize, rapeseed, olives, sunflower, soybeans and palm kernels oils; 2500 µg/kg for other refined vegetable oils, fish oil and fats of other marine organisms. For vegetable oils and fats intended for infant formula the level of 750 µg/kg will be acceptable.

Numerous studies showed that MPCs content exceeded in dietary fats. The majority of these toxic substances are consumed by the population with pastries, margarines and fried foods. The published data showed that although there were general dependences on the presence of certain levels of MCPD esters and glycidol esters in the same type of fat, it was not possible to determine the narrow ranges characteristic of one type of fat. An important factor in the formation of the increased content of MCPD-esters and esters of glycidol is the conditions of cultivation of oilseeds, the conditions of their production and processing, which can differ significantly. The main influence on the formation of high levels of MCPD-E and GE has deodorization (or physical refining). Food processing such as frying, deep frying, baking bakery products, etc. do not change the content of MCPD-E and GE significantly (presumably due to the use of lower temperatures and longer process time).

ВМІСТ МСРD-ЕФІРІВ І ЕФІРІВ ГЛІЦИДОЛУ В ОЛІЙНО-ЖИРОВИХ ПРОДУКТАХ

А. О. Демидова, С. М. Мольченко

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

І. В. Левчук

ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ»

Т. Т. Носенко

Національний університет харчових технологій

Оглядова стаття присвячена порівнянню вмісту МСРD-ефірів (МСРD-E) і ефірів гліцидолу (GE) в різноманітних жирах та продуктах з високим вмістом жиру. Ці речовини проявляють канцерогенну дію, генотоксичність, нефротоксичність, пригнічують фертильну функцію. Найбільший вміст МСРD-E та GE спостерігається в пальмовій олії, її фракціях, маргаринах, риб'ячому жирі тощо. Одержані за останні роки дані щодо токсичності МСРD-ефірів та ефірів гліцидолу призвели до розуміння терміновості обмеження їх вмісту в харчових продуктах. Очікується, що з 1 січня 2021 року Комісія Codex Alimentarius ухвалить новий Кодекс практики щодо запобігання та зменшення утворення 3-МСРD-E та GE з подальшим обмеженнями їх вмісту в жирах: 1250 мг/кг для нерафінованих олій та рафінованої кокосової, кукурудзяної, ріпакової, оливкової, соняшникової, соєвої та пальмоядрової олії; 2500 мг/кг для інших рафінованих рослинних олій, риб'ячого жиру та жирів інших морських організмів. Для рослинних олій і жирів, призначених для дитячого харчування, допустимий буде 750 мг/кг. Численні дослідження показують перевищення цих ГДК у харчових жирах. Основну частину цих токсичних речовин населення споживає з випічкою, маргаринами та смаженими продуктами. У статті продемонстровано, що вміст МСРD-ефірів і ефірів гліцидолу в одному й тому ж виді жирів коливається в широкому діапазоні. Вагомими факторами формування МСРD-ефірів і ефірів гліцидолу є умови вирощування олійних, добування олії та переробки. Основний вплив на зростання вмісту МСРD-E та GE має дезодорування (або фізичне рафінування жирів). Такі процеси обробки їжі, як її смаження, випічка хлібобулочних виробів тощо не викликають суттєвого зростання вмісту МСРD-E та GE.

Ключові слова: МСРD-ефіри (МСРD-E), ефіри гліцидолу (GE), рослинні олії, пальмова олія, маргарин

Постановка проблеми. 3-монохлорпропан-1,2-діол (3-МСРD) був вперше виявлений у 1978 р. у складі гідролізованих рослинних білків, які використовуються для отримання соєвого соусу [1]. Проте ступінь і рівень забруднення ефірами жирних кислот 3- та 2-МСРD у продуктах харчування значною мірою не помічали до того часу, коли у 2004 р. було повідомлено про їх наявність у низці харчових продуктів, а джерело пізніше було визначено як рафінована рослинна олія [2]. 3 і 2-складні ефіри жирних кислот МСРD (МСРD-E) утворюються в рослин-

них оліях при дезодоруванні, містять відповідні до олій жирні кислоти в аналогічному співвідношенні. Гліцидол пов'язаний з утворенням та розпадом 3- та 2-MCPD. Він утворює моноєфіри з жирними кислотами під час дезодорування рослинних олій [3]. Вільні 2,3-MCPD та гліцидол (рис.) — це водорозчинні сполуки, які, відповідно, не містяться в жирах. Проблемою світової олійно-жирової галузі є їх жиророзчинні похідні — MCPD-єфіри (MCPD-E) та єфіри гліцидолу (GE). Ідентифікованим джерелом GE в їжі є рафінована рослинна олія (або термооброблений риба'чий жир, рафінований тваринний жир), де вони, як вважається, утворюються під час нагрівання в умовах високих температур дезодорування. Вважається, що утворення GE не залежить від утворення MCPD-E, хоча він також може утворюватися з MCPD-E. Існує шість можливих сполук MCPD-E, серед яких чотири моно- та два дієфіри.

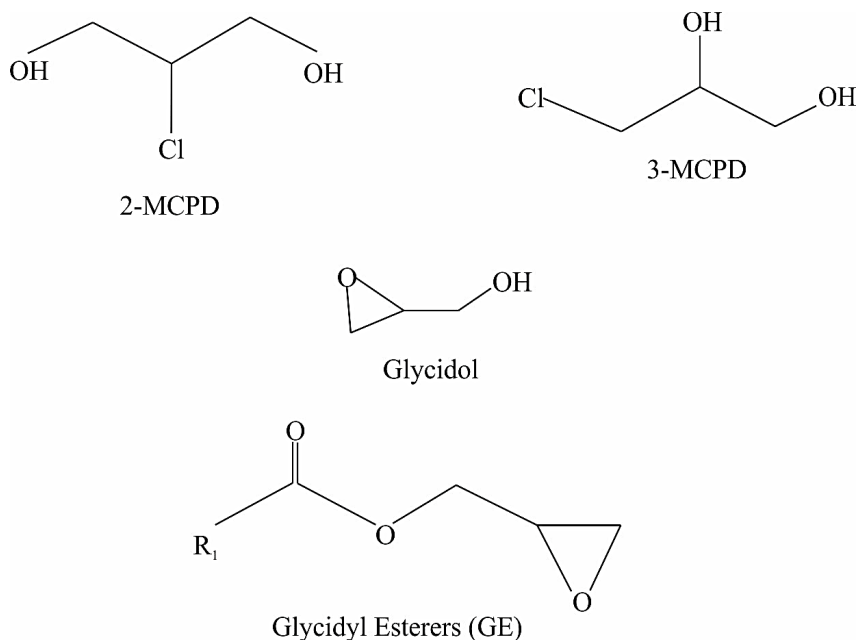


Рис. Будова молекул вільних 2 та 3 MCPD, вільного гліцидолу та єфіру гліцидолу

У нерафінованих оліях 2,3-MCPD-E і GE практично відсутні (табл.). Вони утворюються за високих температур, характерних для стадії дезодорування (або ще більшою мірою для дистиляційного рафінування). Раніше вважалося, що це температури від 250°C і вище, зараз доведено що вони також утворюються і при 200°C, і навіть 180°C, проте із суттєво нижчою швидкістю. Вміст цих єфірів у дезодорованих жирах залежить від виду олії, що, ймовірно, пов'язано з різним вмістом моно- та диацилгліцеролів в різних оліях, вмістом антиоксидантів, інших супутніх гліцеролам речовин [2; 5]. Утворення GE відбувається при набагато більшій температурі (>220°C), ніж температура, при якій можуть почати формуватися 2- та -3-MCPD-E [26].

Вміст MCPD-E і GE залежить також від географічного походження олійної сировини, від технології добування, від ступеня окиснення олії, вмісту хлору і, напевно, від інших, ще не встановлених факторів. Яскравий приклад — пальмова олія з Нігерії містить до 1,3 мг/кг 3-MCPD-ефірів, а пальмова олія з Малайзії може містити до 14 мг/кг 3-MCPD-ефірів [3].

Небезпека вмісту ефірів 3-MCPD та GE у харчових продуктах пов'язана із їхнім метаболізмом в організмі людини. Вважається, що 3-MCPDE та GE у травному тракті людини піддаються гідролізу з утворенням вільного MCPD. У той же час структурна локалізація хлору всередині молекули 2-MCPD робить його ефіри більш безпечними і це підтверджено експериментальними дослідженнями — токсикокінетична дія 2-MCPD не підтверджена.

На противагу цьому ефіри 3-MCPDE та гліцидолу мають генотоксичну дію — вони негативно впливають на генетичний матеріал клітин (ДНК), спричиняючи мутації, канцерогенну дію — підвищують імовірність розвитку ракових пухлин (не генотоксичним шляхом), нефротоксичність — викликають хвороби нирок, погіршують функцію еритроцитів через зниження вмісту гемоглобіну (анемія), деструктивно впливають на фертильну функцію у чоловіків і жінок (викликали безпліддя у лабораторних тварин [3]). Гліцидол віднесено до канцерогенів людини (група 2A) [3].

Найбільш чутливими для всіх видів токсичного впливу MCPD-E та GE є немовлята та маленькі діти, що зумовлює жорсткі вимоги щодо вмісту цих ефірів у продуктах для немовлят.

Одержані за останні роки дані щодо токсичності MCPD та гліцидолу, а також їх ефірів спричинили терміновість обмеження їх вмісту в харчових продуктах. У 2018 г. Європейська комісія [4] обмежила вміст GE у рослинних оліях і жирах не вище 1000 мкг/кг і 500 мкг/кг при використанні для виробництва дитячого харчування. А з 1 липня 2019 року почали діяти більш жорсткі вимоги до вмісту ефірів гліцидолу в продуктах для немовлят і спеціальних медичних препаратах, які використовуються для немовлят — не вище 0,050 ppm для продуктів у сухій формі та не більше 0,006 ppm для продуктів у рідкій формі.

У січні 2018 року Європейський орган з безпеки харчових продуктів (EFSA) встановив допустиме споживання для 3-MCPD 2 мкг/кг маси тіла/день.

На разі Комісія Codex Alimentarius планує ухвалити новий Кодекс практики щодо запобігання та інгібування утворення 3-MCPD-E та GE в рафінованих оліях і продуктах харчування із вмістом рафінованих олій. У новому Кодексі пропонується поділ жирів на дві групи [4]:

- із вмістом 3-MCPD-E та GE не більше, ніж 1250 мкг/кг (нерафіновані олії, рафінована кокосова, кукурудзяна, ріпакова оливкова, соняшникова, соєва та пальмоядрова олії);

- із вмістом 3-MCPD-E та GE не більше, ніж 2500 мкг/кг (інші рафіновані рослинні олії, рибні жири та жири інших морських організмів).

Для рослинних олій і жирів, призначених для дитячого харчування, допустимі є рівень 750 мкг/кг. Очікується, що ця пропозиція Комісії Codex Alimentarius набире чинності з 1 січня 2021 року.

Нані виділяють такі чинники, що впливають на утворення 2,3-MCPD-E та GE:

- наявність іонів хлору (попередники утворення 2- або 3-MCPD-ефірів). Вважається, що хлор в олії потрапляє внаслідок використання хлорованої води, неорганічних добрив, пестицидів під час вирощування олійних тощо [5];

- використання концентрованих кислот під час рафінування олій (вони є донорами радикалу водню, який бере участь у синтезі MCPD-E та GE) — на стадіях гідратування, активації відбільних земель тощо;

- GE утворюються з диґліцеролів при нагріванні рослинних олій до температури, що перевищує 220°C, і це зумовлює високий вміст цих сполук у пальмовій олії, яка містить значну (4—12%) кількість диацилґліцеролів. Крім того, у 2009 р. було встановлено, що олії на основі диацилґліцеридів виробництва Као Соґр. (Японія) містили «високий рівень» ефірів ґліцидолу і були заборонені на світовому ринку [6]. Використання олій з високим вмістом диацилґліцеридів у дієтичному харчуванні пов'язане з тим, що вони не викликають ожиріння.

Мета статті: аналіз літературних джерел щодо вмісту 3-MCPD-ефірів та ефірів ґліцидолу в рослинних оліях та деяких інших жирювих продуктах.

Викладення основних результатів дослідження. *Нерафіновані рослинні олії.* Нерафіновані рослинні олії та вершкове масло практично не містять MCPD-E та GE (табл. 1).

Таблиця 1. Вміст 2,3-MCPD-ефірів та ефірів ґліцидолу в нерафінованих оліях

Олія	Кількість досліджених зразків	Вміст 2,3-MCPD — ефірів, мг/кг	Вміст ефірів ґліцидолу мг/кг	Джерело
Олії рослинні холодного пресування	24	0,06—0,08	—	7
	57	<0,1—0,4	—	8
Олія холодного пресування (ріпакова)	8	3-MCPD—0,022, 2-MCPD—0,015	0,049	9
Олії нерафіновані	41	0,025-0,555	<0,1	11
Оливкова олія EVOO (нерафінована)	30	0,047 (3-MCPD—0,026, 2-MCPD—0,021)	0,059	24
Олія нерафінована пальмова	12	Не виявлено	Не виявлено	10
Вершкове масло	4	0,011	0,013	10

Рафіновані рослинні олії та тваринні жири. Лише високотемпературний вплив стадії дезодорування спричиняє утворення MCPD-E та GE. Як свідчить аналіз літературних джерел, вміст MCPD-E та GE у таких дезодорованих оліях, як ріпакова, соняшникова, оливкова, кокосова, кукурудзяна, які представлені у роздрібній торгівлі багатьох країн, в більшості випадків не перевищує 1 мг/кг (табл. 2). Вміст 2-MCPD-ефірів у рослинних оліях менший за вміст 3-MCPD-ефірів, але є суттєвим — 40—80% від вмісту 3-MCPD.

Соняшникова олія в останні десятиріччя внаслідок спроб відійти від споживання ГМО-сої користується зростаючим попитом, тому вже накопичена помітна

сукупність даних щодо вмісту в ній MCPD-E та GE. Найбільше дослідження провів Lebensmittelchemisches Institut des Bundesverband der Deutschen: на 2015 р. представлено 344 результати щодо концентрації MCPD-E та GE у зразках соняшникової олії. Середнє значення вмісту 3-MCPD — 0,303 мг/кг, 2-MCPD — 0,218 мг/кг [3].

Як і для інших видів олій, одержані дані вмісту MCPD-E та GE соняшникової олії суттєво відрізняються, що, найбільш імовірно, пов'язано з різними умовами вирощування олійних, вилучення олії та її рафінування.

У цілому соняшникова олія містить більшу кількість MCPD-E та GE порівняно з «подібними» їй соєвою та ріпаковою оліями. Низка зразків рафінованої соняшникової олії містить більшу за нові вимоги Комісії Codex Alimentarius кількість MCPD-E та GE, тобто більше 1,25 мг/кг суми 2- та 3-MCPD-ефірів та більше 1,0 мг/кг ефірів гліцидолу. Тож соняшникова олія займає проміжне місце між «групою ризику» — пальмовою олією, продуктами на її основі, кокосовою олією тощо та оліями з низьким вмістом хлорпропанолів.

Кукурудзяна олія за вмістом MCPD-E та GE подібна до соняшникової олії (табл. 2).

Рафіновані соєва та ріпакова олії містять досить невисоку кількість MCPD-E та GE (табл. 2) та не потрапляють у групу ризику навіть за останніми вимогами Комісії Codex Alimentarius. Середнім значенням вмісту MCPD-E для соєвої олії є приблизно 0,5—0,6 мг/кг, для ріпакової — 0,4—0,5 мг/кг.

Таблиця 2. Вміст 2,3-MCPD-ефірів та ефірів гліцидолу у рафінованих жирах

Олія рафінована	Кількість досліджених зразків	Вміст 2,3-MCPD-ефірів, мг/кг	Вміст ефірів гліцидолу мг/кг	Джерело
1	2	3	4	5
Кокосова олія	3	0,85—1,56	Не досліджувався	7
	7	Діефіри-MCPD 0,13 (0,025—0,31) моноефіри-MCPD 0,17 (0,025—0,38)	0,8 (0,034—1,71)	10
	204	0,608	Не досліджувався	3
	2	3-MCPD:0,2—0,4 2-MCPD:0,1—0,2	0,5—3,0	17
Соняшникова олія	4	Не досліджувалось	1,2—2,1	21
	6	0,73 (0,5—1,044)	Не досліджувався	11
	15	1,0	0,4	19
		0,76	Не досліджувався	22
	4	Діефіри-MCPD 0,47 (0,15—0,82) моноефіри-MCPD 0,55 (0,19—0,93)	0,39 (0,012—0,9)	10
	15	3-MCPD:0,6 (0,1—2,1) 2-MCPD:0,2 (0—0,3)	0,1—0,40	17
	11	3-MCPD:0,23 (0,08—0,96) 2-MCPD:0,11 (0,02—0,52)	0,36 (0,02—0,90)	16
	596	0,521 (3-MCPD — 0,303, 2-MCPD — 0,218)	Не досліджувався	3

FOOD TECHNOLOGIES

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
Сосва олія	6	0,9	0,5	19
	8	0,58		20
	6	Дієфіри-MCPD 0,1 (0,024—0,21) моноєфіри-MCPD 0,11 (0,041—0,24)	0,25	10
	18	0,6 (0,224—1,09)	Не досліджувався	11
	5	0,48	Не досліджувався	22
	191	0,394	Не досліджувався	3
	18	3-MCPD:0,2 (0,1—0,5) 2- MCPD:0,4—0,5	0,1—0,6	17
	10	0,1—0,23	Не досліджувався	29
Кукурудзяна олія	9	0,06—0,42	Не досліджувався	10
	8	0,121	Не досліджувався	30
	8	0,2—1,1	Не досліджувався	29
	12	0,867 (0,219—1,826)	Не досліджувався	11
	5	1,7	0,6	19
		3-MCPD — 0,2 2-MCPD — 0,1	0,7	17
	9	Дієфіри-MCPD — 0,1 моноєфіри-MCPD 0,17 (0,06—0,42)	0,68 (0,15—1,57)	10
38	0,736 (3-MCPD — 0,503 2- MCPD — 0,233)	0,475	3	
Ріпакова олія	18	0,6 (0,226—1,069)	Не досліджувався	22
	5	3-MCPD:0,44 (0,03—0,51) 2-MCPD:0,21 (0,01—0,31)	0,31 (0,01—1,10)	16
	3	Не досл.	0,2—0,36	21
	15	3-MCPD: 0,3 (0,1—1,0) 2-MCPD:< 0,3	0,1—0,3	17
	7	Дієфіри-MCPD — 0,052 моноєфіри MCPD — 0,016	0,28 (0,18—0,48)	10
	10	0,4	≤ 0,1	19
	8	0,50	Не досліджувався	20
	296	0,232	Не досліджувався	3
Олія ліщини	1	3-MCPD:19,0 2-MCPD:11,0	0,5	17
Олія волоського горіха	5	3-MCPD:1,2—19,0 2-MCPD:0,5—9,6	0,7—1,4	17
	1	0,236	Не досліджувався	3
Арахісова олія	15	0,68 (0,45—1,19)	Не досліджувався	11
	4	3-MCPD:0,1—0,9 2-MCPD:0,1—0,4	0,4—1,1	17
	7	Дієфіри MCPD: 0,45 (0,076—0,66) моноєфіри-MCPD:0,49 (0,14—0,69)	0,48	10
Рисова олія	4	1,78	Не досліджувався	20

1	2	3	4	5
Бавовняна олія	2	0,14—0,72	Не досліджувався	10
Сафлорова олія	4	3-MCPD:0,6—1,0 2-MCPD:0,1—0,4	0,1—0,8	17
	3	2,34—3,22	Не досліджувався	19
Олія з виноградних кісточок	5	25,35	Не досліджувався	20
Кунжутна олія	4	0,58	Не досліджувався	20
	6	0,985 (0,65—1,34)	Не досліджувався	11
Жир тваринний рафінований	5	0,225—0,31	Не досліджувався	11
	10	0,3	Не досліджувався	22
Олія авокадо	4	Не досліджувався	2,5—7,8	21

Як уже зазначалося, вміст MCPD-E та GE в рафінованих оліях навіть одного виду може суттєво відрізнятися залежно від географічного походження олійних, кількості використаних на полях пестицидів, умов зберігання, умов вилучення олій і умов проведення рафінування. Істотний вплив на одержані результати має складність визначення вмісту MCPDE та GE, наявність декількох методик і досить велика розбіжність даних, отриманих навіть за однією методикою у різних лабораторіях.

Пальмова олія та її фракції. Незважаючи на те, що пальмова олія не відноситься до найбільш корисних видів олій, унаслідок своїх реологічних властивостей вона продовжує лідирувати на світовому ринку жирів. Однак в останні десятиріччя виробники пальмової олії зіштовхнулися з новою проблемою — серед рослинних олій пальмова містить найбільші кількості MCPD-E та GE. Загальний середній вміст 3-MCPD-E у пальмовій олії може сягати 3—6 ppm, GE — 7—8 ppm (табл. 3).

Таблиця 3. Вміст 2,3-MCPD-ефірів та ефірів гліцидолу в пальмовій олії та її фракціях

Жир	Кількість досліджених зразків	Вміст 2,3-MCPD-ефірів, мг/кг	Вміст ефірів гліцидолу мг/кг	Джерело
Пальмовий олеїн	5	0,4—0,6	Не досліджувався	14
	5	Дієфіри-MCPD 2,44 (0,68—3,72) моноєфіри-MCPD 4,14 (1,40—8,43)	6,03 (1,68—9,53)	10
	11	0,14—2,22	Не досліджувався	15
Пальмова олія рафінована	6	3-MCPD:1,33 (0,18—2,48) 2-MCPD:0,65 (0,8—1,65)	1,87 (0,10—3,55)	16
	20	3-MCPD:3,2 (1,1—10,0) 2-MCPD:0,2—5,9	3,7 (0,30—18,00)	17
	3	Не досл.	25,60—28,00	18
	3	1,7	0,5	19
	3	1,29—1,65	Не досліджувався	11
		4,34	Не досліджувався	20
	5	1,17—2,82	Не досліджувався	7
	14	Дієфіри MCPD:2,54 Моноєфіри MCPD: 3,19	3,50 (0,33—0,52)	10
501	2,912	Не досліджувався	3	
Пальмовий стеарин	1	Дієфіри-MCPD:2,49 моноєфіри-MCPD:3,24	3,58	10

Для боротьби з новою загрозою зменшення попиту виробники пальмової олії у Малайзії та Індонезії сьогодні застосовують такі підходи для зниження вмісту токсичних ефірів у рафінованих продуктах [23]:

- зменшення хлору в олії шляхом заміни частини добрив;
- зменшення вмісту вільних жирних кислот і дигліцеролів;
- промивання сирової пальмової олії водою для розчинення та вилучення хлору (використання нехлорованої води);
- стерилізація сирової олії паром, звільненою від хлору;
- промивання свіжої олії нерафінованої слаболужною водою (що в поєднанні з промиванням від іонів хлору призводить до 75-відсоткового зниження вмісту ефірів гліцидолу);
- використання природної відбілювальної землі;
- зниження температури дезодорування нижче 230°C.

Деякі підприємства навіть почали проводити водне гідратування замість сухого, що є економічно не вигідним, але призводить до зменшення вмісту MCPD-E та GE.

Ці та інші підходи вже призвели до успіхів — продукція багатьох підприємств витримує нові вимоги щодо вмісту 3-MCPD-E та GE. Вважається, що за період з 2010 по 2015 рр. вдалося вдвічі скоротити кількість MCPD-E та GE в дезодорованій пальмовій олії та її фракціях. За даними EFSA на 2016 р. пальмова олія містить 1,5—4,5 мг/кг — для 3-MCPD-E та 0,2—2,2 мг/кг — для GE (досліджено більше 500 зразків) [3].

У 2018 р. було досліджено вміст 3-MCPD-E та GE 141 у зразках 42 Малайзійських компаній [23]. 62% зразків містили менше 2,50 ppm 3-MCPD-E, а решта — більше 2,50 ppm. На підставі одержаних даних прийшли до висновку, що 40% компаній може виробляти рафіновану пальмову олію з 1,0—2,0 ppm 3-MCPD-E, 17% компаній може виробляти рафіновану продукцію з меншою ніж 1,0 ppm кількістю 3-MCPD-E.

Проте пальмова олія, пальмовий стеарин та олеїн, продукти на основі пальмової олії — шортенінги, маргарини та спеціальні жири залишаються продуктами з максимальним вмістом MCPD-E та GE, які необхідно постійно контролювати.

Оливкова олія. Оливкова олія може істотно відрізнитися за якістю: видобута механічним способом з плодів класифікується на олію екстракласу «extra virgin» (EVOO), «virgin» (VOO) та lampante [24]. Із твердого залишку після пресування (pomace) вилучають олію розчинником, яку класифікують як екстракційна оливкова олія (pomace olive oil). Ці олії відрізняються за якісними характеристиками та складом. Різний вміст дигліцеролів і вільних жирних кислот (одних з попередників утворення 3-MCPDE та GE), які утворюються в олії як проміжні продукти біосинтезу тригліцеролів або гідролітичні реакції, призводить до відмінностей вмісту 3-MCPDE та GE: EVOO містить низьку кількість дигліцеролів (1—3%), кислотне число — нижче 0,8 мгКОН/г. Таку олію, як і олію virgin, не піддають рафінуванню. Тому вміст 3-MCPD-E та GE в олії EVOO та virgin низький (в середньому менше 0,1 мг/кг, табл. 4).

Екстракційна оливкова олія (romace olive oil), зазвичай, відправляється на рафінування. Вона містить суттєву кількість продуктів окиснення, фосфоліпідів, вільних жирних кислот, інших небажаних сполук. Вміст дигліцеролів у romace olive oil у 3—4 рази вищий за відповідний вміст в EVOO. Внаслідок впливу високотемпературного рафінування, наявності інших небажаних сполук та дигліцеролів, найбільший вміст MCPD-E та GE серед оливкових олій спостерігається саме в цій олії (табл. 4). Рафінуванню також часто піддають lamante-олію. 10% та 20% усього світового виробництва оливкових олій припадає на ці види оливкової олії відповідно [25]. Оливкова олія lamante може містити до 0,5 мг/кг MCPD-E та до 0,5 мг/кг GE. Потенційно небезпечною з точки зору вмісту токсичних хлоропропанолів є рафінована олія «romace», яка, через її низьку вартість, широко представлена на українському ринку. Вона може містити від 1,0 до 7,0 мг/кг MCPD-E та від 0,2 до 4,0 мг/кг GE [26].

Таблиця 4. Вміст 2,3-MCPD-ефірів та ефірів гліцидолу в оливковій олії

Олія	Кількість досліджених зразків	Вміст 2,3-MCPD-ефірів, мг/кг	Вміст ефірів гліцидолу мг/кг	Джерело
Рафінована оливкова олія	5	1,46	1,4—4,1	7
	9	1,2	0,3	19
		0,3—1,2	Не досліджувався	17
	5	0,14—0,72	Не досліджувався	10
	9	0,134 (3-MCPD:0,048, 2-MCPD:0,086)	0,015	3
	5	4,34	Не досліджувався	20
	18	3-MCPD—1,21, 2-MCPD—0,558	0,518	25
Оливкова олія lamante	3	0,3—0,5	0—0,53	24
Оливкова олія romace (рафінована)	3	2,0—7,0	0,2—4,0	24
	16	3-MCPD—2,90, 2-MCPD—1,031	0,70	24
	2	1,05—2,33	Не досліджувався	2
Оливкова олія (суміш рафінованої та нерафінованої lamante)	2	3,07—5,04	0,55—1,02	24

Маргарини та кулінарні жири. Маргарини та кулінарні жири одержують або на основі пальмової олії/фракцій або шляхом гідрування інших рослинних олій/жирів. В обох випадках маргарини можуть містити значні кількості MCPD-E та GE.

Сьогодні вважається, що маргарини та хлібобулочні вироби, зокрема торти та тістечка, є основними джерелами забруднення MCPD-E та GE [3].

У дослідженні [13] вивчалася утворення 3-MCPD і 2-MCPD-ефірів у ліпідних фракціях маргаринів. Вміст знаходився в діапазоні від 1,3 до 7,3 мг/кг і 0,63—1,7 мг/кг відповідно (виражені на кількість виділеного жиру). Ці значення вищі,

ніж вміст 3-MCPD і 2-MCPD-ефірів у досліджених зразках дезодорованих олій, що пов'язано з використанням як сировини для маргаринів гідрованих олій або дезодорованих пальмових олій і пальмового стеарину. У 2010—2014 рр. Європейська асоціація виробників маргарину (IMACE) надала EFSA 420 результатів досліджень щодо вмісту 3-MCPD-E та 2-MCPD-E. Маргарини з нормальною жирністю мали середній вміст MCPD-E: 0,668 мг/кг для 3-MCPD-E, 0,236 мг/кг для 2-MCPD-E і 0,582 мг/кг для GE. Зважаючи на середні значення, в багатьох пробах вміст MCPD-E та GE був суттєво вищим (табл. 5).

Таблиця 5. Вміст 2,3-MCPD-ефірів та ефірів гліцидолу в олійно-жирових продуктах

Продукт	Кількість досліджених зразків	Вміст 2,3-MCPD-ефірів, мг/кг (у жировій частині)	Вміст ефірів гліцидолу мг/кг (у жировій частині)	Джерело
Маргарин(вміст жиру — 40—80%)	22	0,15—7,7	Не досліджувався	12
Маргарин	37	0,4—4,5	Не досліджувався	8
	5	0,79—1,60	Не досліджувався	11
	5	1,3—7,3	Не досліджувався	13
	170	0,567 (3-MCPD — 0,408, 2-MCPD — 0,159)	0,361	3
Маргарин нормальної жирності	73	0,904 (3-MCPD — 0,668, 2-MCPD — 0,236)	0,582	3
Маргарин зниженої жирності	82	0,322 (3-MCPD — 0,218, 2-MCPD — 0,104)	0,209	3
Спеціальні жири	41	1,412 (3-MCPD — 0,867, 2-MCPD — 0,544)	0,386	3
Жирові емульсії	15	0,261 (3-MCPD — 0,181, 2-MCPD — 0,08)	0,114	3
Шортенінг	5	Діефіри-MCPD 0,36 (0,3—0,39) моноефіри MCPD 0,4 (0,35—0,46)	0,46 (0,12—1,03)	10
Жир для смаження (використаний та свіжий)	38	0,5—5,2	Не досліджувався	8

Риб'ячий жир. Риб'ячий жир є потенційно небезпечним продуктом з високим вмістом хлорпохідних. У риб'ячих жирах виявляють широкі діапазони вмісту MCPD-E та GE. Зокрема, згідно з [27] у риб'ячому жирі міститься 7,3 та 5,5 мг/кг 3-MCPD та 2-MCPD-ефірів відповідно. Подібні результати були одержані і в [17] для риб'ячого жиру лосося — 0,7—13 мг/кг. Такий високий вміст ефірів MCPD можна пояснити специфічністю сировини для отримання риб'ячого жиру. Ендогенні ферменти (пероксидаза, ліпоксигеназа), знайдені в м'язовій тканині риби, є

потенційними ініціаторами автоокиснення сировини з високим вмістом поліненасичених жирних кислот. З іншого боку, для дезактивації ферментів у технології одержання рибачого жиру використовують обробку оцтовою або фосфорною кислотами. Кислотна обробка сировини та висока здатність до окиснення призводять до одержання високого вмісту MCPD в рибачих жирах (табл. 6).

Таблиця 6. Вміст 2,3-MCPD-ефірів та ефірів гліцидолу в рибачих жирах

Продукт	Кількість досліджених зразків	Вміст 2,3-MCPD-ефірів, мг/кг (у жировій частині)	Вміст ефірів гліцидолу мг/кг (у жировій частині)	Джерело
Рибачий жир (лосось)	7	3-MCPD:0,7—13,0 2-MCPD:0,1—1,2	0,1—1,2	17
Рибачий жир	11	1,5—5,5	Не досліджували	27

Інші харчові продукти з високим вмістом жирів. За даними EFSA [3], найвищі рівні MCPD-E та GE окрім пальмової олії спостерігаються в деяких термооброблених продуктах з високим вмістом жирів. Це такі продукти, як картопляні чипси (0,216 мг/кг — 3-MCPD-E, 0,135 мг/кг — 2-MCPD-E, GE — 0,110 мг/кг), випічка із листового тіста (0,247 мг/кг — 3-MCPD-E, 0,123 мг/кг — 2-MCPD-E, GE — 0,137 мг/кг), печиво (0,200 мг/кг — 3-MCPD-E, 0,103 мг/кг — 2-MCPD-E, GE — 0,134 мг/кг), випічка на основі пісочного тіста (0,154 мг/кг — 3-MCPD-E, 0,079 мг/кг — 2-MCPD-E, GE — 0,149 мг/кг).

Вміст MCPD-E та GE досліджено в обмеженій кількості харчових продуктів, але показано, що приготування їжі підвищує рівень MCPD-E не в усіх продуктах. Так, зокрема, накопичення MCPD-E спостерігається при виготовленні тостів з хліба [31]. Смаження сирів також призводить до збільшення вмісту MCPD-E, що характерно і для більшості різновидів випічки. MCPD-E не утворюється під час випічки бісквітів. Смаження м'яса призводить до зменшення вмісту MCPD-E.

У той же час суттєвих змін вмісту 3- та 2-MCPD-E не було помічено в результаті випікання хлібобулочних виробів при температурі 160°C [31]. При підвищенні температури випікання до 180 та 200°C дещо підвищується вміст 3-MCPD-E та зменшується вміст 2-MCPD-E у маргарині, пальмовому стеарині (у пальмовому олеїні навпаки). Однак усі зміни відбувались у межах 10%, що доводить несуттєвий вплив випікання тіста на вміст MCPD-E у готових виробках. Вміст GE у всіх зразках різко скорочувався в результаті випічки (наприклад, у початковому маргарині вміст GE — 3,9 мг/кг, після випічки при 200°C — 0,153 мг/кг), що підтверджує інші дані щодо руйнування ефірів гліцидолу під впливом високих температур [32].

Під час використання рослинних олій для смаження вміст 3-MCPD-E значно збільшується протягом перших 12 год, а потім зменшується, вміст 2-MCPD-E збільшується протягом 24 год, а потім починає зменшуватися, збільшення вмісту GE відбувається впродовж перших 36 год, потім також спостерігається його деградація [33].

Ефіри 3-MCPD також були виявлені у багатьох інших категоріях харчових продуктів, включаючи оброблене м'ясо, молочні продукти, готові до вживання крупи, горіхи та насіння, кава, рибацькі продукти, нарізана цибуля та часник, а також

у грудному молоці людини (від 0,006 до 0,076 мг/кг) [34]. У шинці, салямі та яловичині вміст 3-MCPD-E: 0—2,940 мг/кг, <930—1,490 мг/кг та 1,120—2,310 мг/кг відповідно. Вміст MCPD-E та GE в картоплі фрі, залежить від виду олії, що використовується для смаження і є максимальним при використанні пальмової олії, її фракцій. Також вміст хлорпохідних залежить від вологості картоплі (чим вона нижче, тим менше олії поглинається і нижчий вміст MCPD-E та GE та в середньому становить 0,18—0,27 мг/кг (для 3-MCPD-E)), бланшування картоплі перед смаженням призводить до 30-відсоткового зростання вмісту MCPD-E та GE, застосування пектину — до 20-відсоткового зниження [35], що, можливо, пов'язано з його антиоксидантними властивостями. В смажених продуктах [36] вміст 3-MCPD-E знаходився в межах 0,11—0,81 мг/кг (картопляна стружка), 0,12—0,17 мг/кг (картопляні кульки), 0,21—0,46 мг/кг (картопляні палички). Результати проведених досліджень свідчать про незначне зростання вмісту хлорпохідних у процесі смаження (ймовірно температура смаження є недостатньою для утворення MCPD-E, а висока тривалість процесу призводить до їх часткового руйнування).

Висновки

Аналіз проведених досліджень свідчить, що, незважаючи на невисокі концентрації MCPD-E та GE в більшості рослинних оліях, але враховуючи наявність цих ефірів у широкому асортименті харчових продуктів, забруднення їжі MCPD-E та GE є надзвичайно нагальною проблемою.

Для кожного виду олійно-жирових продуктів зафіксовано широкий діапазон концентрацій MCPD-E та GE, що доводить суттєвий вплив умов переробки, концентрацій попередників хлорпохідних, можливо концентрації антиоксидантів і ступеня окиснення на вміст MCPD-E та GE.

Основний вплив на утворення MCPD-E та GE має дезодорування (або дистиляційне рафінування). Такі процеси переробки їжі, як її смаження, випічка хлібобулочних виробів тощо, суттєво не змінюють вміст MCPD-E та GE.

Для безпеки харчових продуктів необхідним є постійний моніторинг потенційно небезпечних продуктів — пальмової олії, пальмового олеїну та стеарину, маргаринів, риб'ячого жиру, кокосової олії, оливкової олії *gotase* тощо.

Необхідним є моніторинг вмісту MCPD-E і GE в рослинних оліях українського виробництва та харчових продуктах з високим вмістом жирів. Актуальним завданням виробників харчових продуктів, закладів громадського харчування є забезпечення таких параметрів технологічної обробки, які запобігають утворенню MCPD-E та GE.

Очевидно, що в найближчій перспективі вміст хлорпохідних гліцеролів у рафінованих оліях стане таким же звичним показником безпеки, як і вміст, наприклад, ртуті або афлотоксинів.

Література

1. Jędrkiewicz R., Kupska M., Głowacz A., Gromadzka J., Namieśnik J. MCPD: A Worldwide Problem of Food Chemistry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2016. Vol. 56(14). P. 2268—2277.

2. Zelinková Z, Svejková B, Velíšek J and Doležal M, 2006. Fatty acid esters of 3-chloropropane-1,2-diol in edible oils. *Food Additives and Contaminants*, Vol. 23, P. 1290—1298.
3. Risks for human health related to the presence of 3- and 2-monochloropropanediol (MCPD), and their fatty acid esters, and glycidyl fatty acid esters in food. *EFSA Journal*. 2016. Vol. 14(5): 4426.
4. Commission Regulation (EU) 2018/290 of 26 February 2018 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of glycidyl fatty acid esters in vegetable oils and fats, infant formula, follow-on formula and foods for special medical purposes intended for infants and young children (Text with EEA relevance). *OJL*. 2018. Vol. 55. P. 27—29.
5. Ermacora A., Hrnčirik K. Influence of oil composition on the formation of fatty acid esters of 2-chloropropane-1,3-diol (2-MCPD) and 3-chloropropane-1,2-diol (3-MCPD) under conditions simulating oil refining. *Food Chemistry*. 2014. Vol. 161. P. 383—389.
6. Chloroesters in foods: An emerging issue[Електронний ресурс]. URL: <https://www.aocs.org/stay-informed/inform-magazine/featured-articles/chloroesters-in-foods-an-emerging-issue-april-2009?SSO=True>.
7. Karšulínová L., Folprechtová B., Doležal M., Dostálová J. Analysis of the lipid fractions of coffee creamers, cream aerosols, and bouillon cubes for their health risk associated constituents. *Czech Journal of Food Sciences*. (2007). Vol. 25(5). P. 257—264.
8. Weißhaar R. Fatty acid esters of 3-MCPD: Overview of occurrence and exposure estimates. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2011. Vol. 113(3). P. 304—308.
9. Yan J., Oeya S. B., van Leeuwena S. P. J., van Ruth S. M. Discrimination of processing grades of olive oil and other vegetable oils by monochloropropanediol esters and glycidyl esters. *Food Chemistry*. 2018. Vol. 248. P. 93—100.
10. MacMahon S., Begley T. H. & Diachenko G. W. Occurrence of 3-MCPD and glycidyl esters in edible oils in the United States. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 2013. Vol. 30(12). P. 2081—2092.
11. Li C. Exposure assessment of 3-monochloropropane-1, 2-diol esters from edible oils and fats in China. *Food and Chemical Toxicology*. 2015. Vol. 75. P. 8—13.
12. Weisshaar R. Fatty acid esters of 3-MCPD: overview of occurrence and exposure estimates. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2011. Vol. 113. P. 304—308.
13. Jędrkiewicz R., Glowacz A., Gromadzka J., Namieśnik J. Determination of 3-MCPD and 2-MCPD esters in edible oils, fish oils and lipid fractions of margarines available on Polish market. *Food Control*. 2016. Vol. 59. P. 487—492.
14. Haines T. D., Adlaf K. J., Pierceall R. M., Lee I., Venkitasubramanian P., Collison M. W. Direct determination of MCPD fatty acid esters and glycidyl fatty acid esters in vegetable oils by LC-TOFMS. *J Am Oil Chem Soc*. 2011. Vol. 88. P. 1—14.
15. Seefelder W. Esters of 3-chloro-1,2-propanediol (3-MCPD) in vegetable oils: significance in the formation of 3-MCPD. *Food Additives and Contaminants: Part A*. 2008. Vol. 25(4). P. 391—400.
16. Kuhlmann J. Analysis and occurrence of dichloropropanol fatty acid esters and related process-induced contaminants in edible oils and fats. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2016. Vol. 118(3). P. 382—395.
17. Kuhlmann J. Determination of bound 2,3-epoxy-1-propanol (glycidol) and bound monochloropropanediol (MCPD) in refined oils. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2011. Vol. 113. P. 335—344.
18. Shiro H., Kondo N., Kibune N., Masukawa Y. Direct method for quantification of glycidol fatty acid esters in edible oils. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2011. Vol. 113. P. 356—60.
19. Weißhaar R., Perz R. Fatty acid esters of glycidol in refined fats and oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2010. Vol. 112(2). P. 158—165.
20. Yamazaki K. A new, direct analytical method using LC-MS/MS for fatty acid esters of 3-chloro-1,2-propanediol (3-MCPD esters) in edible oils. *Food Additives and Contaminants — Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*. 2013. Vol. 30(1). P. 52—68.
21. Granvogl M., Schieberle P. Development of direct quantification method of glycidyl esters in edible fats and oils via stable isotope dilution analysis. Paper presented at the final conference of the FEI project. 2011. Berlin, Germany.

22. Li C. Formation and reduction of 3-monochloropropane-1,2-diol esters in peanut oil during physical refining. *Food Chemistry*. 2016. Vol. 199. P. 605—611.
23. Abdullah R. Malaysian experience in regulating the oils & fats market the limit content of glycidyl esters & 3-mcpd in food products ruslan abdullah malaysian palm oil council. [Электронный ресурс]. URL: <http://bsg.ukragroconsult.com/bs0/2019/ru/prsentations/prs/2019-09-05%20Black%20Sea%20Seminar%20Final%20-%20RA.pdf>.
24. Cichelli A., Riciputi Y., Cerretani L., Caboni M. F., d’Alessandro N. Glycidols Esters, 2-Chloropropane-1,3-Diols, and 3-Chloropropane-1,2-Diols Contents in Real Olive Oil Samples and their Relation with Diacylglycerols. *J Am Oil Chem Soc*. 2020. Vol. 97(1). P. 15—23.
25. Yan J., Oeya S. B., van Leeuwen S. P. J. van Ruth S. M. Discrimination of processing grades of olive oil and other vegetable oils by monochloropropanediol esters and glycidyl esters. *Food Chemistry*. 2018. Vol. 248. P. 93—100.
26. Matthäus B., Pudel F. Mitigation of 3-MCPD and glycidyl esters within the production chain of vegetable oils especially palm oil. *Lipid Technology*. 2013. Vol. 25(7), P. 151—155.
27. Je, drkiewicz R., Głowacz A., Gromadzka J., Namiesnik J. Determination of 3-MCPD and 2-MCPD esters in edible oils, fish oils and lipid fractions of margarines available on Polish market. *Food Control*. 2016. Vol. 59. P. 487—492.
28. Custodio-Mendoza J. A., Carro A. M., Lage-Yusty M. A., Herrero A., Valente I. M., Rodrigues J. A., Lorenzo R. A. Occurrence and exposure of 3-monochloropropanediol diesters in edible oils and oil-based foodstuffs from the Spanish market. *Food Chemistry*. 2019. Vol. 270. P. 214—222.
29. Arisseto A. P. Determination of 3-monochloropropane-1,2-diol fatty acid esters in Brazilian vegetable oils and fats by an inhouse validated method. *Food Additives and Contaminants — Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*. 2014. Vol. 31(8). P. 1385—1392.
30. Becalski A. A pilot survey of 2- and 3-monochloropropanediol and glycidol fatty acid esters in foods on the Canadian market 2011—2013. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015. Vol. 37. P. 58—66.
31. Goh K. M., Wong Y. H., Abas F., Lai O. M., Cheong L. Z., Wang Y., Tan C. P. Effects of shortening and baking temperature on quality, MCPD ester and glycidyl ester content of conventional baked cake. *LWT*. (2019). Vol. 116. 108553.
32. Wong Y. H., Muhamad H., Abas F., Lai O. M., Nyam K. L., Tan C. P. Effects of temperature and NaCl on the formation of 3-MCPD esters and glycidyl esters in refined, bleached and deodorized palm olein during deep-fat frying of potato chips. *Food Chemistry*. (2017). Vol. 219. P. 126—130.
33. Zhang L., Gong Y., Huang M., Jin J., Wang Q., Wang, X. Change of fatty acid esters of MCPD and glycidol during restaurant deep frying of fish nuggets and their correlations with total polar compounds. *International Journal of Food Science & Technology*. 2020. Vol. 55 (7). P. 2794—2801.
34. Gao B., Li Y., Huang G., Yu L. Fatty Acid Esters of 3-Monochloropropanediol: A Review. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2019. Vol. 10(1). P. 259—284.
35. Arisseto A. P., Silva W. C., Marcolino P. F. C., Scaranelo G. R., Berbari S. A. G., de Oliveira Miguel A. M. R., Vicente E. Influence of potato cultivar, frying oil and sample pre-treatments on the contamination of French fries by 3-monochloropropane-1,2-diol fatty acid esters. *Food Research International*. 2019. Vol. 124. P. 43—48.
36. Arisseto A. P., Marcolino P. F. C., Augusti A., Scaranelo G. R., Berbari S. A. G., Miguel A. M. R. O., Vicente E. Contamination of fried foods by 3-monochloropropane-1,2-diol fatty acid esters during frying. *J Am Oil Chem Soc*. 2017. Vol. 94(3). P. 449—455.
37. Wong Y. H., Muhamad H., Abas F., Lai O. M., Nyam K. L., Tan C. P. Effects of temperature and NaCl on the formation of 3-MCPD esters and glycidyl esters in refined, bleached and deodorized palm olein during deep-fat frying of potato chips. *Food Chemistry*. 2017. Vol. 219. P. 126—130.

**ESTIMATION OF THE NUTRITIONAL VALUE
OF QUICK-FROZEN FRUIT AND BERRY
HALF-PRODUCTS OBTAINED WITH THE USAGE
OF CRYOPROTECTION METHODS**

G. Simakhina, N. Naumenko, S. Kaminska

National University of Food Technologies

Key words:

*Freezing
Fruit and berries
Restaurant food sphere
Nutritional value
Qualitative indices
Biocomponents' organic
properties*

Article history:

Received 12.01.2021
Received in revised form
25.01.2021
Accepted 08.02.2021

Corresponding author:

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

ABSTRACT

Nowadays the market of frozen fruit and vegetable products is actively developing, and the main part in it belongs to frozen fruit and berries. Food and processing branches have sufficiently high potentials to gain the volumes of this market. The leading countries of the world have estimated all the advantages of low-temperature technologies to process and store the agricultural raw materials. For example, frozen products make up to 70 percents of general consumption rate in the USA; in addition, this figure in Europe makes up approximately 20 percents and continues to grow. On the other hand, these indices in Ukraine are far lower, and this becomes a precondition to develop and expand the market of frozen fruit and vegetable products in order to reach the level of the leading countries gradually. Along with that, this is an urgent problem because fruit and berries are perishable materials, hence they should be long stored only in the frozen state. The quality of such products practically corresponds to the level of fresh raw material indices, including their organoleptic properties.

The authors of this article, having based on the experimental data of the researches of the biochemical composition of frozen fruit and berries and their comparison to the analogical indices for fresh raw materials, conducted the estimation of half-products obtained by the improved technology. The amounts of the essential biocomponents and the organoleptic indices served as the main assessment criteria. Therefore, the authors confirmed the effectiveness of the proposed technology of obtaining the quick-frozen products on the stages of their production, storage, and defrosting.

The authors made the completely objective conclusion about the perspectives of development of such a market in Ukraine, regarding the formed stable base of plant raw materials, including those wild, the real advantages of freezing fruit and berries over the other ways of preservation, the increase of the nutritional culture among the population and the priorities of healthy food, and also the broad advertising campaigns to expand the circle of consumers.

ОЦІНКА ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ШВИДКОЗАМОРОЖЕНИХ ПЛОДОВО-ЯГІДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ, ОТРИМАНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ КРІОПРОТЕКЦІЇ

Г. О. Сімахіна, Н. В. Науменко, С. В. Камінська

Національний університет харчових технологій

На сьогодні ринок замороженої плодовоовочевої продукції активно розвивається, і в ньому значну частку складають заморожені плоди і ягоди. Харчова та переробна галузі мають досить високий потенціал для зростання обсягів такого ринку. Розвинуті країни світу вже давно оцінили всі переваги низькотемпературних технологій перероблення та зберігання сільськогосподарської сировини, і, наприклад, у США заморожені продукти складають до 70% у загальній структурі споживання, а в країнах близького зарубіжжя ця цифра становить 20% і продовжує зростати. В Україні аналогічні показники набагато нижчі, і це створює передумови для розвитку та розширення ринку заморожених плодовоовочевих напівфабрикатів, аби досягти з часом рівня провідних країн світу. Водночас це й нагальна потреба — плоди та ягоди швидко псуються, і тривале їх зберігання можливе лише в замороженому стані. Якість такої продукції практично відповідає рівневі показників свіжої сировини, включаючи органолептичні властивості.

У статті на основі експериментального матеріалу з дослідження біохімічного складу заморожених плодів та ягід, зіставленого з аналогічними показниками свіжої сировини, проведено оцінку отриманих за вдосконаленою технологією напівфабрикатів за критеріями вмісту в них есенціальних біокомпонентів, органолептичних показників. На підставі цього зроблено висновок про ефективність запропонованої технології отримання швидкозамороженої продукції на етапах її виробництва, зберігання та дефростації.

Зроблено цілком об'єктивний висновок щодо перспектив розвитку такого ринку в Україні, виходячи зі сформованої стабільної бази сировини, в тому числі дикорослі, реальних переваг заморожування плодів і ягід перед іншими способами консервування, зростання культури харчування населення і пріоритет здорової їжі, а також широкої реклами для збільшення кола споживачів. А найвищої якості замороженої продукції можна досягти поєднанням штучного холоду та методів криопротекції.

Ключові слова: заморожування, плоди і ягоди, сфера ресторанного харчування, харчова цінність, якісні показники, органолептичні властивості біокомпонентів.

Постановка проблеми. Плоди та ягоди (культивовані та дикорослі) є багатим джерелом вітамінів, мінеральних сполук, органічних кислот, макронутрієнтів тощо. Їхня цінність як лікарської та харчової сировини визначається комплексом біологічно активних речовин (БАР), їх якісним і кількісним складом, синергізмом дії та високим ступенем засвоєння живим організмом. Значна частина БАР мають

імуномодулюючу, адаптогенну, антиатеросклеротичну, гіпотензивну, антирадикальну дію [1—3]. І це спонукає науковців і виробників максимально повно забезпечити населення України такою продукцією, консервованою належним чином, оскільки у свіжому вигляді вона має невеликий термін зберігання. Сезонний чинник у переробленні та реалізації плодово-ягідної сировини виявляється також в обсягах її продажів. За оцінками експертів [4], у літні та осінні місяці рівень продажів знижується вдвічі порівняно із зимово-весняним періодом. Проте ці проблеми поступово розв'язуються, і ринок вітчизняної замороженої плодово-овочевої продукції непинно зростає, а вдосконалені технології, як, наприклад, запропонована у [5], надають можливість отримати заморожені напівфабрикати, що відповідають найкращим світовим зразкам.

Останнім часом на світовому ринку виробляється і споживається велика кількість замороженої плодово-ягідної та овочевої сировини. Лідерами у її споживанні є Великої Британія, Німеччина, Франція — понад 100 кг в рік на душу населення [6]. В Україні ця частка поки що майже в 20 разів менша. На ринку замороженої плодово-овочевої продукції в Україні в роздрібній торговельній мережі переважають в основному заморожені фрукти й овочі виробництва польських фірм (Zgoda, Hortex та ін.), що зумовлено високою конкурентоспроможністю продукції польського виробництва. Серед країн-постачальників є Франція, Німеччина, Молдова (2,5% від всього обсягу ввозу даної продукції), Італія (2,1%) [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх публікацій за напрямом цієї статті надає можливість з'ясувати як ті проблеми, що постають перед формуванням ринку заморожених рослинних напівфабрикатів, так і об'єктивні передумови його розвитку, спонукаючи до розроблення та впровадження нових технологій, передусім низькотемпературних.

Важливого значення набувають інновації в технологіях консервування плодово-ягідної сировини, які ґрунтуються на використанні широкого спектра кріопротекторів органічної та мінеральної природи [8], на вивченні і впровадженні способів заморожування ягід з ніжною та щільною покривною тканиною [9], розробленні раціональних методів дефростації заморожених напівфабрикатів з мінімальними втратами клітинного соку [10], створенні системи управління безпекою виробництва заморожених плодів і ягід на етапах життєвого циклу на основі принципів НАССР [11] тощо. Це відкриває широкі перспективи для вітчизняних виробників замороженої продукції і дає підстави прогнозувати його позитивну динаміку.

Мета дослідження: здійснити комплексну оцінку отриманих за вдосконаленою нами технологією заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів, визначивши якісні і кількісні співвідношення біокомпонентів, органолептичні властивості та розрахувавши ступінь забезпечення добової потреби організму людини у вітамінах, біофлавоноїдах тощо при споживанні 300 г заморожених плодів або ягід (за окремими мікронутрієнтами — 100 г заморожених плодів або ягід). Методики загальновідомі [12; 13].

Викладення основних результатів дослідження. Оцінку харчової цінності заморожених об'єктів як показника, що відображає всю повноту корисних властивостей харчового продукту, включаючи ступінь забезпечення фізіологічних

потреб організму людини в основних нутрієнтах, енергією та органолептичні характеристики, розпочали з визначення вмісту пектинових речовин. На сьогодні незаперечним є факт їх надзвичайно великої ролі у функціонуванні організму людини.

Більш того, пектинові речовини, що входять до складу клітинних стінок об'єктів, захищають їх від негативного впливу низьких температур при заморожуванні сировини, значною мірою позитивно впливаючи на якість заморожених і, особливо, дефростованих напівфабрикатів.

У табл. 1 наведено результати визначення вмісту пектину, протопектину у заморожених і дефростованих ягодах та плодах.

Таблиця 1. Вміст пектинових речовин у заморожених плодах і ягодах, г на 100 г продукту

Вид ягід	Протопектин	Пектин	Сума пектинових речовин	% протопектину
Аронія чорноплідна	0,910	1,080	1,990	41,0
Калина	1,410	1,510	2,910	44,6
Ожина	1,210	0,795	2,005	60,3
Малина	1,080	1,030	2,110	72,7
Чорниця	1,000	1,056	2,056	50,0
HP0,5	0,9	1,1	1,0	1,3

Аналіз табличних даних надає можливість зробити ряд висновків.

Загалом, основні біохімічні процеси синтезу і взаємоперетворення пектинових речовин мають певною мірою універсальний характер — кожна із досліджених культур містить у певних співвідношеннях протопектин і розчинний пектин. Вивчення ферментативних процесів перетворення пектинових речовин дало можливість дослідникам з'ясувати їхню роль у формуванні плоду, темпах його розвитку і дозрівання, у визначенні його консистенції.

З отриманих у таблиці даних видно, що максимальну кількість пектинових речовин містять плоди калини (3% за масою продукту). Більш того, 55,4% цієї кількості припадає на розчинний пектин, який відзначається високою біологічною активністю і легко засвоюється організмом людини. Всі досліджені види плодів та ягід за цими показниками наближаються до калини.

Пектин бере участь у процесах ароматоутворення, а також має здатність зберігати у готових продуктах природний колір та аромат плодів. Тому використання швидкозаморожених напівфабрикатів із наведених у таблиці, а також інших досліджених зразків забезпечує готовим продуктам високі органолептичні властивості та детоксикаційну здатність стосовно важких металів, радіонуклідів, інших ксенобіотиків [14].

Відомо, що вміст пектинових речовин у різних видах рослин може значно змінюватись під впливом погодних умов. Однак установлено, що співвідношення фракцій протопектин:розчинний пектин залишається незмінним для цього виду рослин [15]. Тобто за будь-яких обставин у заморожених ягодах аронії, калини, чорниці, завжди переважає частка розчинного пектину (~ 50%).

Більш детальні дослідження показали, що протопектин міститься в основному в шкірці ягід аронії та калини, тому вона має таку щільну структуру, надійно

ізолює внутрішні м'які тканини від зовнішніх впливів, завдяки чому обмінні процеси в ягодах відбуваються повільніше, вони краще зберігаються, і при заморожуванні утворені кристали льоду менше руйнують текстуру ягід.

Дикорослі і культивовані плоди та ягоди є ефективним джерелом різноманітних вуглеводів, серед яких — цукри, поліоли, пектинові речовини, клітковина, геміцелюлози. Вуглеводи є найважливішою групою органічних сполук, що входять до складу рослинних організмів, їх основне джерело енергії і головний каркасний матеріал рослинних клітин. Цукри в поєднанні з кислотами та іншими речовинами зумовлюють характерний смак плодів та ягід та їхні технологічні особливості.

У табл. 2 наведено результати експериментальних досліджень вуглеводного складу досліджуваних плодів та ягід.

Таблиця 2. Вуглеводний склад заморожених плодів та ягід, г на 100г продукту

Назва ягід	Цукри		Пектинові речовини
	Всього	Сахароза	
Калина	7,0...7,6	0,1...0,2	2,4...3,5
Аронія чорноплідна	5,2...7,9	0,2...0,3	1,9...2,6
Малина	4,6...8,4	0,5...0,6	1,6...2,5
Ожина	7,8...8,8	0,2...0,3	1,9...2,1
Чорниця	4,8...7,5	0,4...0,5	1,1...2,0
НІР _{0,5}	0,8	0,6	1,1

Отримані результати підтверджують цінний вуглеводний склад заморожених плодів і ягід: із загальної маси цукрів понад 90% припадає на суміш глюкози і фруктози, що свідчить про доцільність їх використання у дієтичному харчуванні; істотними концентраціями відзначається вміст пектинових речовин (аналогічно даним табл. 1).

Важливою характеристикою швидкозаморожених напівфабрикатів є вміст у них органічних кислот. Завдяки певному значенню рН, яке створюється ними, пригнічується розвиток плісняви та інших мікроорганізмів, окремі кислоти (наприклад, яблучна) мають радіозахисну дію; перебуваючи у певному співвідношенні з цукрами, органічні кислоти зумовлюють смакові якості і сировини, і готової продукції, і це співвідношення характеризується глікоацидометричним індексом (ГАІ).

Результати співвідношення концентрацій цукрів та органічних кислот наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Вміст органічних кислот і цукрів у заморожених плодах і ягодах, г на 100 г продукту

Вид ягід	Сума цукрів, %	Сума органічних кислот, %	ГАІ
Аронія чорноплідна	6,3...7,8	0,92...1,84	7,83
Калина	5,1...5,5	0,6...1,2	5,88
Ожина	7,8...8,3	0,64...1,38	8,77
Малина	8,2...8,9	1,18...1,24	7,72
Чорниця	6,9...8,4	0,76...1,08	8,55
НІР _{0,5}	0,8	0,6	0,63

З даних табл. 3 видно, що всі заморожені матеріали цих партій містять майже однакові кількості органічних кислот, а малина і чорниця — найбільше цукрів. Це співвідношення служить об'єктивною характеристикою смаку продукції як поєднання цукристості та кислотності. Його виражають глюкоацидометричним індексом. З таблиці видно, що після тривалого зберігання оптимальні значення ГАІ (6...7:1) мають ягоди калини, малини, а в інших видах ягід ці показники дещо вищі.

З таблиці також видно, що за кількісним вмістом цукрів і органічних кислот для одного і того ж виду існує певний інтервал значень від мінімального до максимального, що зумовлено, вочевидь, особливостями виду і природними умовами періоду вирощування і збору сировини. Головною залишається здатність усіх культур накопичувати в процесі життєдіяльності певну кількість цінних у біологічному значенні органічних кислот і цукрів, а розрахований глюкоацидометричний індекс відповідає інтервалам його оптимальних значень.

У табл. 4, поряд із даними щодо вмісту аскорбінової кислоти, містяться і результати вмісту загальної кількості поліфенольних сполук, зважаючи на синергізм їхньої взаємодії.

Таблиця 4. Вміст аскорбінової кислоти та поліфенольних сполук у заморожених за вдосконаленою технологією плодах і ягодах, мг/100 г продукту

Вид ягід	Каротиноїди, мг/100 г	Аскорбінова кислота, мг/100 г	Поліфенольні сполуки, мг/100 г	Антоціани, мг/100 г
Аронія	3,76	139,5	1345,0	990,0
Калина	2,05	49,7	1215,0	785,0
Ожина	3,27	75,9	1858,0	898,0
Малина	2,18	55,4	1344,0	446,0
Чорниця	1,94	57,3	2095,0	1654,0
HP0,5	0,7	1,0	1,2	0,8

Отже, отримані заморожені матеріали є багатими природними джерелами аскорбінової кислоти, поліфенольних сполук і антоціанів, що свідчить про необхідність їх широкого використання при виробництві оздоровчих продуктів та напівфабрикатів. Відомо, що фенольні сполуки накопичуються у вигляді глікозидів у тих частинах рослин, в яких процеси метаболізму проходять найбільш ефективно, і це особливо характерно для дикорослих ягід.

На наступному етапі досліджень з'ясували зміни основних біокомпонентів заморожених плодів і ягід у процесі холодильного зберігання протягом 3 і 9 місяців (-18°C). Результати представлено в табл. 5.

Таблиця 5. Вміст основних біокомпонентів у заморожених плодах і ягодах після тривалого зберігання, мг/100 г продукту

Вид ягід	Аскорбінова кислота				Поліфенольні сполуки			
	Вихідний вміст	Після заморожування	Після зберігання, міс.		Вихідний вміст	Після заморожування	Після зберігання, міс.	
			3	9			3	9
Аронія	143,4	139,5	130,4	125,5	1367,0	1345,0	1340,0	1329,0
Калина	55,2	49,6	50,8	49,0	1245,0	1215,0	1206,0	1192,0
Ожина	78,8	75,9	72,4	68,8	1885,0	1858,0	1826,0	1804,0
Малина	59,6	55,4	52,2	46,4	1362,0	1344,0	1331,0	1311,0
Чорниця	60,4	57,3	55,8	49,2	2118,0	2095,0	2070,0	2050,0

Отже, після заморожування всі ягоди містили аскорбінової кислоти в межах від 55,4 мг/100 г до 139,5 мг/100 г залежно від культури, і ця частка складала від 92% до 97% від вмісту вітаміну С у свіжих ягодах. Втрати його протягом 3 місяців зберігання склали, наприклад, для ягід аронії 9,4%, а для ягід чорниці — 7,7%. Через 9 місяців зберігання ці цифри зросли лише до 12,6 та 18,6%. Для порівняння: при традиційних технологіях заморожування (без кріопротекторів) через 3 місяці зберігання ягоди аронії втрачають до 58% вітаміну С, а ягоди чорниці — аж 71%.

Зважаючи на те, що вітамін С як активний антиоксидант, що бере участь у багатьох фізіологічних функціях, зокрема в синтезі колагену та транспортної форми вітаміну D [16], належить до найбільш лабільних представників компонентного складу плодів і ягід, такий високий ступінь його збереженості і після заморожування, і після тривалого зберігання є надійним свідченням того, що запропонована нами вдосконалена технологія має достатньо щадний ефект технологічного оброблення плодово-ягідної сировини, максимально наближаючи якісні показники отриманих напівфабрикатів до свіжих матеріалів.

Як і слід було очікувати, ступінь збереження поліфенольних сполук з істотною антиоксидантною активністю виявився ще вищим: протягом 9 місяців зберігання ягоди чорниці втратили лише 3,2% цих сполук, а ягоди аронії — 2,8%.

Варто зазначити, що високий вміст антоціанів у досліджених ягодах, особливо у чорниці (1654 мг/100 г продукту), яким властивий потужний антиоксидантний ефект, капілярозміцнююча, кардіотропна, спазмолітична, гіпотензивна, протизапальна та інші дії [17], дає змогу прогнозувати, що споживання заморожених ягід безпосередньо або у вигляді збагачених раціонів сприятиме зміцненню стану здоров'я споживачів, що загалом визначає рівень національної безпеки держави.

Згідно з даними таблиць 4 і 5, зміни якісних показників плодів і ягід при заморожуванні і тривалому зберіганні відбуваються строго індивідуально. Тому, окрім отриманих даних, важливо визначити органолептичні показники матеріалів до і після технологічного оброблення. Їх наведено в табл. 6.

Таблиця 6. Дегустаційна оцінка швидкозаморожених плодів і ягід після 9 місяців зберігання

Дослідний зразок	Вид продукції	Оцінка за 5 бальною шкалою					
		Зовнішній вигляд	Стан поверхні	Аромат	Колір	Смак	Загальна оцінка
Вишня	Свіжа	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	Після заморожування	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	Через 9 місяців	4,9	4,7	4,6	4,9	4,9	4,8
Калина	Свіжа	5,0	5,0	4,8	5,0	4,6	4,88
	Після заморожування	5,0	5,0	4,8	5,0	4,6	4,88
	Через 9 місяців	5,0	4,8	4,7	4,9	4,5	4,78
Смородина чорна	Свіжа	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	Після заморожування	5,0	4,9	4,9	4,8	4,8	4,88
	Через 9 місяців	4,6	4,5	4,7	4,8	4,5	4,64
Вишня (необроблена кріопротекторами)	Свіжа	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	Після заморожування	4,2	4,0	4,6	4,1	4,4	4,26
	Через 9 місяців	3,3	3,3	3,6	2,5	3,8	3,3

Дегустаційна оцінка показала, що плоди (вишня, калина) та ягоди (смородина чорна), заморожені за вдосконаленою технологією з використанням кріопротекторів протягом усіх 9 місяців холодильного ($-18 \pm 1^\circ\text{C}$) зберігання мають приємний смак, аромат, природне забарвлення і свіжий вигляд. Лише ягоди смородини чорної за всіма показниками після тривалого зберігання дещо втратили в оцінці органолептичних властивостей, і загальний показник з 5 балів знизився до 4,88 після заморожування і до 4,64 — після зберігання. Причина цього полягає, очевидно, в тому, що ягоди смородини мають ніжну покривну тканину, менш стійку до ушкоджуючої дії кристалів льоду при заморожуванні, ніж у калини.

Високо оцінено аромати та колір заморожених плодів і ягід: навіть через 9 місяців вони зберігають сортові нюанси запахів і кольорові характеристики.

Порівняння дегустаційної оцінки плодів вишні, замороженої після оброблення кріопротекторами і без такого оброблення, підкреслює ефективність вдосконаленої технології порівняно із традиційним способом заморожування. І якщо загальна оцінка плодів вишні за першим варіантом склала після 9 місячного зберігання 4,8 бала, то при традиційному заморожуванні цей показник досяг лише 3,3 бала.

Відповідно до літературних даних [1], усі плоди та ягоди містять широкий спектр макро- та мікроелементів, хоча кількість їх може істотно відрізнятись для різних видів. При заморожуванні, а також тривалому зберіганні концентрація мінеральних сполук істотно не змінюється, і основні їх втрати можуть спостерігатись при дефростації заморожених матеріалів разом із втратами клітинного соку.

У табл. 7 наведено вміст у заморожених плодах і ягодах основних мінеральних елементів, які відіграють істотну роль у функціонуванні організму людини.

Таблиця 7. Вміст основних макро- та мікроелементів у заморожених плодах і ягодах, мг/100 г продукту

Дослідний зразок	Вид продукції	Макроелементи				Мікроелементи			
		K	Na	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
Вишня	Свіжа	258,0	29,9	36,4	32,4	0,55	0,172	0,081	0,073
	Після заморожування	250,1	28,5	36,0	31,0	0,52	0,167	0,080	0,070
	Через 9 місяців	235,5	27,7	35,1	31,0	0,50	0,160	0,068	0,063
Смородина чорна	Свіжа	355,4	32,8	34,8	40,4	1,34	0,163	0,054	0,047
	Після заморожування	353,2	32,2	34,8	39,7	1,28	0,140	0,054	0,044
	Через 9 місяців	353,0	31,6	33,5	38,8	1,06	0,140	0,049	0,041
Малина	Свіжа	236,0	25,1	38,6	22,9	1,01	0,141	0,076	0,100
	Після заморожування	232,2	24,8	38,4	21,2	1,00	0,136	0,064	0,092
	Через 9 місяців	228,4	24,2	37,4	18,6	0,92	0,135	0,058	0,84

З таблиці видно, що всі досліджені плоди і ягоди (у таблиці наведено 3 дослідні зразки із 13) і в свіжому вигляді, і після заморожування та тривалого зберігання містять есенціальні, біогенні мінеральні речовини. За вмістом кальцію найбільш висока концентрація в ягодах малини (38,6 мг/100 г) при добовій потребі

800...1200 мг; калію, який бере активну участь в різних біохімічних процесах, зокрема у підтриманні осмотичних властивостей клітин і плазми крові, найбільше в ягодах чорної смородини (355,4 мг/100 г) при добовій потребі 2500 мг. Ця культура містить також найбільше магнію (40,4 мг/100 г), який входить до складу більшості ферментів, бере участь у метаболізмі АТФ і знижує ризик виникнення атеросклерозу [1]. Його добова потреба становить 400 мг.

Частка мікроелементів значно менша, та й добова їхня потреба незначна. Наприклад, концентрація заліза в ягодах малини становить 1,01 мг/100 г при його добовій потребі 10—15 мг. Цинку найбільше в плодах вишні (0,172 мг/100 г) при добовій потребі 10—12 мг. Цей мікроелемент в нинішніх умовах пандемії користується особливою популярністю, оскільки він разом з вітаміном В₆ бере участь у синтезі ненасичених кислот і необхідний для підтримання імунітету, забезпечення нормального кровотворення та інших фізіологічних функцій організму. Плоди вишні містять також найбільше марганцю серед інших культур (0,081 мг/100г). Цей мікроелемент бере участь у процесах синтезу білків та нуклеїнових кислот, його добова потреба складає 2 мг.

А за вмістом міді переважають ягоди малини (0,1 мг/100 г), при її добовій потребі 1—2 мг. Мідь, як відомо, входить до структури ряду білків і ферментів, бере участь у синтезі колагену та еластину.

Тож заморожені плоди і ягоди можна ефективно використовувати для подолання і запобігання мікроелементозам.

Висновки

Розроблена вдосконалена технологія швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів не знижує їхньої харчової цінності стосовно свіжої сировини, а органолептичні показники лише незначно погіршуються після тривалого зберігання. Збереженість вмісту аскорбінової кислоти, поліфенольних сполук, каротиноїдів, органічних кислот, вуглеводів (у тому числі пектинових речовин), мінеральних сполук становить 75—90%. Такої кількості достатньо для задоволення 10—50% середньодобової потреби в них для організму людини при звичайному рівні споживання (300 г плодів і ягід), а за вмістом аскорбінової кислоти, поліфенольних сполук і каротиноїдів дану потребу перевищено на 150—300%. Тобто, з точки зору добового вітамінного забезпечення, достатньо 100 г плодів або ягід.

Література

1. Сімахіна Г. О., Стеценко Н. О., Науменко Н. В. Біологічно активні речовини в харчових технологіях: підручник. Київ: НУХТ, 2016. 455 с.
2. Карпова Е. А., Храмова Е. П. Флавоноиды и аскорбиновая кислота у некоторых представителей рода *Vegonia L.* *Химия растительного сырья*. 2009. № 2. С. 105—110.
3. Филиппова Р. А., Филатова И. А. Значение в профилактике заболеваний фенольных соединений плодов и ягод. *Пищ. пром-сть*. 2000. № 8. С. 35—37.
4. Лосев А. Формирующий рынок замороженных овощей и ягод. *Продукты питания*. 2005. № 17. С. 17—21.
5. Українець А. І., Сімахіна Г. О., Науменко Н. В., Камінська С. В. Заморожені плодово-ягідні напівфабрикати: якість, ефективність, безпека: монографія. Київ: Видавництво «Сталь», 2019. 324 с.

6. Аналіз світового ринку заморожених продуктів харчування за видом продукції та географічним розташуванням: тенденції та прогнози (2010—2018): звіт. URL: <<http://www.usssa.org.ua/ua/information/news/21#>>. Дата звернення: 21.01.2019.

7. Karolefski J. What Are the Most Important Food Trends Today? URL: <<http://www.crgmatters.com/International0612.html>>. Дата звернення: 21.01.2019.

8. Сімахіна Г. О., Халасіна С. В. Перспективи використання кріопротекторів в інноваційних технологіях заморожування плодово-ягідної сировини. *Международный научный журнал «Acta Universitatis Pontica Euxinus». Спеціальний випуск*. Т. 2. Варна, 2013. С. 141—144.

9. Сімахіна Г. О., Халасіна С. В. Отримання заморожених напівфабрикатів дикорослих ягід зі щільною покривною тканиною. *Наукові праці НУХТ*. 2016. № 3. С. 198—206.

10. Simakhina G., Naumenko N., Bazhay-Zhezherun S., Kaminska S. Impact of cryoprotection on minimization of ascorbic acid losses in freezing of berries. *Ukrainian Food Journal*. 2019. Vol. 8. # 2. P. 271—283.

11. Сімахіна Г. О., Камінська С. В. Оцінка безпеки швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів на основі принципів системи НАССР. *II Міжнародна науково-практична конференція «Discovery Science»*. 17 травня 2019 р., м. Карлові Вари, Чехія. 2019. С. 38—49.

12. Ермаков А. И. Методы биохимического исследования растений. Ленинград: Агропромиздат, 1987. 430 с.

13. Черевко О. І., Крайнюк Л. М., Касілова Л. О. Методи контролю якості харчової продукції. Харків: ХДУХТ, 2005. 230 с.

14. Братан Л. И., Краснова Н. С. Исследование связывания свинца пектинами различных типов в присутствии растительных полифенолов. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2001. № 1. С. 38—42.

15. Петрова В. П. Биохимия дикорастущих плодово-ягодных растений. Киев: Вища школа, 1986. 285 с.

16. Спиричев В. Б. Исследование в витаминотерапии: теоретические и практические аспекты. *Вестник АМН СССР*. 1991. № 11. С. 64—70.

17. Лапин А. А., Бортников М. Ф. Антиоксидантные свойства продуктов растительного происхождения. *Химия растительного сырья*. 2007. № 2. С. 79—83.

DETERMINATION OF SUNFLOWER SEED MEAL INFLUENCE ON THE STRUCTURAL PARAMETERS OF DOUGH AND PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF BUTTER COOKIES

V. Dorohovych, A. Hulenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Sunflower seed meal
Dough
Structure
Butter cookies
Physical and chemical parameters*

Article history:

Received 20.01.2021
Received in revised form 02.02.2021
Accepted 16.02.2021

Corresponding author:

V. Dorohovych
E-mail:
vikador@meta.ua

ABSTRACT

The article presents research results on the usage of sunflower seed meal in the technology of butter cookies. The expediency of using sunflower seed meal is due to the fact that butter cookies have small amount of protein, almost no dietary fiber, a large amount of fat and sugar. Sunflower seed meal contains about 35% of protein and 16% of fiber. The usage of sunflower seed meal is less common than usage meal of other oilseeds. This is probably due to the presence of chlorogenic acid, which oxidizes and form dark-colored products, which impair visual perception of products.

In order to determine the sunflower seed meal effect on the structural and mechanical properties of the dough, shear stress was determined. It was established that meal usage in the amount of up to 10% caused an increase in the ultimate shear stress of the dough by 21...23%, the meal usage in the amount of 20% - to 60%. This can be explained by changes in the nutritional composition of cookies, in particular an increase in the dietary fiber amount. The maximum shear stress was also determined after 1 hour of dough aging. The expediency of such studies is due to the probability of situations where the dough is subject to forced aging. It was found that the shear stress in dough samples with meal dosage of 5%, 10%, 20% increased by 14.5, 23.9, 55.4%, respectively, compared to the initial one.

Physico-chemical parameters of the developed cookies meet the requirements of regulatory documentation. The wettability of butter cookies with sunflower seed meal was slightly lower compared to the control, which was due to the nutrient composition of sunflower seed meal. Strength increased, which can probably be explained by an increase in the amount of protein and dietary fiber in its composition. During storage, there was an increase in humidity of cookies, due to the equilibrium humidity, which was higher than the humidity of baked cookies and a decrease in alkalinity in the control sample and in the test sample of cookies.

In samples of cookies with a meal dosage of 20% there was a grayish color, but the taste was not inferior to the control sample.

DOI: 10.24263/2225-2924-2021-27-1-17

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ШРОТУ НАСІННЯ СОНЯШНИКА НА СТРУКТУРНІ ПОКАЗНИКИ ТІСТА І ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗДОБНОГО ПЕЧИВА

В. В. Дорохович, А. М. Гуленко

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати досліджень щодо застосування шроту насіння соняшника в технології здобного печива. Доцільність застосування шроту насіння соняшника обумовлена тим, що здобне печиво має невелику кількість білка, майже не має харчових волокон, натомість містить велику кількість жиру та цукру. В шроті насіння соняшника міститься близько 35% білка та 16% клітковини. Застосування шроту насіння соняшника менш розповсюджено, ніж застосування шротів інших олійних культур. Це, ймовірно, пов'язано з наявністю хлорогенової кислоти, яка окиснюється з утворенням темнозабарвлених продуктів, які, у свою чергу, погіршують візуальне сприйняття виробів.

З метою визначення впливу шроту з насіння соняшника на структурно-механічні властивості тіста визначали граничну напругу зсуву. Встановлено, що застосування шроту в кількості до 10% спричиняє збільшення граничної напруги зсуву тіста на 21...23%, застосування шроту в кількості 20% — до 60%. Це може бути пояснено зміною нутрієнтного складу печива, зокрема збільшенням кількості харчових волокон. Також проводили визначення граничної напруги зсуву після 1 год вилежування тіста. Доцільність проведення таких досліджень обумовлена ймовірністю ситуацій, коли тісто підлягає вимушеному вилежуванню. Встановлено, що гранична напруга зсуву в зразках тіста з дозуванням шроту 5%, 10%, 20% збільшилась відповідно на 14,5, 23,9, 55,4%, якщо порівняти з початковою.

Фізико-хімічні показники розробленого печива відповідають вимогам нормативної документації. Намочуваність здобного печива зі шротом насіння соняшника децю нижча порівняно з контролем, що пов'язано з нутрієнтним складом шроту насіння соняшника. Міцність збільшується, що, ймовірно, можна пояснити збільшенням кількості білка та харчових волокон у його складі. В процесі зберігання спостерігається збільшення вологості печива, що пояснюється рівноважною вологістю, яка вища за вологість випеченого печива, та зменшення лужності в контрольному зразку і в досліджуваному зразку печива.

У зразках печива з дозуванням шроту 20% спостерігається сірувате забарвлення, проте за смаковими властивостями воно не поступається контрольному зразку.

Ключові слова: шрот насіння соняшника, тісто, структура, здобне печиво, фізико-хімічні показники.

Постановка проблеми. Натепер науковці України багато уваги приділяють застосуванню різноманітних сировинних інгредієнтів і харчових (дієтичних) добавок у борошняних кондитерських виробках. Одним із таких інгредієнтів є шрот різних олійних культур — побічний продукт олійної промисловості. Застосування шротів у технологіях кондитерських виробів можна розглядати як ресурсозбереження.

На сьогодні шрот насіння соняшника менше ніж інші види шротів знайшов застосування при розробленні кондитерських виробів, хоча містить у своєму складі до 40% білка, вітамін Е і багато харчових волокон.

Аналіз асортименту борошняних кондитерських виробів показав, що нутрієнтний склад цієї продукції, в більшості випадків, характеризується високим вмістом цукру та насичених жирних кислот, а вміст білка, харчових волокон, вітамінів і мінеральних речовин є низьким. Це обумовлює доцільність розроблення борошняних кондитерських виробів, зокрема здобного печива, із застосуванням сировинних інгредієнтів, багатих на зазначені нутрієнти.

З цією метою запропоновано застосування соняшникового шроту, який отримують у достатній кількості як вторинну сировину олійної промисловості. Сировина характеризується високою харчовою та біологічною цінністю порівняно з пшеничним борошном (табл. 1) [1; 2]. Це обумовлює перспективи для його використання в борошняних кондитерських виробках, зокрема, у виробництві здобного печива.

Таблиця 1. Хімічний склад пшеничного борошна та шроту насіння соняшника

Найменування сировини	Вміст у шроті, %		
	ліпіди	протеїн	клітковина
Пшеничне борошно в/с	1,08	10,30	0,10
Шрот насіння соняшника	3,23	35,10	16,19

Водночас потрібно враховувати, що збільшення кількості білка, харчових волокон може впливати на структурні та фізико-хімічні показники напівфабрикатів і готових виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробленням борошняних кондитерських виробів із застосуванням шроту насіння соняшника займалися зарубіжні та українські науковці. Так, у [3] представлено результати досліджень щодо застосування маси для формування на основі екструдованого ядра соняшникового насіння шроту насіння соняшника у вівсяному печиві. Існує розробка пісочного печива із застосуванням суміші шротів бобів сої, насіння соняшника та розторопші [4]. Науковцями також запропоновано використання кунжутної та гарбузової макухи [5].

У США та Австралії, використовуючи як вихідний матеріал сорт соняшника Первісток, методами гібридизації отримане високоолеїнове насіння Fernandez Martinez, Simpson, яке може стати основою для високоолеїнових олій із вмістом олеїнової кислоти 81,3% для збагачення жирнокислотного складу БКВ [6].

Основною причиною, що обмежує застосування соняшникового білка в рецептурах харчових продуктів є наявність у насінні фенольних сполук, основним

компонентом яких є хлорогенова кислота. При нагріванні білків соняшникового насіння і при введенні їх у лужне середовище, що застосовується при отриманні білкових ізолятів за традиційною технологією, хлорогенова кислота окиснюється з утворенням темнозабарвлених продуктів, які знижують споживчі якості білкових продуктів, обмежують або навіть виключають їх харчове використання [7].

Метою досліджень є визначення впливу шроту насіння соняшника на структурні властивості тіста (гранична напруга зсуву) та фізико-хімічні (вологість, лужність, намокуваність) і структурні (міцність) властивості здобного печива.

Матеріали і методи. Об'єкт дослідження — технологія здобного печива із застосуванням шроту насіння соняшника. Предмет дослідження — шрот насіння соняшника, тісто виготовлене з використанням шроту насіння соняшника, випечене печиво.

Основним нормативним документом, який регламентує якість здобного печива є ДСТУ 3781:2014 «Печиво. Загальні технічні умови», відповідно до якого проводилися дослідження якості контрольних і дослідних зразків печива за такими показниками: вологість, намокуваність, лужність. В той же час для розроблення технології мають значення і структурні показники тіста. Структурні показники тіста визначали граничною напругою зсуву за допомогою пенетрометра РПЛ-4/2. Метод полягає у вимірюванні занурення конуса в досліджувану систему під дією сталого навантаження й визначенні найбільшої глибини занурення, після досягнення якої швидкість практично дорівнює нулю [8].

Вологість печива визначали прискореним методом шляхом висушування в сушильній шафі СЕШ-3М. Лужність визначали титруванням. Намокуваність печива характеризує коефіцієнт намокання, який визначали шляхом співвідношення маси печива до намокання та маси печива після намокання [8].

Викладення основних результатів дослідження. До рецептури тіста для здобного печива входить пшеничне борошно, цукор білий, вершкове масло, меланж, крохмальна патока, розпушувач. Кожен із цих рецептурних компонентів по своєму впливає на властивості тіста і готового виробу.

У процесі дослідження структури тіста звертали увагу на структуру (консистенцію) тіста, яку можна було визначити органолептично. Приготовані зразки тіста з дозуванням 5, 10 і 20% шроту до маси борошна відрізнялися від контрольного меншим прилипанням та більшою пластичністю тіста. Також відмічено підвищення пластичності тіста. Це, ймовірно, пояснюється незначним збільшенням кількості жирової складової в тісті за рахунок застосування шроту насіння соняшника.

Для більш об'єктивної оцінки структури тіста потрібно застосовувати інструментальні методи. За допомогою пенетрометра було визначено граничну напругу зсуву тістових мас усіх дослідних зразків для свіжозамішаного тіста та через 1 год відлежування. Визначення граничної напруги зсуву після 1 год вилежування тіста обумовлено тим, що в реальних виробничих умовах можуть бути ситуації, коли технологічний процес призупиняється. Замішане тісто не подається на формування і під час примусового вилежування в тісті відбуваються фізико-хімічні та колоїдні процеси, що впливають на його структурні показники. Результати представлені на рис. 1.

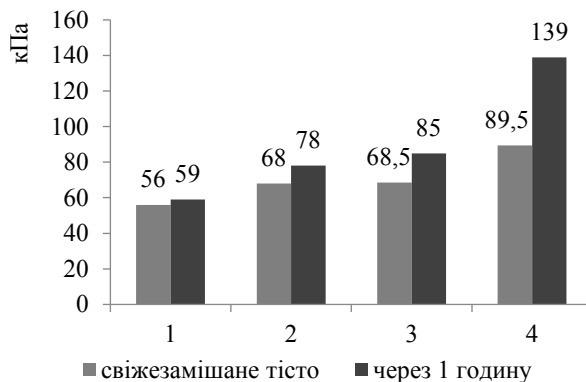


Рис. 1. Гранична напруга зсуву тістових мас:
 1 — контроль; 2 — 5% шроту соняшника;
 3 — 10% шроту соняшника; 4 — 20% шроту соняшника

Аналізуючи отримані результати (рис. 1), можна зробити висновок про те, що гранична напруга тістових мас контрольного і дослідних зразків з різним дозуванням соняшникового шроту зростає зі збільшенням цього інгредієнта для свіжезамішаного тіста порівняно з контролем. Аналогічну ситуацію спостерігаємо і після відлежування тіста через одну годину. Виявлено прямо пропорційне збільшення граничної напруги зсуву відповідно до збільшення заміни кількості соняшникового шроту до маси пшеничного борошна протягом цього часу.

Як бачимо з рис. 1, свіжезамішаний контрольний зразок тіста має граничну напругу зсуву, характерну для пластичних мас, які розмазуються та /або відсаджуються. Після відлежування напруга зсуву тіста незначно збільшилася на 4,8% порівняно зі щойно приготованим зразком, що пояснюється набуханням білків пшеничного борошна.

Зразки свіжезамішаного тіста з дозуванням добавки 5 і 10% до маси борошна мали граничну напругу зсуву на 21,5 та 22,5% більше за контроль і мало відрізнялися між собою, чого не можна сказати про зразок з 20% шроту — 59,3%. Це пов'язано передусім з кількістю внесення добавки і її складом: шрот містить у кілька разів більше білків, ніж борошно, багато харчових волокон. Як відомо, всі ці речовини добре зв'язують вільну вологу в тісті.

Після відлежування тіста для здобного печива протягом фіксованого часу (1 год), було проведено повторне вимірювання граничної напруги зсуву для всіх зразків. Виявлено, що соняшниковий шрот значно впливає на структуру тіста, яка на дотик стала більш сухішою, крихкою, тісто здається твердим і щільним. Гранична напруга тіста, виміряна за допомогою пенетрометра, через 1 год збільшилася на 14,5, 23,9, 55,4% порівняно з початковою для зразків із шротом. Через таке збільшення щільності тіста майже вдвічі, порівняно з контролем, рекомендуємо його довго не замішувати і відразу формувати, щоб уникнути значного набухання білків і харчових волокон.

Застосування шроту з насіння соняшника у кількості 5 і 10% , на нашу думку, недостатньо підвищує харчову та біологічну цінність печива, тому доцільним є застосування шроту в кількості 20%.

Після виготовлення зразків здобного печива з додаванням соняшникового шроту були проведені дослідження основних фізико-хімічних характеристик печива, які нормуються національним стандартом ДСТУ 3781:2014 «Печиво. Загальні технічні умови» (табл. 2).

Таблиця 2. Фізико-хімічні і структурні показники печива з різним дозуванням шроту

Назва показника	Контрольний зразок	Досліджувані зразки печива з дозуванням шроту		
		5%	10%	20%
Вологість, %	5,0	5,1	5,2	5,2
Лужність, град	0,8	0,7	0,7	0,6
Намочуваність, %	228	215	192	181
Міцність, <i>H</i>	1,80	1,85	1,90	2,15

Результати фізико-хімічних досліджень виявили, що всі основні нормовані показники знаходяться в межах норм, встановлених стандартом. Це свідчить про те, що використання добавки соняшникового шроту у визначеній кількості 20% до маси борошна надає можливість виготовляти печиво, що відповідає вимогами стандарту. Вологість усіх зразків печива була фактично на одному рівні, що є позитивним. Намочуваність досліджуваних зразків здобного печива нижча порівняно з контролем. Це пов'язано з додаванням соняшникового шроту, який впливає на структуру тіста для печива, роблячи її більш щільнішою, тому й пористість печива нижча. Міцність досліджуваних зразків печива зі збільшенням шроту насіння соняшника збільшується. Так, міцність печива з додавання 20% шроту насіння соняшника вища за контрольний зразок на 19%. Збільшення міцності можна пояснити збільшенням кількості білка та харчових волокон у його складі.

Важливе значення має стійкість показників якості печива під час зберігання. Для впровадження печива у виробництво рекомендовано дозування шроту насіння соняшника 20%, тому подальші дослідження було проведено за цього дозування. Результати наведено на рис. 2—4.

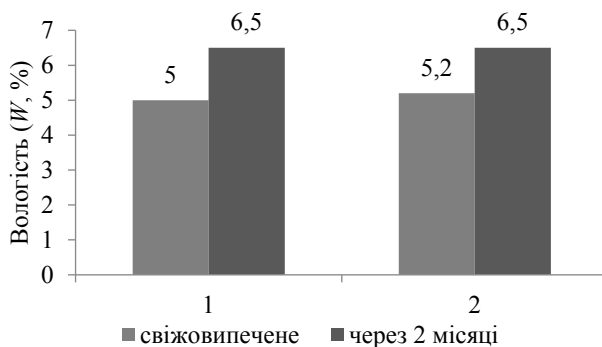


Рис. 2. Зміна масової частки води печива при зберіганні:
1 — контрольний зразок; 2 — дослідний зразок

Як видно з рис. 2, у показниках між контрольним зразком і печивом зі шротом не спостерігається різкої відмінності в значеннях. Однак у процесі зберігання як дослідного, так і контрольного зразка відмічено збільшення вологості. Це обумовлено тим, що рівноважна вологість здобного печива вища за його вологість після термооброблення, тому при зберіганні печиво сорбує вологу.

Збільшення намоочуваності під час зберігання (рис. 3) спостерігається в обох зразках печива, що пов'язано насамперед зі зміною вологості печива. В процесі зберігання градієнт вологи змінюється.

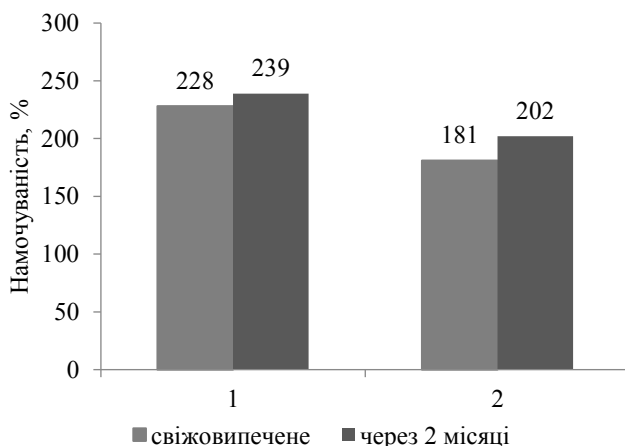


Рис. 3. Зміни намоочуваності печива при зберіганні:
1 — контрольний зразок; 2 — дослідний зразок

У процесі зберігання здобного печива відбувається зниження лужності (рис. 4) в контрольному зразку і в печиві «Шротик». Це пояснюється тим, що кількість розпушувачів у тісті з часом знижується через біохімічні реакції в досліджуваних зразках під час зберігання.

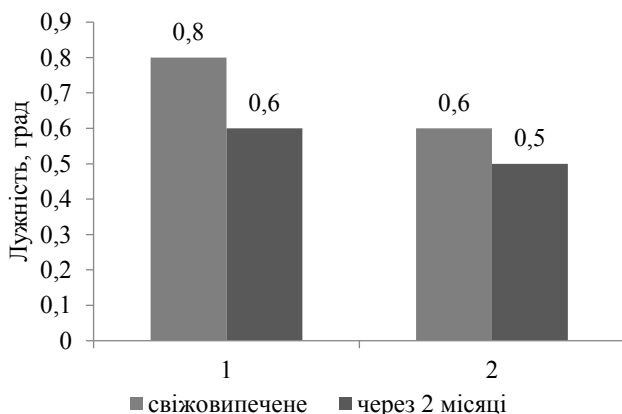


Рис. 4. Зміни лужності печива при зберіганні:
1 — контрольний зразок; 2 — дослідний зразок

У зразках печива з дозуванням шроту 20% спостерігається сірувате забарвлення, проте за смаковими властивостями воно не поступається контрольному зразку. Сірувате забарвлення можна нівелювати застосування какао-порошку, кербу та інших сировинних інгредієнтів, що надають інтенсивного і привабливого забарвлення печиву.

Висновки

За результатами досліджень встановлено, що тістові маси зі шротом насіння соняшника мають більш міцну структуру, про що свідчить збільшення граничної напруги зсуву. Фізико-хімічні показники досліджуваних зразків печива з різним дозуванням шроту знаходяться в межах, регламентованих ДСТУ. Однак відмічено зменшення намочуваності печива зі шротом насіння соняшника та збільшення міцності, що обумовлено меншою пористістю печива. Під час зберігання досліджуваного зразка печива відбувалось збільшення його вологості та зменшення лужності, що відповідає змінам у контрольному зразку печива.

Література

1. Химический состав пищевых продуктов: Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов; под ред. проф. И. М. Скурихина и проф. М. Н. Волгарева. [2-е изд., перераб. и доп.]. М.: Агропромиздат, 1987. 360 с.
2. Дослідження хімічного складу шротів олійного виробництва як добавки у виробництві харчових продуктів. URL: http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/13389/1/oil_cakes.pdf.
3. Євлаш В. В., Кузнецова Т. О., Гурікова І. М. Технологія борошняних кондитерських виробів із використанням маси для формування на основі екстудованого ядра соняшникового насіння. URL: <http://elib.hduht.edu.ua/bitstream/123456789/1984/...pdf>.
4. Кравченко М. Ф., Ярошенко Н. Ю., Михайлик В. С. Використання шротів олійних культур у технології борошняних кондитерських виробів. URL: www.irbis-nbuv.gov.ua>cgirbis_64.
5. Пешук Л. В., Носенко Т. Т. Біохімія та технологія оліє-жирової сировини: Навч. посібник. К.: ЦУЛ, 2011. 296 с.
6. Султанович Ю. А. Высокоолеиновые масла в кондитерском производстве. *Кондитерское и хлебопекарное производство*. 2012. № 10. С. 16—17.
7. Хлорогеновая кислота — антиоксидантный потенциал семян подсолнечника. URL: <https://sworld.com.ua/konfer31/53.pdf>.
8. Технологія та лабораторний практикум кондитерських виробів і харчових концентратів: навч. посіб. / за ред. проф. А. М. Дорохович і проф. В. М. Ковбаси. К.: Фірма «ІНКОС», 2015. 632 с.

RESEARCH OF PREDICTED STABILITY AND QUALITY OF DEVELOPED TINCTURES IN THE STORAGE PROCESS

N. Holovko, V. Kolesnyk, V. Polupan, N. Penkina

Kharkiv State University of Food and Trade

Key words:

Alcohol
Tinctures
Toxic effect
Herbal raw materials
Persistence
Storage

Article history:

Received 15.01.2021
Received in revised form
29.01.2021
Accepted 12.02.2021

Corresponding author:

V. Kolesnyk

E-mail:

vkol240584@gmail.com

ABSTRACT

The expediency of using herbal ingredients to reduce the toxic effect of alcoholic tinctures has been scientifically substantiated: milk thistle (*Silybummarianum*) (meal), tarragon (*Artemisiadracunculus*) (fresh), Echinacea purpurea (*Echinaceapurpurea*) (root), kelp (*Laminaria Rhodiolarosea L.*) (root), chokeberry (*Aroniamelanocarpa*) (fresh), ginger (*Zingiberofficinale*) (root), fresh orange (Developed a recipes of new tinctures has with reduce the toxic effect. *Citrussinensis*) (peel), kiwi (*Actinidiadelicosa*) (fresh).

Recipes of new tinctures with reduced toxic effect were developed: "RED LIGHT", "ORANGE LIGHT", "GREEN LIGHT".

The developed infusions were characterized by a pronounced, harmonious aroma, soft, pure and original taste, corresponding to the used raw materials. Relying on the regulatory documents, the indicator of the predicted resistance has been calculated — 12 months. Control of changes in organoleptic and physicochemical quality indicators over a certain period showed that the organoleptic indicators of quality did not deteriorated; strength and optical density (color intensity) in tinctures during storage decreased within the error, a decrease in color intensity will not affect the visual perception of the color of drinks, the decrease occurred in the range that is not perceived by visual inspection. Based on the results of research it is recommended to extend the storage term tinctures up to 12 months, with a guarantee of their quality (for a temperature of 5...20°C, which is of an acceptable humidity, which does not change 85%, in a dark warehouse). The conducted experimental studies proved the prospects of the formation of consumer properties and the expansion of the range of strong alcoholic beverages through the use of various compositions based on vegetable raw materials.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГНОЗОВАНОЇ СТІЙКОСТІ ТА ЯКОСТІ РОЗРОБЛЕНИХ НАСТОЯНОК У ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ

М. П. Головка, В. В. Колесник, В. В. Полупан, Н. М. Пенкіна
Харківський державний університет харчування та торгівлі

У статті науково обґрунтовано доцільність використання рослинних компонентів для зниження токсичного ефекту алкогольних напоїв: розторопши плямистої (*Silybummarianum*) (шрот), естрагону (*Artemisiadragunculus*) (свіжий), ехінацеї пурпурної (*Echinaceapurpurea*) (корінь), ламінарії (*Laminaria*) (сушена), родіоли рожевої (*Rhodolarosea* L.) (корінь), чорноплідної горобини (*Aroniamelanocarpa*) (свіжа), імбиру (*Zingiberofficinale*) (корінь), апельсина свіжого (*Citrussinēnsis*) (шкірка), ківі (*Actinidiadeliciosa*) (свіже).

Розроблено рецептурний склад нових настоянок зі зниженим токсичним ефектом: «RED LIGHT», «ORANGE LIGHT», «GREEN LIGHT».

Розроблені настоянки характеризуються вираженням, гармонійним ароматом, м'яким, чистим та оригінальним смаком, що відповідає використаній сировині. Спираючись на вимоги нормативної документації розраховано показник прогнозованої стійкості напоїв. Встановлено, що він становить 12 місяців. Контроль змін органолептичних і фізико-хімічних показників якості розроблених зразків протягом відповідного терміну показав, що органолептичні показники якості настоянок протягом усього терміну зберігання не погіршилися; міцність та оптична густина (інтенсивність забарвлення) у настоянках протягом зберігання знизилась у межах похибки, зменшення інтенсивності забарвлення не вплине на візуальне сприйняття кольору напоїв, зниження відбулося в діапазоні, який не сприймається візуальним оглядом. Зважаючи на отримані результати досліджень, рекомендовано подовження терміну зберігання розроблених настоянок до 12 місяців зі збереженням їх якості (за температури 5...20°C та відносної вологості, що не перевищує 85%, у темному приміщенні). Проведені експериментальні дослідження доводять перспективність формування споживних властивостей і розширення асортименту міцних лікєро-горілчанних виробів за рахунок використання різноманітних композицій на основі рослинної сировини.

Ключові слова: алкогольні напої, настоянки, токсичний ефект, рослинна сировина, стійкість, зберігання.

Постановка проблеми. Поряд із розумінням споживачів негативних наслідків від зловживання алкогольними напоями, реальний попит на лікєро-горілчані вироби з кожним роком збільшується [1]. На жаль, в умовах сьогодення алкогольні напої належать до товарів, які найбільш часто фальсифікуються. Зниження якості спиртових настоїв досягається за рахунок внесення добавок, непередбачених рецептурою, зокрема шляхом заміни натуральної сировини синтетичними ароматизаторами, підсолоджувачами та фарбуючими речовинами [2]. На ринку з'являється велика кількість нових багатокомпонентних алкогольних напоїв, які

формують виключно смакові характеристики [3]. Сучасний споживач, маючи широкий вибір конкретного найменування лікєро-горілочного напою, звертає увагу не лише на зовнішній вигляд і смаковість продукту, але й надає особливого значення безпеці та наслідкам, пов'язаним із його вживанням. Ефективним для зниження токсичної дії етилового спирту на організм людини є використання рослинних компонентів, органічних солей, кислот, вітамінних і мінеральних комплексів, антиоксидантів рослинного та синтетичного походження, біологічно активних і харчових добавок, лікувальних препаратів. До складу засобів, що зменшують наслідки алкогольної інтоксикації, входять хімічні компоненти — складові екстрактів рослинної сировини, які мають достатньо стійкий лікувально-профілактичний ефект та мінімальну побічну дію. Залежно від складу сировини існує ймовірність того, що додаткові компоненти, трави, екстракти й підсилювачі смаку можуть вступити в реакцію зі спиртом, утворюючи певні токсичні речовини [4]. Актуальним є використання нової функціональної сировини для формування смакових властивостей розроблених напоїв, зниження токсичного ефекту. За умови використання нових компонентів під час виробництва лікєро-горілочаних виробів необхідним є розрахунок термінів зберігання залежно від рецептури та контроль якості протягом терміну зберігання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні під час виробництва лікєро-горілочної продукції більш детальна увага приділена питанню створення нових і вдосконалення існуючих технологій з метою розширення асортименту продукції та збільшення обсягів продажу. Але актуальним стає питання створення нових рецептур лікєро-горілочаних виробів зі зниженим токсичним ефектом. Одним із дієвих способів впливу на ситуацію зловживання алкоголю є використання можливості знижувати токсичні ефекти етилового спирту. Самостійним напрямом зниження токсичних проявів алкоголю є включення до його складу сполук, які модифікують токсичну дію спирту. Їх вплив може виявлятися в гальмуванні метаболізму етанолу або в послабленні токсичної дії ацетальдегіду — неодмінного проміжного продукту в процесі утилізації етанолу, який визначає весь спектр порушень функціонування систем та органів. При цьому гальмування окислення етанолу призводить до більш повільного утворення ацетальдегіду, який до певної міри запобігає різкому та швидкому зростанню його концентрації в крові, що призводить до накопичення надлишку ацетальдегіду, із подальшим метаболізмом якого ферментні системи організму не справляються [5].

Зараз існує достатня кількість домішок, ефективних для зниження токсичності спирту. Використання нових рецептур алкогольних виробів дає змогу створювати лікєро-горілочні вироби з меншим вмістом потенційних токсинів порівняно з традиційними, розширювати асортимент продукції, представленої на ринку, і підвищувати конкурентну здатність нових видів продукції [6].

Традиційно до складу багатьох засобів, які пом'якшують наслідки алкогольної інтоксикації, входять екстракти рослинної сировини. Природні речовини здатні активно впливати на наш організм. При цьому лікувально-профілактичний ефект досить високий і стійкий, а побічних негативних наслідків майже не існує. Препарати з рослин відрізняються складним хімічним складом, зумовленим їх-

німи властивостями та, як наслідок, різноманітністю біологічної дії. Вони комплексно впливають на декілька рецепторів в організмі, запускаючи захисні механізми.

Разом із цим сучасні наукові знання дають змогу визначити діючий механізм у рослинах, а сучасні технології — виділити й отримати певні біологічно активні речовини в максимальній кількості та з найменшим їх руйнуванням, зберігаючи при цьому їх високі природні властивості [7].

Важливим етапом створення будь-якого засобу на основі рослинного матеріалу є забезпечення відтворюваних біологічних ефектів під час його практичного використання, що може бути досягнуто за умови стандартизації цього засобу за об'єктивними показниками та кількісного контролю. Але сьогодні, на жаль, не достатньо вивчено токсичний ефект багатьох рецептурних компонентів рослинного походження, які входять до переліку дозволеної рослинної сировини для виробництва лікєро-горілочаних виробів. У деяких рослинах є хімічні складові, що під час взаємодії з етиловим спиртом утворюють потенційно небезпечні сполуки, які *in vivo* трансформуються в токсичні з'єднання. Ретельний відбір і контроль якості інгредієнтів, які вводяться до складу напою, їх комплексне дослідження, визначення сумісності дають змогу створити напій із заданими властивостями та розширити асортимент алкогольної продукції. Інгредієнти, що вводяться до рецептурного складу алкогольного напою мають поєднуватися один з одним не лише за смаковими, ароматичними та кольоровими характеристиками, але й мати злагожену антиоксидантну дію та не впливати на якість напою під час зберігання.

Питанням покращення якості та розширення асортименту лікєро-горілочаної продукції присвячено праці переважно зарубіжних вчених, таких як: М. В. Шишков, Н. С. Maduka, J. Sinclair, M. Bensafi тощо [8—10]. У результаті експериментальних досліджень вченими доведено перспективність використання різних композицій інгредієнтів, нових харчових добавок із підвищеним вмістом біологічно активних речовин, які сприяють підвищенню захисних функцій організму від несприятливої дії алкоголю. Але для подальшого розвитку галузі розширення асортименту має відбуватися передусім за рахунок виробництва напоїв зі зниженою токсичністю, по-друге, виробники мають гарантувати відповідну якість продукції протягом усього терміну зберігання. Актуальним стає питання формування якості лікєро-горілочаних виробів і дослідження впливу внесених компонентів на якість напою під час зберігання.

Метою дослідження є формування якості настоянок зі зниженим токсичним ефектом, розрахунок їх термінів зберігання залежно від рецептури та контроль якості.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання: навести рецептури розроблених напоїв з використанням рослинної сировини, визначити раціональні співвідношення концентрацій рецептурних компонентів настоянок із заданими споживними властивостями, встановити індивідуальний термін зберігання залежно від складу сировини, яка міститься в напої, визначити показники якості нових розроблених настоянок під час зберігання.

Викладення основних результатів дослідження. Для дослідження взято три види розроблених настоянок: «RED LIGHT», «ORANGE LIGHT», «GREEN LIGHT». У рецептуру зазначених настоянок входили спирт етиловий ректифікований «Люкс» підготовлений, вода питна підготовлена, глюкоза кристалічна. Як функціональну добавку настоянка «RED LIGHT» містила настій спиртовий з ехінацеї пурпурної, морс із горобини чорноплідної, настій спиртовий із кореня родіоли рожевої; настоянка «ORANGE LIGHT» містила настій спиртовий із розторопші плямистої (шрот), настій спиртовий із кореню імбиру, настій спиртовий з апельсина (шкірка) свіжого; «GREEN LIGHT» — настій спиртовий з естрагону, морс спиртовий із ківі, настій спиртовий із ламінарії.

Розрахунок прогнозованої стійкості настоянок проводили згідно з ДСТУ 7397:2013. Метод ґрунтується на встановленні змін фізико-хімічних показників якості продукції після її витримування в критичних умовах порівняно з контрольним зразком і масивом запасу параметра до граничної межі. Зразки для тестування витримували в термостаті (за температури +35°C) і морозильній камері (за температури -50°C) по чергово. Зміна температурного режиму відбувалася щодобово протягом 6 діб. Після закінчення тестування в зразках визначали фізико-хімічні показники якості, які використовують як вихідні дані для розрахунку прогнозованої стійкості настоянок. За незмінності значення показника в контрольному й тестованому зразках прогнозовану стійкість за таким показником не розраховують. За кінцевий результат прогнозованої стійкості приймали найнижче з отриманих значень. Дослідження показників якості розроблених настоянок проводили відповідно до вимог ДСТУ 4164:2003.

Під час створення нових напоїв враховували смако-ароматичні параметри, оригінальність, злагожденість, вираженість смаку, аромату й кольору. Попередньо було проведено маркетингові дослідження вподобань потенційних споживачів щодо розробки та виведення на ринок настоянок. Для забезпечення попиту на новий вид продукції важливо визначити види натуральних добавок, яким би потенційні споживачі віддали перевагу. Для визначення смако-ароматичних уподобань респондентам було запропоновано низку рослинних добавок, а саме: лікарську рослинну сировину, соковиті ягоди, прянощі, тропічні та субтропічні фрукти. Лікарська рослинна сировина, яка пропонувалася споживачу, була обрана, спираючись на фармакопейні властивості. Компоненти, які входять до її складу, можуть поліпшувати негативний вплив алкоголю на організм, запропонована сировина відноситься до п'ятого класу токсичності — умовно нетоксична сировина. Спираючись на літературні дані, з асортименту прянощів було вибрано корінь імбиру, який є популярним у сучасного споживача, серед фруктів — ківі та апельсин як плоди, що, за статистичними даними, найчастіше купуються в роздрібній торговельній мережі. Респонденту було запропоновано вибрати не більше трьох компонентів. Результати соціологічного опитування надали можливість встановити, що найбільшу перевагу, відповідно до вмісту рослинних добавок, респонденти віддали апельсину та ехінацеї, їх відзначили, відповідно, 14,3% (209) та 12,8% (187) осіб, 7—8% опитаних вибрали імбир, чорноплідну горобину, естрагон та ківі. Щодо кольору напоїв у зоні найбільшої бажаності та

ймовірності купівлі знаходяться коричневий, зелений, помаранчевий і червоний кольори. Саме ці вподобання були враховані під час розробки рецептурного складу настоянок.

Для підтвердження достовірності маркетингових досліджень використано метод апіорного ранжирування чинників, який застосовується для обробки даних. Такий експеримент дає змогу більш правильно сформулювати об'єкт дослідження, дати порівняльну оцінку впливу різних чинників на параметри оптимізації і таким чином відібрати чинники для подальших досліджень. Опитування проводилося серед фахівців-експертів, що дало змогу провести порівняльну оцінку впливу різних чинників на параметри оптимізації. Спираючись на їх думку, було вибрано оптимальні варіанти композицій рецептурних складових. Для впевненості в узгодженості експертів розраховано коефіцієнт конкордації, який склав 0,85, що свідчить про достовірність вибору [13].

На основі літературного огляду, маркетингових та експертних досліджень були вибрані відповідні рослинні добавки: розторопша плямиста (*Silybum marianum*) (шрот), естрагон (*Artemisiadracunculus*) (свіжий), ехінацея пурпурна (*Echinacea purpurea*) (корінь), ламінарія (*Laminaria*) (сушена), родіола рожева (*Rhodiolarosea L.*) (корінь), чорноплідна горобина (*Aroniamelanocarpa*) (свіжа), імбир (*Zingiberofficinale*) (корінь), апельсин свіжий (*Citrusinensis*) (шкірка), ківі (*Actinidiadeliciosa*) (свіже), глюкоза.

Розторопша плямиста (*Silybum marianum*) містить велику кількість вітамінів С, Е, D, А, які нейтралізують дію вільних радикалів, стимулюють роботу статевих залоз, зміцнюють стінки судин. Головним діючим компонентом у препаратах розторопші плямистої є силімарин, який захищає печінкові клітини від ушкодження вірусами й токсичними речовинами. Результати новітніх досліджень [12] підтверджують його позитивний вплив на перебіг алкогольного й токсичного гепатиту.

До складу ламінарії (*Laminaria*) входять близько 40 макро- і мікроелементів, вітаміни А, В, С, Е, D, а також інші корисні речовини. Вона містить альгірати, які мають потужні сорбуючі властивості, виводять з організму токсини, радіонукліди та інші шкідливі речовини. До складу ламінарії входять жироподібні речовини — стерини, молекули яких здатні утворювати з холестерином нерозчинні комплекси й виводити шлаки, радіоактивні солі, токсини. Учені [13—15] визначили, що ламінарія є потужним антиоксидантом, який активно протистоїть руйнівній дії вільних радикалів.

Ехінацея пурпурна (*Echinacea purpurea*) містить флавоноїди, дубильні речовини, алкалоїди, сапоніни, ефірну олію, смоли, провітамін А, вітамін С, великий спектр макро- і мікроелементів. Ехінацея очищає лімфатичну систему, кров, печінку, нирки, перешкоджає руйнуванню та допомагає відновленню здорових клітин організму, володіє бактеріостатичною, фунгіцидною, вірусостатичною й протизапальною дією, підвищуючи захисні сили організму, належать до рослинних стимуляторів або модуляторів імунної системи. Установлено, що настоянка ехінацеї нетоксична. Вона має антиоксидантні властивості: здатна запобігати окиснювальному руйнуванню колагену за рахунок мобілізації внутрішніх резервів жиророзчинних речовин, насамперед вітамінів А, Е і каротиноїдів [16].

Родіола рожева (*Rhodiola rosea L.*) є природним джерелом бурштинової кислоти, яка сприяє зниженню токсичного ефекту від уживання алкоголю [17—19] і стероїдних речовин, що мають широкий спектр біологічної дії на організм людини. Родіола також є потужним антиоксидантом, здатним істотно знизити ризик появи злоякісних новоутворень і протистояти радіаційному випромінюванню.

Аромат і смак естрагону (*Artemisia dracuncululus*) зумовлюється наявністю великої кількості ефірної олії, відсотковий вміст якої становить 0,1...0,4%. До складу ефірної олії входять хімічні сполуки (мірцен, фелландрен, сабіна, оцімен, р-метоксикоричний альдегід, метилхавікол і сесквітерпенова фракція), які сприятливо впливають на організм людини [20]. У хімічному складі рослини містяться алкалоїди, каротин, флавоноїди, кумарини, крім цього, в естрагоні наявні рутин, вітаміни А, D, Е, К, С, групи В, насичені, ненасичені й поліненасичені жирні кислоти, а також макро- і мікроелементи.

Ягоди чорноплідної горобини (*Aronia melanocarpa*) насичені органічними кислотами, глюкозою, фруктозою, бета-каротином і мікроелементами (бор, залізо, марганець, мідь, молібден, фтор, йод). У ягодах міститься вагома кількість пектину, здатного виводити з організму важкі метали й радіоактивні речовини, нормалізувати функціонування кишківника, діяти як жовчогінний засіб. Біологічно активні речовини плодів представлені здебільшого речовинами, які мають Р-вітамінну активність (флавоноїди, катехіни, антоціани). Горобина містить у своєму складі вітаміни Е, РР, С, групи В і вагому кількість антоціанових пігментів [21; 22].

Корінь імбиру (*Zingiber officināle*) містить багато цінних компонентів, зокрема клітковину, аспарагін, холін, лінолієву, каприлову та олеїнову кислоти, вітаміни С, В₁, В₂, і В₃, усі незамінні амінокислоти й мінеральний комплекс. Імбирний корінь також збагачений ефірною олією, основним елементом якої є цингіберен із групи органічних сполук класу терпенів. Крім того, він містить складний набір фармакологічно активних речовин, серед яких бета-каротин, гінгероли, капсаїцин, куркумін, кофеїнова кислота, що зумовлює його специфічні смакові властивості [23].

Вітамінний ряд, що міститься в ківі (*Actinidia deliciosa*), дуже широкий. У великій кількості в плодах містяться вітамін С, вітаміни групи В, А, Е, D, нікотинова кислота [24]. Мікро- і макроелементи, що входять до хімічного складу, представлені магнієм, калієм, натрієм, кальцієм, залізом, фосфором, цинком, марганцем. Ківі сприяє гальмуванню утворення нітрозамінів в організмі, має антимуутагенну та антиоксидантну дію, підвищує фізичну працездатність.

У свіжій шкірці апельсина (*Citrus sinēnsis*) наявний цілий набір компонентів, що сприяють зниженню рівня шкідливого холестерину, покращують роботу серцевого м'язу, зміцнюють стінки судин, живлять шкіру, знижують метеоризм. Ефірна олія, якою збагачена цедра, має протигрибкову дію. Цедра абсолютно не накопичує в собі нітратів і нітритів, її без побоювання можна використовувати в їжу без особливої обробки [25].

Глюкоза — моноцукор, який синтезується організмом із вуглеводів, білків і жирів, є найкращим джерелом енергії, необхідної для життєдіяльності клітин

організму. Споживання алкоголю пригнічує захисні механізми організму, впливаючи на функцію глюкози та діяльність таких регуляторних гормонів, як інсулін і глюкагон. Спирт підвищує секрецію інсуліну, внаслідок чого знижується рівень глюкози в крові, викликаючи стресову для організму ситуацію — тимчасову гіпоглікемію. За рахунок додавання глюкози до складу алкогольних напоїв можливо знизити ймовірність виникнення гіпоглікемічного синдрому [26].

Отже, вибрані компоненти разом із забезпеченням зниження токсичного ефекту від уживання настоянок сприятимуть формуванню натурального кольору та приємних смако-ароматичних властивостей.

Використання методів математичної статистики під час розробки рецептурного складу нових настоянок дало змогу обґрунтувати оптимальну кількість компонентів, що додаються, і виготовити напій із відповідними показниками. Отримані співвідношення наведено з розрахунку купажу на 1000 дал. напою для трьох видів розроблених настоянок: «RED LIGHT», «ORANGE LIGHT», «GREEN LIGHT», які представлено в табл. 1.

Таблиця 1. **Рецептурний склад настоянок**, купаж на 1000 дал

Компонент	Одиниця вимірювання	Кількість
Рецептурний склад настоянки «RED LIGHT»		
Спирт етиловий ректифікований «Люкс» підготовлений	дм ³	Спирт і вода з розрахунку на міцність купажу 40,0 об %
Вода питна підготовлена	дм ³	
Настій спиртовий з ехінацеї пурпурної	дм ³	80,0
Морс із горобини чорноплідної	дм ³	44,0
Настій спиртовий із кореня родіоли рожевої	дм ³	15,0
Глюкоза кристалічна	кг	9,0
Рецептурний склад настоянки «ORANGE LIGHT»		
Спирт етиловий ректифікований «Люкс» підготовлений	дм ³	Спирт і вода з розрахунку на міцність купажу 40,0 об %
Вода питна підготовлена	дм ³	
Настій спиртовий із розторопші плямистої (шрот)	дм ³	98,0
Настій спиртовий із кореня імбиру	дм ³	51,0
Настій спиртовий з апельсина (шкірка) свіжого	дм ³	54,0
Глюкоза кристалічна	кг	9,0
Рецептурний склад настоянки «GREEN LIGHT»		
Спирт етиловий ректифікований «Люкс» підготовлений	дм ³	Спирт і вода з розрахунку на міцність купажу 40,0 об %
Вода питна підготовлена	дм ³	
Настій спиртовий з естрагону	дм ³	96,0
Морс спиртовий із ківі	дм ³	11,25
Настій спиртовий із ламінарії	дм ³	64,0
Глюкоза кристалічна	кг	9,0

Розроблені настоянки мають виражений гармонійний аромат, м'який, чистий та оригінальний смак, що відповідає використаній сировині.

Характерною особливістю лікero-горілчаних виробів є відносно тривалий термін зберігання. Алкогольні напої певної групи відповідно до Технологічної інструкції по лікero-горілчаному виробництву (ТІ У 18.4466-94. — К.: УкрНДспиртбіопрод, 1994) зберігають у пляшках в темному приміщенні за температури 10...20°C і відносної вологості повітря не більше 85%. Дотримання умов не дає спирту вступати в хімічні реакції з іншими речовинами, у результаті чого напій зберігає свій смак і є безпечним для вживання. Настоянки залежно від складу сировини рекомендують зберігати від трьох місяців до одного року. Зважаючи на вид і кількість унесених до напою інгредієнтів, терміни їх зберігання встановлюють індивідуально, що визначається Технологічним регламентом на виробництво горілок і лікero-горілчаних напоїв (ТР У 18.5084-96. — К.: УкрНДспиртбіопрод, 1996).

Якість лікero-горілчаних виробів визначається за такими фізико-хімічними показниками: міцність, масова концентрація кислот і масова концентрація загального екстракту, інтенсивність забарвлення (оптична густина). Результати досліджень зміни фізико-хімічних показників якості настоянок наведено в табл. 2—4.

Таблиця 2. Результати дослідження фізико-хімічних показників тестованого та контрольного зразків настоянки «RED LIGHT» ($p \geq 0,95$, $n=5$)

Показник	Отримане значення	
	у тестовому зразку	у контрольному зразку
Міцність, %	39,5±0,8	40,0±0,8
Масова концентрація кислот у перерахунку на лимонну, г/100 см ³	0,70±0,02	0,70±0,02
Масова концентрація загального екстракту, г/100 см ³	4,2±0,1	4,3±0,1
Інтенсивність забарвлення, оптична густина	0,210	0,220

Розрахункове значення прогнозованої стійкості за показником міцності:

$$T = \frac{|40,0 - 39,5| \times 6 \times 1}{|39,5 - 40,0| \times 1} = 12,0 \text{ міс.} \quad (1)$$

Розрахункове значення прогнозованої стійкості за показником масової концентрації кислот не визначається у зв'язку з відсутністю його зміни.

Розрахункове значення прогнозованої стійкості за показником масової концентрації загального екстракту:

$$T = \frac{|5,0 - 4,3| \times 6 \times 1}{|4,2 - 4,3| \times 1} = 24,0 \text{ міс.} \quad (2)$$

Розрахункове значення прогнозованої стійкості за показником інтенсивності забарвлення:

$$T = \frac{|0,200 - 0,220| \times 6 \times 1}{|0,219 - 0,220| \times 1} = 20,0 \text{ міс.} \quad (3)$$

Аналізуючи отримані дані, доцільно відмітити незначне коливання міцності та загального екстракту у зразку настоянки «RED LIGHT», що пояснюється хімічним складом вихідної сировини та параметрами настоювання. Найменше

значення отримано за показником міцності — 12 місяців. Це значення є показником прогнозованої стійкості для настоянки «RED LIGHT».

Таблиця 3. Результати дослідження фізико-хімічних показників тестованого та контрольного зразків настоянки «ORANGE LIGHT» ($p \geq 0,95$, $n=5$)

Показник	Отримане значення	
	у тестовому зразку	у контрольному зразку
Міцність, %	39,75±0,8	40,0±0,8
Масова концентрація кислот у перерахунку на лимонну, г/100 см ³	0,31±0,01	0,40±0,01
Масова концентрація загального екстракту, г/100 см ³	5,55±0,16	6,12±0,18
Інтенсивність забарвлення, оптична густина	0,212	0,215

Розрахункове значення прогнозованої стійкості за показником міцності:

$$T = \frac{|40,0 - 39,75| \times 6 \times 1}{|39,75 - 40,0| \times 1} = 24,0 \text{ міс.} \quad (4)$$

Розрахункове значення прогнозованої стійкості за показником масової концентрації кислот:

$$T = \frac{|1,0 - 0,4| \times 6 \times 1}{|0,31 - 0,4| \times 1} = 40,0 \text{ міс.} \quad (5)$$

Розрахункове значення прогнозованої стійкості за показником масової концентрації загального екстракту:

$$T = \frac{|5,0 - 6,12| \times 6 \times 1}{|5,55 - 6,12| \times 1} = 12,0 \text{ міс.} \quad (6)$$

Розрахункове значення прогнозованої стійкості за показником інтенсивності забарвлення:

$$T = \frac{|0,200 - 0,215| \times 6 \times 1}{|0,212 - 0,215| \times 1} = 30,0 \text{ міс.} \quad (7)$$

Аналізуючи отримані дані, доцільно відмітити незначне коливання вмісту кислот та екстрактивних речовин, що пояснюється хімічним складом сировини й параметрами настоювання. Найменше значення (12 міс.) виявлено за показником масової концентрації загального екстракту.

Таблиця 4. Результати дослідження фізико-хімічних показників тестованого та контрольного зразків настоянки «GREEN LIGHT» ($p \geq 0,95$, $n=5$)

Показник	Отримане значення	
	у тестовому зразку	у контрольному зразку
Міцність, %	40,1±0,8	40,2±0,8
Масова концентрація кислот у перерахунку на лимонну, г/100 см ³	0,40±0,01	0,50±0,02
Масова концентрація загального екстракту, г/100 см ³	5,20±0,15	5,21±0,15

Інтенсивність забарвлення, оптична густина	0,210	0,212
--	-------	-------

Розрахункове значення прогнозованої стійкості за показником міцності:

$$T = \frac{|40,0 - 40,2| \times 6 \times 1}{|40,1 - 40,2| \times 1} = 12,0 \text{ міс.} \quad (8)$$

Розрахункове значення прогнозованої стійкості за показником масової концентрації кислот:

$$T = \frac{|1,0 - 0,5| \times 6 \times 1}{|0,4 - 0,5| \times 1} = 30,0 \text{ міс.} \quad (9)$$

Розрахункове значення прогнозованої стійкості за показником масової концентрації загального екстракту:

$$T = \frac{|5,0 - 5,21| \times 6 \times 1}{|5,2 - 5,21| \times 1} = 14,0 \text{ міс.} \quad (10)$$

Розрахункове значення прогнозованої стійкості за показником інтенсивності забарвлення:

$$T = \frac{|0,200 - 0,212| \times 6 \times 1}{|0,210 - 0,212| \times 1} = 36,0 \text{ міс.} \quad (11)$$

За результатами проведених досліджень фізико-хімічних показників тестованого та контрольного зразків настоянки «GREEN LIGHT» можна відмітити коливання масової концентрації кислот, що пояснюється хімічним складом вихідної рослинної сировини. Найменше значення виявлено за показником міцності (12 міс.). Це є показником прогнозованої стійкості для настоянки «GREEN LIGHT».

Оскільки показник прогнозованої стійкості в дослідних настоянках становить 12 міс., то доцільно контролювати зміни органолептичних і фізико-хімічних показників якості розроблених зразків протягом відповідного терміну. Вимірювання проводили через 6, 9 і 12 місяців.

Дослідження показників якості розроблених настоянок проводили відповідно до нормативних вимог до продукції. Результати дослідження показали, що органолептичні показники якості настоянок протягом усього терміну зберігання не погіршилися. Новизна досліджуваної продукції зумовлює необхідність проведення низки досліджень її фізико-хімічних показників якості (табл. 5—7).

Таблиця 5. Зміна фізико-хімічних показників якості настоянки «RED LIGHT» у процесі зберігання ($p \geq 0,95$, $n=5$)

Показник	Тривалість зберігання, міс.			
	0	6	9	12
Міцність, %	40,0±0,8	40,0±0,8	40,0±0,8	39,8±0,8
Масова концентрація кислот у перерахунку на лимонну, г/100 см ³	0,70±0,02	0,70±0,02	0,70±0,02	0,70±0,02
Масова концентрація загального екстракту,	4,3±0,1	4,3±0,1	4,3±0,1	4,3±0,1

г/100 см ³			
-----------------------	--	--	--

Таблиця 6. Зміна фізико-хімічних показників якості настоянки «ORANGE LIGHT» у процесі зберігання ($p \geq 0,95$, $n=5$)

Показник	Тривалість зберігання, міс.			
	0	6	9	12
Міцність, %	40,0±0,8	40,0±0,8	40,0±0,8	40,0±0,8
Масова концентрація кислот у перерахунку на лимонну, г/100 см ³	0,40±0,01	0,40±0,01	0,40±0,01	0,40±0,01
Масова концентрація загального екстракту, г/100 см ³	6,12±0,18	6,12±0,18	6,12±0,18	6,12±0,18

Таблиця 7. Зміна фізико-хімічних показників якості настоянки «GREEN LIGHT» у процесі зберігання ($p \geq 0,95$, $n=5$)

Показник	Тривалість зберігання, міс.			
	0	6	9	12
Міцність, %	40,2±0,8	40,2±0,8	40,2±0,8	40,0±0,8
Масова концентрація кислот у перерахунку на лимонну, г/100 см ³	0,50±0,02	0,50±0,02	0,50±0,02	0,50±0,02
Масова концентрація загального екстракту, г/100 см ³	5,21±0,15	5,21±0,15	5,21±0,15	5,21±0,15

Аналіз даних свідчить, що протягом 6, 9 і 12 місяців зміни фізико-хімічних показників у дослідних зразках майже не відбуваються. Спостерігається незначне зменшення міцності в межах допустимих відхилень.

Оптична густина (інтенсивність забарвлення) у настоянках протягом зберігання знизилась несуттєво. Зменшення інтенсивності забарвлення під час зберігання не вплине на візуальне сприйняття кольору напоїв, зниження відбулося в діапазоні, який не сприймається візуальним оглядом.

Висновки

На основі досліджень і результатів експертної оцінки, методом апріорного ранжирування чинників вибрано рослинну сировину для виробництва настоянок зі зниженим токсичним ефектом: розторопшу плямисту (*Silybummarianum*) (шрот), естрагон (*Artemisiadracunculus*) (свіжий), ехінацею пурпурну (*Echinacea purpurea*) (корінь), ламінарію (*Laminaria*) (сушену), родіолу рожеву (*Rhodiolarosea L.*) (корінь), чорноплідну горобину (*Aroniamelanocarpa*) (свіжу), імбир (*Zingiberofficinale*) (корінь), апельсин свіжий (*Citrussinensis*) (шкірка), ківі (*Actinidiadeliciosa*) (свіже).

Науково обґрунтовано рецептурний склад нових настоянок (із розрахунку на 1000 дал): «RED LIGHT» — настої спиртові з кореня ехінацеї пурпурної (80,0 дм³) і родіолу рожевої (15,0 дм³), морс спиртований із чорноплідної горобини свіжої (44,0 дм³); «ORANGE LIGHT» — спиртові настої зі шроту розторопші плямистої (98,0 дм³), кореня імбиру (51,0 дм³), шкірки апельсина свіжого (54,0 дм³); «GREEN LIGHT» — настої спиртові з естрагону свіжого (96,0 дм³) і ламінарії сушеної (64,0 дм³), морс спиртований із ківі свіжого (11,25 дм³). Кількість глюкози, яка додається до настоянок, складає 9,0 кг на 1000 дал. Міцність корегується відповідно до вмісту етилового спирту з розрахунку на 40,0 об %.

Розраховано прогнозовану стійкість напоїв, яка становить 12 місяців. Підтверджено стабільність органолептичних і фізико-хімічних показників якості розроблених спиртових настоянок під час їх зберігання протягом визначеного терміну придатності до споживання (за температури 5...20°C та відносної вологості, що не перевищує 85% у темному приміщенні). Проведені експериментальні дослідження доводять перспективність формування споживних властивостей і розширення асортименту міцних лікєро-горілчанних виробів за рахунок використання різноманітних композицій на основі рослинної сировини.

Література

1. Головка М. П., Пенкіна Н. М., Колесник В. В. Способи зниження токсичного ефекту алкоголю на організм. *Прогресивна техніка та технологія харчових виробництв ресторанного господарства та торгівлі*. 2012. № 1(15). С. 164—170.
2. Сарафанова Л. А. Применение пищевых добавок в индустрии напитков. СПб.: Профессия, 2017. 240 с.
3. Головка Н. П., Пенкіна Н. М., Колесник В. В. Модельные исследования антиоксидантных свойств спиртовых настоек. *Товары и рынки*. 2014. № 2. С. 132—140.
4. Антиоксидантні характеристики рослинної сировини у створенні алкогольної продукції. Кузьмін О. В. та ін. *Вісник ДонНУЕТ*. 2012. № 1(53). С. 198—209.
5. Гонопольский М. Х. Алкоголь и разрушение личности. *Наука и жизнь*. 2010. № 8(24). С. 14—16.
6. Романова Н. К., Симонова Н. Н., Костина Л. А. Пищевые добавки с алкопротекторными свойствами. *Пищевая промышленность*. 2012. № 11. С. 26—27.
7. Шишков М. В. Поддержание антиоксидантных систем организма — защита его от токсического действия алкоголя. *Производство спирта и ликероводочных изделий*. 2013. № 4. С. 19—20.
8. Maduka H. C. C., Okoye Z. S. C. The effect of *Sacoglottis gabonensis* stem bark extract, a Nigerian alcoholic beverage additive, on the natural antioxidant defences during 2,4-dinitrophenyl hydrazine-induced membrane peroxidation *in vivo*. *Vascular Pharmacology*. 2002. Vol. 39, Issue 1—2. P. 21—31.
9. Sinclair J., Lambrecht L., Smith E. L. Hepatic alcohol dehydrogenase activity in chick hepatocytes towards the major alcohols present in commercial alcoholic beverages: Comparison with activities in rat and human liver. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part B: Comparative Biochemistry*. 2010. Vol. 96, Issue 4. P. 677—682.
10. Bensafi M., Roubin C. Asymmetry of pleasant vs. Unpleasant odor processing during affective judgment in humans. *Neuroscience Letters*. 2016. Vol. 328, Issue 3. P. 309—313.
11. Головка М. П., Пенкіна Н. М., Колесник В. В., Полупан В. В. Використання методу апіорного ранжирування чинників під час створення рецептур алкогольних напоїв. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Том 23, № 2. С. 200—207.
12. Розторопші плоди *Silybum marianum*. URL: <https://liktravy.ua/useful/encyclopedia-of-herbs/roztoropshi-plody> (дата звернення: 15.11.2020).
13. Schiener P., Black K. D., Stanley M. S., Green, D. H. The seasonal variation in the chemical composition of the kelp species *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Saccharina latisima* and *Alaria esculenta*. *Journal of Applied Phycology*. 2015. 27(1). P. 363—373.
14. Yoneshigue-Valentin Yocie. The life cycle of *Laminaria abyssalis* (Laminariales, Phaeophyta) *en cultivo*. *Hydrobiologia*. 2009. P. 461—466.
15. Stegenga H., Bolton J. J., Anderson R. J. Seaweeds of the South Africal West Coast. *Bolus Herbarium*. 1997. № 18. P. 277.
16. Complementary and alternative medicine use among adults. Barnes P. M. et al. *Seminars in integrative medicine*. United States, 2002, WB Saunders, 2004. T. 2, № 2. P. 54—71.

17. Днепровский Ю. М., Ким Е. Ф., Юманова Т. П. Сезонное развитие и рост *Rhodiola rosea* L. в связи с интродукцией. *Бюл. ГБС АН СССР*. 1975. Вып. 98.
18. Запесочная Г. Г., Куркин В. А. Гликозиды коричневого спирта из корневищ *Rhodiola rosea*. *Химия природных соединений*. 1978. № 4. С. 519—520.
19. Запесочная Г. Г., Куркин В. А. Флавоноиды корневищ *Rhodiola rosea*. *Химия природных соединений*. 1983. № 1. С. 23—32.
20. Государственная Фармакопея СССР. XI изд. Вып. 2. *Общие методы анализа*. МЗ СССР. 2-е изд. М.: Медицина. 1990. С. 75.
21. Дудченко Л. Г., Козьяков А. С., Кривенко В. В. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения: справочник. К.: Наукова думка, 1989. 304 с.
22. *Artemisia dracunculus* L. URL: <http://www.theplantlist.org/tp11.1/record/gcc-35490> (дата звернення: 16.11.2020).
23. Ginger and its bioactive component inhibit enterotoxigenic *Escherichia coli* heat-labile enterotoxin-induced diarrhea in mice. Chen J. C. et al. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2007. 55(21). P. 8390—8397.
24. Green E. Kiwi. Act II. *Los Angeles Times*. 2002. № 3. P. 19—22.
25. Kozyra M., Glowinak K., Roguszewska M. The analysis of flavonoids in the flowering herbs of *Carduus acanthoides* L. *Current Issues in Pharmacy and Medical Sciences*. 2018. Vol. 26, № 1. P. 10—15.
26. Joost H., Thorens B. The extended GLUT-family of sugar/polyol transport facilitators: nomenclature, sequence characteristics, and potential function of its novel members (review). *Mol. Membr. Biol.* 2011. Vol. 18(4). P. 247—256.

CITRATES OF MINERAL SUBSTANCES IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF MANUFACTURING BAKERY PRODUCTS

A. Shevchenko, O. Galenko

National University of Food Technologies

Key words:

Bakery product

Fructose

Citrates

Calcium

Magnesium

Zinc

Iron

Article history:

Received 08.01.2021

Received in revised form
20.01.2021

Accepted 03.02.2021

Corresponding author:

A. Shevchenko

E-mail:

npuht@ukr.net

ABSTRACT

Salts of inorganic acids were mainly used to enrich food products with minerals for a long time. However, minerals in this form have low bioavailability, so scientists are increasingly considering the use of organic mineral compounds. Substances in the form of citrates are of interest, because they function in the human body in this chemical form. The health-improving effect of minerals that are part of physiologically active compounds is explained by their effect on metabolic processes.

Various sugar substitutes are used in the manufacture of bakery products to replace sugar in the diet of patients with diabetes. The study of the complex effect of sugar substitute — fructose and citrates of calcium, magnesium, zinc, iron, both individually and in a mixture, on the manufacturing process of bakery products and the properties of semi-finished and finished products was provided. Dough with fructose without the addition of citrates has less springiness, better elasticity, it dilutes more due to the high hydrophilicity of fructose. Fructose has a lower molecular weight, so its solutions penetrate better into the protein structure. However, due to the decrease in the viscosity of the dough with fructose, the shape stability of the products decreases.

The course of the processes in the dough was characterized by the kinetics of sugars during the maturation of the dough, the properties of the water-flour suspension using amylograph, the springy-elastic properties of the dough were studied using farinograph.

It was found that the addition of citrates to the dough stimulated the activity of flour enzymes and fermentation activity of the microflora, which increased the accumulation of sugars in the dough during fermentation and their fermentation by the dough microflora, delayed the beginning of starch gelatinization. There was an increase in the specific volume of products by 7—9%, shape stability and porosity improved. The nutritional value of products increased significantly in terms of meeting the body's needs for minerals when eating the daily norm of bread.

ЦИТРАТИ МІНЕРАЛЬНИХ РЕЧОВИН У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВИГОТОВЛЕННЯ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

А. О. Шевченко, О. О. Галенко

Національний університет харчових технологій

Протягом тривалого часу для збагачення харчових продуктів мінеральними речовинами використовували в основному солі неорганічних кислот. Проте мінерали в цій формі мають низьку біологічну доступність, тому науковці все частіше вважають перспективним використання органічних сполук мінеральних речовин. Зацікавленість викликають речовини у формі цитратів, оскільки саме в такій хімічній формі вони функціонують в організмі людини. Оздоровча дія мінеральних речовин, що входять до складу фізіологічно активних сполук, пояснюється їхнім впливом на метаболічні процеси.

У харчуванні хворих на цукровий діабет при виготовленні хлібобулочних виробів для заміни цукру використовують різні цукрозамінники. У статті проведено дослідження комплексного впливу цукрозамінника — фруктози та цитратів кальцію, магнію, цинку, заліза як окремо, так і в суміші, на технологічний процес виготовлення хлібобулочних виробів та властивості напівфабрикатів і готових продуктів. Тісто з фруктозою без додавання цитратів має меншу пружність, кращу еластичність і більше розріджується, що пов'язано з високою гідрофільністю фруктози. Фруктоза має меншу молекулярну масу, тому її розчини краще проникають у структуру білка. Проте внаслідок зниження в'язкості тіста з фруктозою зменшується формостійкість виробів.

Перебіг процесів у тісті характеризувався кінетикою цукрів під час дозрівання тіста, властивостями водно-борошняної суспензії за допомогою амліографа, пружинно-еластичні властивості тіста вивчали за допомогою фаринографа.

Встановлено, що додавання цитратів у тісто стимулює активність ферментів борошна та бродильну активність мікрофлори, що зумовлює збільшення накопичення цукрів у тісті під час його ферментації та їх збродження мікрофлорою тіста, затримує початок клейстеризації крохмалю, підвищує стабільність тістової системи. Відмічено збільшення питомого об'єму виробів на 7—9%, покращення формостійкості та пористості. Значно підвищилась харчова цінність виробів з точки зору забезпечення потреб організму в мінеральних речовинах при вживанні добової норми хліба.

Ключові слова: хлібобулочний виріб, фруктоза, цитрати, кальцій, магній, цинк, залізо.

Formulation of the problem. Salts of inorganic acids were mainly used to enrich food products with minerals for a long time: carbonates, sulfates, phosphates. However, minerals in this form have low bioavailability, so scientists are increasingly considering the use of organic mineral compounds. Substances in the form of citrates are of interest,

because they function in the human body in this chemical form. The problem of enrichment is acute for products for people with special nutritional needs, in particular patients with diabetes, because such patients need food products with high nutritional value and high degree of absorption of essential nutrients. One of the main food products is bread. To obtain bakery products, the influence of enriching ingredients on the technological process of their manufacture is important, so it is important to study the use of citrates to ensure consumer properties of products.

Analysis of recent research and publications. Sugar substitutes of natural and artificial origin are used in the manufacture of bakery products to replace sugar and reduce the glycemic index of the finished product in the diet of patients with diabetes mellitus [1—2]. Scientists established the feasibility of replacing sugar with fructose in the production of bread for diabetics, because the fructose monosaccharide is sweeter than saccharose, for assimilation requires almost no insulin [3].

The influence of fructose on the technological process of bread production was established. It contributed to the intensification of the color of the products due to the high reactivity of fructose to the reaction of melanoidin formation, helped to extend the shelf life of products. Compared to sugar dough, fructose dough had less springiness, better elasticity and it diluted more due to the high hydrophilicity of fructose. Fructose has a lower molecular weight, so its solutions penetrate better into the protein structure. Thus, fructose, when it replaces sugar, improves the elasticity of gluten and dough, which at lower gas formation in the dough has a positive effect on the formation of the volume of the finished product, provides proper porosity structure and elasticity of the crumb of the product. However, due to some decrease in the viscosity of the dough with sugar substitutes, its stability is reduced [4].

The functioning of all body systems is stimulated by minerals. The health-improving effect of minerals that are part of physiologically active compounds is explained by their effect on metabolic processes. Modern technologies allow to obtain ecologically pure microelement complexes, at the same time the biological value of foodstuffs increases, their digestibility improves, biologically active components become more active. For patients with diabetes, it is important to get calcium, magnesium, zinc and iron, for which wheat flour bread is poor [5].

The main function of calcium is the formation and maintenance of complete bones and teeth. Iron is a component of hemoglobin, complex iron-protein complexes and a number of enzymes that enhance respiratory processes in cells. Magnesium is involved in processes such as protein synthesis, nutrient transport and glucose metabolism. Zinc is a component of insulin, prolongs its hypoglycemic effect [6—9].

Due to the above mentioned, **the purpose of the research** was research of complex influence of fructose and citrates of calcium, magnesium, zinc, iron both separately, and in a mixture, on technological process of manufacturing bakery products and properties of semi-finished and finished products.

Materials and methods. Samples with high quality wheat flour, yeast, salt, and fructose were prepared for research. Fructose was dosed in an amount of 5% by weight of flour. As added ingredients there were citrates of calcium, magnesium, zinc and iron and their mixture. A product without citrates was used as a control sample.

The course of processes in the dough was determined by the kinetics of sugars during maturation of the dough, the gelatinization of starch in suspension was determined in the amylograph, springy-elastic properties of the dough were studied using farinograph.

The kinetics of sugar accumulation was determined by the accelerated iodometric method without hydrolysis in terms of maltose. Its content was established in yeast and non-yeast dough after mixing and after 1.5 and 3 hours of fermentation [10].

The viscosity of the aqueous-flour suspension was determined on the amylograph ('Brabender', Sweden). The principle of the method is to mix the suspension and fix the torque of the working body of the device using a measuring system [10].

Springy-elastic characteristics of the dough were studied on the farinograph ('Brabender', Sweden). The principle of the method is as follows: in the mixer a mechanical force acts on the semi-finished product. The resistance of the dough is transmitted to the stock of the motor. Torque is recorded and expressed as a function of time [10].

Results and discussion. The accumulation and fermentation of sugars in the dough is due to the activity of flour and yeast enzymes (Table 1).

Table 1. Kinetics of sugars during the dough fermentation

Indicators	Control sample	Added citrates			
		zink	magnesium	calcium	iron
Yeast-free dough					
After mixing	7.30±0.1	7.20±0.1	7.30±0.1	7.30±0.1	7.30±0.1
After 3 hours of fermentation	9.40±0.1	9.40±0.1	9.57±0.1	9.43±0.1	9.31±0.1
Accumulated sugars	2.10±0.1	2.20±0.1	2.27±0.1	2.13±0.1	2.11±0.1
Yeast dough					
After mixing	7.60±0.1	7.60±0.1	7.70±0.1	7.60±0.1	7.60±0.1
After 3 hours of fermentation	6.30±0.1	6.14±0.1	6.27±0.1	6.23±0.1	6.25±0.1
Fermented sugars	3.40±0.1	3.66±0.1	3.70±0.1	3.50±0.1	3.46±0.1

In samples with citrates during fermentation more sugars were accumulated than in the dough only with fructose, namely: with zinc citrate — by 4.7%, magnesium — by 8%, calcium and iron — by 2%. That is, adding them to the dough stimulates the activity of flour enzymes.

The studied salts increase the fermentation of sugars: zinc citrate — by 7.6%, magnesium — by 8.8%, calcium and iron — by 3%, ie intensify the fermentation of dough with fructose. Thus, the introduction of citrates activates the amylolysis of starch and the fermentation process of the dough. This can be explained by the positive effect of citrates on the enzymatic complex of yeast and flour enzymes.

The baking properties of flour depend on the gelatinization of starch and the enzymatic activity of amylase. With a slow rise in temperature (1.5°C/min.) in the amylograph, the gelatinization of starch in suspension occurs as in the normal mode of baking bread.

Sample with the addition of a mixture of citrates of metals was investigated. The amount of each mineral substance in the mixture was used at the rate of providing the

body with 50% in each substance when eating the daily norm of bread — 277 g (Table 2).

Table 2. Viscosity of aqueous flour suspension with citrates of metals using amylograph

Water-flour suspension	Time to the beginning of gelatinization of starch, min	The temperature of the beginning of starch gelatinization, °C	Maximum viscosity of the system, unit of the device
Control sample	4.0±0.5	47.5±0.5	575±5
Sample with the addition of the mixture of citrates	6.0±0.5	52.8±0.5	590±5

The addition of citrates delays the beginning of gelatinization of starch for 2 min compared to the control sample. Maximum viscosity of the system with citrates is 2.6% higher than the control sample. This is due to the fact that in case of the action of citrates on starch due to redox processes the conditions for its swelling and hydration are created. This is accompanied by an increase in viscosity due to its gelatinization. At the same time there are conformational disturbances which are an obstacle to spiral formation of amylose and causes opening of branched chains of amylopectin. Due to the formation of cross-links of different strength in the amylose molecule, even with a moderate addition of these salts, the viscosity of the paste and resistance to heat increase.

Studying dough using farinograph (Table 3) showed that the addition of citrates to the dough does not change its water absorption capacity.

Table 3. Springy-elastic properties of the dough

Sample	Consistency, unit of the device	Water absorption capacity, cm ³ /100g	Duration of formation, min	Elasticity, unit of the device	Stability, min	Dilution during mixing, unit of the device
control	500	49.0±0.1	2.5±0.5	200±2	6.0±0.5	55±5
with a mixture of citrates	500	49.0±0.1	2.6±0.5	210±2	5.0±0.5	40±5

The duration of dough formation has slightly increased, the stability of the dough has increased by 1 minute, the dough does not dilute, which is explained by the fact that citrates act on redox processes in the dough.

Studies of the effect of citrates on the indicators of finished products showed an increase in the specific volume of products by 7—9%, improving the shape stability and porosity of products. The nutritional value of products increased significantly in terms of meeting the body's needs for minerals when eating the daily norm of bread.

Conclusions

It was established that the addition of citrates to the dough stimulated the activity of flour enzymes and fermentation activity of the microflora, which caused an increase in

the accumulation of sugars in the dough during its fermentation by 2—8% and their fermentation by the dough microflora by 3—8.8%.

Citrates delayed the beginning of starch gelatinization, increased the stability of the dough.

The nutritional value of finished products increased significantly, in particular, up to 49% of ensuring the daily requirement for added minerals.

References

1. Шендеров Б. А. Функциональное питание и его роль в профилактике метаболического синдрома. 2008. Москва: ДеЛи принт.
2. Hauner H., Bechthold A., Boeing H. et al. Evidence-based guideline of the german nutrition society: carbohydrate intake and prevention of nutrition-related diseases. *Ann Nutr Metab.* 2012. 60(1). 1—58.
3. Collino M. High Dietary Fructose Intake: Sweet or Bitter Life? *World J Diabetes.* 2011. 2(6). 77—81.
4. Дробот В. І., Місечко Н. О., Бондаренко Ю. В., Тесля О.Д. Фруктоза — перспективний цукрозамінник в технології діабетичних хлібобулочних виробів. *Зернові продукти і комбікорми.* 2012. 4. 24—27.
5. Kozonova J., Telegenko L., Stavniha N. Comparison of the quality macronutrient compound of recommended daily intakes and the second type diabetes patients' diet. *Food science and technology.* 2016. 10(3). 5—6.
6. Ahn C., Kang J-H., Jeung E-B. Calcium homeostasis in diabetes mellitus. *Journal of Veterinary Science.* 2017. 18(3). 261—266.
7. Swaminathan S., Fonseca V. A., Alam M. G., Shah S. V. The Role of Iron in Diabetes and Its Complications. *Diabetes Care.* 2007. 30(7). 1926—1933.
8. Barbagallo M., Dominguez L. J. Magnesium and Type 2 Diabetes. *World J Diabetes.* 2015. 6(10). 1152—1157.
9. Cruz K. J. C., Oliveira A. R. S., Marreiro D. N. Antioxidant Role of Zinc in Diabetes Mellitus. *World J Diabetes.* 2015. 6(2). 333—337.
10. Дробот В. І. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів. Київ, НУХТ. 2015. 902.

FEATURES OF THE USE OF ACTIVATED CARBONS IN ALCOHOLIC BEVERAGE PRODUCTION

L. Levandovsky

Kyiv National University of Trade and Economics

T. Shendrik

L. M. Litvinenko Institute of Physical-Organic Chemistry

and Coal Chemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine

A. Kuts, N. Stukalska

National University of Food Technologies

Key words:

Alcohol

Activated carbon

*Adsorption activity for
iodine*

Fractional composition

Sorption indicators

Article history:

Received 13.01.2021

Received in revised form
27.01.2021

Accepted 10.02.2021

Corresponding author:

L. Levandovsky

E-mail:

levandov7@gmail.com

ABSTRACT

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

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

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

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

DOI: 10.24263/2225-2924-2021-27-1-20

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ АКТИВНОГО ВУГІЛЛЯ У ЛІКЕРО-ГОРІЛЧАНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Л. В. Левандовський

Київський національний торговельно-економічний університет

Т. Г. Шендрік

Інститут фізико-органічної хімії та вуглехімії

імені Л. М. Литвиненка НАН України

А. М. Куц, Н. М. Стукальська

Національний університет харчових технологій

У статті оцінено переваги та недоліки активного вугілля природного походження (БАУ-А), що традиційно використовується для очищення водно-спиртових сумішей від домішок у технології горілки, запропоновано підхід зі створення різних комбінацій сорбентів з оптимальними властивостями, де низькі показники якості одного з видів активного вугілля компенсовані високими показниками іншого вугілля. Завдяки критичному аналізу літературних джерел зроблено висновки, що активне вугілля марки БАУ-А не повністю відповідає вимогам лікеро-горілчаного виробництва, саме тому потрібен пошук альтернативних типів сорбентів і розробка додаткових вимог до активного вугілля. Визначення властивостей активного вугілля проводили за такими фізико-хімічними параметрами: адсорбційна активність за оцтовою кислотою; адсорбційна активність за йодом; адсорбційна активність за метиленовим блакитним; сумарний об'єм пор за водою; насипна щільність, стійкість до стирання.

У результаті проведених досліджень встановлено, що перспективним для застосування у лікеро-горілчаному виробництві є підхід зі створення різних комбінацій сорбентів на базі вугілля марки БАУ-А з активним вугіллям іншого походження — кісточковим, кокосовим і активним вугіллям з викопної сировини. Низькі показники одного з видів активного вугілля можуть бути компенсовані високими показниками іншого вугілля. Так, невисока стійкість на стирання активного вугілля БАУ-А (51,5%) може бути компенсована за рахунок вугілля кісточкового (91,5%), кокосового (85,5%) або активного вугілля з викопного вугілля (79%), які можна використовувати у вугільних колонках. Комбінований склад дасть змогу підвищити загальну міцність сорбенту та витримувати натиск рідини у вугільних колонках при терті вугільних часток. Композиційне активне вугілля матиме оптимізовані сорбційні і каталітичні властивості, загальна розвинена пориста структура надасть можливість екстрагувати з водно-спиртових розчинів і утримувати в сорбуючих порах органічні домішки, які погіршують дегустаційні властивості горілок.

Ключові слова: *алкогольні напої, активне вугілля, адсорбційна активність за йодом, фракційний склад, сорбційні показники.*

Постановка проблеми. Для очищення лікєро-горілочаної продукції від домішок: альдегідів, кетонів, складних естерів, карбонових кислот і високомолекулярних речовин — сивушних масел, а також для формування смаку отриманої продукції за рахунок хімічних процесів використовують активне вугілля рослинного походження.

Від якості активного вугілля залежить якість готової продукції [1—4]. Найчастіше, основною сировиною для отримання активного вугілля є широке коло прекурсорів (природне вугілля, деревина, вуглецевмісні відходи різного походження та ін.) [5—7]. Продукція, отримана з використанням деревного активного вугілля БАУ, за інших рівних умов, мала органолептичну оцінку завжди кращу, ніж горілки, отримані обробкою іншими марками вугілля. Але лікєро-горілочана галузь розвивається, і для поліпшення якості алкогольної продукції шукає нові види активного вугілля.

Пошук нових видів активного вугілля, яке використовується для лікєро-горілочаного виробництва, пов'язаний з низкою труднощів. Це пояснюється високою складністю технологічного процесу отримання активного вугілля, а також подальшим процесом очищення сортівок активним вугіллем. Ці процеси характеризуються великою кількістю і різноманітністю внутрішніх зв'язків між активним вугіллем і водно-спиртовою сумішшю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для вибору оптимального технологічного процесу обробки сортівок активним вугіллем необхідно порівняти різні режими технологічного процесу. При цьому необхідно врахувати і проаналізувати вплив великої кількості факторів на параметри технологічного процесу. Все це потрібно робити в обмежені терміни розробки технологічного процесу. Тому нерідко вибираються не найкращі варіанти технологічного регламенту, а також не найкращі умови (режими) його проведення.

Природно, що такий стан справ не може задовольняти швидкозростаюче лікєро-горілочане виробництво. Поява нових сорбентів для лікєро-горілочаної промисловості викликає значні зміни при оптимізації технологічного процесу обробки сортівки активним вугіллем.

У лікєро-горілочаному виробництві можна виділити основні типи активного вугілля [8—9]. Їх виробляють з матеріалів, які містять складні органічні сполуки, здатні за певних умов утворювати твердий вуглецевий залишок. Активне вугілля, що застосовується в лікєро-горілочаному виробництві, за природою походження поділяється на таке: природного походження (вугілля активне деревне подрібнене БАУ-А; модифіковані активні вугілля БАУ-А для лікєро-горілочаного виробництва; модифіковані активні вугілля іонами металів; активні вугілля з кісточок плодів, шкаралупи горіхів; активні вугілля з різних органічних відходів; активні вугілля з викопного вугілля; природні мінерали); синтетичного походження.

За структурою порового простору активне вугілля класифікують [10—11] за формою пор (переважно сферичне, щілиновидне, пляшкоподібне); за розміром пор (макропорувате, мезопорувате, мікропорувате), за пористістю (великопористе, тонкопористе, активний кокс і вуглецеве молекулярне сито).

Традиційно в лікєро-горілчаному виробництві використовують активне вугілля марки БАУ-А, одержане методом фізичної активації водяною парою за $T \geq 800^\circ\text{C}$, що має такі характеристики: $\rho = 200 \text{ г/дм}^3$, $V_\Sigma = 1,50 \text{ см}^3/\text{г}$; $V_{ma} = 1,19 \text{ см}^3/\text{г}$; $V_{me} = 0,08 \text{ см}^3/\text{г}$; $V_{mi} = 0,23 \text{ см}^3/\text{г}$; $S_{me} = 57 \text{ м}^2/\text{г}$ [3].

Основні переваги активного вугілля марки БАУ-А [3]: висока питома поверхня ($S = 500\text{—}800 \text{ м}^2/\text{г}$) та достатній адсорбційний простір, які забезпечують добрі органолептичні показники горілок.

Основні недоліки активного вугілля марки БАУ-А [12—15]: висока лужність поверхні (рН 9—11); низька механічна твердість (37—42%); наявність водорозчинної золи 0,5—0,7%; нерівномірний фракційний склад. Відпрацьоване активне вугілля марки БАУ-А регенерують за температури 700...900°C піролізом та активують за температури 110—115°C водяною парою [1; 2].

На підставі критичного аналізу літературних джерел зроблено висновки, що активне вугілля марки БАУ-А не повністю відповідає вимогам лікєро-горілчаного виробництва, саме тому потрібен пошук альтернативного активного вугілля та розробка додаткових вимог до активного вугілля за показниками: твердість; адсорбційна активність (метод Шульмана-Бабкової); адсорбційна активність за оцтовою кислотою (метод Ошмяна).

У лікєро-горілчаному виробництві перспективним вважається активне вугілля з фруктових кісточок, шкаралупи кокосової, волоських горіхів тощо, що має більшу насипну щільність; вищу адсорбційну активність по оцтовій кислоті (УАК — 130 одиниць, БАУ-А — 60 одиниць); суттєву різницю в окислюваності між горілкою та водно-спиртовою сумішшю (УАК — 3,8 хвилини; БАУ-А — 3,0 хвилини); меншу кількість водорозчинної золи; більший міжрегенераційний ресурс активного вугілля; вищу твердість, ніж активне вугілля марки БАУ-А [1—3].

Мета статті: оцінка переваг і недоліків активного вугілля природного походження (БАУ-А), що традиційно використовується для очищення водно-спиртових сумішей від домішок у технології горілки, розробка підходу зі створення різних комбінацій сорбентів з оптимальними властивостями, де низькі показники якості одного з видів активного вугілля компенсовані високими показниками іншого вугілля.

Викладення основних результатів дослідження. Об'єкт дослідження активне вугілля різних типів:

- 1 — вугілля активне березове марки БАУ-А;
- 2 — вугілля активне з кокосу;
- 3 — вугілля активне з викопного вугілля;
- 4 — вугілля активне імпрегноване сріблом;
- 5 — вугілля активне з кісточок плодкових дерев;
- 6 — вугілля активне деревне, адаптоване для лікєро-горілчаного виробництва.

Проведені дослідження засновані на методах визначення властивостей активного вугілля за фізико-хімічними параметрами: адсорбційна активність за оцто-

вою кислотою; адсорбційна активність за йодом; адсорбційна активність за метиленовим блакитним; сумарний об'єм пор за водою; насипна щільність, стійкість до стирання.

У результаті експериментальних досліджень активного вугілля для лікєро-горілочного виробництва отримані нижченаведені характеристики.

Вугілля активне березове марки БАУ-А: адсорбційна активність за оцтовою кислотою — 61 мл; адсорбційна активність за йодом — 66%; адсорбційна активність за метиленовим блакитним — 123 мг/г; сумарний об'єм пор за водою — 1,66 см³/г; насипна щільність — 211 г/дм³; стійкість до стирання — 51,5%; масова частка вологи 3,8%.

Вугілля активне з кокосу: адсорбційна активність за оцтовою кислотою — 69 мл; адсорбційна активність за йодом — 85%; адсорбційна активність за метиленовим блакитним — 270 мг/г; сумарний об'єм пор за водою — 1,25 см³/г; насипна щільність — 529 г/дм³; стійкість до стирання — 85,5%; масова частка вологи 2,4%.

Вугілля активне з викопного вугілля: адсорбційна активність за оцтовою кислотою — 60 мл; адсорбційна активність за йодом — 57%; адсорбційна активність за метиленовим блакитним — 122 мг/г; сумарний об'єм пор за водою — 1,40 см³/г; насипна щільність — 688 г/дм³; стійкість до стирання — 79%; масова частка вологи 3%.

Вугілля активне, імпрегноване сріблом: адсорбційна активність за оцтовою кислотою — 79 мл; адсорбційна активність за йодом — 70%; адсорбційна активність за метиленовим блакитним — 165 мг/г; сумарний об'єм пор за водою — 2,20 см³/г; насипна щільність — 219 г/дм³; стійкість до стирання — 63,5%; масова частка вологи 3,7%.

Вугілля активне з кісточок плодкових дерев: адсорбційна активність за оцтовою кислотою — 108 мл; адсорбційна активність за йодом — 99%; адсорбційна активність за метиленовим блакитним — 271 мг/г; сумарний об'єм пор за водою — 1,50 см³/г; насипна щільність — 562 г/дм³; стійкість до стирання — 91,5%; масова частка вологи — 3,7%.

Вугілля активне деревне, адаптоване для лікєро-горілочного виробництва: адсорбційна активність за оцтовою кислотою — 70 мл; адсорбційна активність за йодом — 66%; адсорбційна активність за метиленовим блакитним — 133 мг/г; сумарний об'єм пор за водою — 1,80 см³/г; насипна щільність — 220 г/дм³; стійкість до стирання — 57,7%; масова частка вологи — 4,0%.

Вугілля БАУ-А є стандартним активним вугіллям для лікєро-горілочного виробництва. «Динамічний спосіб» очистки водно-спиртових сумішей активним вугіллям від домішок — класична технологія горілки. У подальшому аналізі використовуватимемо характеристики активного вугілля марки БАУ-А як базові для подальшого аналізу та порівняння з іншими активним вугіллям.

Обсяг адсорбованої вугіллям оцтової кислоти знаходиться в прямій залежності від адсорбційної активності вугілля (рис. 1).

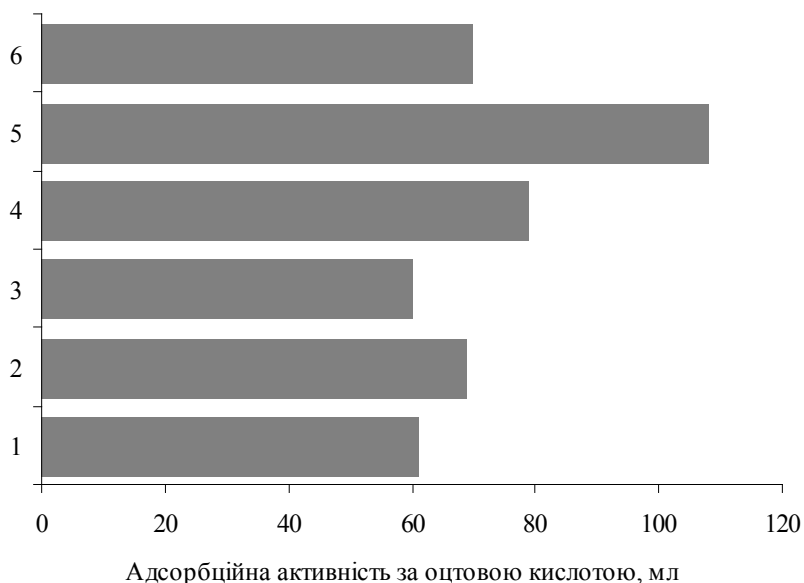


Рис. 1. Залежність адсорбційної активності за оцтовою кислотою від типу активного вугілля: 1 — вугілля активне березове марки БАУ-А; 2 — вугілля активне з кокосу; 3 — вугілля активне з викопного вугілля; 4 — вугілля активне, імпрегноване сріблом; 5 — вугілля активне з кісточок плодів дерев; 6 — вугілля активне деревне, адаптоване для лікєро-горілочного виробництва

Вугілля БАУ-А має адсорбційну активність за оцтовою кислотою 61 мл. Активне вугілля кокосове марки має сорбційну активність за оцтовою кислотою — 69 мл, що на 11,6% більше ніж БАУ-А. Активне вугілля з викопного вугілля має найнижче значення сорбційної активності за оцтовою кислотою (60 мл), яке менше на 1,7%. Активне вугілля, імпрегноване сріблом, має адсорбційну активність за оцтовою кислотою 79 мл, що на 22,8% більше, ніж стандартне активне вугілля марки БАУ-А. При цьому активне вугілля кісточкове на 43,5% більше адсорбує оцтову кислоту і має найвищу сорбційну здатність за оцтовою кислотою серед розглянутого активного вугілля (108 мл). Активне вугілля деревне, адаптоване для лікєро-горілочного виробництва на 12,9% більше адсорбує оцтову кислоту і має сорбційну активність 70 мл за оцтовою кислотою.

Активне вугілля марки БАУ-А має адсорбційну активність за йодом 66% (рис. 2). Кісточкове активне вугілля та кокосове активне вугілля мають більшу адсорбційну активність за йодом, що на 14% та 19% більше чим БАУ-А. Низьку сорбційну активність за йодом стосовно БАУ-А має активне вугілля із викопного вугілля (–9%). Вугілля активне деревне, адаптоване для лікєро-горілочного виробництва, та вугілля активне, імпрегноване сріблом, має адсорбційну активність за йодом відповідно 66% та 70%. Вугілля активне деревне, адаптоване для лікєро-горілочного виробництва, має однакові значення з БАУ-А. Вугілля активне, імпрегноване сріблом, має адсорбційну активність за йодом на 4% більше, ніж базовий БАУ-А. Можна зробити перший висновок, що кокосове активне вугілля має найвищі сорбційні показники за йодом серед представлених сорбентів.

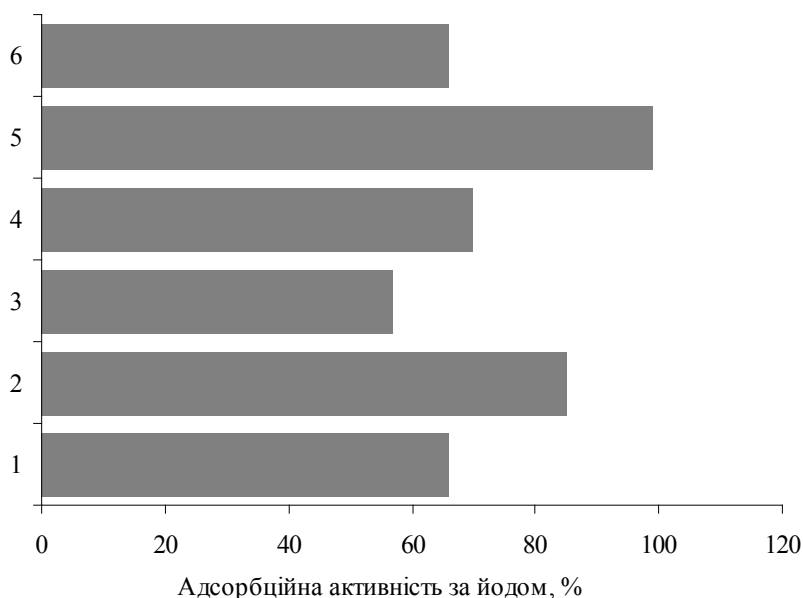


Рис. 2. Залежність адсорбційної активності за йодом від типу активного вугілля:
 1 — вугілля активне березове марки БАУ-А; 2 — вугілля активне з кокосу; 3 — вугілля активне з викопного вугілля; 4 — вугілля активне, імпрегноване сріблом; 5 — вугілля активне з кісточок плодкових дерев; 6 — вугілля активне деревне, адаптоване для лікєро-горілочаного виробництва

Вугілля БАУ-А має адсорбційну активність за метиленовим блакитним — 123 мг/г (рис. 3). Вугілля активне деревне, адаптоване для лікєро-горілочаного виробництва, та вугілля активне, імпрегноване сріблом, має адсорбційну активність за метиленовим блакитним 133 мг/г і 165 мг/г, що на 7,5% та 25,5% більше ніж стандартний зразок — активне вугілля марки БАУ-А. При цьому вугілля активне з кісточок плодкових дерев та активне вугілля кокосове на 54,6% та 54,4 більше адсорбує метиленовий блакитний і має велику сорбційну активність за метиленовим блакитним серед усього активного вугілля (271 мг/г та 270 мг/г відповідно). Активне вугілля з викопного вугілля має найменше значення сорбційної активності за оцтовою кислотою (122 мг/г).

Вугілля БАУ-А має більший сумарний об'єм пор за водою 1,66 см³/г (рис. 4). Активне вугілля кокосове марки має сумарний об'єм пор за водою — 1,25 см³/г, що на –32,8% нижче ніж БАУ-А. Активне вугілля з викопного вугілля має значення сумарного об'єму пор за водою (1,40 см³/г), яке менше на –18,6%. Активне вугілля, імпрегноване сріблом, має сумарний об'єм пор за водою 2,20 см³/г, що на 24,5% більше ніж стандартне активне вугілля марки БАУ-А. При цьому активне вугілля з кісточок плодкових дерев має на 10,7% менший сумарний об'єм пор за водою (1,50 см³/г). Активне вугілля деревне, адаптоване для лікєро-горілочаного виробництва, має сумарний об'єм пор за водою 1,80 см³/г, що на 7,8% більше ніж активне вугілля марки БАУ-А. Можемо зробити висновок, що активне вугілля, імпрегноване сріблом, має більший обсяг сорбуючих пор і велику поглинальну здатність за органічними домішками.

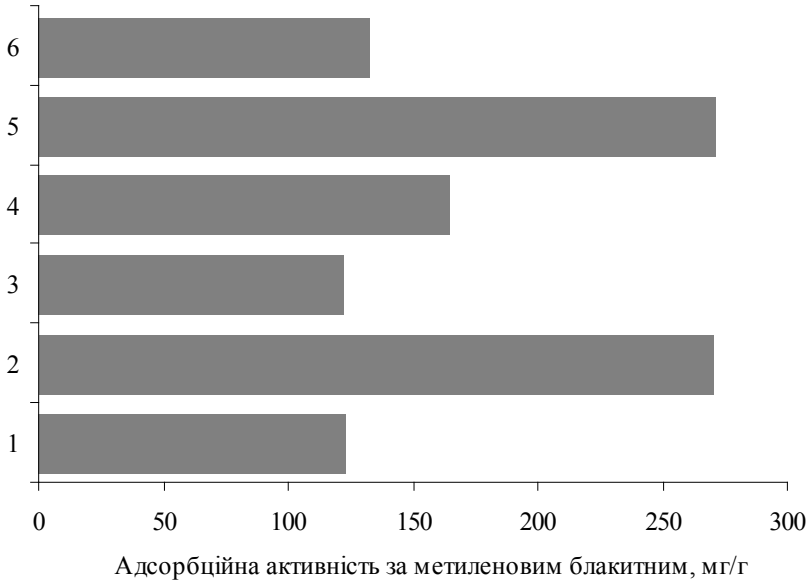


Рис. 3. Залежність адсорбційної активності за метиленовим блакитним від типу активного вугілля:

1 — вугілля активне березове марки БАУ-А; 2 — вугілля активне з кокосу; 3 — вугілля активне з викопного вугілля; 4 — вугілля активне, імпрегноване сріблом; 5 — вугілля активне з кісточок плодкових дерев; 6 — вугілля активне деревне, адаптоване для лікєро-горілчаного виробництва

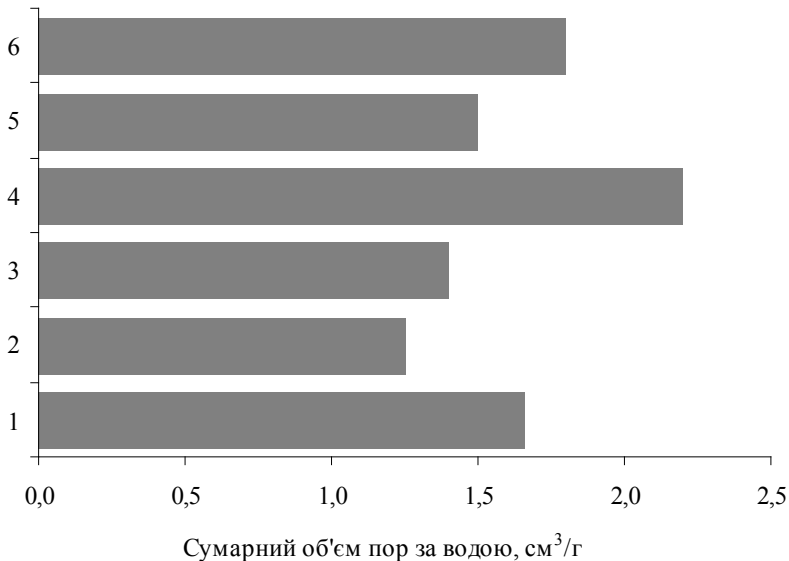


Рис. 4. Залежність сумарного об'єму пор за водою від типу активного вугілля:

1 — вугілля активне березове марки БАУ-А; 2 — вугілля активне з кокосу; 3 — вугілля активне з викопного вугілля; 4 — вугілля активне, імпрегноване сріблом; 5 — вугілля активне з кісточок плодкових дерев; 6 — вугілля активне деревне, адаптоване для лікєро-горілчаного виробництва

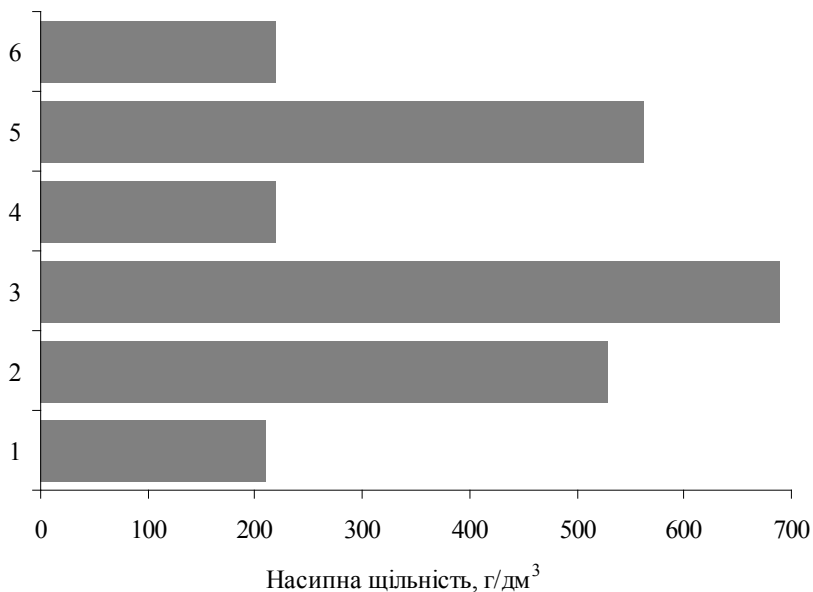


Рис. 5. Залежність насипної щільності від типу активного вугілля:
 1 — вугілля активне березове марки БАУ-А; 2 — вугілля активне з кокосу; 3 — вугілля активне з викопного вугілля; 4 — вугілля активне, імпрегноване сріблом; 5 — вугілля активне з кісточок плодкових дерев; 6 — вугілля активне деревне, адаптоване для лікеро-горілчаного виробництва

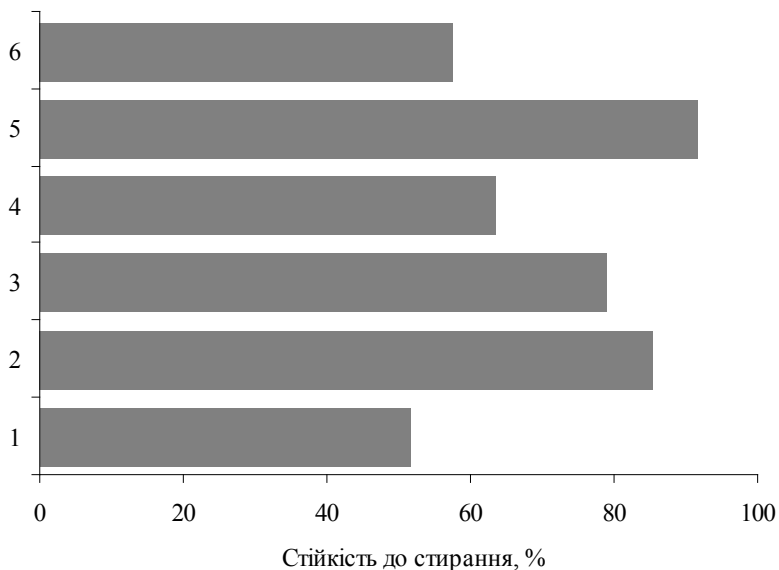


Рис. 6. Залежність міцності на стирання від типу активного вугілля:
 1 — вугілля активне березове марки БАУ-А; 2 — вугілля активне з кокосу; 3 — вугілля активне з викопного вугілля; 4 — вугілля активне, імпрегноване сріблом; 5 — вугілля активне з кісточок плодкових дерев; 6 — вугілля активне деревне, адаптоване для лікеро-горілчаного виробництва

Насипна щільність активного вугілля кісточкового (562 г/дм^3), кокосового (529 г/дм^3), активного вугілля з викопного вугілля (688 г/дм^3) більше ніж в 2 рази вища за насипну щільність групи вугілля БАУ-А (211 г/дм^3) (рис. 5). Їх застосування дасть змогу збільшити швидкість фільтрування сортівок при тій же ефективності очищення. Насипна щільність активного вугілля активного, імпрегнованого сріблом та адаптованого для лікєро-горілочаного виробництва, має стандартні значення 219 г/дм^3 та 220 г/дм^3 порівняно з БАУ-А (211 г/дм^3).

Міцність на стирання активного вугілля БАУ-А (51,5%) нижча, ніж у вугілля кісточкового (91,5%), кокосового (85,5%) та активного вугілля з викопного вугілля (79%), що дає змогу при їхньому застосуванні скоротити витрати активного вугілля (рис. 6).

Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що перспективним для застосування у лікєро-горілочаному виробництві є підхід зі створення різних комбінацій сорбентів на основі вугілля марки БАУ-А з активним вугіллям іншого походження — кісточковим, кокосовим і активним вугіллям з викопною сировини. Низькі показники одного з видів активного вугілля можуть бути компенсовані високими показниками іншого вугілля. Так, невисока стійкість на стирання активного вугілля БАУ-А (51,5%) може бути компенсована за рахунок вугілля кісточкового (91,5%), кокосового (85,5%) або активного вугілля з викопного вугілля (79%), які можна використовувати у вугільних колонках. Комбінований склад дасть змогу підвищити загальну міцність сорбенту та витримувати натиск рідини у вугільних колонках при терті вугільних часток. Композиційне активне вугілля матиме оптимізовані сорбційні і каталітичні властивості, загальна розвинена пориста структура дасть змогу екстрагувати з водно-спиртових розчинів і утримувати в сорбуючих порах органічні домішки, які погіршують дегустаційні властивості горілок.

Література

1. Высокопрочные активные угли и блочные фильтры на их основе. Мухин В. М. и др. *Ликєроводочное производство и виноделие*. 2004. № 55. С. 8—9.
2. Мухин В. М., Поляков В. А., Макеева А. Н., Шубина Н. А. Новые активные угли для ликєроводочного производства. *Производство спирта и ликєроводочных изделий*. 2003. № 3. С. 36—37.
3. Петров А. Н., Олонцев В. Ф., Лимонов Н. В. Тенденции в использовании активных углей в ликєро-водочной отрясли. *Ликєроводочное производство и виноделие*. 2004. № 57. С. 5—7.
4. Петров А. Н., Лимонов Н. В. Тенденции в использовании активных углей в ликєро-водочной отрясли. *Ликєроводочное производство и виноделие*. 2005. № 67. С. 8—9.
5. Marsh H., Rodriguez-Reinoso F. *Activated carbon*. Amsterdam: Elsevier, 2006. 542 p.
6. Activated carbon modifications to enhance its water treatment applications. An overview. Rivera-Utrilla J. et al. *J. Hazardous Materials*. 2011. 187, 1—3, pp. 1—23.
7. Preparation, characterization and evaluation of adsorptive properties of leather waste based activated carbon via physical and chemical activation, Jiaojiao Kong et al. *Chemical Engineering Journal*. 2013. № 221. P. 62—71.
8. Menéndez-Díaz J. A., Martín-Gullón I. Chapter I. Types of carbon adsorbents and their production. *Interface Science and Technology*. № 7. 2006. P. 1—47.

9. Манк В. В., Мельник Л. Н. Использование природных минералов для адсорбционной очистки водно-спиртовых растворов. *Производство спирта и ликероводочных изделий*. 2005. № 1. С. 27—29.
10. Zubkova V. Study on relation of solvent extractable material and resistivity of pyrolysed coal. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 2011. № 92. P. 50—58.
11. Brunauer S., Emmett P. H., Teller E. Adsorption of gases in multimolecular layers. *J. Am. Chem. Soc.* 1938, 60(2). P. 309—319.
12. Высокопрочные активные угли и блочные фильтры на их основе. Мухин В. М. и др. *Ликероводочное производство и виноделие*. 2004. 55. С. 8—9.
13. Мухин В. М., Поляков В. А., Макеева А. Н., Шубина Н. А. Новые активные угли для ликёроводочного производства. *Производство спирта и ликёроводочных изделий*. 2003. № 3. С. 36—37.
14. Kuzmin O., Shendrik T., Zubkova V. Substantiation of the conditions of obtaining porous carbon materials from pyrolyzed wood wastes by chemical activation of H₃PO₄. *Ukrainian Food Journal*. 2017. № 6(1). P. 103—116.
15. Production of active coal from pyrolyzed wood wastes by alkaline activation of KOH. Kuzmin O. et al. *Ukrainian Food Journal*. 2017. № 6(3). P. 443—458.

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF OATMEAL FOR THE PRODUCTION OF BREAD PRODUCTS FOR RESTAURANT BUSINESS

A. Riznyk, T. Sylchuk, V. Tsyrunnikova, O. Tyshchenko
National University of Food Technologies

Key words:

Oatmeal
Celiac disease
Mass fraction of moisture
Titrateable acidity
Amino acid score
Particle size distribution

Article history:

Received 14.01.2021
Received in revised form
27.01.2021
Accepted 11.02.2021

Corresponding author:

A. Riznyk
E-mail:
riznyk_nastya2707@
ukr.net

ABSTRACT

Modern requirements for a healthy diet of the population form fundamentally new advanced technologies of bread products, which contribute to the expansion of their range, especially in restaurants. The expansion of the raw material base, in particular for the creation of gluten-free products, is an urgent issue today. Specialists of the bakery industry are working on the development of technologies for special purpose bakery products.

In this regard, it is important to form in the range of bakery products a segment of functional products from gluten-free raw materials and with a high content of useful substances for human life. Ukraine has a sufficient raw material base and scientific potential for the development and improvement of this product segment.

The efficiency of oatmeal use in the technology of special purpose bakery products is analyzed. Physico-chemical parameters of oatmeal of domestic producers of different brands have been studied. Standard methods for determining the technological parameters of the selected raw materials were used. It is shown that such indicators as mass fraction of moisture, acidity, moisture retention, fat retention and water absorption capacity meet the requirements of regulatory documentation. The particle size distribution of oatmeal was studied. The amino acid content was determined and the amino acid rate of proteins of the studied raw material was calculated.

Based on the generalized results, a detailed analysis of data obtained during laboratory studies of oatmeal from various domestic producers, as well as trends in the main processes in the production of bakery products with its use were provided. Technological properties of future products, their nutritional, energetic and biological value were simulated.

The possibility of using oatmeal for the production of bakery products for special purpose for the restaurant business is shown.

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВІВСЯНОГО ТОЛОКНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБНИХ ВИРОБІВ У ЗАКЛАДАХ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА

А. О. Різник, Т. А. Сильчук, В. В. Цирульнікова, О. М. Тищенко
Національний університет харчових технологій

Сучасні вимоги до здорового харчування населення формують принципово нові вдосконалені технології хлібних виробів, що сприяють розширенню їх асортименту, особливо в закладах ресторанного господарства. Розширення сировинної бази, зокрема для створення безглютенових виробів, є актуальним питанням сьогодення. Фахівці хлібопекарської галузі працюють над розробленням технологій хлібобулочних виробів спеціального призначення.

У зв'язку із цим актуальним є формування в асортименті хлібобулочних виробів сегмента продукції функціонального призначення з аглютенною сировини та з підвищеним вмістом корисних для життєдіяльності людини речовин. Для розвитку й удосконалення цього сегмента продуктів в Україні є достатня сировинна база та науковий потенціал.

Проаналізовано ефективність використання вівсяного толокна в технології хлібобулочних виробів спеціального призначення. Досліджено фізико-хімічні показники вівсяного толокна вітчизняних виробників різних торговельних марок. Використано стандартні методики визначення технологічних показників обраної сировини. Показано, що такі показники, як масова частка вологи, кислотність, вологоутримувальна, жирутримувальна та водопоглинальна здатність відповідають вимогам нормативної документації. Досліджено гранулометричний склад вівсяного толокна. Визначено вміст амінокислот і розраховано амінокислотний скор білків досліджуваної сировини.

На основі узагальнених результатів проведено детальний аналіз даних, отриманих у ході лабораторних досліджень вівсяного толокна різних вітчизняних виробників, а також розглянуто тенденції перебігу основних процесів в умовах виробництва хлібобулочних виробів з його використанням. Змодельовано технологічні властивості майбутніх виробів, визначено їх харчову, енергетичну та біологічну цінність.

Підтверджено можливість використання вівсяного толокна для виробництва хлібобулочних виробів спеціального призначення в закладах ресторанного господарства.

Ключові слова: вівсяне толокно, целіакія, масова частка вологи, титрована кислотність, амінокислотний скор, гранулометричний склад.

Постановка проблеми. Офіційна статистика поширеності целіакії в Україні відсутня, проте за результатами досліджень Українського товариства целіакії в нашій країні вже нараховується приблизно 1600 хворих із доведеним діагнозом глютенкової ентеропатії [5]. Вирішення існуючої проблеми можливо досягти

шляхом збільшення асортименту аглютенівих виробів вітчизняного виробництва на просторах українського ринку.

Як відомо, при розробленні збагачених хлібобулочних виробів ключовим фактором є обґрунтований науковий підхід, який базується на правильному технологічному процесі та на використанні натуральної сировини з високим вмістом фізіологічно-функціональних інгредієнтів. Враховуючи вже відомий досвід вітчизняних і зарубіжних фахівців [1—4], як джерело поживних та біологічно активних речовин доцільно використовувати вторинні продукти переробки зерна [6—9]. Їх застосування в технології хліба та хлібобулочних виробів зумовлено не тільки фізіологічною, але й не менш важливою економічною доцільністю. Таке технологічне рішення сприяє підвищенню ефективності переробки продукції сільськогосподарської галузі. Зважаючи на це, для створення функціональних хлібобулочних виробів пропонується використання перспективної та крафтової сировини — вісяного толокна. Цей продукт виробляється вітчизняними підприємствами у достатній кількості та вважається дієтичною доступною сировиною для всіх верст населення, що, відповідно, не вплине на вартість готових виробів, а навіть, навпаки, допоможе зменшити собівартість хлібобулочної продукції. Варто відмітити, що не менш важливим на етапі обґрунтування вибору альтернативної сировини є вивчення її хімічного складу й технологічного потенціалу, що дає змогу прогнозувати не тільки харчову цінність нових виробів, а й перебіг основних технологічних процесів під час їх виготовлення.

Асортимент безглютеної продукції в Україні сформований переважно виробами імпортного виробництва відповідної цінової політики. Така ситуація обумовлена складністю запровадження «безпечної» технології виготовлення цього сегменту харчових продуктів. Виробництво аглютенової продукції передбачає унеможливлення створення будь-яких перетинів із глютенвмісною сировиною, тобто організацію автономного середовища для виготовлення безглютенових виробів. А побудова такого виробництва для вітчизняних борошномельних підприємств є проблематичною та фінансово затратною.

Але проблема наповнення аглютенового ринку продуктами українського виробництва полягає ще й у складності технологій, тому що вважати просту заміну пшеничного борошна на безглютеновий вид борошна повноцінною та правильною не можна. Вивчення сучасних досліджень у цьому напрямку дає змогу зробити висновок, що аглютенові види борошна суттєво впливають на формування структурно-механічних характеристик тістових напівфабрикатів [6].

Найбільшою популярністю користуються такі вільні від глютену вітчизняні різновиди борошна, як рисове та гречане. В Національному університеті харчових технологій проводяться дослідження з розробки безглютенового хліба. Зокрема, розроблено рецептури дієтичного безбілкового хліба та безглютенового із рисовим, кукурудзяним (тонкого помелу), гречаним борошном.

Рисове борошно має досить високий рівень вуглеводів, зокрема крохмалю. Гречане борошно цінне за рахунок великої кількості мінеральних речовин, вітамінів, харчових волокон. Недоліком цієї сировини є досить специфічний смак, що безпосередньо впливає на органолептичні показники якості готових виробів.

Зважаючи на вищевикладене, актуальним є розширення асортименту хлібо-булочних виробів за рахунок створення нових аглютеноних продуктів із нетрадиційної сировини.

Мета дослідження: обґрунтування вибору та дослідження якості сировини, зокрема продуктів переробки вівса задля розширення асортименту хлібобулочних виробів спеціального призначення.

Матеріали і методи. У дослідженнях застосовували толокно вівсяне ТМ «Козуб» виробництва ТОВ «Фірма ДІАМАНТ ЛТД» та вівсяне толокно ТМ «Смак життя».

Під час досліджень використані відповідні методики згідно з нормативними документами [10—14].

Досліджували амінокислотний склад білків толокна згідно з методикою [10]. Амінокислоти розділяли методом іонообмінної хроматографії, проводили реакцію з нінгідрином і визначали вміст амінокислот фотометричним методом (довжина хвилі 570 нм). Отримані результати задіяли для розрахунку амінокислотного скору незамінних амінокислот.

Масову частку вологи визначали прискореним методом висушування в електричній сушильній шафі — СЕШ-3М [11]. Визначення титрованої кислотності здійснювали методом титрування водно-борошняної суспензії (бовтанки) [11]. Дослідження гранулометричного складу толокна проводили шляхом розсіювання його на системі сит № 41/43, 38, 27 [12].

Вологоутримувальну та жирутримувальну здатність зразків вівсяного толокна визначали методом Шоха, з додаванням води або жиру для дослідження показника вологоутримання або жирутримання відповідно, витримкою на водяній бані з подальшим центрифугуванням упродовж 15 хв за частотою обертання 6000 об/хв [13].

Результати і обговорення. Толокно — це продукт переробки вівса, що відрізняється високим ступенем засвоюваності, оскільки містить до 10% водорозчинних речовин, до 15% денатурованих білків і майже повністю клейстеризований крохмаль [15]. Цінність толокна також полягає в тому, що до його складу входять: лігнін — виводить з організму шлаки, холестерин і токсини; біофлавоноїди — забезпечують профілактику онкологічних захворювань і позитивно впливають на імунітет; аланін — зміцнює імунну систему і регулює цукор в крові; цистеїн — захищає від радіації. Толокно також добре впливає на пам'ять, стан шкіри, нігтів і волосся. Вівсяне толокно вважається унікальним продуктом, оскільки знайшло застосування не лише в кулінарних технологіях, а ще й використовується у косметології, для лікування. Встановлено, що вживання толокна в кількості 10 г забезпечує організм 20% білка, а спожиті 20 г продукту здатні знизити рівень холестерину на 7—10% [16].

За об'єкт дослідження обрано толокно вівсяне ТМ «Козуб» виробництва ТОВ «Фірма ДІАМАНТ ЛТД» і толокно ТМ «Смак життя». Під торговельною маркою «Козуб» на українському ринку представлено два продукти — «Толокно вівсяне» та «Толокно вівсяне органічне». Усі досліджувані зразки промислового виробництва виготовлені згідно з чинними стандартами [17]. Відібрані види толокна мають у своєму складі цінні компоненти: білки (11,9...14,34%); харчові

волокна 2,4...4,2%; мінеральні речовини та вітаміни, вміст яких перевищує багатократно їх кількість у пшеничному борошні [7; 8]. Це перспективна сировина для підвищення функціонально-технологічних показників і біологічної цінності хлібобулочних виробів, до того ж вона майже не використовується українськими виробниками, хоча має унікальний хімічний склад.

За результатами оцінки органолептичних показників обраних зразків визначено, що всі дослідні зразки відповідають встановленим вимогам: відсутні сторонні запахи, наявний приємний аромат; колір притаманний природі зерна — від світло-коричневого до бежевого; механічні домішки відсутні; всі зразки мають рівномірний ступінь подрібнення. Всі перераховані показники підтверджують доцільності проведення подальших досліджень.

Для дослідження функціонально-технологічної доцільності й ефективності використання відібраних інгредієнтів у виробництві хлібобулочних виробів у лабораторних умовах кафедри готельно-ресторанної справи НУХТ були підготовлені зразки толокна (просіювання, зважування, змішування) та визначені їхні фізико-хімічні показники (табл. 1).

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники якості досліджуваних зразків вівсяного толокна

Найменування сировини	Показники				
	масова частка вологи, %	кислотність титрована, град.	вологоутримувальна здатність, %	жироутримувальна здатність, %	водопоглинальна здатність, %
Вівсяне толокно ТМ «Козуб»	8,2	9,1	21,6	113,3	2,15
Вівсяне толокно органічне ТМ «Козуб»	8,4	8,9	23,3	113,5	2,2
Вівсяне толокно ТМ «Смак життя»	8,5	8,6	22,45	113,4	2,6

Вологість толокна, як і будь-якої борошняної сировини, є важливим показником якості та не повинна перевищувати 10%. При вологості понад 10% виникає вільна волога, активізуються процеси ферментативного характеру, які здатні змінювати властивості сировини, створюються сприятливі умови для її пліснявіння, прокисання та прогіркання. Найменшу масову частку вологи визначено у вівсяному толокні ТМ «Козуб» (8,2%), а найвище значення одержано для толокна ТМ «Смак життя» (8,5%). Усі дослідні зразки за показниками масової частки вологи відповідають вимогам стандартів [17].

Кислотність характеризує тривалість зберігання, гатунок і свіжість сировини, впливає на смак і запах готового виробу. Титрована кислотність дослідних зразків коливається на 0,2...0,5 град. Найбільше значення кислотності має вівсяне толокно ТМ «Козуб» — 9,1 град., імовірно, це пояснюється більш багатим на кислореагуючі компоненти — мінеральні речовини у вигляді солей. Згідно з нормативними даними цей показник не повинен переважати 10 град.

Від дисперсності (крупності частинок) борошняної сировини залежить швидкість набухання частинок, водопоглинальна здатність і структурно-механічні властивості кінцевого продукту. Крупність помелу характеризує ступінь подрібнення зерна та впливає на технологічні властивості толокна. Надмірно великі частинки мають знижену водопоглинальну здатність.

Найбільше значення водопоглинальної здатності має вівсяне толокно ТМ «Смак життя», що пояснюється значним вмістом білків, на другій позиції — вівсяне толокно ТМ «Козуб». Загалом, невисокі показники водопоглинальної здатності толокна всіх зразків зумовлене особливостями виробництва, коли використовують теплове оброблення для покращення мікробіологічних показників. Відносно низька водопоглинальна здатність вівсяного органічного толокна ТМ «Козуб» пояснюється тим, що в ньому міститься менше білкових речовин, ніж в інших зразках.

Вищий діапазон розбіжності значень показника вологозв'язування пов'язаний з більшим вмістом і більш високою гідратаційною здатністю білків та клітковини досліджуваних видів толокна. Жироутримувальна здатність для всіх зразків приблизно однакова.

Оптимальна крупність певною мірою пов'язана з якістю клітковини і розмірами крохмальних зерен. Тому для прогнозування впливу обраних зразків на хід технологічного процесу та якість хлібобулочних виробів визначено гранулометричний склад вівсяного толокна.

Крупність помелу досліджували шляхом просіювання вівсяного толокна на ситах певного розміру (табл. 2).

Таблиця 2. Гранулометричний склад вівсяного толокна, %

Розмір фракції, мкм	ТМ «Смак життя» Толокно вівсяне	ТМ «Козуб» Толокно вівсяне органічне	ТМ «Козуб» Толокно вівсяне
99	57,86	60,4	60,52
114	25,54	23,64	23,58
142	19,44	15,8	15,74

Встановили, що кількість фракції для вівсяного толокна ТМ «Смак життя» розміром 99 мкм становить — 57,86%, 114 мкм — 22,54%, 142 мкм — 19,44%. З огляду на ці розміри результати показника крупності для вівсяного толокна ТМ «Козуб» матимуть вигляд — 60,52%, 23,58% та 15,74% відповідно. Розсіювання вівсяного толокна органічного на системі сит дало такі показники — 60,4%, 23,64% та 15,8%. Таких частинок лише 41,0%, тоді як переважають у ньому частинки розміром понад 142 мкм (55%), що негативно впливатиме на показники якості готового продукту.

Вівсяне толокно суттєво відрізняється за кількісним та якісним складом білка з порівняння традиційної сировини в технології хлібобулочних виробів. Враховуючи ключову роль білків у процесі тістоутворення та зважаючи на результати визначення вологозв'язувальної здатності, визначено амінокислотний склад білків для всіх дослідних зразків (табл. 3).

Таблиця 3. Амінокислотний склад вівсяного толокна

Амінокислота	ТМ «Смак життя» Толокно вівсяне		ТМ «Козуб» Толокно вівсяне органічне		ТМ «Козуб» Толокно вівсяне	
	Вміст, мг	Амінокислотний скор, %	Вміст, мг	Амінокислотний скор, %	Вміст, мг	Амінокислотний скор, %
Ізолейцин	0,318	65,16	0,253	44,1	0,285	59,87
Лейцин	0,908	106,31	0,734	73,11	0,821	98,55
Лізин	0,784	116,83	0,628	79,61	0,706	107,85
Метіонін+Цистин	0,379	88,74	0,266	53,00	0,323	77,54
Фенілаланін+Тирозин	0,886	121,03	0,806	93,66	0,846	118,48
Треонін	0,405	83,00	0,333	58,05	0,369	77,5
Валін	0,351	57,54	0,257	35,84	0,304	51,08
Гістидин	0,248		0,198		0,222	
Аргінін	0,673		0,731		0,702	
Аспарагінова кислота	0,995		0,826		0,911	
Пролін	0,721		0,644		0,682	
Гліцин	0,591		0,535		0,563	
Серин	0,628		0,538		0,583	
Глутамінова кислота	2,832		2,597		2,715	
Аланін	0,668		0,553		0,611	
Сума	11,387		9,899		10,643	

Аналіз складу амінокислот показав, що для вівсяного толокна ТМ «Смак життя» лімітуючою незамінною АК є валін (АС = 57,54%), загальна кількість амінокислот становить — 11,387 мг і це найбільше значення серед усіх дослідних зразків; для органічного вівсяного толокна ТМ «Козуб» всі амінокислоти знаходяться в діапазоні <100, що прирівнює їх до лімітуючих, але найменше значення має валін (АС = 35,84%), загальна сума амінокислот становить — 9,899 мг; для вівсяного толокна ТМ «Козуб» лімітуючою незамінною АК є також валін (АС = 51,08%), загальна кількість амінокислот становить — 10,643 мг.

Домінантний вплив першої лімітуючої незамінної амінокислоти на ступінь утилізації решти незамінних амінокислот, чисельну характеристику засвоюваності незамінних амінокислот білка було розраховано шляхом визначення коефіцієнта їхньої утилітарності за принципом Мітчела-Блока.

Коефіцієнт утилітарності (КУ) вівсяного толокна ТМ «Смак життя», становить 73%, органічного вівсяного толокна ТМ «Козуб» — 45,5%, для вівсяного толокна ТМ «Козуб» цей коефіцієнт має значення 65%. Найвищий відсоток КУ має дослідний зразок ТМ «Смак життя», що свідчить про його більшу біологічну цінність.

Обробка результатів показує, що при аналогічних умовах постановки експерименту проби вівсяного толокна від різних партій і виробників демонструють подібні значення вологості, кислотності, вологозв'язувальної, водопоглинальної та жирутримувальної здібностей, що може бути обумовлено відносно рівним вмістом у них сирого білка. Як відомо, здатність білків утримувати молекули води та жиру залежить не тільки від їх вмісту, особливостей фракційного та амінокислотного складу, але й від якісного складу і співвідношення небілкових компонентів системи.

Висновки

У результаті проведених досліджень підтверджено доцільність використання нетрадиційних видів сировини, зокрема вівсяного толокна, які можуть суттєво впливати на перебіг процесів, що відбуваються на всіх стадіях формування якості напівфабрикатів, що, у свою чергу, позначається на якості готових хлібобулочних виробів.

Вівсяне толокно має багатий хімічний склад, добрі органолептичні та фізико-хімічні показники та може бути сировиною для виготовлення хлібобулочних виробів спеціального призначення. Отримані дані слугуватимуть основою при розробці рецептури, адже амінокислоти, вітаміни та мінеральні речовини, що містяться у вівсяному толокні, впливатимуть на перебіг основних процесів у тісті (біохімічних і мікробіологічних), від інтенсивності яких залежить якість готових хлібобулочних виробів.

Література

1. Arendt E. K., Dal Bello F. Functional cereal products for those with gluten intolerance, in Technology of Functional Cereal Products. *Woodhead Publishing Limited*, 2008. P. 446—475.
2. Demirkesen I., Mert B., Sumnu G., Sahin S. Rheological properties of gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering*. 2010. Vol. 96, No 2. P. 295—303.
3. Londono D. M., Smulders M. J. M., Visser R. G. F., Gilissen L. J. W. J., Hamer R. J. Development of a standard test for dough-making properties of oat cultivars. *Journal of Cereal Science*. 2014. Vol. 59, No 1. P. 56—61.
4. Scherf K. A., Poms R. E. Recent developments in analytical methods for tracing gluten. *Journal of Cereal Science*. 2016. Vol. 67, P. 112—122.
5. Губська О. Ю. Способи та алгоритми діагностики ціліакії в дорослих з урахуванням сучасних діагностичних можливостей регіонів України. Методичні рекомендації (нововведення в сфері охорони здоров'я) для впровадження в закладах охорони здоров'я (обласних, міських, районних), закладах первинної медико-санітарної допомоги, відділеннях стаціонарів терапевтичного, гастроентерологічного профілів). Київ, НМУ імені О. О. Богомольця, 2019. 35 с.
6. Грищенко А. М., Дробот В. І. Технологічні властивості безглютенових видів сировини. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2014. Вип. 46(1). С. 162—166.
7. Бабіч О. В., Дорохович А. М. Безглютенове борошно доцільно використовувати при виробництві борошняних кондитерських виробів. *Харчова і переробна промисловість*. 2005. № 4. С. 20—22.
8. Смертина Е. С., Федянина Л. Н., Каленик Т. К. Перспективы применения нетрадиционного сырья растительного происхождения в хлебопечении. *Хлебопечение России*. 2012. № 4. С. 12—14.
9. Хлопонина О. А. Опыт применения альтернативных видов муки в производстве мучных кондитерских и хлебобулочных изделий. *Кондитерское и хлебопекарное производство*. 2015. № 10. С. 10—11.
10. Сорочан О. О., Штеменко Н. І. Методи аналізу амінокислот: навч.-метод. посіб. Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2005. 60 с.
11. Харчова хімія: метод. рекомендації до викон. лаборатор. робіт для студ. напряму 6.140101 «Готельно-ресторанна справа» ден. форми навч. Уклад.: В. Ф. Доценко, В. О. Губеня, В. С. Зарубіна. К.: НУХТ, 2011. 69 с.

12. Юрчак В. Г., Карпик Г. В. Дослідження гранулометричного складу цільнозмеленого пшеничного борошна як сировини для макаронних виробів. *Сучасні технології та обладнання харчових виробництв : міжнародна науково-технічна конференція, 29—30 вересня 2011 р.: тези доповідей*. Тернопіль: Терноп. нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя, 2011. С. 182—183.
13. Рихтер М., Аугустат З., Ширбаум Ф. Избранные методы исследования крахмала. М.: Пищевая промышленность. 1975. 184 с.
14. Щербаков В. Г., Лобанов В. Г. Лабораторный практикум по биохимии и товароведению масличного сырья. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: КолосС, 2007. 247 с.
15. Игорянова Н. А., Мелешкина Е. П., Коломиец С. Н. Новые свойства овса с позиции здорового питания. В кн. «Научно-инновационные аспекты хранения и переработки зерна». М.: ИД «Типография» Россельхозакадемии, 2014. С. 103—105.
16. Зенкова А. Н., Панкратьева И. А., Политуха О. В. Овсяная крупа и хлопья — продукты повышенной пищевой ценности. *Хлебопродукты*. 2012. № 11. С. 60—62.
17. ДСТУ 7698:2015. Крупи вівсяні. Технічні умови. [Чинний від 2016–08–01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2016. 9 с.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Наукові праці Національного університету харчових технологій» запрошує вас до публікації наукових праць.

До друку приймаються рукописи, які раніше не були опубліковані в друкованих та електронних виданнях. Автор, який подає матеріали до друку, зберігає за собою всі авторські права та надає відповідному виданню право першої публікації, дозволяючи розповсюджувати матеріал із зазначенням авторства й джерела первинної публікації, а також погоджується на розміщення її електронної версії на сайті Національної бібліотеки ім. В. І. Вернадського та у відкритому доступі в електронній мережі університету. Автор надає право редакційній колегії на рецензування та відхилення поданих для опублікування матеріалів. В одному номері може бути видана лише одна стаття автора (як власна, так і в співавторстві).

У редакційно-видавничий відділ необхідно представити:

- файл статті;
- рецензію доктора наук певної галузі (за тематичною спрямованістю статті). Якщо один із авторів статті є доктором наук, то рецензія необов'язкова;
- роздруковку тексту статті, що відповідає наданому файлу;
- заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і не подана до будь-яких інших видань;
- витяг з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті подаються у вигляді вичитаних роздруків на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word). У тексті статті не повинно бути порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані. Обсяг статті має бути не менший 15 тис. знаків і не перевищувати 24 тис. знаків (як виняток, не більше 40 тис. знаків).

ПОСЛІДОВНІСТЬ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАТТІ

1. Індекс УДК.
2. Назва статті (англійською та українською мовами).
3. Ініціали та прізвища авторів англійською та українською мовами.
4. Анотація англійською та українською мовами (не менше 1800 символів з пробілами). Анотація має бути максимально інформативною, це окремий текстовий документ, у якому лаконічно викладені результати дослідження. У тексті анотації не варто використовувати загальні фрази, вказувати несуттєві деталі й загальновідомі положення. Також слід уникати прямих повторів будь-яких фрагментів статті.
5. Ключові слова (5—6 слів/ключових словосполучень англійською та українською мовами).
6. Структура текстової частини:
 - постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями;
 - аналіз останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор;
 - формулювання мети статті;
 - викладення основних результатів дослідження;
 - висновки і перспективи подальших наукових досліджень.
7. Після тексту статті в алфавітному порядку наводиться список літературних джерел (не менше п'яти джерел). **Бібліографічні описи оформляються згідно з міжнародним стилем APA.** Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на наукові праці останніх років. Також слід обмежити посилання на власні публікації, оскільки це знижує наукову цінність статті та індекс цитування автора. Не можна посилатись на національні стандарти, технічні умови, підручники, конспекти лекцій, лабораторні практикуми та іншу ненаукову літературу. Посилання на патенти слід робити в тексті статті, вказавши лише номер та назву патенту.

8. Таблиці (у Word або Excel) можна подавати як у тексті, так і в окремих файлах (на окремих сторінках). Кожна таблиця повинна мати тематичний заголовок, набраний напівжирним шрифтом, і порядковий номер (без знака №), якщо таблиць кілька. Слово «Таблиця» і номер друкуються курсивом, заголовки — напівжирним шрифтом. Таблиці повинні мати книжковий формат і вільно вміщатися у висоту і ширину журнальної сторінки.

9. Ілюстрації (креслення, рисунки, схеми, діаграми) мають бути розміщені в тексті. **Обов'язковою вимогою** є надсилання оригінальних файлів рисунків, створених у програмах-редакторах Corel Draw X6, Origin. Всі елементи рисунка (типи, товщина і колір ліній, шрифт текстів тощо) мають вільно редагуватися у наявному програмному забезпеченні). Рисунки в растрових форматах (bmp, gif, jpeg, tif) або у форматі pdf не приймаються до розгляду, оскільки не можуть вільно редагуватися. **Вимоги до оформлення рисунків:** вісь координат — 0,2 мм, без сітки, сам рисунок (наприклад, крива) — 0,35 мм, текст в рисунку — Times New Roman 9,5, ширина рисунка — до 13 см. Всі рисунки мають бути чорно-білими. Підписи до рисунків набираються безпосередньо під рисунками прямим напівжирним шрифтом.

Фотографії мають бути чіткими та контрастними (формати TIF, JPG з роздільною здатністю 300 dpi), розмірами 6×9. Фотографії друкуються в разі крайньої потреби, якщо наведена на них інформація має значну наукову цінність. Авторам краще завантажити фотографії у хмарний сервіс і в списку літератури дати на них посилання.

10. Математичні формули повинні бути роздруковані з правильним виділенням верхніх і нижніх індексів. Нумерація формул здійснюється арабськими цифрами у круглих дужках біля правого поля сторінки. Індеси від скорочених українських слів друкуються прямим шрифтом малими літерами. В індексах, що складаються з двох скорочених слів, після першого скороченого слова ставиться крапка, після другого — крапка не ставиться. Цифри в індексах також друкуються прямим шрифтом. Індеси, позначені латинськими літерами, друкуються курсивом. У формулах літери латинського алфавіту набираються курсивом, грецького й українського — прямим шрифтом.

Хімічні формули набираються прямим шрифтом. Математичні символи, що входять до складу хімічних формул, — курсивом.

Формули вставляються безпосередньо в текст. Прості формули набираються з клавіатури, а складні — за допомогою редактора формул Microsoft Equation 3.0 object або Math Type 5,6. Інші версії редакторів формул є неприйнятними. Символи вставляються тільки через таблицю символів. Скорочення позначень одиниць фізичних величин мають відповідати Міжнародній системі одиниць (SI).

11. Відомості про авторів статті повинні бути наведені за єдиним зразком у вказаному порядку: прізвище (прописними літерами), ім'я та ім'я по батькові (повністю); наукове звання; посада чи професія, місце роботи; телефон, E-mail.

12. Дата надходження статті до редакції (після тексту надрукованого матеріалу).

Використання автоматичного перекладу наукового тексту (статті, анотації, ключових слів) **не допускається**. Переклад має бути належної якості.

Відсутність будь-якого з пунктів переліку, зазначеного вище, рецензії, невідповідність вимогам до оформлення, наявність орфографічних, граматичних, стилістичних помилок, автоматичний переклад елементів матеріалу є підставою **для відмови** в прийнятті статті до друку.

Автор несе відповідальність за додержання вимог чинного законодавства при підготовці матеріалів, у тому числі норм авторського права і достовірність наведених фактичних даних (цитат, посилань, імен, назв тощо).

Адреса редакції:

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

Контактні телефони: міський — (044) 287-92-95, внутрішній — 92-95.

E-mail: npnuht@ukr.net

SUBMISSION GUIDELINES

Dear colleagues,

The editorial board of the Journal “Scientific works of the National University of Food Technologies” invites you to the publication of your manuscripts.

Only the manuscripts that have not previously been published in print and electronic media are accepted. The author who submits materials for publication reserves the copyright and provides the right of first publication to the Journal, allows to distribute the manuscript indicating the authorship and the primary source of publication and agrees to placing the electronic version of the manuscript on the website of the V. I. Vernadsky National Library of Ukraine, publicly available electronic network of the University. The author gives the right to the editorial board to review and reject the material submitted for publication. The author can publish one manuscript (of his/her single authorship or co-authored) per every issue of the Journal.

The author should submit to the editorial board the following documents:

- Electronic version of the manuscript;
- A review of the manuscript by a doctorate of the corresponding branch of science. If one of the authors is a doctorate him/herself, then a review is not necessary;
- Printed version of the manuscript;
- A statement signed by the author(s) that the manuscript has not been published and is not submitted for publication;
- Extract from the minutes of the department / unit of the organization confirming that the manuscript is recommended for publication.

REQUIREMENTS FOR MANUSCRIPTS

The printed version of the manuscript should be submitted on A4 paper (margins of 2 cm, Time New Roman, type size 14, spacing 1.5) and the electronic version should be submitted in a Microsoft Word document. There should be no blank lines in the manuscript. No extra spaces are allowed between the words. All pages of the manuscript should be numbered. The size of the manuscript should be from 12,000 to 24,000 characters (as an exception, up to 40,000 characters).

SEQUENCE OF STRUCTURAL ELEMENTS OF THE MANUSCRIPT

1. UDC index.
2. The title of the manuscript (in English, Ukrainian).
3. Full names of the authors in English, Ukrainian (not more than four authors).
4. An abstract in English, Ukrainian (not less than 1800 characters with spaces). The abstract should be highly informative, it is a separate text document in which the results of the research must be summarized. General phrases, insignificant details and well-known provisions shouldn't be written in the abstract. Direct repetitions of any parts of the article should be also avoided.
5. A list of keywords (5—6 words or key phrases in English, Ukrainian).
6. The structure of the text:
 - Problem definition and its relationship with important practical tasks;
 - Analysis of recent studies and publications related to subject matter of the manuscript;
 - Problem statement (statement of purpose of the manuscript);
 - Presentation of the main material;
 - Conclusions and recommendations for further research.
7. A list of references (not less than 5) of their quotation should be presented after the text of the manuscript. **Bibliographic descriptions should be made according to international style APA.** Bibliographic descriptions should be submitted in the language of their edition. Links to unpublished materials are not allowed. The list of references should contain links only to recent and relevant studies. National standards, specifications, textbooks, lecture notes, laboratory workshops and other non-scientific literature must not be referenced. References to patents should be made in the text of the article, indicating only the number and title of the patent. In the list of references, the sources should be presented in alphabetical order.
8. Tables (in Word and Excel) can be submitted both in the text of the manuscript and in separate files (on separate pages). Each table should have a title, typed in bold, and its serial number if there are

several tables. The word “Table” and number are printed in italics; the title is printed in bold. Tables should be in book format and fit freely in the height and width of the journal page.

9. Figures, images and tables should be performed in Corel Draw, Origin on white paper and placed both in the text and in separate files. Captions should be typed in bold directly under the figures. Images must be clear and contrasting (TIF, JPG with a resolution of 300 dpi); the size 6×9. Photos are printed in case of extreme necessity, if they provide information of the significant scientific value.

10. Mathematical formulas should be typed with the correct placing of upper and lower indices. The formulas should be numbered by Arabic numerals in parentheses at the right margin of the page. The indices of Ukrainian abbreviated words should be typed in bold and in lower case. The first word of an index, consisting of two abbreviated words, should be followed by a dot, and the second word has no dot. The numbers in the indexes are typed in upright font. Indexes should be typed in Latin letters and in italics. In formulas, the letters of Latin alphabet are typed in italics; Greek and Ukrainian letters are in upright font.

Chemical formulas should be typed in upright font. Mathematical symbols that make up the chemical formulas should be typed in italics.

Formulas should be put directly into the text. Simple formulas are typed from the keyboard, and complex — using the Microsoft Equation 3.0 object or MathType 5.6. Other equation editors are unacceptable. The characters are inserted only through the symbol table. The contraction of physical units must comply with the rules of the International System of Units (SI).

11. Information about the authors should be given as follows: second name (in uppercase letters), first name and patronymic (in full); academic title; position or profession, place of work; phone number, E-mail.

12. The date when the manuscript was received by the editorial board.

The use of **automatic translation** for any part of your text (manuscript, abstract, keywords) **is not allowed**. Translation must be of good quality.

The absence of any item listed above; absence of abstracts; non-compliance to the design requirements; spelling, grammatical, stylistic errors; automatic translation of any part of the manuscript are the grounds **for refusal** to accept the manuscript for publication.

The author is fully responsible for compliance with current legislation, including the rules of copyright and the consistency of data (quotations, references, names, etc.).

Editorial office address:

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