



2018

НАУКОВІ ПРАЦІ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 24 № 3

*Журнал
«Наукові праці Національного університету харчових технологій»
засновано в 1993 році*

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2018

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

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

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

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

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- CABI Full Text
- Universal Impact Factor
- 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 # 12 from 21st of June, 2018

© NUFT, 2018

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

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

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

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

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- CABI Full Text
- Universal Impact Factor
- 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 № 12 від 21 червня 2018 року

© НУХТ, 2018

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

Головний редактор Editor-in-Chief

Анатолій Українець
Anatoliy Ukrainets

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

Заступник головного редактора Deputy chief editor

Олександр Шевченко
Olexander Shevchenko

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

Відповідальний секретар Accountable secretary

Юрій Пенчук
Yuriy Penchuk

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

Члени редакційної колегії:

Анатолій Зайнчковський
Anatoly Zainchkovskiy

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

Анатолій Ладанюк
Anatoly Ladanyuk

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

Анатолій Сайганов
Anatoly Sayganov

д-р екон. наук, проф., Білорусь
Ph. D. Hab., Prof., Institute of System Research in
Agroindustrial Complex of NAS of Belarus, Belarus

Анжей Ковальський
Anzhey Kowalski

д-р екон. наук, проф., Польща
Ph. D. Hab., Prof., Institute of Agricultural and Food Economics,
Poland

Брайан Мак Кенна
Brian McKenna

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

Василь Пасичний
Vasyl Pasichnyi

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

Віктор Доценко
Victor Dotsenko

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

Віра Оболкіна
Vera Obolkina

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

Віктор Ємцев
Viktor Yemtsev

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

Володимир Зав'ялов
Vladimir Zavialov

д-р техн. наук, Україна
Ph. D. Hab., National University of Food Technologies,
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 Leskauskaite	д-р техн. наук, проф., Литва Ph. D. Hab., Prof., Kaunas University of Technology, Lithuania
Іван Малезик Ivan Malezhyk	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Кристина Сильва Cristina L.M.Silva	д-р техн. наук, проф., Португалія Ph. D. Hab., Prof., University de Catolica, Portuguesa
Лада Ширініян Lada Shyrinian	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
Микола Прядко Mykola Pryadko	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Наталія Гусятинська Natalia Gusyatyunska	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Бутнік-Сіверський Oleksandr Butnik-Siverskyi	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Литвиненко Oleksandr Lytvynenko	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Перепелиця Oleksandr Perepelitsa	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., 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
Петро Шиян Petro Shyian	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Саверіо Манніно Saverio Mannino	д-р хім. наук, проф., Італія Ph. D. Hab., Prof., University of Milan, Italy
Світлана Бондаренко Svitlana Bondarenko	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Хууб Лелієвельд Huub Lelieveld	Нідерланди Ph. D. Hab., Prof., President of the Global Harmonization Initiatives, Netherlands

ЗМІСТ

Автоматизація та інформаційні технології
Брацький В.О., М'якишко О.М. Порівняння методу обробки та аналізу log-файлів у форматі JSON з існуючими рішеннями

Лобок О.П., Гончаренко Б.М., Сич М.А. Застосування лінійних матричних нерівностей при синтезі модального керування багатомірними лінійними системами
Рішан О.Й., Тихонов О.Ю. Розробка способу розширення діапазону і підвищення точності вимірювань при ультразвуковому тіньовому методі контролю ширини стрічки в повітрі

Економіка і соціальний розвиток

Хрип'юк В.І. Інструменти державного регулювання харчової промисловості України
Березянюк Т.В. Простежуваність якості та безпеки в олієжировій промисловості
Закревська Л.М. Поведінкова економіка як інструмент забезпечення сталих конкурентних переваг

Менеджмент

і стратегічне управління

Головань О.О., Олійник О.М., Сухарева К.В., Коваленко Н.М. Позиціонування в системі глобального менеджменту ТНК
Страшинська Л.В., Страшинський В.І. Теоретико-методологічні підходи до класифікації конкурентних стратегій підприємств
Драган О.І., Гринюк Ю.М. Оцінка інтелектуального потенціалу при формуванні конкурентних переваг підприємства

Охорона праці і цивільний захист

Сірик А.О. Прийняття управлінських рішень з охорони праці при роботі енергетичних об'єктів підприємств харчової промисловості

Євтушенко О.В. Інтелектуалізація інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці на харчовому підприємстві

Процеси і апарати харчових виробництв

Копиленко А.В., Шибетський В.Ю., Костик С.І., Поводзинський В.М. Моделювання ферментерів з вібраційним перемішуванням у фармацевтичній біотехнології

Марценюк О.С., Мисюра Т.Г., Попова Н.В. Особливості моделювання складних технологічних систем у харчових технологіях

Стрельченко Л.В., Дубковецький І.В., Малежик І.Ф. Вплив питомого навантаження на кінетику процесу при конвективно-термо-радіаційному сушінні яблучних сніків

Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Максименко І.Ф., Васильківський К.В. Інтенсифі-

CONTENTS

Automation and Information Technologies

7 *Bratskyi V., Myakshylo E.* Comparison of the method of processing and analysis of JSON log files with existing solutions

16 *Lobok O., Goncharenko B., Sych M.* Application of linear matrix inequalities during synthesis of modular control by multidimensional linear systems

26 *Rishan O., Tikhonov O.* Developing a way to expand the range and improve the accuracy using ultrasonic shadow measurement method to control the width of the tape in the air

Enterprise Economy and Social Development

35 *Khrypiuk V.* Instruments of the state regulation of food industry of Ukraine

46 *Berezianko T.* Quality and safety traceability in oil & fat industry

55 *Zakrevska L.* Behavioral economy as an instrument for provision of constant competitive advantages

Business Administration and Strategic Management

62 *Holovan O., Oliynyk O., Suhareva K., Kovalenko N.* Positioning in TNC glocal management system

71 *Strashynska L., Strashynskiy V.* Theoretical and methodological approaches to the classification of competitive strategies of enterprises

79 *Dragan O., Hryniuk Iu.* Estimation of intellectual potential at forming the competitive edges of the enterprise

Occupational Health and Civil Protection

88 *Siryk A.* An acceptance of administrative decisions in the field of labour protection during work of power objects on enterprises of food industry

100 *Yevtushenko O.* Intellectualization of the informational and analytical labor protection management system on the food enterprise

Processes and Equipment for Food Industries

113 *Kopylenko A., Shybetzkyi V., Kostyk S., Povodzynskiy V.* Modeling of fermenter with vibratory mixing devices in pharmaceutical biotechnology

122 *Martseniuk A., Misyura T., Popova N.* Features of modeling complex technological systems in food technologies

132 *Strelchenko L., Dubkovetsky I., Malezhyk I.* Influence of the specific load on the kinetics of the process of convective-thermo-radiation drying of apple snacks

141 *Sokolenko A., Shevchenko O., Maksymenko I., Vasylykivsky K.* Intensification of processes of

кація процесів анаеробного бродіння та утилізація біологічної теплоти

Тепло- і енергопостачання

Шестеренко В.Є., Балуца С.М., Мащенко О.А. Підвищення надійності електропостачання шляхом термокомпенсації стріли провисання проводів ЛЕП

Харчові технології

Махынко В.М., Дробот В.І., Землинська М.Д. Сухарні брикети для споживачів з підвищеними білковими потребами

Гордієнко Л.В., Толстих В.Ю., Пожиткова Л.Г. Зміна показників якості лукуму збивного на основі кизилового пюре при зберіганні

Українець А.І., Радзівєвська І.Г., Мельник О.П., Пасічний В.М. Антирадикальна активність гірчиної олії в умовах автоокиснення

Сімахіна Г.О., Мартиненко Т.А. Критерії вибору плодово-ягідних культур для отримання заморожених напівфабрикатів

Жук В.О., Шевченко І.І., Топчій О.А., Крижова Ю.П. Особливості використання білкових препаратів у складі реструктурованих шинкових виробів

Ковтун А.В., Ковбаса В.М., Сєдих О.Л. Оптимізація процесу виробництва формованих картопляних чипсів

Шаповаленко О.І., Євтушенко О.О., Почеп В.А. Теплофізичні характеристики гранульованих висівків і математичні моделі сушіння

Солодко Л.М. Використання білоквмісних напівфабрикатів із зеленої маси рослин у рецептурах кулінарних виробів

Калмазан В.Б., Чорна А.І. Дослідження органолептичних і фізико-хімічних показників зефіру в їстівному покритті з фруктовими порошками

Хімічні науки

Крониковський О.І., Терецук Д.О., Фоменко В.В., Крониковська О.П. Дослідження закономірностей в екстракційних системах з використанням краун-етерів

Каширїна Я.О., Муратов О.С., Мірошников О.М., Маринін А.І., Сокольський Г.В. Отримання та стабілізаційні властивості нанорозмірного силіцій(IV) оксиду, гідрофобізованого на 50%

anaerobic fermentation and utilization of biological heat

Heat and Electricity

152 *Shesterenko V., Balyuta S., Mashchenko O.* Increasing the reliability of electrical delivery by termocompensation of the sagging arrow of lines wires

Food Technology

160 *Makhynko V., Drobot V., Zemlynska M.* Crumb briquettes for consumers with the increased protein needs

170 *Gordienko L., Tolstikh V., Pojtkova L.* Changes in quality characteristics of lacoum with cornel puree during storage

178 *Ukrainets A., Radzievska I., Melnyk O., Pasichnyi V.* Antiradical activity of mustard oil during the oxidation

186 *Simakhina G., Martynenko T.* Criteria of fruit and berry cultures selection to obtain the frozen half products

197 *Zhuk V., Shevchenko I., Topchii O., Kryzhova Y.* Features of the use of protein preparations in the structure of restructured ham products

205 *Kovtun A., Kovbasa V., Seidykh O.* Optimization of the process of manufacturing formed potatoes chips

213 *Shapovalenko O., Yevtushenko O., Pochep V.* Granulated bran's thermophysical characteristics and drying mathematical models

223 *Solodko L.* Using of protein-containing plant green mass semi-products in the recipes of culinary products

232 *Kalmazan V., Chorna A.* The research of organoleptic and physico-chemical indicators of marshmallow in edible coating with fruit powders

Chemical sciences

239 *Kronikovskii O., Terechuk D., Fomenko V., Kronikovska O.* Research of regularities in extractive systems using crown eaters

247 *Kashyrina Y., Muratov A., Miroshnikov O., Marinin A., Sokolsky G.* Obtaining and stabilization properties of nanosized silica(IV) oxide hydrophobized by 50%

COMPARISON OF THE METHOD OF PROCESSING AND ANALYSIS OF JSON LOG FILES WITH EXISTING SOLUTIONS

V. Bratskyi, E. Myakshylo

National University of Food Technologies

Key words:

Database
Logs
Analyzing log files
SQL
NoSQL
JSON
Relational database
Norelational database
MongoDB
Log Parser 2.2
Logstash
Web Log Exploler
Web Log Storming

Article history:

Received 04.05.2018
Received in revised form
20.05.2018
Accepted 11.06.2018

Corresponding author:

V. Bratskyi

E-mail:

vadymbratskyi@gmail.com

ABSTRACT

Log files are often and completely unfairly deprived of the attention of developers. And when programmers need to process log files by parser, sometimes from several dozen servers at a time, the task must be made by system administrators and it takes a lot of time and effort.

So when there are problems and you need to find an error in the log files of a service, it all depends on the professionalism of the administrator and the knowledge of programmers about things they must look for. And again, whether the logrotate worked out and if it did not delete the old data. In these situations, actively developing Logstash helps. On the web site <https://habrahabr.ru/> there are quite a few articles about its installing and forcing to work on one server. Several similar systems (Log Parser 2.2, Logstash, Web Log Explorer, Web Log Storming), which are used as log-processing servers, are analyzed in the article. Unfortunately, these systems can not be used as agents. After several assemblies of log files from a plurality of servers, authors of the article managed to develop a log-file collection system, the description of which is proposed. Existing solutions are also reviewed and a comparative analysis of log file processing systems is conducted according to the following criteria: log file format, storage database, analysis capabilities.

As a result, it was found that log files are a very powerful tool for analyzing the functioning of client applications of a distributed system on a server. There are also many solutions for analyzing these documents today. But for each system it's quite difficult to find the right analyzer that would easily handle the documents and meet all the requirements. Therefore, we considered four systems that had been designed to solve similar problems, as well as a system based on them that is capable to:

- carry out rapid parsing of log files according to the specified criteria;
 - store the analyzed data in the non-relational database MongoDB, where it is possible to analyze data from log files using NoSQL queries;
 - store files where errors in the database are detected using GridFS technology;
 - based on the analyzed data, automatically suggest a way to solve the problem.
-

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-3

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДУ ОБРОБКИ І АНАЛІЗУ LOG-ФАЙЛІВ У ФОРМАТІ JSON З ІСНУЮЧИМИ РІШЕННЯМИ

В.О. Брацький, О.М. М'якшило

Національний університет харчових технологій

Log-файли часто і абсолютно незаслужено обділені увагою розробників. І коли програмістам необхідно обробити парсером log-файли, іноді з декількох десятків серверів одночасно, завдання покладається на системних адміністраторів і забирає в них багато часу й сил.

У разі виникнення проблем і пошуку помилок у log-файлах сервісу все залежить від того, наскільки професійним є адміністратор і чи знають програмісти, що шукати. А ще від того, чи відпрацював logrotate і чи не видалив він старі дані.

У таких ситуаціях ефективно допомагає Logstash, що активно розвивається. У мережі <https://habrahabr.ru/> є досить багато статей про те, як його встановити і змусити працювати на одному сервері. У статті проаналізовано декілька схожих систем (Log Parser 2.2, Logstash, Web Log Explorer, Web Log Storming), які використовуються як сервери обробки log-файлів. На жаль, ці системи не можна використовувати як агенти. Після кількох випадків збірки log-файлів з множини серверів, авторам статті вдалося розробити систему збирання log-файлів, опис якої пропонується. Також розглянуто існуючі рішення і проведено порівняльний аналіз систем обробки log-файлів за такими критеріями: формат log-файлів, база даних збереження, можливості аналізу.

У результаті з'ясовано, що log-файли є вельми потужним засобом для аналізу функціонування клієнтських додатків розподіленої системи на сервері. Також на сьогодні існує досить багато рішень для аналізу цих документів. Але для кожної системи досить важко підібрати потрібний аналізатор, який би легко справлявся з документами і відповідав би всім вимогам. Тому розглянуто чотири системи, які розроблені для вирішення подібних завдань. У результаті розроблено систему, яка здатна:

- проводити швидкий парсинг лог-файлів за заданими критеріями;*
- зберігати проаналізовані дані в нереляційній базувиданих MongoDB, в якій можна проводити аналіз даних з лог-файлів за допомогою NoSQL запитів;*
- зберігати файли, де виявлені помилки у базі даних, за допомогою технології GridFS;*
- на основі проаналізованих даних автоматично запропонувати шлях вирішення проблеми.*

Ключові слова: бази даних, SQL, NoSQL, JSON, BSON, реляційні СКБД, нереляційні СКБД, MongoDB, Log Parser 2.2, Logstash, Web Log Explorer, Web Log Storming.

Постановка проблеми. Для багатьох розробників програмних продуктів з огляду на свої обов'язки доводиться багато уваги приділяти log-файлам. Це і участь у виробленні правил і політик збору, зберігання, використання log-файлів, розбір різних інцидентів і виявлення аномалій. За добу програми, сервіси та сервери генерують дуже велику кількість log-файлів і потреба у видобутку даних з log-файлів постійно зростає. Натепер існує багато рішень для обробки log-файлів. Нам довелося попрацювати з комерційними лог-менеджмент продуктами типу Logstash., Log Parser 2.2. Але в кожному з них є свої недоліки, такі як: незрозумілий інтерфейс, мала швидкість обробки, незручний формат вихідних даних, використання бази даних без додаткових можливостей управління. Тому потрібно розробити алгоритм і програмний продукт для обробки запису в базу даних log-файлів та проаналізувати їх з метою діагностування збоїв і відмов програмного забезпечення в розподіленій системі [9].

Метою дослідження є порівняння існуючих рішень з обробки log-файлів із запропонованим авторами, виявлення недоліків в існуючих рішеннях і переваг у запропонованій методиці.

Викладення основних результатів дослідження. Нині є досить багато програмних продуктів для аналізу файлів формату *.log і кожен з них має свої особливості. Тож доцільно розглянути декілька таких програмних продуктів, надати їх повну характеристику, визначити, для вирішення яких завдань вони краще підходять. Розглянуті рішення порівнюються із запропонованим авторами програмним продуктом, який призначений для аналізу і парсингу log-файлів.

Log Parser 2.2 — це дуже потужний універсальний засіб, що надає універсальний запит доступу до текстові дані, такі як файли журналу, файли XML і CSV-файли, а також основних джерел даних операційній системі Microsoft Windows (журнал подій, реєстр, файлова система і служба каталогів Active Directory).

Log Parser був розроблений більше десяти років тому. Хоча автори намагалися працювати з іншими аналогічними інструментами, все ж доводилося повертатися до Log Parser, який більше відповідає потребам завдяки широкій підтримці типів файлів і гнучкості, наданій SQL-подібною мовою.

Log Parser — це утиліта командного рядка. Дійсно, з'явившись у пакеті IIS Resource Kit на рубежі століть, Log Parser призначалася для розбору журнальних файлів IIS з метою аналізу трафіку Web-сайтів, збору статистики відвідувань, виявлення спроб вторгнення тощо. Однак до 2005 р., зазнавши кількох оновлень (до номера 2.2.10), вона перетворилася в більш потужний інструмент, здатний отримувати інформацію з 20 типів джерел. Log Parser володіє широкими функціями розбору інформації і подання її в зручному для подальшої роботи вигляді (підтримуються 10 різних форматів).

Для утиліти передаються SQL-запит (його можна також завантажувати із заздалегідь підготовленого файлу) і параметри, що описують формати джерела й одержувача інформації. Якщо виконати команду logparser «select * from Security where EventID in (528; 540) order by TimeGenerated

DESC», то в результаті в консольне вікно буде виведений список усіх подій із системного журналу безпеки з кодами 528 і 540, відповідним успішним локальним і мережевим підключенням користувачів до ресурсів комп'ютера.

Говорячи про джерела, з якими може працювати Log Parser, варто виділити кілька найбільш важливих:

- журнали Web/FTP-сервісів IIS різних форматів, а також вельми специфічні і в той же час дуже корисні журнали помилок служб http.sys і URLScan, дослідження яких дає змогу швидко реагувати на спроби злому IIS;

- журнали подій Windows, не тільки стандартні (Application, Security, System), але й ті, що додаються штатними сервісами Windows (DNS, Active Directory) і різними додатками (наприклад, Microsoft Virtual Server). Працювати з цими джерелами Log Parser може як локально, так і дистанційно (певна річ, якщо користувач має відповідні права);

- як джерела виступають не тільки традиційні журнали. Log Parser вміє працювати з файловою системою, реєстром і навіть службою каталогів Active Directory, отримуючи таким чином доступ до інформації про різні об'єктах, скажімо, до налаштувань того ж IIS;

- за допомогою Log Parser можна досліджувати навіть Web-сайт, що містить RSS. У цьому разі достатньо лише вказати потрібний URL;

- підтримуються також журнали в широкому розумінні цього слова, тобто CSV, TSV, XML та інші структуровані текстові файли. У більшості випадків Log Parser здатний автоматично проаналізувати структуру даних і, відповідно, обробити запит.

Для вибірки даних у Log Parser застосовується мова запитів SQL, що дає змогу всім, хто знайомий з ним, максимально задіяти колишні навички, і при цьому жодним чином не обмежує дії фахівців. Більш того, в діалект SQL введені різні додаткові функції, які максимально враховують специфіку застосування Log Parser [1].

Під час роботи виявлені такі незначні недоліки:

1. Інтерфейс командного рядка не дуже інтуїтивно зрозумілий, тому знайти його можна після встановлення та запуску інструменту.

2. При аналізі великих файлів користувач може стикнутися з проблемою «Відмова доступу». Програма рекомендує, щоб клієнт використовував інший інструмент, який називається Filemon. Після завантаження Filemon і відтворення проблеми, якщо це проблема з ресурсами ACL, інструмент Filemon зможе виявити помилку. Клієнт може відправити користувачу збережений файл журналу Filemon. Однак розмір відправленого файлу величезний (Filemon записує велику кількість даних). Блокнот буде зависати і повільно знаходити рядки «Access Denied» у файлі журналу. При цьому Microsoft Office Excel відмовиться відкрити файл повністю.

Logstash — це знаряддя для збору, фільтрації та нормалізації log-файлів, яке є безкоштовним. Це open source додаток, що розподіляє дані по багатьох системах у різних форматах. Logstash підтримує різноманітні входи, які залучають події з безлічі загальних джерел в один і той же час. Легко обробляє

дані з журналів, показників, веб-програм, збережених даних і різних сервісів AWS. Усе це виконується безперервним потоковим способом.

Logstash відноситься до класу інструментів, для яких достатньо створити декілька комбінацій входів, виходів і задіяти фільтри. Цей програмний продукт пропонує попередньо конфігуровані фільтри, тому можна легко перетворювати загальні типи даних, індексувати їх в Elasticsearch і починати запити без необхідності створювати конвеєри перетворення даних. Logstash прекрасно працює з Elasticsearch, але з джерелами та з отримувачами даних може бути величезний набір сервісів, починаючи з черг повідомлень і закінчуючи TCP сокетом. Logstash аналізує stack trace (трасування коду на мові java) і абсолютно різні log-файли, не має проблем з гнучкістю, але його потрібно адаптувати до своїх вимог. Загалом, Logstash — досить продуктивний програмний продукт, який задовольняє потреби користувачів.

Але в цій системі пропущений один елемент — користувальницький інтерфейс, через що аналізувати log-файли з командного рядка не найбільш продуктивний підхід [3].

Під час роботи виявлені такі незначні недоліки:

1. Для роботи потрібно, щоб було обов'язково встановлено пакет Java на всіх серверах.

2. Високі вимоги до пам'яті, потенційно може впливати на роботу інших сервісів.

3. Досить складний у налаштуванні.

4. Незручний консольний інтерфейс.

Web Log Explorer — це інтерактивний настільний аналізатор журналів для Windows. Ця програма створює динамічні звіти миттєво, що дає змогу глибоко аналізувати дані. Натиснувши правою кнопкою миші рядок у будь-якому звіті (сторінку, хост, користувача, пошукову систему тощо), можна вибрати зі списку суб-звітів звіт, доступний для цього елемента. Наприклад, у звіті про переглядах сторінок можна вибрати певну сторінку й отримати список своїх відвідувачів, їхні шляхи по всьому сайту, країни і міста, в яких є ці відвідувачі, сайти, з яких надсилають повідомлення, ключові слова, яке ключове слово, використане в пошукових системах, щоб знайти цю сторінку тощо.

Web Log Explorer також дає змогу фільтрувати відвідування роботами пошукових систем. Можна перемикає програму в режим «Всі запити», «Без павуків» і «Тільки павуки» одним натисканням кнопки.

Web Log Explorer підтримує більше 43 форматів файлів журналу. Причому лог-файли можуть перебувати в тому вигляді, як вони зберігаються на сайті: в ZIP- і GZ-архіві. Він був протестований з усіма популярними веб-серверами, мультимедійними службами, проксі-серверами, брандмауерами тощо. Певна річ, *Web Log Explorer* може автоматично розпізнавати формати файлів журналу, витягувати стислі файли журналів, обробляти декілька файлів журналів і завантажувати журнали з різних джерел: локальний або мережевий шлях, Web, FTP або бази даних через ODBC.

На сайті розробника є ще один лог-аналізатор — *Web Log Suite 3.43*. І на відміну від *Web Log Explorer*, він генерує окремі HTML-звіти, які може самостійно викласти на сервер або надіслати на задану адресу електронної пошти [6].

Під час роботи виявлені такі незначні недоліки:

1. Занадто простий інтерфейс звітів, який варто було б розширити і додати більше фільтрів.

2. Витягує дані з бази даних, а проаналізований результат у базі даних не зберігає і тому не має можливості працювати з даними на рівні бази даних, щоб самому конструювати запити.

Web Log Storming є інтерактивним (на настільній основі) аналізатором веб-журналів для Windows. Дає абсолютно нову концепцію сайту статистики, явно відрізняється від будь-якого іншого програмного забезпечення журналу веб-аналітики. За допомогою *Web Log Storming* можна переглядати статистику, заглиблюючись у деталі аж до сесії окремих відвідувачів. Можна перевірити шаблон індивідуальної поведінки відвідувача і як вона вписується у цілі користувача. Швидке використання фільтрів (параметрів) дає можливість легко зосередитися на конкретному сегменті. Немає жодних обмежень: можна об'єднати всі звіти з будь-яким фільтром, щоб дізнатися про ефективність реклами або поведінки. Слід просто натиснути на будь-який елемент звіту, щоб переглянути список сесій по цьому пункту, або натиснути на будь-якій сесії, щоб переглянути всі деталі: IP-адреса, домен, країна, регіон, місто, агент користувача, відвідані сторінки, пошук фрази тощо.

Web Log Storming робить набагато більше, ніж просто створення спільних звітів. Він відображає детальну статистику веб-сайту з інтерактивною графікою і звітами. Повний і докладний лог-аналіз діяльності від кожного відвідувача на сайт можна отримати, клацнувши однією кнопкою миші. За допомогою цього програмного забезпечення веб-сайт статистики легко відстежує сесії, перегляди сторінок, завантаження або будь-які інші метрики, які є найбільш важливим для кожного користувача. Тобто можна побачити, які посилання, пошукові системи і ключові слова були використані, щоб привести відвідувачів на сайт.

Поведінку веб-сайту з верхніх сторінок входу та виходу до шляху, яким користувачі слідують, можна проаналізувати, щоб дізнатися, з яких країн на приходять відвідувачі, які операційні системи і браузері вони використовують. Також можна дізнатися про пропускну здатність каналу, що використовується, і скільки часу проводять користувачі на сайті [7].

Під час роботи виявлені такі незначні недоліки: не використовує жодну базу даних, тому збереження здійснюється у файловій системі комп'ютера. Файли займатимуть велику пам'ять на диску, а також потребують значного часу для обробки.

Запропонований авторами парсер log-файлів. Сучасні системи аналізу log-файлів дають змогу маніпулювати з даними практично різними способами, але мають ряд суттєвих недоліків, які були зазначені в чотирьох продуктах, розглянутих вище.

Кожен розробник так чи інакше зіткнеться з однією важливою проблемою, а саме: з величезною кількістю log-файлів, які згенерує сам програмний продукт і йому, наприклад, доведеться перебирати за датою увесь файл і шукати причину поломки. Тому авторами було вирішено написати програмний

продукт, який допоможе швидше й ефективніше аналізувати log-файли, що є необхідним як для розробників, так і для технічної підтримки. Перш за все було прийняте рішення зберігати log-файли в одному сховищі і записувати в форматі json, за яким буде дуже легко їх проаналізувати і помістити в базу даних. У нашому випадку парсер написаний на С#, дані заносяться до MongoDB. Алгоритм простий: створюємо регулярні вирази і, пробігаючи по рядках файлу, шукаємо збіг за допомогою Regex. Створюються два динамічні масиви, один тимчасовий, який буде зберігати неповні об'єкти, а інший — повні об'єкти, які в кінці будуть потрапляти до бази даних. Це все відбувається асинхронно, поки в одному з потоків відбувається парсинг, то в іншому відбувається вставка в базу даних MongoDB. Кожен об'єкт у форматі json містить інформацію про запит і відповідь із сервера, дату, коли це відбулося, і id посилання на сам файл, який також знаходиться у базі даних. За таким алгоритмом за секунду обробляється 1 400 рядків і створюється 344 повних об'єкти, які готові для збереження у базі даних. Додатково програмний продукт здатний не тільки парсити файли, а й провести аналіз існуючих даних у базі і запропонувати можливі варіанти створення запитів для користувача, йому залишається тільки ввести дані, за яким буде працювати запит для вибірки даних з бази даних, де збережені проаналізовані log-файли.

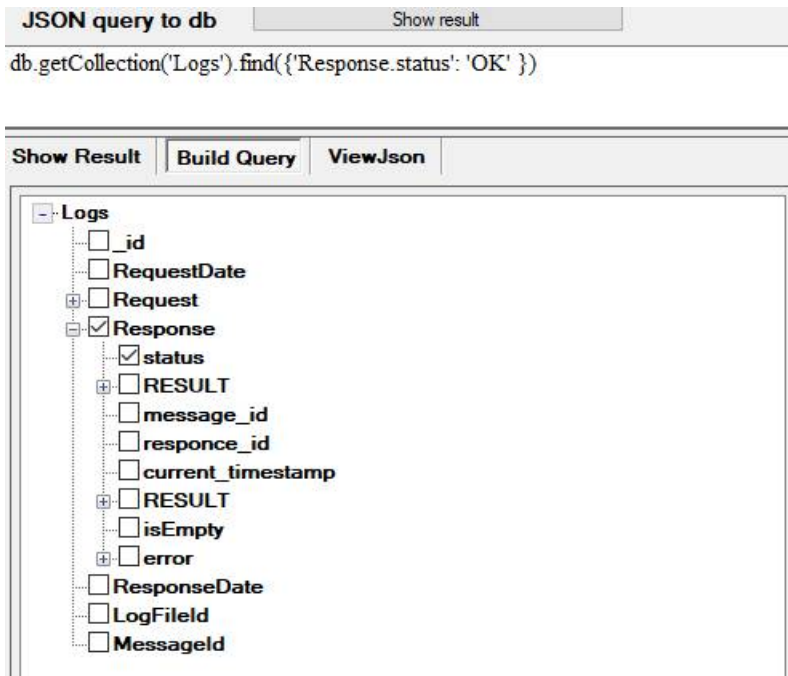


Рис. 1. Інтерфейс побудови запиту

За допомогою запиту користувач зможе легко прочитати лог-об'єкт у зручному вигляді дерева і провести аналіз за результатами запиту.

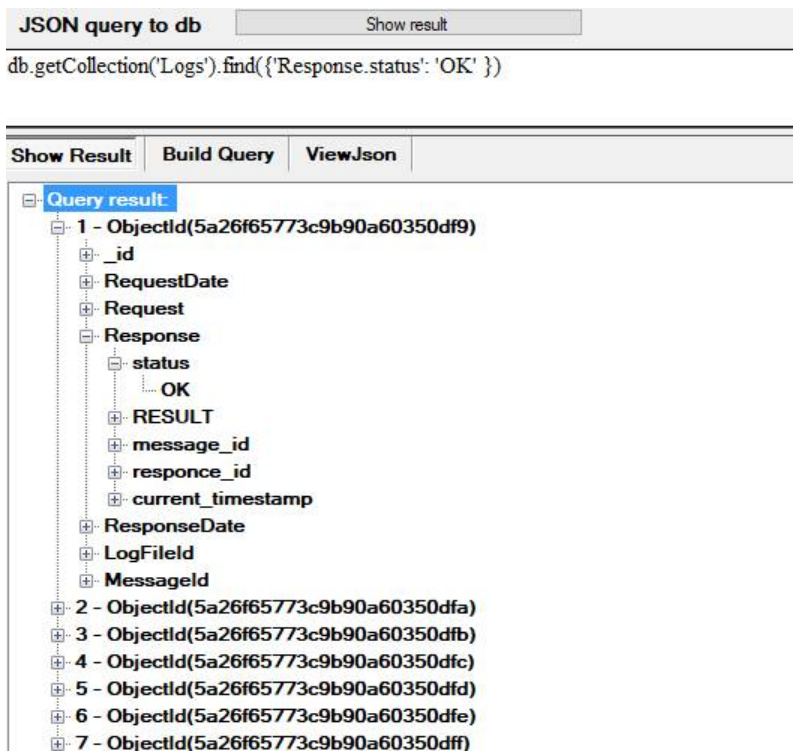


Рис. 2. Інтерфейс результату запиту

У цій програмі є ще одна велика і важлива перевага. Під час парсингу log-файлів виділяються і зберігаються об'єкти, які мають статус `error`, в окрему таблицю, а також інформація про помилку — це код помилки, повідомлення тощо. Потім за допомогою цих даних з легкістю можна скласти запит і виявити причину відмови або збою. В подальшому, проаналізувавши дані про помилки, в програмі передбачена можливість створення таблиці з кодами помилок і їх рішенням, щоб програма могла самостійно проаналізувати та запропонувати варіанти вирішення виявленої проблеми для користувача за прийнятими log-файлами.

Висновок

Як бачимо, log-файли є вельми потужним засобом для аналізу функціонування клієнтських додатків розподіленої системи на сервері. Також на сьогодні існує досить багато рішень для аналізу цих документів. Але для кожної системи досить важко підібрати потрібний аналізатор, який би легко справлявся з документами і відповідав би всім вимогам. Тому розглянуто чотири системи, які розроблені для вирішення подібних завдань, а також на їх основі розроблена система, яка здатна:

- 1) проводити швидкий парсинг лог-файлів за заданими критеріями;
- 2) зберігати проаналізовані дані в нереляційній базі даних MongoDB, в якій можна проводити аналіз даних з лог-файлів за допомогою NoSQL запитів;

3) зберігати файли, де виявлені помилки у базі даних, за допомогою технології GridFS;

4) на основі проаналізованих даних автоматично запропонувати шлях вирішення проблеми.

Зрозуміло, що цей програмний продукт чітко працює для визначених log-файлів, тому для вирішення інших проблем його потрібно удосконалювати.

Література

1. Microsoft Log Parser [Електронний ресурс]. — Режим доступу : https://itc.ua/articles/-microsoft_log_parser_ne_zhurnalom_edinym_21649/.

2. Средство Log parses 2.2 и ASP.NET [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://support.microsoft.com/ru-ru/help/910447/log-parser-2-2-and-asp-net>

3. Обработка логов в logstash [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://dotsandbrackets.com/processing-logs-logstash-ru/>.

4. Собираем и анализируем логи с помощью Lumberjack+Logstash+Elasticsearch+RabbitMQ [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://habrahabr.ru/company/maxifier/blog/216201/>.

5. Ещё одна система логирования, теперь на Elasticsearch, Logstash, Kibana и Prometheus [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://habrahabr.ru/company/2gis/blog/-329128/>.

6. Web Log Explorer Lite - Free Log Analyzer [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://www.exacttrend.com/WebLogExplorer/>.

7. Web Log Storming Analyzer [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://www.weblogstorming.com/features.html>.

8. Брацький В.О. Дослідження особливостей застосування реляційних і нереляційних баз даних на прикладі SQL Server та MongoDB / В.О. Брацький, О.М. М'якшило // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2016. — Том 22, № 5. — С. 15—23.

9. Брацький В.О. Дослідження та розробка методу обробки log-файлів у розподіленій інформаційній системі з використанням нереляційної бази даних MongoDB / В.О. Брацький // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2018. — Том 24, № 1. — С. 17—25.

APPLICATION OF LINEAR MATRIX INEQUALITIES DURING SYNTHESIS OF MODULAR CONTROL BY MULTIDIMENSIONAL LINEAR SYSTEMS

O. Lobok, B. Goncharenko

National University of Food Technologies

M. Sych

National University of Bioresources and Natural Resources of Ukraine

Key words:

*Dynamical system
Modal control
Regulators
D-stability
Luenberger observers
Linear matrix inequalities
Kroneker product of
matrices*

Article history:

Received 14.05.2018
Received in revised form
31.05.2018
Accepted 19.06.2018

Corresponding author:

B. Goncharenko

E-mail:

GoncharenkoBN@i.ua

ABSTRACT

The paper gives a solution to the problem of constructing modal regulators for linear multidimensional systems that provide D-stability (asymptotic stability) of the control object. The control is represented as regulators providing feedback on the output of the control object, and it uses the full and low order observers of Luenberger. To calculate the matrices of the regulators, we use the technique of linear matrix inequalities and generalization of the Lyapunov stability concept (*D*-stability). The theorems which give necessary and sufficient conditions for *D*-stability of the controlled system are given.

The constructive solution of the problem of synthesis of *D*-stabilizing (modal) regulators according to the measured output of the control object, based on the construction of observers of the state of the object of the complete and reduced order, is given. The solution is obtained based on the use of the theory of linear matrix inequalities (LMI). For numerical simulation of the obtained modal regulators you can use effective methods of convex optimization and corresponding software that is included in a number of application packages, in particular, in the MatLab system.

In this paper we describe methods for solving not only the direct problem of modal control, when the choice of parameters of a regulator is ensured by the coincidence of the roots of the characteristic equation of a closed system with a predefined set of complex numbers located on the left side of the complex plane, but also other problems of modal control, in which the requirement of the exact placement of the roots in the left integrated half-plane is not superimposed, but only their membership in certain specified areas is required. Such areas, described by a system of linear matrix inequalities (LMI), are called LMI domains.

ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНІЙНИХ МАТРИЧНИХ НЕРІВНОСТЕЙ ПРИ СИНТЕЗІ МОДАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ БАГАТОМІРНИМИ ЛІНІЙНИМИ СИСТЕМАМИ

О.П. Лобок, Б.М. Гончаренко

Національний університет харчових технологій

М.А. Сич

Національний університет біоресурсів і природокористування України

У статті наведено розв'язок задачі побудови модальних регуляторів для лінійних багатомірних систем, що забезпечують D -стійкість (асимптотичну стійкість) об'єкта керування. Керування представлено у вигляді регуляторів, що забезпечують зворотний зв'язок за виходом об'єкта керування, і здійснюється з використанням спостерігачів Луенбергера повного і зниженого порядку. Для обчислення матриць регуляторів застосовано техніку лінійних матричних нерівностей і узагальнення поняття стійкості за Ляпуновим (D -стійкість). Наведено теореми, що дають необхідні і достатні умови D -стійкості керованої системи.

Запропоновано конструктивний розв'язок задачі синтезу D -стабілізуювальних (модальних) регуляторів за вимірюваним виходом об'єкта керування, заснований на побудові спостерігачів стану об'єкта певного порядку. Розв'язок отримано на основі використання теорії лінійних матричних нерівностей (LMI). Для чисельного моделювання отриманих модальних регуляторів можна використовувати ефективні методи опуклої оптимізації і відповідне програмне забезпечення, яке входить до ряду пакетів прикладних програм, зокрема, в систему MatLab.

Описано методи розв'язання не тільки прямої задачі модального керування, коли вибір параметрів регулятора забезпечує збіг коренів характеристичного рівняння замкненої системи з попередньо заданим набором комплексних чисел, розташованих у лівій частині комплексної площини, але й інших задач модального регулювання, в яких вимога точного розміщення коренів у лівій комплексній півплощині вже не накладається, а потрібна лише їх приналежність до заданих областей. Такі області, описані системою лінійних матричних нерівностей, називаються LMI-областями.

Ключові слова: динамічна система, модальне керування, регулятори, D -стійкість, спостерігачі Луенбергера, лінійні матричні нерівності, кронекеровий добуток матриць.

Постановка проблеми. Часто в задачах керування з численною множини стабілізуювальних керувань потрібно виділити певну підмножину, що забезпечує для системи додаткові властивості. Такою властивістю може бути, наприклад, розташування коренів характеристичного многочлена замкнутої системи в заданій області комплексної площини. Керування, що має такі

додаткові властивості, називають модальним керуванням, а регулятор, що забезпечує його, вважають модальним. Модальне керування відноситься до кореневих методів синтезу лінійних САУ, при яких, виходячи з бажаних показників якості керування, будується бажаний характеристичний поліном, а отже, визначається місце розташування коренів характеристичного рівняння. Характерні значення коренів латиною називаються модами, звідси назва регулятора і керування — модальні.

Можлива така постановка задачі: вибором параметрів керування забезпечити точний збіг коренів характеристичного рівняння замкненої системи з наперед заданим набором комплексних чисел, розташованих у лівій частині (умова стійкості) комплексної площини. Таку задачу іноді називають прямою задачею модального керування. У пропонованій статті описуються такі методи розв'язання інших завдань модального регулювання, в яких вимога точного розміщення коренів у лівій комплексній півплощині вже не накладається, а потрібна лише їх приналежність до заданого домену.

Як зазначалося вище, задача модального керування пов'язана з побудовою регулятора, при якому полюси замкненої системи розташовуються в заданих точках або в заданих областях комплексної площини. Значення таких характеристик замкненої системи, як час перехідного процесу, демпфірування, швидкість перехідних процесів у регуляторі та інших визначаються розташуванням власних значень матриці замкненої системи в певних областях комплексної площини.

Мета статті: розглянути задачі модального керування щодо таких областей, які можуть бути описані системою лінійних матричних нерівностей — LMI-областями. Показати, що до цих областей відносяться вертикальні і горизонтальні смуги, кола, конічні сектори, а також перетини таких областей.

Викладення основних результатів дослідження. Один з ефективних способів розв'язання задач синтезу модального керування пов'язаний із застосуванням квадратичних функцій Ляпунова і техніки лінійних матричних нерівностей.

Загальний підхід до синтезу модального керування заснований на використанні LMI. Виявляється, що області певного виду на комплексній площині, в яких потрібно розмістити власні значення матриці замкненої лінійної системи, можна описати лінійними матричними нерівностями, тобто як LMI-області [1; 3—5], спочатку записуючи необхідні нерівності щодо змінних $x = \operatorname{Re}(z)$ і $y = \operatorname{Im}(z)$, а потім виконуючи їхню заміну на матриці спеціальною підстановкою.

Розглянемо в загальному випадку формальну процедуру отримання лінійних матричних нерівностей, що визначають критерії розміщення всіх власних чисел матриці об'єкта керування в необхідній LMI-області. Зауважимо, що для чисельного розв'язування отриманих лінійних матричних нерівностей можуть бути використані існуючі ефективні алгоритми, які реалізовані в математичних пакетах, зокрема в пакеті MatLab [1; 8].

Оскільки апарат лінійних матричних нерівностей відносно рідко використовується в прикладних задачах керування багатовимірними об'єктами, коротко викладемо основні положення цієї теорії.

Введемо поняття LMI-області. Нехай D — область лівої комплексної півплощини. Динамічну систему будемо називати D -стійкою, якщо всі її полюси, тобто всі власні значення матриці лежать в області D . У цьому випадку матрицю A також будемо називати D -стійкою. В окремому випадку, коли D збігається з усією лівою комплексною напівплощиною, D -стійкість зводиться до асимптотичної стійкості, яка характеризується нерівністю Ляпунова, що є лінійною матричною нерівністю. Тобто матриця A асимптотично стійка тоді і тільки тоді, коли існує симетрична матриця X , яка задовольняє нерівності:

$$AX + XA^T < 0, \quad X > 0.$$

Визначимо клас областей, які характеризуються в термінах лінійних матричних нерівностей. Для цього введемо в розгляд матричні функції комплексної змінної $z \in C$ (C — безліч комплексних чисел), що приймають значення в просторі самопоєднаних ермітових ($m \times m$) — матриць (Ерміт Шарль, 1822—1901):

$$f_D(z) = P + zG + \bar{z}G^T, \quad (1)$$

де $P = P^T \in R^{m \times m}$ і $G \in R^{m \times m}$ — задані матриці ($R^{m \times m}$ — множина дійсних матриць розмірності $m \times m$), \bar{z} — поєднане комплексне число.

Область

$$D = \{z \in C : f_D(z) < 0\} \quad (2)$$

називається LMI-областю, породжуваною функцією $f_D(z)$, яку часто називають характеристичною функцією області D .

З цього визначення випливає, що LMI-область — це підмножина комплексної площини, яка відображається лінійною матричною нерівністю щодо змінних $x = \text{Re}(z)$ і $y = \text{Im}(z)$. Отже, LMI-області — опуклі. Крім того, позаяк для будь-якого $z \in D$ має місце $f_D(\bar{z}) = \bar{f}_D(z) < 0$, то LMI-області симетричні щодо дійсної осі.

Найсуттєвіша властивість LMI-областей полягає в тому, що вони повністю визначаються в термінах лінійних матричних нерівностей щодо симетричної позитивно визначеної матриці. Для того, щоб отримати ці нерівності, поставимо у відповідність до функції $f_D(z)$ таку ($m \times m$) — блочну матрицю:

$$M(A, X) = P \otimes X + G \otimes (AX) + G^T \otimes (XA^T), \quad (3)$$

де « \otimes » — операція кронекерового добутку матриць (Кронекер Леопольд, 1823—1872).

Нагадаємо, що кронекеровим добутком матриць називається блокова матриця, утворена шляхом множення кожного елемента a_{ij} матриці A на матрицю B [2]. З огляду на це, зауважимо, що блоки матриці $M(A, X)$ можна записати у вигляді:

$$M_{ij}(A, X) = p_{ij}X + g_{ij}AX + g_{ji}XA^T, \quad i, j = 1, 2, \dots, m, \quad (4)$$

де p_{ij} , g_{ij} — елементи матриць P і G відповідно.

Для побудови модальних регуляторів, що забезпечують стійкість об'єктів керування, важливим є доведення теореми 1 стійкості [3; 5; 7].

Нехай D -LMI — область. Тож матриця $A \in D$ -стійкою тоді і тільки тоді, якщо існує матриця $X = X^T$, яка задовольняє такі лінійні матричні нерівності:

$$M(A, X) < 0, \quad X > 0. \quad (5)$$

Якщо матрицю (5) помножити зліва і праворуч на матрицю $E \otimes Y$, де E — одинична матриця, $Y = X^{-1}$, то з урахуванням властивостей операції кронекерового добутку після ряду перетворень отримаємо критерій D -стійкості матриці A :

$$L(A, Y) = P \otimes Y + G \otimes (YA) + G^T \otimes (A^T Y) < 0, \quad Y = Y^T > 0. \quad (6)$$

На основі теореми 1 можна запропонувати такий алгоритм побудови LMI-областей, що визначають критерій D -стійкості системи $\dot{x}(t) = Ax(t)$:

1. Будується характеристична функція $f_D(z)$ виду (1), щоб породжувана нею множина D мала потрібний вид.

2. Використовуючи підстановку $(1, z, \bar{z}) \leftrightarrow (X, AX, XA^T)$, функції $f_D(z)$ ставиться у відповідність блокова матриця $M(A, X)$ виду (3).

3. Формується система матричних нерівностей виду (5) (або (6)) і знаходиться її розв'язок щодо матриці X (або Y).

4. Відповідно до вищенаведеної теореми 1 робиться висновок щодо D -стійкості багатовимірної лінійної системи $\dot{x}(t) = Ax(t)$.

Відзначимо одну важливу властивість LMI-областей: LMI-області замкнені щодо операції перетину, тобто перетин LMI-областей теж буде LMI-областю.

Розглянемо кілька важливих прикладів побудови LMI-області (рис. 1).

Як перший приклад розглянемо множину $D_1 = \{z \in C : \text{Re}(z) < -\mu\}$ (рис. 1а), яка відповідає асимптотично стійким системам зі ступенем стійкості, не меншим μ . Очевидно, що цю область породжує функція $f_{D_1}(z) = z + \bar{z} + 2\mu$, і згідно з теоремою 1 матриця $A \in D_1$ є асимптотично стійкою зі ступенем стійкості, не меншим за μ , тоді і тільки тоді, коли існує матриця $X = X^T$, яка задовольняє лінійні матричні нерівності виду (5):

$$AX + XA^T + 2\mu X < 0, \quad X > 0.$$

Інший приклад LMI-області є $D_2 = \{z \in C : |z + q| < r\}$ — внутрішність кола радіусом r з центром в точці $(-q, 0)$ (рис. 1б). Для цієї області

$$f_{D_2}(z) = \begin{pmatrix} -r & q + z \\ q + \bar{z} & -r \end{pmatrix} < 0,$$

і лінійні матричні нерівності (5), що характеризують цю область, набувають вигляду:

$$\begin{pmatrix} -rX & qX + AX \\ qX + XA^T & -rX \end{pmatrix} < 0, \quad X > 0.$$

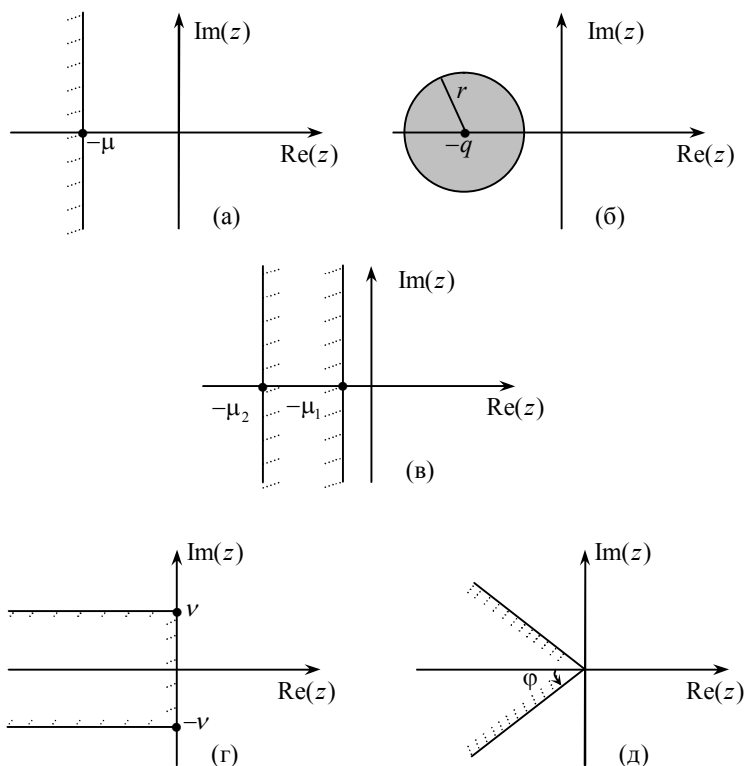


Рис. 1. Приклади LMI-областей стійкості

Вертикальній смузі $D_3 = \{z \in C : -\mu_2 < \text{Re}(z) < -\mu_1\}$ (рис. 1в) відповідає функція:

$$f_{D_3}(z) = \begin{pmatrix} (z + \bar{z}) + 2\mu_1 & 0 \\ 0 & -(z + \bar{z}) - 2\mu_2 \end{pmatrix}$$

і, відповідно, лінійні матричні нерівності:

$$\begin{pmatrix} AX + XA^T + 2\mu_1 X & 0 \\ 0 & -AX - XA^T - 2\mu_2 X \end{pmatrix} < 0, X > 0.$$

Горизонтальній півсмузі $D_4 = \{z \in C : \text{Re}(z) < 0, -v < \text{Im} z < v\}$ (рис. 1г) відповідає характеристична функція:

$$f_{D_4}(z) = \begin{pmatrix} -2v & z - \bar{z} \\ -(z - \bar{z}) & -2v \end{pmatrix}$$

і лінійні матричні нерівності:

$$\begin{pmatrix} -2vX & AX - XA^T \\ -AX + XA^T & -2vX \end{pmatrix} < 0, X > 0.$$

Нарешті кінчному сектору $D_5 = \{z \in C : \{\operatorname{Re}(z)\operatorname{tg}\varphi < |\operatorname{Im}z|\}_-\}$ (рис. 1д) відповідає функція:

$$f_{D_5}(z) = \begin{pmatrix} (z + \bar{z})\sin\varphi & (z - \bar{z})\cos\varphi \\ -(z - \bar{z})\cos\varphi & (z + \bar{z})\sin\varphi \end{pmatrix}$$

і лінійні матричні нерівності:

$$\begin{pmatrix} (AX + XA^T)\sin\varphi & (AX - XA^T)\cos\varphi \\ -(AX - XA^T)\cos\varphi & (AX + XA^T)\sin\varphi \end{pmatrix} < 0, \quad X > 0.$$

Застосуємо розглянутий апарат для синтезу модального керування лінійної системою для заданої LMI-області. Класичний підхід до синтезу лінійних зворотних зв'язків (регуляторів) в просторі станів пов'язаний з канонічним поданням керованого об'єкта і побудовою модального керування (регулятора), який забезпечує задані власні значення (моди) матриці замкнутої системи. Тоді побудова модального керування зводиться до знаходження характеристичного полінома матриці A , вибору канонічного базису і розв'язування системи лінійних рівнянь. Водночас можливий альтернативний шлях синтезу стабілізуючих регуляторів, заснований на застосуванні теорії лінійних матричних нерівностей і ефективних алгоритмів їх розв'язування, реалізованих, наприклад, у пакеті MatLab [6; 8].

Нехай об'єкт керування описується рівнянням:

$$\frac{dx(t)}{dt} = Ax(t) + Bu(t), \quad (7)$$

де $x(t) \in R^n$ — стан об'єкта; $u(t) \in R^m$ — керування.

Завдання полягає у виборі закону керування $u(t)$ з класу лінійних зворотних зв'язків за станом вигляду:

$$u(t) = Kx(t), \quad (8)$$

де K — матриця параметрів регулятора відповідного порядку, при якому матриця замкнутої системи (7), (8) буде D -стійкою, тобто всі її власні значення коренів лежать в заданій LMI-області.

Згідно з теоремою 1 задача D -стійкості зводиться до знаходження матриць $X = X^T > 0$ і K , що задовольняють нерівність $M(A + BK, X) < 0$, яка є нелінійною відносно цих матриць. Однак, якщо ввести позначення $Z = KX$, то останню нерівність можна уявити як лінійну матричну нерівність вигляду:

$$\begin{aligned} M(A + BK, X) &= P \otimes X + G \otimes ((A + BK)X) + G^T \otimes (X(A + BK))^T = \\ &= P \otimes X + G \otimes (AX + BZ) + G^T \otimes (AX + BZ)^T = \\ &= P \otimes X + G \otimes (AX) + G \otimes (BZ) + \\ &+ G^T \otimes (AX)^T + G^T \otimes (BZ)^T = M(A, X) + G \otimes (BZ) + G^T \otimes (BZ)^T < 0 \end{aligned}$$

щодо невідомих матриць K і Z . Після того, як ці матриці будуть знайдені, шукана матриця параметрів регулятора знаходиться як $K = ZX^{-1}$.

Розглянемо ще один підхід до синтезу D -стабілізувальних регуляторів за вимірюваним виходом, заснований на побудові спостерігачів стану об'єкта. Почнемо з спостерігачів Луенбергера повного порядку.

Для керованого об'єкта:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), \\ y(t) = Cx(t), \end{cases} \quad (9)$$

де $x(t) \in R^n$ — стан регулятора; $u(t) \in R^m$ — керування; $y(t) \in R^p$ — вимірюваний вихід об'єкта).

Виберемо регулятор у формі спостерігача стану Луенбергера повного порядку:

$$\begin{cases} \dot{x}_r(t) = Ax_r(t) + Bu(t) + L(Cx_r(t) - y(t)), \\ u(t) = Kx_r(t), \end{cases} \quad (10)$$

де $x_r(t) \in R^n$ — стан регулятора.

Необхідно визначити матриці K і L так, щоб замкнута система (9), (10) була D -стійкою.

Введемо вектор неузгодженості $e(t) = x(t) - x_r(t)$ і як стан замкненої системи виберемо вектор $(x^T(t), e^T(t))^T$, який задовольняє узагальнене рівняння:

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} x(t) \\ e(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A + BK & -BK \\ 0 & A + LC \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x(t) \\ e(t) \end{pmatrix}.$$

Очевидно, що для D -стійкості цієї системи необхідно і достатньо, щоб матриці $A + BK$ і $A + LC$ були D -стійкі. Застосовуючи тепер до матриці $A + BK$ теорему 1, в якій на мові лінійних матричних нерівностей наведено критерій D -стійкості, приходимо до такого вигляду LMI:

$$\begin{aligned} M(A + BK, X_1) &= P \otimes X_1 + G \otimes ((A + BK)X_1) + G^T \otimes (X_1(A + BK)^T) = \\ &= M(A, X_1) + G \otimes (BX_1) + G^T \otimes (X_1^T B^T) < 0, \end{aligned} \quad (11)$$

де $Z_1 = KX_1$.

Застосовуючи до матриці $A + LC$ критерій D -стійкості у вигляді нерівності (6), отримаємо ще одну LMI:

$$\begin{aligned} L(A + LC, X_2) &= P \otimes X_2 + G \otimes (X_2(A + LC)) + G^T \otimes ((A + LC)^T X_2) = \\ &= L(A, X_2) + G \otimes (Z_2 C) + G^T \otimes (C^T Z_2^T) < 0, \end{aligned} \quad (12)$$

де $Z_2 = X_2 L$.

Таким чином приходимо до необхідності виведення теореми 2.

Для того, щоб об'єкт (9) міг бути D -стабілізованим за допомогою регулятора за виходом виду (10), необхідно і достатньо, щоб лінійні матричні нерівності (11) і (12) були розв'язувані щодо змінних $X_1 = X_1^T > 0$, Z_1 і $X_2 = X_2^T > 0$, Z_2 . У разі можливості розв'язання цих нерівностей параметри регулятора знаходяться так:

$$K = Z_1 X_1^{-1}, L = X_2^{-1} Z_2.$$

Синтезуємо тепер регулятор на основі спостерігача Луенбергера неповного порядку [1; 5]. Нехай в об'єкті керування (9) ранг матриці C дорівнює p ($p < n$). Розглянемо спостерігач

$$\frac{dz(t)}{dt} = Fz(t) + TBu(t) + Qy(t), \quad (13)$$

де $z(t) \in R^l$; $l = n - p$ — стан спостерігача; $y(t)$ и $u(t)$ — вимірюваний вихід і керування в об'єкті (9), а матриці F , T і Q задовольняють матричне рівняння

$$TA - FT = QC. \quad (14)$$

Знову введемо вектор неузгодженості $e(t) = z(t) - Tx(t)$ і зауважимо, що в силу рівнянь об'єкта і спостерігача для нього виконується рівність:

$$\frac{de(t)}{dt} = Fe(t).$$

Тож якщо матриця $F \in D$ -стійкою, то вектор $z(t)$ асимптотично відстежує вектор $Tx(t)$ і в сукупності з вектором $y(t)$ дає оцінку вектора стану об'єкта.

Для спрощення, але не зменшуючи спільності, прийmemo $C = (E_p 0_{p \times r})$, де E_p — одинична матриця розмірності p . Зауважимо, що цього можна досягти шляхом відповідної заміни змінних. Розіб'ємо матриці A і B на блоки

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} B_1 \\ B_2 \end{pmatrix},$$

в яких $A_{11} \in R^{p \times p}$, $B_1 \in R^{p \times m}$ — (порядки інших блоків визначаються так само).

Виберемо матриці F, T і Q , що задовольняють рівняння (14), в такий спосіб

$$F = A_{22} + LA_{12}, \quad T = (L \quad E_l), \quad Q = A_{21} + LA_{11} - (A_{22} + LA_{12})L, \quad (15)$$

де матрицю L слід визначити з умови, щоб матриця F була D -стійкою.

Згідно із зробленим вибором представимо рівняння регулятора (керування) у вигляді:

$$\begin{aligned} \frac{dx_r(t)}{dt} &= (A_{22} + LA_{12})x_r(t) + (B_2 + LB_1)u(t) + [A_{21} + LA_{11} - (A_{22} + LA_{12})L]y(t), \\ u(t) &= K_1x_r(t) + K_2y(t), \end{aligned} \quad (16)$$

де матриці K_1 і K_2 належить визначити з умови D -стійкості замкненої системи (9), (16). Підставляючи рівняння керування у вихідну систему і враховуючи, що $x_r(t) = Tx(t) + e(t)$, отримаємо:

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = (A + BK)x(t) - BK_1e(t) \\ \frac{de(t)}{dt} = Fe(t) \end{cases},$$

де $K = (K_2 + K_1L \quad K_1)$.

Отже, матриця K знаходиться з умови, щоб матриця $A + BK$ була D -стійкою, а потім з урахуванням вже знайденої матриці L визначаються матриці регулятора K_1 і K_2 . Застосовуючи тепер теорему 1 та техніку виведення теореми 2, приходимо до теореми 3.

Для того, щоб об'єкт, описуваний системою (9), міг бути D -стабілізованим за допомогою регулятора за виходом зниженого порядку виду (16), необхідно і достатньо, щоб лінійні матричні нерівності

$$M(A + BK, X_1) = M(A, X_1) + G \otimes (BZ_1) + G^T \otimes (Z_1^T B^T) < 0,$$

$$L(A_{22} + LA_{12}, X_2) = L(A_{22}, X_2) + G \otimes (Z_2 A_{12}) + G^T \otimes (A_{12}^T Z_2^T) < 0$$

були розв'язуваними щодо матричних змінних $X_1 = X_1^T > 0$, Z_1 і $X_2 = X_2^T > 0$, Z_2 , де матриці $M(A, X_1)$ і $L(A_{22}, X_2)$ визначаються за формулами (3) і (6) відповідно. У разі можливості розв'язання цих нерівностей параметри регулятора знаходяться так:

$$K_1 = H_2, \quad K_2 = H_1 - H_2 L,$$

де

$$H = \begin{pmatrix} H_1 & H_2 \end{pmatrix} = Z_1 X_1^{-1}, \quad H_1 \in R^{m \times p}, \quad H_2 \in R^{m \times l}, \quad L = X_2^{-1} Z_2.$$

Висновки

Отже, застосування спостерігачів Луенбергера дає змогу здійснити синтез D -стійких регуляторів щодо виходу спостерігачів Луенбергера повного і зниженого порядку на основі розв'язування тільки лінійних матричних нерівностей.

Література

1. Баландин Д.В. Синтез законов управления на основе линейных матричных неравенств / Д.В.Баландин, М.М. Коган. — Москва : Физматлит, 2007. — 281 с.
2. Гантмахер Ф.П. Теория матриц. — Москва : Физматлит, 2004. — 560 с.
3. Поляк Б.Т. Управление линейными системами при внешних возмущениях: Техника линейных матричных неравенств / Б.Т. Поляк, М.В. Хлебников. — Москва : ЛЕНАНД, 2014. — 560 с.
4. Якубович В.А. Решение некоторых матричных неравенств, встречающихся в теории автоматического регулирования / ДАН СССР. — 1962. — Т. 143, № 6. — С. 1304—1307.
5. Boyd S., El Ghaoui L., Feron E., Balakrishnan V. Linear Matrix Inequalities in System and Control Theory. — Philadelphia : SIAM, 1994. — 193 p.
6. Chilali M., Gahinet P. H^∞ design with pole placement constraints: An LMI approach IEEE Trans. Automat. Contr. — 1996. — Vol.41. — P. 358—367.
7. Ghaoui L.E., Niculescu S.I. Advances in linear matrix inequality methods in control. Advances in Design and Control. — Philadelphia, PA : SIAM, 2000. — 372 p.
8. Masubuchi I., Ohara A., Suda N. LMI-based controller synthesis: A unified formulation and solution Int. J. Robust Nonlinear Contr.— 1998. — Vol. 8. — P. 669—686.

DEVELOPING A WAY TO EXPAND THE RANGE AND IMPROVE THE ACCURACY USING ULTRASONIC SHADOW MEASUREMENT METHOD TO CONTROL THE WIDTH OF THE TAPE IN THE AIR

O. Rishan, O. Tikhonov

National University of Food Technologies

Key words:

Ultrasonic shadow method

Isolation of acoustic zones

Measurement error

Sampling

Article history:

Received 10.05.2018

Received in revised form

28.05.2018

Accepted 14.06.2018

Corresponding author:

O. Rishan

E-mail:

rishan.aleksandr@gmail.com

ABSTRACT

The paper presents the results of the development and research of the method of expanding the range and improvement the accuracy of measurements in the implementation of the ultrasonic shadow method in the device for controlling the width of the ribbon semi-finished products in the air. The peculiarity of the use of the shadow method in the air is not the isolation of the acoustic zones of the primary measuring transducers of the width of the device (PMTW) of the device from the environment and, consequently, the influence of this medium on the measurement zones, which manifests itself in the change in the intensity of ultrasonic vibrations on the measuring receivers when there is a constant bandwidth (the effect of the acoustic phenomenon called “feeding”) and, accordingly, changing the output signals of the receivers and the occurrence of an additional random measurement error.

For its reduction and expansion of the range of measurements, a method of compensating the phenomenon of acoustic “feeding” was developed based on the formation of a distributed on the length of the measuring receiver discrete zone with a given sampling step, where there is a compensation of the influence of perturbations, determination of the position of the projection of the edge of the controlled by width bandwidth in the discrete zone and areas of direct perturbation compensation are created at the sampling step, which is closest to the edge of the tape, but it isn't overlapped by it.

The method is implemented in the PMTW of the device with the help of additional correction receivers that are situated in the same plane near the measuring receiver and are distributed along its length, and the determination of an additional correction receiver that isn't blocked by the edge of the tape and is closest to its edge, and its signal is entered into the chain of the negative feedback of the voltage supply control of the package of radiators, so that this signal is maintained unchanged and equal to the given.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-5

РОЗРОБКА СПОСОБУ РОЗШИРЕННЯ ДІАПАЗОНУ І ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМУ ТІНЬОВОМУ МЕТОДІ КОНТРОЛЮ ШИРИНИ СТРІЧКИ В ПОВІТРІ

О.Й. Рішан, О.Ю. Тихонов

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати розробки та дослідження способу розширення діапазону і підвищення точності вимірювань при реалізації ультразвукового тіньового методу в пристрої контролю ширини стрічкових напівфабрикатів у повітрі.

Особливістю використання тіньового методу в повітрі є неізолюваність акустичних зон первинних вимірювальних перетворювачів ширини (ПВПШ) пристрою від навколишнього середовища і, відповідно, вплив цього середовища на зони вимірювання, яке проявляється в зміні інтенсивності ультразвукових коливань на вимірювальних приймачах при постійній ширині стрічки (вплив явища акустичного «федінгу») та зміні вихідних сигналів приймачів і виникненні додаткової випадкової похибки вимірювання.

Для її зменшення і розширення діапазону вимірювань розроблений спосіб компенсації явища акустичного «федінгу», що побудований на утворенні розподіленої по довжині вимірювального приймача дискретної зони із заданим кроком дискретизації, в якій відбувається компенсація впливу збурень, визначенні положення проєкції краю контрольованої по ширині стрічки на дискретній зоні її утворені зони безпосередньої компенсації збурень на кроці дискретизації, який є найближчим до краю стрічки, але не перекривається ним.

Спосіб реалізується в ПВПШ пристрою за допомогою додаткових приймачів коригування, які розташовані в одній площині поряд з вимірювальним приймачем і розподілені по його довжині, та визначенні додаткового приймача коригування, який не перекривається краєм стрічки і є найближчим до її краю, а його сигнал вводиться в ланцюг від'ємного зворотного зв'язку регулювання напруги живлення пакета випромінювачів, завдяки чому цей сигнал підтримується незмінним і рівним заданому.

Ключові слова: *ультразвуковий тіньовий метод, ізолюваність акустичних зон, похибки вимірювання, дискретизація.*

Постановка проблеми. Для вимірювання ширини стрічкових напівфабрикатів у повітрі, які можуть бути або оптично прозорими або легко піддаватись деформуванню, наприклад, листи для пакування виробів у харчовій промисловості тощо, досліджено ультразвуковий тіньовий диференціальний метод [2].

Головною умовою реалізації такого методу є необхідність великої різниці між акустичними опорами повітря та напівфабрикату. Ця умова виконується через різницю між акустичними опорами повітря та пакувального листа (відрізняються майже на три порядки) і дає можливість отримати чітку тінь від краю пакувального листа на приймачі [3].

Ще однією умовою реалізації такого тіншового методу є створення у повітрі рівнорозподіленого за інтенсивністю ультразвукового променя на певній довжині, який перекриває край пакувального листа. Для її вирішення використана залежність для тиску $P_{\text{Ш}}$ на відстані H , яку утворює лінійна група прямокутних ультразвукових випромінювачів, що знаходиться у жорсткому екрані з випромінюванням у півпростір по нормалі до їх поверхні [1] і яка після перетворення може бути записана у такому вигляді:

$$P_{\text{Ш}} = \frac{\rho C \cdot m \cdot Q}{2\lambda H} = P_{\text{ОШ}} \frac{S_C}{2\lambda H} = P_{\text{ОШ}} \frac{m \cdot L_{\text{ШО}} \cdot L_{\text{П}}}{2\lambda H} = P_{\text{ОШ}} \frac{L_{\text{П}}}{2\lambda H} L_{\text{Ш}}, \quad (1)$$

де ρC — акустичний опір середовища; $\lambda = C / F_H$ — довжина ультразвукової хвилі частотою F_H ; m — кількість випромінювачів, які утворюють лінійну групу; $P_{\text{ОШ}}$ — тиск, який розвиває у своїй поверхні один випромінювач в групі; $Q = S \cdot V$ — об'ємна швидкість джерела ультразвукових коливань, що характеризує здатність випромінювача до утворення акустичного поля; S — площа одного випромінювача в групі; $S_C = m \cdot S$ — загальна площа випромінювачів, які утворюють лінійну групу; $V = P_{\text{ОШ}} / \rho C$ — коливальна швидкість на поверхні одного випромінювача в групі; $L_{\text{ШО}}$ — розмір одиночного випромінювача в напрямку зміщення краю стрічки; $L_{\text{Ш}}$ — розмір пакета випромінювачів у напрямку зміщення краю стрічки; $L_{\text{П}}$ — розмір одиночного випромінювача в напрямку руху стрічки, що контролюється по ширині; а $L_{\text{ШО}} \cdot m \cdot L_{\text{П}} = L_{\text{Ш}} \cdot L_{\text{П}} = S_C$; C — швидкість розповсюдження звуку у повітрі.

Аналіз конструктивного виконання ПВПШ за залежністю (1) показує на доцільність використання в ньому також прямокутного вимірювального приймача, розподіленого по довжині перекриття ультразвукового променя краєм стрічки. Останнє дає змогу, при використуванні багатообмоткового вихідного трансформатора живлення випромінювача, зміною напруги живлення окремого випромінювача впливати на інтенсивність розподіленого по довжині загального ультразвукового променя, чим досягається за необхідності лінеаризація вихідного аналогового сигналу ПВПШ [4—6]. Одночасно залежність (1) дає змогу визначити також амплітуду напруги $U_{\text{Ш}}$ на виході приймача, що вимірює цей тиск на відстані H від поверхні випромінювача з урахуванням величини перекриття X його ультразвукового променя:

$$U_{\text{Ш}} = K_{\text{ПШ}} P_{\text{ОШ}} \frac{S_C}{2\lambda H} \left(1 - \frac{X}{L_{\text{Ш}}} \right), \quad (2)$$

де $K_{\text{ПШ}} = \partial U_{\text{Ш}} / \partial X = -P_{\text{ОШ}} S_C / 2\lambda H$ — чутливість приймача; X — зміщення краю стрічки, що визиває перекриття ультразвукового променя пакета випромінювачів.

Сигнал приймача досягає максимального значення при $X = 0$, а мінімального — при повному перекритті параметра $L_{\text{Ш}}$ пакета випромінювачів, тобто при $X = L_{\text{Ш}}$. Таким чином параметр $L_{\text{Ш}}$ встановлює діапазон вимірювання положення краю стрічки і повинен визначатися з умови:

$$L_{III} \geq 2|X| + 2|\Delta B_{III}|, \quad (3)$$

де $\pm X$ — можливе відхилення краю стрічки від вихідного положення, що визивається зміною ширини стрічки; $\pm \Delta B_{III}$ — зміщення вісі стрічки відносно вихідного положення при незмінній її ширині.

Однією з особливостей такої реалізації тіньового методу контролю стрічки в повітрі є неізолюваність обох акустичних зон вимірювання від навколишнього середовища і, відповідно, вплив зміни швидкості повітряних потоків (турбулентність) в акустичних зонах на результати вимірювання, яке проявляється в зміні інтенсивності I_X ультразвукових коливань (тиску) на вимірювальних приймачах при постійній ширині стрічки. Це вплив так званого явища акустичного «федінгу», який визиває суттєву додаткову складову похибки вимірювання при реалізації тіньового методу — випадкову похибку $\Delta_{L\Phi}$ флуктуації [2].

З метою зменшення такої похибки досліджено спосіб, при якому зміною інтенсивності випромінених ультразвукових коливань компенсується вплив розглянутого фактора в зоні, яка не використовується безпосередньо при вимірюванні, але яка знаходиться поряд із зоною вимірювання [2]. Спосіб реалізується в ПВПШ за допомогою додаткового приймача коригування, який розташований поряд з вимірювальним приймачем і в одній площині з ним, але який не перекривається краєм стрічки, і введенням сигналу цього додаткового приймача в ланцюг від'ємного зворотного зв'язку регулювання напруги живлення пакета випромінювачів, завдяки чому цей сигнал підтримується незмінним і рівним заданому.

Але просторове зміщення між зоною безпосередньої компенсації збурень і зоною вимірювання, а також наявність природного градієнта інтенсивності ультразвукових коливань від дії збурення, рівного $\partial I / \partial x$, обмежують ступінь компенсації збурення в зоні вимірювання. Величина варіації некомпенсованої інтенсивності на відстані Δx від зони безпосередньої компенсації приблизно дорівнює: $\Delta I_X = (\partial I / \partial x) \Delta x$. Окрім цього, при зменшенні ширини стрічки, ступінь компенсації збурення в зоні вимірювання зменшується через віддалення її країв стрічки від зон безпосередньої компенсації збурень.

Мета статті: розробка способу розширення діапазону та підвищення точності вимірювань положення країв стрічки ультразвуковим тіньовим методом та структурної схеми пристрою, що реалізує цей спосіб.

Викладення основних результатів дослідження. Для зменшення додаткової складової похибки $\Delta_{L\Phi}$ від флуктуації сигналу вимірювального приймача і розширення діапазону вимірювань розроблено спосіб їх компенсації, суть якого в утворенні розподіленої по довжині вимірювального приймача дискретної зони із заданим кроком дискретизації, визначенні положення проєкції краю контрольованої по ширині стрічки на дискретній зоні й утворенні зони безпосередньої компенсації збурень на кроці дискретизації, який є найближчим до краю стрічки, але не перекривається ним.

Оцінимо характер зміни та значення випадкової похибки флуктуації $\Delta_{L\Phi}$. Враховуючи, що розповсюдження ультразвукових хвиль у середовищі з ви-

падковими неоднорідностями можна розглядати в наближенні геометричної оптики, то найбільш загальна формула для середнього значення зміни квадрата логарифму амплітуди $\overline{\psi^2}$ сигналу на приймачі, яка враховує турбулентність повітряного середовища зони вимірювання, дорівнює [3]:

$$\sqrt{\overline{\psi^2}} = 2,3 \frac{A_\Phi \cdot L^{3/2}}{C \cdot K^{7/6} \cdot \lambda^{7/6}}, \quad (4)$$

де A_Φ — характеристика турбулентності [$\text{м}^{2/3}/\text{с}$]; $k = 2\pi/\lambda$ — хвильове число; λ — довжина ультразвукової хвилі [м]; C — швидкість розповсюдження ультразвуку [$\text{м}/\text{с}$]; L — довжина відкритої частини приймача, на якій проектується край стрічки.

Ця залежність може бути представлена для акустичної зони вимірювання ПВПШ у такому вигляді:

$$\sqrt{\left[\ln \left(\frac{U}{U_{\text{ОШ}}} \right) \right]^2} = \sqrt{\left[\ln \left(1 + \frac{\Delta U_{\text{Ш}}}{U_{\text{ОШ}}} \right) \right]^2} = A_\Phi \cdot L^{3/2}, \quad (5)$$

де U — плинне значення амплітуди сигналу на вимірювальному приймачі; $U_{\text{ОШ}}$ — значення амплітуди сигналу на вимірювальному приймачі при відсутності турбулентності в зоні вимірювання; L — відстань між положенням проекції краю стрічки на вимірювальному приймачі і зоною, де здійснена стабілізація сигналу на приймачі коригування; $\Delta U_{\text{Ш}}$ — відхилення сигналу вимірювального приймача від значення $U_{\text{ОШ}}$, яке викликане турбулентністю, тобто випадкова абсолютна ΔL_Φ похибка вимірювання.

Враховуючи, що

$$\sqrt{\left[\ln \left(1 + \frac{\Delta U_{\text{Ш}}}{U_{\text{ОШ}}} \right) \right]^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\ln \left(1 + \frac{\Delta U_{\text{Ш}i}}{U_{\text{ОШ}}} \right) \right]^2}{n}, \quad (6)$$

то в межі при $n \rightarrow \infty$ (при великій кількості вимірювань для знаходженні середнього) можемо записати:

$$\sqrt{\left[\ln \left(1 + \frac{\Delta U_{\text{Ш}}}{U_{\text{ОШ}}} \right) \right]^2} \cong \sqrt{\left[\ln(1 + \gamma_{SL\Phi}) \right]^2} = A_\Phi L^{3/2}, \quad (7)$$

де $\gamma_{SL\Phi}$ — додаткова випадкова відносна похибка від флуктуації сигналу на вимірювальному приймачі, яка після перетворення залежності (7) дорівнює:

$$\gamma_{SL\Phi} = e^{A_\Phi \cdot L^{3/2}} - 1. \quad (8)$$

Залежність (8) показує, що додаткова випадкова похибка флуктуації зростає по експоненті в міру відкриття вимірювального приймача краєм контрольованої по ширині стрічки.

Спосіб зменшення такої випадкової похибки флуктуації з одночасним розширенням діапазону вимірювання реалізовано в ПВПШ пристрою контролю ширини стрічки з розподіленою по довжині вимірювального приймача

дискретною зоною компенсації впливу збурень, структурна схема якого приведена на рис. 1.

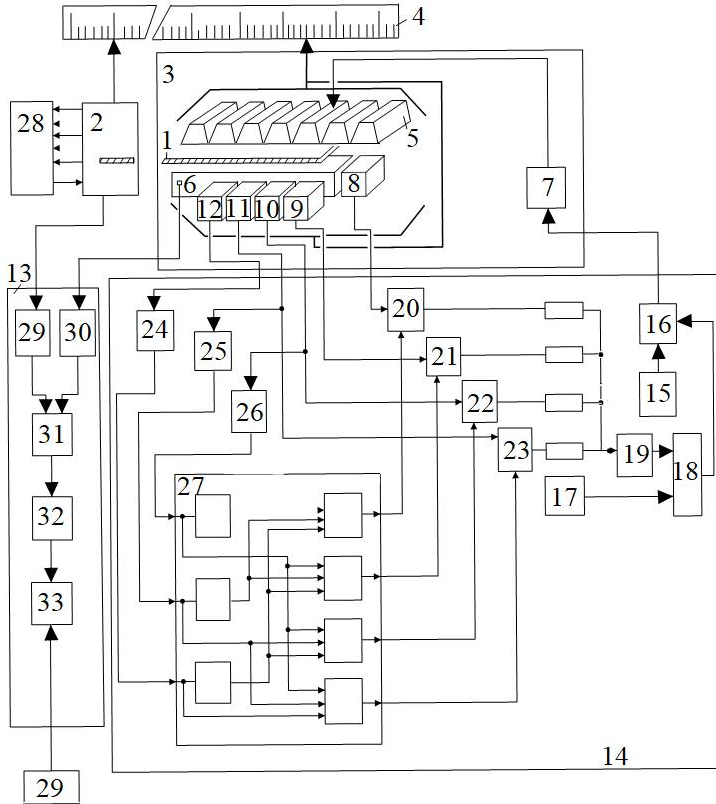


Рис. 1. Структурна схема пристрою контролю ширини стрічки з розподіленою по довжині вимірювального приймача дискретною зоною компенсації впливу збурень

Спосіб реалізується за допомогою n додаткових приймачів коригування, які розташовані в одній площині поряд з вимірювальним приймачем і розподілені послідовно по його довжині, при чому n -й додатковий приймач ніколи не перекривається краєм стрічки. Стабілізація сигналу на цьому додатковому приймачі забезпечує компенсацію впливу збурень у зоні вимірювального приймача з необхідним ступенем компенсації по залежності (8) тільки над частиною вимірювального приймача, по довжині, рівній довжині додаткового приймача.

Для такого варіанта виконання ПВПШ (рис.1) із залежності (6) отримана умова вибору довжини додаткового приймача, яка визначається залежністю:

$$L_d \leq \sqrt{\left\{ \frac{\ln(1 + \Delta_{\Phi d})}{A_{\Phi}} \right\}^3}, \quad (9)$$

$\Delta_{L\Phi d}$ — допустиме значення складової похибки флуктуації $\Delta_{L\Phi}$ на довжині вимірювального приймача довжиною L_d .

У міру зменшення ширини стрічки або її зміщенні по вісі, які викликають подальше відкриття вимірювального приймача, відбувається послідовно повне відкриття розподілених по його довжині таких додаткових приймачів. Зона безпосередньої компенсації збурень відслідковує зміщення краю стрічки і підтримується на відстані, яка визначається залежністю (9). При цьому на першому кроці дискретизації визначається за мінімальним сигналом додаткового приймача $n-2$ $n-1$ -й додатковий приймач, який не перекривається краєм стрічки є найближчим до краю стрічки. Зона безпосередньої компенсації збурень переноситься на $n-1$ -й додатковий приймач тощо.

Пристрій складається з двох акустичних вузлів **2** і **3** ПВПШ, які утворюють дві зони вимірювання, кожна з яких являє жорстко скріплені і направлені назустріч пакета ультразвукових випромінювачів **5** і приймачів **6**.

Вузли вміщують також ультразвукові генератори **7**, кожен з яких оснащений багатообмотковим вихідним трансформатором (на рис. 1 не показано). Кожна з обмоток трансформатора живить окремий п'єзоелемент пакета випромінювачів **5** ПВПШ.

У зоні вимірювання між пакетом випромінювачів **5** і вимірювальним приймачем **6** ПВПШ утворюється рівномірно розподілений за інтенсивністю ультразвуковий промінь, який перекривається краєм стрічки **1**, а аналоговий сигнал на виході приймача **6** пропорційний величині цього перекриття за залежністю (2).

За необхідності сигнал приймача **6** лінеаризується зміною напруги живлення окремого випромінювача у пакеті **5** за допомогою додаткового змінного опору, який розміщено в ланцюгу його збудження (на рис. 1 не показано). При цьому стрічка **1**, що контролюється по ширині, знаходиться між пакетом випромінювачів **5** і приймачами **6** кожної зони, а її лівий і правий краї перекривають ультразвукові промені між ними.

Пристрій реалізує диференціальний метод вимірювання, тобто контролює тільки відхилення ширини стрічки від заданого номінального значення, яке виставляється на кронштейн-лінійці **4** пропорційним зміщенням акустичних вузлів у протилежних напрямках.

На рис. 1 розкрито тільки один акустичний вузол **3** ПВПШ для контролю правого краю контрольованої по ширині стрічки **1**. Акустичний вузол **2** контролює другого краю стрічки ідентичний наведеному. Акустичний вузол **3** вміщує також додаткові приймачі коригування **8—12**, які розташовані в безпосередній близькості і в одній площині з основним вимірювальним приймачем **6**, причому додатковий приймач **8** (на відміну від приймачів **9—12**) краєм стрічки **1** не перекривається.

У склад пристрою входить також блок **14** керування з генератором **15**, частота релаксації якого відповідає резонансній частоті випромінювачів **5** і приймачів **6**, **8—12**, та схема **16** автоматичного регулювання підсилення (АРП), яка задає рівень вхідного сигналу генератору **7**, чим задається безпосередньо напруга збудження пакета випромінювачів **5**.

Крім цього, пристрій вміщує електронний блок **13**, до двох входів якого надходять сигнали по залежностям (2) від вимірювальних приймачів **6** обох вузлів **2** та **3**. Схеми **29** та **30** блоку **13** здійснюють підсилення та детекту-

вання аналогових сигналів вимірювальних приймачів **6**, а схема суматора **31** здійснює їхнє алгебраїчне додавання, чим забезпечується незалежність результату вимірювання від можливого зміщення вісі стрічки **1** між акустичними вузлами **2** та **3** без зміни її ширини. Цифровий код з аналого-цифрового перетворювача **32**, який пропорційний відхиленню ширини стрічки **1** від її номінального значення, надходить у блок **33**, де теж алгебраїчно додається до еталонної ширини, яка вводиться схемою **29**. Значення останньої дорівнює номінальному значенню ширини стрічки **1**, що виставлене на кронштейн-лінійці **4**. Блок **33** одночасно здійснює цифрову індикацію результату вимірювання.

При зменшенні ширини стрічки або її зміщенні по вісі між акустичними вузлами **2** та **3**, які визивають перекриття ультразвукового променя пакета випромінювачів **5**, частина цього променя діє на додатковий приймач коригування **8**, який знаходиться поза зоною вимірювання і не перекривається краєм стрічки. Додаткові приймачі коригування **9—12** перекриті і сигнал на їх виходах дорівнює нулю. Одночасно дорівнюють логічному нулю сигнали на виходах амплітудних дискримінаторів **24—26**, що забезпечує появу логічної одиниці на виході дешифратора **27** і ввімкнення ключового елемента **20**. Останній з'єднує вхід підсилювача **19** коригування з виходом додаткового приймача **8**, чим забезпечується підтримування схемою АРП рівня сигналу приймача **8** незмінним і рівним заданому, установленому від джерела опорної напруги **17**.

Стабілізація сигналу на першому додатковому приймачі коригування **8** забезпечує компенсацію впливу збурень у зоні вимірювального приймача **6** з необхідним ступенем компенсації тільки над частиною вимірювального приймача по довжині, що дорівнює довжині додаткового приймача L_0 **9**.

Подальше зменшення ширини стрічки або її зміщенні по вісі між акустичними вузлами **2** та **3** спричиняє більше відкриття вимірювального приймача **6** та повне відкриття додаткового приймача коригування **9** і часткове відкриття приймача коригування **10**. Амплітудний компаратор **26** налаштовується на мінімальний сигнал приймача **10** і високий потенціал на його виході свідчить про повне відкриття приймача коригування **9** і можливості використання його як коригувального. При цьому високий потенціал з'являється тільки на виході дешифратора **27** і, відповідно, до входу підсилювача **19** коригування через ключ **21** надходить сигнал наступного додаткового приймача **9**, чим забезпечується підтримування схемою АРП його рівня незмінним і рівним заданому, встановленому від джерела опорної напруги **17**. Тож зона компенсації впливу збурень навколишнього середовища на зону вимірювання ПВПШ переміщується ближче до краю стрічки, чим забезпечується і підвищення точності вимірювань і розширення його діапазону.

Аналогічні зміщення зони компенсації впливу збурень відбуваються при подальшому відкриванні вимірювального приймача **6** в обох акустичних вузлах **2** та **3**. При збільшенні ширини стрічки **1** відбувається зворотнє переміщення зон компенсації збурень.

Результати експериментальних досліджень значень додаткової абсолютної похибки ПВПШ за структурою, що наведена на рис. 1, при швидкості повітряних потоків у зоні вимірювання до 2 м/с наведені на рис. 2.

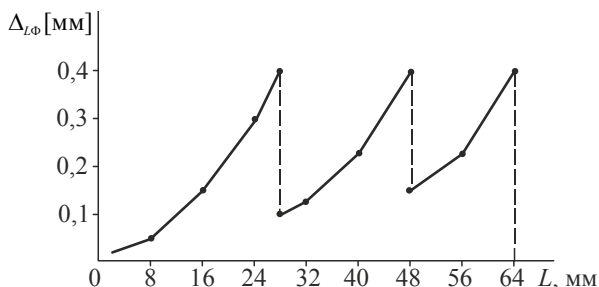


Рис. 2. Результати експериментальних досліджень значень додаткової випадкової абсолютної похибки ПВПШ при швидкості повітряних потоків (дії збурень) у зоні вимірювання до 2 м/с

Вони показують, що абсолютна випадкова складова похибки флюктуації зростає по експоненті у міру відкриття вимірювального приймача краєм контрольованої по ширині стрічки, а її значення в межах 0,4 мм, при використанні трьох зон дискретизації може бути отримане в діапазоні вимірювання до 64 мм.

Висновки

За структурною схемою розробленого способу розширення діапазону і підвищення точності вимірювань при ультразвуковому тіньовому методі контролю ширини стрічки в повітрі досліджено пристрій, в якому в акустичній зоні вимірювання як випромінювачі і приймачі використані п'єзокерамічні перетворювачі призматичного типу ТБК-3 на резонансну частоту 109,6 кГц (розмірами у нижньої основи призми $L_{II} = 10$ мм та $L_{III} = 75(50 + 25)$ мм для вимірювального приймача і $L_{III} = 25$ мм для випромінювача при числі $m = 7$ випромінювачів у пакеті). Додаткова абсолютна похибка ПВПШ від флюктуації повітряних потоків у зоні вимірювання довжиною до 64 мм складає не більше 0,4 мм при зміні швидкості потоків повітря в зоні вимірювання від 0 до 2 м/с. За відсутності розробленого способу компенсації ця похибка складала до 6 мм. Отриманий при такому способі компенсації впливу явища акустичного «федінгу» коефіцієнт стабілізації дорівнює ≈ 20 . ПВПШ з розробленим способом зменшення додаткових похибок може використовуватись в умовах цеху з виробництва пакувальних стрічок.

Література

1. Рішан О.Й. Розробка структурної схеми та способу підвищення точності вимірювань ультразвукового пристрою контролю ширини стрічки у повітрі / О.Й. Рішан, А.С. Гура // Наука, технології, інновації. — УкрІНТЕІ, 2017. — № 2(2). — С. 64—69.
2. Рішан О.Й. Ультразвуковий тіньовий метод вимірювання ширини пакувальної стрічки у повітрі та дослідження параметрів вимірювальних перетворювачів для його реалізації / О.Й. Рішан, Я.В. Новачевський, В.С. Зайко // Науково-технічна інформація. — 2016. — № 2(56) — С. 78—84.
3. Рішан О.Й. Забезпечення інваріантності ультразвукового інтерференційного рівнеміра на стоячій хвилі в системах нормалізації молока в ємностях / О.Й. Рішан, Ю.М. Бородкіна // Науково-технічна інформація. — 2013. — № 1(55) — С. 78—84.
4. Шандров Б.В. Технические средства автоматизации : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Б.В. Шандров, А.Д. Чудаков. — Москва : Издательский центр «Академия», 2007. — 368 с.
5. Грінченко А.Г. Теорія автоматичного управління / Грінченко А.Г. — Харків : ХДПУ, 2000. — 272 с.

INSTRUMENTS OF THE STATE REGULATION OF FOOD INDUSTRY OF UKRAINE

V. Khrypiuk

National University of Food Technologies

Key words:

*Food industry
State regulation
Instruments of state
regulation*

Article history:

Received 11.05.2018
Received in revised form
30.05.2018
Accepted 15.06.2018

Corresponding author:

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

ABSTRACT

Scientific and methodical principles of state regulation of food industry of Ukraine have been considered in the article. It has been studied, that food industry is not an independently regulated branch of the national economy due to its specific features and it is not able to provide an appropriate international level of quality and safety of food products independently.

Therefore, in connection with the accession to the WTO and the European integration orientation of Ukraine, the question of state regulation of the development of food industry rises sharply.

In this context, it is determined that state regulation is carried out in certain forms and methods, which are reflected in the instruments to achieve the goals. The essence of the concept “instrument” has been determined and it has been established that the set of tools to influence on economic entities varies depending on the economic task, desired result, material capacity and existing experience of regulation. Moreover, the spectrum of the use of state regulation tools is constantly expanding.

The classification of instruments (administrative, economic, financial, socio-economic, investment-innovation and political) has been offered, based on the goals, content, nature and means of implementation in conjunction with market self-regulation. With their help the state will be able to regulate food industry, creating conditions for more effective socio-economic development of the country. A concrete list of instruments of each formed group for the effective regulation of food industry through a detailed analysis of the essence and concept of each of them has been formed.

Attention was paid to the delineation of the instruments of state regulation to be very conditional. That is why any economic, social, political regulator carries an element of administration, and the adoption of any administrative laws and decisions has the purpose of obtaining certain economic and social effect.

It has been proved that only on the basis of a coherent and mutually coordinated action of various instruments of state regulation it is possible to achieve the goal of effective functioning of food industry.

ІНСТРУМЕНТИ ДЕРЖАВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

В.І. Хрип'юк

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто науково-методичні засади державного регулювання харчової промисловості України. Досліджено, що харчова промисловість через притаманні їй специфічні особливості не є самостійно регульованою галуззю національного господарства та не здатна самостійно забезпечити відповідний міжнародний рівень якості й безпечності харчових продуктів. У зв'язку з вступом у СОТ та євроінтеграційною орієнтацією України гостро постає питання державного регулювання розвитку харчової промисловості.

У цьому контексті визначено, що державне регулювання здійснюється в певних формах і методах, які знаходять своє відображення в інструментах досягнення цілей. Розкрито сутність поняття «інструмент» та встановлено, що набір інструментів за допомогою яких держава здійснює вплив на суб'єкти господарювання, змінюється залежно від економічного завдання, бажаного результату, матеріальної можливості та існуючого досвіду регулювання. При чому спектр застосування інструментів державного регулювання постійно розширюється.

Запропоновано класифікацію інструментів (адміністративні, економічно-фінансові, соціально-економічні, інвестиційно-інноваційні та політичні), за допомогою яких на основі поставленої мети, змісту, характеру та засобів реалізації у поєднанні з ринковим саморегулюванням держава зможе проводити регуляторну діяльність харчової промисловості, створюючи передумови більш ефективного соціально-економічного розвитку країни. Представлено конкретний перелік інструментів кожної сформованої групи для ефективного регулювання харчової промисловості, детальний аналіз сутності та поняття кожного із них.

Акцентовано увагу, що розмежування інструментів державного регулювання на запропоновані групи є досить умовним, тому будь-який економічний, соціальний, політичний регулятор несе у собі елемент адміністрування, а прийняття будь-яких адміністративних законів і рішень має на меті отримання певного економічного та соціального ефекту.

Доведено, що тільки на основі цілісної та взаємоузгодженої дії різноманітних інструментів державного регулювання можливе досягнення мети ефективного функціонування харчової промисловості.

Ключові слова: харчова промисловість, державне регулювання, інструменти державного регулювання.

Постановка проблеми. Сучасний економічний розвиток національної господарства будь-якої країни світу потребує активної регульовальної діяльності з боку держави. Забезпечуючи продовольчу безпеку країни, розвиток

харчової промисловості набуває неабиякої стратегічної важливості та пріоритетності серед інших галузей національного господарства. На жаль, ринковий механізм саморегулювання України не в змозі забезпечити відповідну якість і достатню конкурентоспроможність продуктам харчування для виходу на міжнародні ринки у перспективі із сучасним євроінтеграційним напрямком розвитку. Тому діяльність виробників продуктів харчування потребує відповідного державної підтримки та коригувальних дій з боку держави. Розв'язання поставленої проблеми полягає у визначенні та науковому обґрунтуванні інструментів, за допомогою яких у поєднанні з ринковим саморегулюванням держава зможе проводити регуляторну діяльність харчової промисловості, вирішуючи важливі питання соціально-економічного розвитку країни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Особливості впливу держави на підприємства харчової промисловості досладжували такі українські економісти, як С.О. Гуткевич, А.О. Заїнчковський, М.П. Сичевський. Пошуку оптимального набору функціонуючих інструментів державного регулювання, які застосовуються в харчовій промисловості, присвячені наукові праці М.А. Міненка, Г.Г. Тараненко, Н.А. Тюхтенко, М.І. Сахацького. Високо оцінюючи їх науковий вклад, варто зазначити, що незважаючи на існування ряду теоретичних і методологічних досліджень державного регулювання в галузі харчової промисловості, інструменти, які використовуються державою для здійснення відповідного впливу з метою сприяння розвитку інституційних осередків харчової промисловості, до теперішнього часу повністю не вивчено.

Мета статті полягає у комплексному дослідженні й аналізі основних інструментів державного регулювання харчової промисловості, визначенні їх сутності для подальшого покращення державного регулювання економічного розвитку.

Викладення основних результатів дослідження. Специфіка та значущість харчової промисловості України вимагає від органів державної влади особливої уваги. Регулювання процесів відтворення в харчовій галузі в поєднанні з ринковим механізмом сприятиме ефективному розвитку національної економіки країни. С.О. Гуткевич. [1, с. 4] та М.А. Міненко [2, с. 50—51], досліджуючи поняття «державного регулювання» в площині харчової промисловості, визначають, що це діяльність органів державної влади, які за допомогою норм і методів регламентують діяльність суб'єктів господарювання через систему правових, економічних та інституційних інструментів державного регулювання.

Отже, державне регулювання — це дія держави, а інструмент (лат. *instrumentum*) — знаряддя, засіб, певні прийоми, за допомогою яких державні органи здійснюють цю дію, тобто вплив на суб'єкти економічних відносин з метою реалізації поставлених завдань і мети [3, с. 48].

Державні інструменти впливу на розвиток галузей економіки можуть бути найрізноманітнішими. Набір інструментів змінюється залежно від економічного завдання, бажаного результату, матеріальної можливості держави та існуючого досвіду регулювання. Спектр застосування інструментів державного регулювання постійно розширюється.

Економісти зазначають [4, с. 53], що здійснення однієї і тієї ж функції держави можливе за допомогою різних інструментів, головне завдання держави полягає в оптимальному їх поєднанні. При цьому оптимальним варіантом є ефективне поєднання інструментів державного регулювання та принципів функціонування вільного ринку для розвитку національного виробництва, забезпечення продовольчої безпеки та соціальної підтримки населення сільських територій.

Варто зазначити, що в існуючих на сьогодні наукових дослідженнях, які стосуються державного регулювання харчової промисловості, не має чіткого науково обґрунтованого переліку інструментів, за допомогою яких держава впливає саме на розвиток харчової промисловості. Більшість досліджень стосуються пошуку інструментів державного регулювання галузей національного господарства, в тому числі аграрної сфери, частиною якої є харчова промисловість, тобто інструменти формуються на загальній основі.

Орієнтуючись на загальні дослідження широкого кола державних інструментів і специфічність харчової промисловості, розподілимо інструменти залежно від поставленої мети, змісту, характеру та засобів реалізації на адміністративні, економічно-фінансові, соціально-економічні, інвестиційно-інноваційні та політичні, визначивши основні складові кожної групи (рис.).



Рис. Інструменти державного регулювання харчової промисловості, складено автором на основі проведеного дослідження

Перша група інструментів державного регулювання формується на основі здійснення адміністративних методів державного регулювання. Адміністра-

тивні інструменти державного регулювання можна поділити на адміністративно-правові й адміністративно-економічні.

Адміністративно-правові інструменти передбачають розробку та затвердження нормативно-правової бази законодавства, на основі якого провадять свою діяльність усі об'єкти харчової промисловості України. Адміністративно-правовий інструментарій являє собою закони, нормативні акти, рішення, постанови, розроблені регламенти, стандарти, санітарні норми, що формують правове середовище державної регуляторної діяльності, встановлюють правила, умови, обмеження, заборони діяльності суб'єктів господарювання та утворюють систему контролю й відповідальності за їх порушення. Інструменти зазначеної підгрупи здійснюють прямий вплив на ринкові відносини та їх учасників, створюючи при цьому конкурентні умови господарювання із забезпеченням захисту національних інтересів. До них також відноситься ліцензування, квотування та антимонопольне законодавство, захист конкуренції.

Ліцензування — це встановлення обмеження на можливість провадити свою господарську діяльність у тій чи іншій галузі. Залежно від важливості галузі в забезпеченні економічної, соціальної, та продовольчої безпеки держава має вимагати від підприємств відповідної кваліфікації та досвіду роботи персоналу, забезпечення певних специфічних умов виробництва, зберігання та продажу продукції тощо. В харчовій промисловості отримання обов'язкової ліцензії необхідне виробникам пива, алкогольних напоїв, спирту етилового, коньячного й плодового, а також тютюнових виробів.

Встановлення квоти на експорт/імпорт певного виду товарів, серед яких може бути продукція харчової промисловості, здійснюється з метою досягнення таких цілей:

- встановлення прямого обмеження частки підприємців-монополістів у виробництві, реалізації товарів на внутрішньому ринку;
- сприяння власному виробництву та розвитку вітчизняних виробників через ризик просування на українському ринку більш дешевої іноземної продукції. У цьому сенсі квотування є ефективним інструментом захисту національного виробника.

Антимонопольне законодавство як адміністративний інструмент державного регулювання запобігає формуванню монополій, регулює діяльність монополістів і захищає економічну конкуренцію. У сучасному світі законодавче встановлення правил конкуренції належить до найважливіших інструментів впливу держави на економіку. Значення законодавства про захист конкуренції впливає з її місця в системі ринкового господарювання. Сьогодні ні в кого не виникає сумніву, що конкуренція — двигун економіки. Саме вільне змагання підприємців з метою набуття за рахунок власних досягнень переваг над іншими створює ряд важливих умов успішного поступу суспільства.

В Україні антимонопольне регулювання здійснює спеціальний державний орган — Антимонопольний комітет, який має представництва у всіх регіонах і підконтрольний Президенту України та підзвітний Верховній Раді України.

Необхідність у такому регулюванні обумовлена прагненням держави обмежити ринкову владу монополістів, підвищити ефективність суспільного

виробництва, захистити споживача і підтримати стандарти якості та безпечності продукції.

Адміністративно-економічні інструменти державного регулювання є регуляторами, що регламентують вимоги до організації здійснення господарської діяльності, встановлення правил і норм, які мають адміністративний характер з економічним підґрунтям. До них відносяться:

1. Державне замовлення — це інструмент державного регулювання, який за допомогою конкурсу і на контрактній основі формує склад та обсяг товару робіт чи послуг, який необхідний для забезпечення пріоритетних потреб держави. При цьому державними замовниками виступають Верховна Рада України та інші похідні від неї органи державної влади, яким делеговано такі повноваження.

Під пріоритетними державними потребами розуміють потреби України в товарах, роботах і послугах, які необхідні для розв'язання найважливіших соціально-економічних проблем та є ключовими у визначенні державного замовлення як інструменту державного регулювання. Державні замовлення фінансуються, зазвичай, коштами підприємства, а з боку держави можливе надання додаткових пільг (зниження ставки податку, кредитування, гарантування ринку збуту тощо).

2. Ефективними адміністративно-економічними інструментами державного регулювання харчової промисловості можна визначити прогнозування та планування соціально-економічного розвитку, яке здійснюється з метою створення та розробки державних цільових програм, зокрема в харчовій промисловості.

Це здійснюється перш за все на основі науково- й економічно-обґрунтованих прогнозів розвитку окремих галузей, складання планів розподілу цільового фінансування державних чи інвестиційних ресурсів, здійснення державних замовлень, формування державних програм скорочення неефективних галузей харчової промисловості, створення сприятливого клімату в окремих регіонах з метою залучення приватних інвестицій, шляхом вливання державних коштів у розвиток інфраструктури регіону.

Під прогнозом розвитку харчової галузі розуміють науково-обґрунтоване судження про можливий стан галузі в майбутньому та про альтернативні варіанти її розвитку, які математично прораховані з огляду на необхідний обсяг продукції та передбачений на неї попит. Сформовані прогнози та розрахунки використовуються для складання плану економічно-соціального розвитку галузей економіки.

Другу групу важелів державного впливу на харчову промисловість формують економічно-фінансові інструменти державного регулювання.

Одним із найвпливовіших економічно-фінансових інструментів державного регулювання харчової промисловості, як і інших галузей економіки в цілому, є оподаткування.

Правовою основою податкового регулювання є Податковий кодекс України [5], який регулює відносини, що виникають у сфері справляння податків і зборів, зокрема визначає вичерпний їх перелік, що справляються в Україні, та порядок їх адміністрування, платників податків і зборів, їхні права

та обов'язки, компетенцію контролюючих органів, повноваження й обов'язки їхніх посадових осіб під час адміністрування податків, а також відповідальність за порушення податкового законодавства.

Для здійснення ефективної державно-економічної політики податкова система передбачає використання у механізмі податкового регулювання певних податкових пільг. До податкових пільг, що за своєю суттю є можливістю платника податку його не сплачувати, відносяться: неоподатковуваний мінімум, звільнення від сплати податку окремих категорій платників податку, зниження ставки оподаткування, податковий кредит.

Бюджетування як економічно-фінансовий інструмент державного регулювання засноване на використанні ресурсів державного бюджету у вигляді асигнувань у національну економіку і соціально-культурну сферу.

Використання бюджетування як інструменту державного регулювання має на меті підтримку розвитку галузей економіки, виробництв і сфер діяльності, невігдних з точки зору ринку, але необхідних для суспільства в цілому. До бюджетних інструментів державного регулювання відносяться: дотації, субсидії, державні закупівлі.

Мета виплати державних дотацій полягає в забезпеченні можливості населення в доступі до товарів першої необхідності, контролюючи рівень цін на ці товари. Дотації доцільно виплачувати в тих галузях, в яких витрати перевищують рівень ринкової ціни, але в той же час ці галузі вкрай необхідні для розвитку національної економіки. Дотації мають вимушений характер, держава виплачує їх лише тому, що інакше економічні втрати будуть ще більші. Результатом застосування цього інструменту регулювання є те, що кінцевий споживач отримує більш дешеву продукцію, а виробник цієї продукції — дохід у повному обсязі.

Коло виробництв і галузей, що дотуються, обмежене. Що стосується харчової промисловості України, то виробники окремих видів харчової продукції часто отримують підтримку держави у вигляді дотацій.

Субсидія — це виплати коштів з державного або місцевого бюджету для оперативного вирішення фінансових проблем як підприємств, так і населення. На відміну від дотацій, субсидії є або одноразовими виплатами, або обмеженими в часі. Головний критерій при виділенні субсидій підприємству є зацікавленість держави в продовженні функціонування і його розвитку. Категорія державних субсидій поєднує в собі виплати, пов'язані з виробництвом, певним видом продукції та виробничими ресурсами [6, с. 30]. Проте в умовах дефіциту державного бюджету така міра в Україні не одержала свого широкого застосування.

Більш поширений та ефективний фінансово-економічний інструмент державного регулювання — це державна закупівля, придбання замовником товарів, робіт і послуг за державні кошти.

Державні закупівлі, норми про які закріплені у Законі України «Про публічні закупівлі», здійснюються майже у всіх випадках придбання товарів, робіт і послуг за кошти державного та місцевого бюджетів, виконання контракту повністю фінансується ресурсами наданими державою та підпадають під державний контроль за їх використанням.

Світова практика свідчить, що потужним інструментом державного регулювання ризиків є його страхування. Державне регулювання у цій сфері полягає в заохоченні виробників харчових галузей страхувати свої ризики (отримання збитків від неврожаю, псування чи втрати сировини, тварин, птиці, майна виробників).

Відносини у сфері страхування виробників харчової продукції з метою захисту майнових інтересів та забезпечення стабільності виробництва регулюються на основі Закону України «Про особливості страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою».

Забезпечення виробників харчової продукції достатнім рівнем фінансових ресурсів сприятиме оптимальному розвитку промисловості. На сьогодні є фактом дефіцит власних фінансових ресурсів у більшості підприємств харчового виробництва. Виробникам залишається лише мріяти про вільний доступ до кредитних коштів. Банки не готові віддавати свої ресурси на кредитування довгострокових капіталовкладень виробників через великий ризик та малу рентабельність виробництва. Іпотечні кредити та кредити на інвестиційну діяльність видаються тільки великим виробникам-монополістам у галузі, тому що більш дрібні підприємства не мають можливості оплачувати великі відсотки за користування позиковими коштами, що, зазвичай, призводить до збанкрутування підприємства.

Роль держави в цій ситуації полягає у створенні умов для збільшення зацікавленості комерційних банків у співпраці з виробниками харчової продукції.

Система норм і стандартів мають адміністративний характер, тому що в цих документах чітко прописані вимоги та умови, яким повинні відповідати суб'єкти господарської діяльності та їхня продукція. Оскільки створення таких документів забезпечує захист і безпеку споживачів продукції, регулювання відносин у сфері якості продукції, охорону довкілля, соціального захисту населення, то ці регуляторні інструменти відносяться до соціально-економічної групи.

Інструменти державного регулювання харчової промисловості соціально-економічної групи можна поділити на:

- економічні стандарти та нормативи, які формують показники ефективності виробництва харчових продуктів: норми рентабельності, енерго-, праце-, матеріаломісткості продукції;

- соціальні стандарти — встановлені державою нормативи у сфері соціальних відносин (мінімальна заробітна плата, пенсія, рівень прожиткового мінімуму, тривалість робочого тижня, умови праці), які впливають на матеріальне забезпечення населення, а це, у свою чергу, впливає на можливість раціонально збалансованого харчування.

Інструменти державного регулювання встановлення соціальних стандартів заслуговують особливої уваги, оскільки для України питання забезпечення харчовими продуктами бідніших верств населення є надзвичайно актуальним. Регулятивні дії з боку держави необхідно спрямовувати на підвищення стандартів життя населення, поліпшення його якості. Це, у свою чергу, призведе до збільшення купівельної спроможності населення та більш якісного та збалансованого харчування.

Харчові стандарти — вимоги щодо якості та безпечності продуктів харчування.

Оскільки у харчовій промисловості одна з головних вимог споживача — безпечність харчових продуктів для життя і здоров'я людини, дотримання стандартів та ефективного контролю якості і безпечності харчових продуктів є основним соціально-економічним інструментом державного регулювання.

Згідно із законодавством України харчові продукти повинні відповідати мінімальним параметрам безпечності та специфікаціям якості, встановленим відповідними органами державного контролю. Одним з інструментів досягнення відповідності мінімальним параметрам безпечності є система НАССР.

Загальна вимога обов'язкового запровадження системи НАССР виробниками харчових продуктів встановлена в новій редакції Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» [7], ухваленого Верховною Радою України 20 вересня 2015 року.

Закон має на меті гармонізацію законодавства України із законодавством ЄС у сфері безпечності та якості харчових продуктів, забезпечення високого рівня захисту здоров'я людей та інтересів споживачів, а також створення прозорих умов ведення господарської діяльності, підвищення конкурентоспроможності вітчизняних харчових продуктів. Сьогодні європейська система безпечності харчових продуктів визнана однією з найкращих у світі, а європейський споживач є найбільш захищеним. Водночас харчове законодавство ЄС є прикладом осмисленого підходу, що враховує інтереси всіх, хто пов'язаний з ринком харчових продуктів.

Система НАССР є єдиною системою забезпечення безпеки харчової продукції, принципи якої довели свою ефективність і прийняті міжнародними організаціями [8, с. 8]. Основною метою впровадження системи НАССР є забезпечення безпеки харчових продуктів на всіх етапах харчового ланцюга «від лану до столу».

Це надасть можливість вітчизняним виробникам випускати продукти харчування з високою доданою вартістю, забезпечивши їм високий рівень стійкого та ефективного економічного розвитку та конкурентоспроможність як на внутрішньому, так і зовнішньому ринках.

Четверту групу «Інструменти державного регулювання харчової промисловості» формують інвестиційно-інноваційні інструменти. Нині інновації стають вирішальним чинником забезпечення довгострокових конкурентних переваг вітчизняних підприємств, а на їх впровадження у підприємств не вистачає інвестиційного забезпечення.

А.О. Заїнчковський і М.П. Сичевський [9, с. 25] визначають, що підвищення конкурентоспроможності продукції, тобто досягнення відповідної якості за вимогами світових стандартів при відносно низькій ціні, можливе лише через впровадження сучасного новітнього обладнання, ефективних методів організації праці та інноваційно-інвестиційного розвитку виробництва. А це, у свою чергу потребує державної підтримки через прийняття відповідних законодавчих і нормативних документів, якими повинно бути передбачено стимулювання інноваційних процесів створення сприятливих умов для вітчизняних та іноземних інвестицій.

Інноваційна діяльність підприємств вимагає значних капіталовкладень, яких, на жаль, немає у вітчизняних виробників. Вони неспроможні забезпечити інноваційний розвиток свого підприємства власними коштами. Тому регуляторна роль держави в наданні підтримки інноваційно-активним підприємствам є надзвичайно важлива.

Держава може застосовувати різні інструменти державного регулювання для підтримки інноваційного розвитку сучасних підприємств (галузеві цільові інвестиційно-інноваційні програми, фінансування інновацій, контроль за використанням інвестицій, створення системи венчурного фінансування інноваційних процесів, надання пільгових кредитів, різних преференцій підприємствам, які провадять інноваційну діяльність, інвестування за рахунок бюджетних коштів, перспективні інноваційні проекти тощо).

Також на увагу заслуговують інструменти п'ятої групи — політичні інструменти державного регулювання харчової промисловості України. До них відносяться надання Україні особливих торговельних преференцій Європейським Союзом, а також політичне лобіювання бізнесових інтересів виробників харчової продукції.

Автомні торговельні преференції Україна отримує шляхом надання їй особливого статусу. Зокрема, преференційний режим торгівлі передбачає зниження ставок мита для поставок українських товарів, а також встановлення квот на такі поставки, що дасть змогу вітчизняним експортерам збільшити поставки на ринки ЄС. Українські виробники отримають можливість завозити певні обсяги товарів без справляння ввізних мит. Зниження ставок мита, а в подальшій перспективі скасування митного оподаткування, з метою реалізації зони вільної торгівлі між Україною та ЄС відбувається на основі Угоди про асоціацію.

Іншим важливим політичним інструментом державного регулювання є лобіювання інтересів. Лобіювання — це процес впливу груп, які сформовано навколо спільних інтересів, на владу для ухвалення певних нормативно-правових актів або рішень [10].

Йдеться про те, що лобіювання — це, швидше, не вплив держави, а, навпаки, вплив об'єднаних груп виробників на рішення влади. Проте в цих переговорах кінцеве рішення залишається за органами державної влади, тому лобіювання можна віднести до політичних інструментів державного регулювання.

У розвинутих країнах, таких як США, Японії та багатьох інших, лобіювання закріплено на законодавчому рівні та має позитивний вплив на ринкову економіку. В Україні, на жаль, процес лобіювання на законодавчому рівні політично нерегульований і дія таких інструментів викликає досить скептичне ставлення, подекуди лобіювання пов'язане з хабарництвом, шантажем. Проте лобізм має і певне позитивне значення, оскільки посилює легітимність парламенту, підвищує ефективність прийняття рішень, діяння влади спрямовується на інтереси виробників, сприяє їх розвитку, що, у свою чергу, робить значний вклад у розвиток національної економіки. Існування такого політичного явища, як лобіювання групових інтересів, у демократичних суспільствах є невід'ємною його частиною.

Розмежування інструментів державного регулювання на адміністративні, фінансово-економічні, соціально-економічні, інвестиційно-інноваційні та політичні є досить умовним. Будь-який економічний, соціальний, політичний регулятор несе в собі елемент адміністрування, тому що його контролює певна адміністративна служба. А прийняття адміністративних законів і рішень має на меті отримання певного економічного й соціального ефекту.

Висновки

Підсумовуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що ефективність державного регулювання харчової промисловості України залежить від обраних дієвих інструментів та оптимального їх поєднання. На основі цілісної та взаємоузгодженої дії різноманітних інструментів державного регулювання можливе досягнення мети ефективного функціонування харчової промисловості.

Література

1. Гуткевич С.О. До питання регулювання інвестиційного процесу / С.О. Гуткевич // Міжнародна економічна діяльність країни в глобальній економіці : матеріали наук. семінару / за ред. проф. Гуткевич С.О. — Київ : НУХТ. — 2017. — Вип. 12. — Ч. 1. — С. 4—6.
2. Міненко М.А. Регулювання господарської діяльності галузей національної економіки / М.А. Міненко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2017. — Т. 23, № 3. — С. 49—57.
3. Тюхтенко Н.А. Інструменти та методи регулювання сільськогосподарського виробництва / Н.А. Тюхтенко, С.А. Карунос // Вісник Бердянського університету менеджменту і бізнесу. — 2011. — № 1(13). — С. 47—50.
4. Тараненко Г.Г. Сучасні підходи до державного регулювання продовольчої політики / Г.Г. Тараненко // Інтелект ХХІ. — 2015. — № 1. — С. 50—55.
5. Кодекс України «Податковий кодекс України» від 02.12.2010 № 2755-VI: станом на 20 березня 2018 року [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua>.
6. Сахацький М.І. Інструменти державної підтримки експортного потенціалу аграрних підприємств України / М. Сахацький, І. Ксьонжик // Економічний часопис Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. — 2016. — № 2. — С. 29—36.
7. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» від 23.12.1997 № 771/97-ВР: станом на 25 березня 2018 року [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua>.
8. Василенко Г. Посібник для малих та середніх підприємств м'ясопереробної галузі з підготовки та впровадження системи управління безпечністю харчових продуктів на основі концепції НАССР [Текст] / Г. Василенко, О. Дорофєєва, Б. Голуб, Г. Миронюк. — Київ : Міжнародний інститут безпеки та якості харчових продуктів (IFSQ). — 2011. — 236 с.
9. Заїнчковський А.О. Стан і перспективи розвитку підприємств харчової та переробної промисловості України / А.О. Заїнчковський, М.П. Сичевський // Вісник соціально-економічних досліджень. — 2011. — № 2. — С. 22—26.
10. Нестерович В.Ф. Конституційно-правові засади інституту лобювання: зарубіжний досвід та перспективи для України: монографія/ В.Ф. Нестерович// МВС України, Луган. держ. ун-т внутріш. справ ім. Е.О. Дідоренка. — Луганськ : РВВ ЛДУВС ім. Е.О. Дідоренка, 2010. — 752 с.

QUALITY AND SAFETY TRACEABILITY IN OIL & FAT INDUSTRY

T. Berezianko

National University of Food Technologies

Key words:

Production chain

Safety

Quality

Legislation

EU requirements

Traceability

Article history:

Received 18.05.2018

Received in revised form

01.06.2018

Accepted 20.06.2018

Corresponding author:

T. Berezianko

E-mail:

berezianko-2016@

bigmir.net

ABSTRACT

«Free Market» in European sense implies a market with strict adherence to legislation, regulations and companies' internal policies enabling them to meet their strategic goals. EU implemented quite complex set of procedures of constant monitoring aimed at correspondence with Traceability Code that is mandatory to all applying parties. EU requires compliance with food production safety, non-pollution, possibility of conducting investigations and whole batch returns or even supply cancellation until the matter is clarified. The authorities of the member countries should ensure the implementation of the traceability system by the operators. European Union conducts regular inspections aimed at ensuring compliance with safety and control standards by the operators and may impose limitations on export/import. The key tool is the information about the origin of not only the end product, but also of all its components. Ukraine's aspirations for Europe integration require additional attention to meet such requirements. The Subject of the study is the processes for ensuring security and quality as part of the food production process. The methodological approach is based on study of significant number of regulations, directives and other norms.

The purpose of this study was to estimate the gap between current market practices to European standards of product quality and safety in production chain. The current practices of leading entities of food industry are to certain extent on the forefront compared to existing national legislation and in full compliance with EU norms on product quality and safety in production chain. The study points the necessity of putting in place the business processes control in order to the forming and allocation of the margin in production chain and distribution is sufficiently regulated.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-7

ПРОСТЕЖУВАНІСТЬ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕКИ В ОЛІЄЖИРОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Т.В. Березянко

Національний університет харчових технологій

«Вільний ринок» у європейському форматі є ринком суворого дотримання правил, законодавчих норм і регламентів поведінки компаній з метою скеру-

вання їхньої діяльності у суспільно потрібне русло. ЄС дотримується досить складної процедури постійного моніторингу, що відповідає Кодексу простежуваності, який претендент має прийняти у безумовному порядку. Крім того, ЄС вимагає дотримання правил безпеки виробництва харчової продукції, недопущення забруднення, проведення слідства, відкликання всієї партії продукту та/або припинення його постачання до з'ясування обставин. Владним установам держав-членів належить забезпечити, щоб оператори впровадили систему відстеження. Європейський Союз проводить регулярні інспекції для того, щоб оператори відповідали стандартам безпеки та контролю і може ввести обмеження на експорт/імпорт. Головним інструментом є інформація про походження не тільки кінцевого продукту, але й усіх його складових.

У процесі дослідження розглянуто дотримання якості та безпеки в ланцюжку виробництва продуктів харчування. Підхід до дослідження ґрунтується на опрацюванні значної кількості законодавчих, регламентуючих і директивних документів. Було виконано оцінку рівня наближення ринкових практик до європейських стандартів безпеки та якості продукції в ланцюжку виробництва. Сучасна практика провідних компаній харчової промисловості децю випередила національні законодавчі норми і відповідає вимогам ЄС щодо контролю якості та безпеки продукції в ланцюжку її виробництва. Виявлено необхідність контролю бізнес-процесу з метою подальшого регулювання формування та розподілу маржі у ланцюжку виробництва й реалізації продукції.

Ключові слова: ланцюжок виробництва, безпека, якість, законодавство, вимоги ЄС, відстежування.

Постановка проблеми. Щорічні саміти наголошують на відповідальності національних урядів за розвиток економіки та суспільства. Забезпечення добробуту всіх членів Євросоюзу значною мірою залежить від політик, направлених на загальний добробут: уряди мають розробляти прозоре, справедливе та надійне регулювання бізнесу, включаючи постійний моніторинг і нагляд за його діяльністю [1]. Головною складовою означеного курсу є забезпечення потреб населення в продуктах харчування належної якості. Міжнародна спільнота намагається вирішити два завдання:

- забезпечення продовольчої безпеки;
- довгострокове забезпечення продуктами харчування зростаючого населення в умовах урбанізації [2].

Забезпечення добробуту всіх членів Євросоюзу значною мірою залежить від політик, направлених на загальний добробут. Головною складовою означеного курсу є забезпечення потреб населення в продуктах харчування належної якості [3]. Унаслідок підвищення складності харчового ланцюжка та посилення впливу продуктів харчування на безпеку життя в ЄС посилюються механізми нагляду та контролю за продуктами харчування, їх обробкою та системою постачання. Спільна стратегія ЄС у сфері продуктів харчування (виробництва, забезпечення та споживання) складається з трьох частин (оптимальне харчування, безпека харчових продуктів, продовольча безпека), які

ґрунтуються на принципах політики «Здоров'я XXI» та «Програма на XXI століття».

Політика в галузі харчових продуктів може бути ефективною лише за умови, якщо суспільство досягне узгодження між різновекторними інтересами корпоративного сектору як виробника, вимогами системи охорони здоров'я, державним і міжкордонним регулюванням. ЄС дотримується досить складної процедури постійного моніторингу, що відповідає Кодексу простежуваності, який Україна має прийняти в безумовному порядку як учасник Угоди про Асоціацію.

Процес адаптації виробництва продуктів харчування відповідно до вимог європейських ринків потребує не тільки виконання та дотримання приписів директив і регламентів, але й оновлення системи внутрішнього національного моніторингу, простежуваності безпеки та якості продукції, а також вдосконалення системи захисту та доведення, що виробник дотримується правил і норм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах прискорення адаптації національного виробника до вимог європейських ринків продуктів харчування науковці приділяють значну увагу проблемі належної якості та безпечності продуктів харчування внутрішнього вжитку та призначених для експорту. Серед значної кількості праць останнім часом привертають увагу дослідження Ю.Е. Губені [4], М.Т. Зверякова [5], Р.І.Тринько [6], І.В. Кошкалди [7], Г.О. Кундєєвої [8] та ін.

Мета статті: оцінити рівень наближення ринкових практик до європейських стандартів безпеки та якості продукції в ланцюжку виробництва, зокрема якість і безпеку продукції в олієжировій промисловості.

Викладення основних результатів дослідження. Світове ринкове товариство визнає головним пріоритетом формування безпеки протягом усього харчового ланцюга: від сільського господарства, виробництва харчових продуктів до їх реалізації через торговельну мережу. Відповідальність за безпеку несуть виробники та компанії харчового ланцюга. Уряд повинен встановлювати юридичні рамки, здійснювати контроль і забезпечувати стратегічне керівництво. Участь таких організацій, як ВООЗ та ФАО полягає у розробці наукової бази для роботи комісії з «Кодекс Аліментаріс» з розробки міжнародних стандартів. У свою чергу, система забезпечення якості (QAS) забезпечує узгодженість заходів контролю.

У світі використовується декілька стандартів якості харчової продукції. Так, стосовно продукції олієжирової промисловості використовуються такі:

- міжнародний стандарт МХС (для всіх виробників приватних брендів, що реалізують продукцію в торговельних мережах);
- BRC Global Food Standard (для торговельної мережі Британії);
- COCERAL (для олій, олійних жирів і продовольства в межах ЄС);
- стандарти належної виробничої практики (НВП+) та контролю якості кормів (КЯ), важливі для постачальників, виробників і продавців кормів (використовується при постачанні шроту).

У Білій книзі наголошується на необхідності формування на зворотній основі діалогу із споживачами. Із прийняттям нової концепції безпеки продуктів харчування принципи політики у цій сфері було дещо відкориговано:

- затверджено підхід нерозривності харчового ланцюга, що змінює всю систему контролю, нагляду, сертифікації, моніторингу між країнами;
- аналіз ризиків у плані впливу на здоров'я набув вирішального значення;
- затверджено та розширено систему операторів ринку, що використовують сировину несвітового походження;
- впроваджено систему контролю проходження продуктів харчування на всіх стадіях їх переробки та виготовлення;
- у програмах соціальних політик ЄС затверджено право громадян на отримання повної інформації щодо продуктів харчування [9].

На підставі 1000 пропозицій, зроблених протягом довгих місяців діалогу, за участю міністрів і представників Асоціації регіонів Франції було підготовлено контракт харчового ланцюга, який віддзеркалює новий підхід у стимулюванні галузевого розвитку. Контракт дає змогу поєднати взаємні зобов'язання і об'єднати сім напрямів: зайнятість, фінанси, інновації, Green Challenge, експорт, якість і просування французької харчової моделі та відносини в галузі [10]. Стефані Ле Фроль (Міністр сільського господарства, харчової промисловості та лісового господарства Франції) оголосила 15.04.2014 початком нового підходу до харчової промисловості, що стало наслідком підписання Контракту харчового ланцюга 19.06.2012. Роботу направлено на реалізацію Контракту харчового ланцюга і відповідне коригування планів промисловості. Бізнес-гравці, представники галузі та працівники мають об'єднати зусилля на користь харчового сектору. Харчовій промисловості делеговано статус посередника для мобілізації фінансів, промислових інструментів, стимулювання інновацій, розвитку Зеленої лінії виробництва, розширення експортних позицій французьких підприємств.

Головним чинником Контракту харчового ланцюга є Угода (Пакт) про відповідальність, якої мають дотримуватись усі сторони, що підписали галузеву угоду: зобов'язання в плану забезпечення робочих місць і навчання, підтримка підприємств включених у продуктивний ланцюг за такими напрямками: стабільність відношень, збереження робочих місць, навчання персоналу, зниження конкурентного та ринкового тиску, поліпшення умов праці, підтримка вразливих секторів виробництва, сприяння структуруванню та консолідації на умовах некомерційного об'єднання та спільної роботи (поглинання та приєднання буде розглядатись як загроза виконанню Контракту і підрив національної продуктової безпеки). З цією метою Постановою (EU) Ні 685/2013 Ради з 15 липня 2013 року про внесення змін до Регламенту (EC) № 866/2004 щодо режиму статті 2 Протоколу № 10 до Закону про приєднання щодо товарів, які надійшли з областей, під ефективним контролем уряду Республіки Кіпр прийнято процедуру, за якою має бути вказано реальну країну походження без урахування транзитного та реекспортного маршруту [11].

Підхід до розробки стратегії щодо безпеки продуктів харчування ґрунтується на аналізі ризиків. Законодавчі норми встановлюють лише норми безпечного вмісту речовин. Регулювання ґрунтується на принципах законодавства ЄС у сфері продуктів харчування: інтегральному підході «від лану до столу»; відстеженні якості кормів, тварин і продуктів харчування; застосуванні аналізу ризиків (оцінка, повідомлення та управління ризиками); використання прин-

ципу попередження у разі, якщо це виправдано; інтегрована система контролю (один державний орган, який відповідає за організацію контролю за дотриманням законодавства згідно із принципом «від лану до столу») [12].

Крім розвитку системи спостереження, увагу наглядових організацій зосереджено на посиленні якості нагляду: розширені спектра відстежуваних показників. Кожен діловий партнер повинен дотримуватися певних положень: реєстрація ввільної продукції (сертифікат походження, характеристики даного продукту, сертифікат якості продукту, дата поставки, інформація щодо постачальника, інша інформація на вимогу міністерства); реєстрація при вивозі продукції (сертифікат походження, характеристики даного продукту, сертифікат якості продукту, дата поставки, інформація щодо споживача, інша інформація на вимогу міністерства).

Процес відстеження поділяється на два напрями: подальше (спадне) та зворотне (висхідне). Означені напрямки розподіляються на три сфери: висхідна, внутрішня та спадна. Сфера висхідного ланцюга охоплює першу частину ланцюга постачання і включає всіх постачальників сировини, інгредієнти, пакування та всіх посередників до кінцевого споживача. Сфера внутрішнього ланцюга охоплює кожен крок ринкового оператора, навіть якщо він не зазначений у цьому документі. Сфера спадного ланцюга починається від кінцевого продукту (включаючи співпакувальників), постачальників, центри логістичної обробки товару, гуртовиків і роздрібну торгівлю. Процес відстеження включає:

- ідентифікацію та маркування,
- збирання даних упродовж усього ланцюга (сканування штрих кодів та електронний обмін інформацією),
- комунікативне попереднє відстеження вздовж ланцюга постачання.

Система відстеження базується на дотриманні узгоджених стандартів. Стандарти EAN·UCC є найбільш визнаними та рекомендованими [13].

Новацією є курс на створення можливостей відстеження наявності наноматеріалів у харчовій продукції. Спеціальний Регламент впроваджено 13.12.2016. Основну увагу планується приділити відображенню поживного складу продуктів харчування: енергетичної цінності і кількості жиру, насичених жирів, вуглеводів, цукру, білка і солі, а також типу рослинної олії. Особливо це набуває значення у зв'язку з наполяганням до активізації вступу України до ЄС.

Національний олієжировий комплекс вже досить тривалий час утримує лідируючі позиції на ринку соняшникової олії та її похідних. Лабораторії великих підприємств акредитовано згідно із стандартом ISO 17025 Національною агенцією України. Якщо в лабораторіях галузевих підприємств не охоплено визначення деяких показників, то в цьому випадку прийнята практика визначення безпечності за окремими договорами лабораторіями Держпродспоживслужби України, які мають належну акредитацію. Ці додатково визначені показники включають до якісного посвідчення на підставі протоколів випробувань. Як правило, така експертиза проводиться на товарну партію (бак — 200, 500, 1000 т). Завантаження до терміналу відбувається лише після отримання повного сертифіката.

У процесі виробництва соняшникової олії проводиться хіміко-технологічний контроль відповідно до Технологічного регламенту на виробництво

продукції. Означений Технологічний регламент, за яким працює олійно-жирова галузь, охоплює все: сировину, виробництво, кінцеву продукцію — налічує понад 200 сторінок тексту вимог і рекомендацій. Розробником регламенту можуть бути самі підприємства, але, зазвичай, це УкрНДІОЖ.

Відповідно до вимог забезпечення контролю якості та з метою недопущення фальсифікування продукція кожного підприємства-виробника зберігається на терміналі в окремих ємкостях. Перед завантаженням на судно незалежний серв'юер, обраний експортером, ще раз перевіряє продукцію і дозволяє її завантаження на судно у разі відповідності зазначеним у сертифікаті показникам. Необхідність таких дій викликана тим, що серв'юер несе відповідальність за якість продукції перед покупцем у процесі доставки продукції до пункту призначення. Копії документів на відвантажений товар (коносамент) надаються капітану судна.

У разі відвантаження продукції у флекс-танках контроль якості здійснюється дещо інакше. Процес завантаження, оцінка якості та пломбування здійснюється незалежним сервером безпосередньо на підприємстві у присутності виробника. У цьому випадку лабораторія підприємства надає заключний сертифікат якості із визначенням усього спектра показників. Із зростанням оснащеності та спроможності визначення все більшої кількості контрольованих показників лабораторіями підприємства-виробника, відвантаження флекс-танками знаходить все ширше використання. Такий спосіб має декілька переваг: економія коштів на обробку вантажу в порту, легкість зберігання, відсутність ризиків забруднення і змішування.

У разі виявлення слідів сторонніх домішок, зокрема мінеральних масел, відбувається верифікаційний візит інспекторів ЄК з метою оцінки системи контролю на місцях. До наведеного вище переліку інформації приймаюча сторона повинна підготувати та заздалегідь надіслати додаткові дані.

Таблиця. Перелік вимог до верифікаційного візиту

Напря́м	Характеристика
1	2
Виробництво	У цьому випадку інспектори ЄК вимагають надання статистичних даних щодо рівнів, регіонів та періоду виробництва, основних компаній і підприємств-виробників, окремо виділивши компанії, які отримали дозвіл на експорт, в т. ч. до ЄС. До цього додається інформація про дилерську мережу та інформація про об'єми і види продукції як складової інших продуктів (особливо тих, які експортуються до ЄС), статистичні дані щодо експорту продукції за напрямками, а також маршрути її постачання до ЄС.
Лабораторії	Вказати перелік, характеристики, рівень сертифікації лабораторій, що проводять визначення рівня вмісту мінерального масла у харчовій продукції, а також методики визначення наявності домішок, включаючи перелік і відповідність нормам ЄС використаних речовин та реагентів для аналізу. В процесі підтвердження відповідності рівня належності експертизи інспектори ЄК вимагають надання інформації щодо поіменного складу працівників лабораторії, посад, кваліфікації, дати й терміну роботи в установі, періодичності перепідготовки, стажу роботи на посаді. До складу інформації має бути включено опис внутрішнього та зовнішнього контролю якості, наданий перелік методів, інформація про проведення випробувань на останній місяць.

1	2
Розслідування	Підготовка відповіді щодо останнього факту розслідування після повідомлення європейської Системи швидкого реагування з питань продуктів харчування та кормів (в рамках візиту інспекторів ЄК) (RASFF). Особливу увагу має бути приділено адміністративним, економічним і запобіжним заходам як реакція на останній випадок (перелік нарад, семінарів і спеціальних зібрань).
Опис	Опис заходів, що застосовувались у разі виявлення невідповідних партій і факт встановлення джерела забруднення.
Додаткові підтвердження	
Вирощування насіння	<ul style="list-style-type: none"> - місце виробництва, кількість виробників, повний перелік пестицидів, які застосовувались у вирощуванні продукті (окремо препарати інсектицидної дії, препарати фунгіцидної дії, гербіциди, десикація посівів); <ul style="list-style-type: none"> - зазначення органів контролю за захистом рослин; - перелік гігієнічних нормативів діючих речовин пестицидів, які зареєстровані в країні; - регламенти та нормативи, прийняті в країні щодо збирання, сушіння та зберігання насіння. Має бути наданий детальний опис процесу техніко-технологічного процесу із зазначенням моделей технічних засобів і споруд, що використовуються для збирання, транспортування, сушіння та зберігання насіння; - на вимогу інспекторів має бути надано детальний опис умов зберігання із зазначенням температурного режиму зберігання, контролю приймання сировини та рівень сертифікації лабораторій; <ul style="list-style-type: none"> - переробка соняшнику на олію. Зазвичай, вимагається не тільки підтвердження дотримання технологічного регламенту, а й детальний опис супроводжувальних документів (якісного посвідчення, карантинного сертифіката та товарно-транспортної накладної). На цій стадії контролю увага приділяється інформації про очищення сировини, технологічному процесу підготовки сировини (етапи технологічного процесу має бути розписано на вимогу); - умови транспортування та зберігання перевіряють на дотримання норм і правил, а також національних нормативів; <ul style="list-style-type: none"> - на переробних заводах особлива увага інспекторів ЄК приділяється дотриманню показників атмосфери інертного газу (азоту або двоокису вуглецю), а також дотриманню правил зачистки резервуарів; - умови транспортування продукції до накопичувачів у порту та гігієна транспортних засобів.
Дотримання вимог персоналом	Окремо перевіряється дотримання відповідальною особою лабораторії підприємства процедури відбирання проб і здійснення опломбування у присутності відповідального представника сюрвейерської компанії, лабораторія якої акредитована за вимогами FOSFA

Джерело: дані Асоціації «Укроліяпром».

Коли у 2008 р. було виявлено забруднення партії соняшникової олії слідами нафтопродуктів, відбувся верифікаційний візит до України з метою з'ясування причин і нейтралізації таких випадків у майбутньому. Укрметртестстандарт було обрано єдиною установою, гідної довіри та проведення експертизи. За результатами візиту було надіслане резюме із зазначенням високої якості експертизи та сучасності обладнання лабораторії. Так само, у 2015 р. на

інформацію, що українська олія фальсифікується курячим жиром, для перевірки було обрано означену організацію. Після нейтралізації запиту та надання відповідей до Єврокомісії та Асоціації Fediol, проведено семінар, що вгамував інформаційне збурення. Національний виробник має можливість обирати між декількома акредитованими лабораторіями: СЖС, Інспекторат, УкрНДІОЖ НААН, ТОВ «Укролія» тощо, переакредитацію яких здійснено відповідно до ДСТУ ISO/IEC 17025.

Для зберігання закупленого врожаю компанії мають власні елеватори. Наприклад, компанія «Каргілл» володіє 45 елеваторами. Крім того, на підприємства наявні власні елеватори, призначення яких відповідно до приписів Технологічного регламенту — забезпечити запас насіння в обсязі десятиденної потреби переробки, а шроту — п'ятиденний обсяг. Така вимога пов'язана з дотриманням безпеки на виробництві, яке є безперервним процесом.

Висновки

Центральним поняттям світової торговельної політики є не обсяги експорту та імпорту або співвідношення між ними, а участь у світових ланцюжках створення доданої вартості. Європейський Союз сформував власні стійкі ланцюжки створення доданої вартості. Україна ефективно увійшла лише у ланцюг на основі соняшникової олії як постачальник сировини 1-го (постачання насіння соняшнику) та 2-го (постачання пресової соняшникової олії) ступеня. Прикладом високої відповідності вимірювальної техніки та професіоналізму фахівців підприємств у процесі візиту фахівця з безпеки продукції, що відповідає за якість європейського регіону компанії «Каргілл». Оцінка ним практики та дотримання вимог якості та безпеки на елеваторі «Євері» (компанія «Каргілл», м. Миколаїв), заводах та елеваторах в Чугуєві та Каховці визначена як найвища у Європі.

Для забезпечення ефективного управління підприємством потрібна розвинена система вищого порядку, як, наприклад, система управління міністерств, органів виконавчої влади регіону, соціальна та політична системи державної влади взагалі. Конкурентоспроможність підприємства щодалі залежить від якості їхніх макроекономічних рішень. Розвинені ринкові країни постійно вдосконалюють власні управлінські системи: не тільки внутрішні засоби впливу, а ще більше — зовнішні. Тобто відставання досконалості систем управління державного рівня в Україні давно вже стало потужним гальмом конкурентоспроможності країни, основним із негативних факторів збереження рецесивних явищ в економіці.

Література

1. Содействие более долгосрочному инвестированию институциональными инвесторами: отдельные вопросы и меры политики [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.oecd.org/daf/fin/private-pensions/48616812.pdf> — Перевірено 10.02.2018.
2. Санкт-Петербургская стратегия развития/ Материалы Саммита G 20. Санкт-Петербург, 2013 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://ru.g20russia.ru/documents/#p3> — Перевірено 10.02.2018.
3. Устінов О.В. Харчові продукти або корми для людей? Можливі наслідки реформування Держсанепідслужби / О.В.Устінов // Український медичний часопис [Електронний

журнал]. — Режим доступу : <https://www.umj.com.ua/article/28999/xarchovi-produkti-abo-kormidlya-lyudej-mozhlivi-naslidki-reformuvannya-derzhsanepidsluzhbi>. — Перевірено 10.02.2018.

4. Губені Ю.Е. Аспекти інтернаціоналізації агробізнесу в ідентифікації продовольчої безпеки / Ю.Е. Губені // 36. наук. праць Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми та перспективи міжнародної інтеграції аграрного сектору економіки України». — Київ : ННЦ «ІАЕ», 2015. — С. 90—94.

5. Зверяков М. Ліберальна ідея і модернізація економіки України // Економіка України — 2010. — № 7 — С. 7—12 .

6. Тринько Р.І. Продовольча безпека: аналітична діагностика : моногр. / Р.І. Тринько. — Львів, 2010. — 168 с.

7. Кошкалда І.В. Питання продовольчої безпеки в контексті міжнародної інтеграції аграрного сектору економіки України / І.В. Кошкалда // Матер. наук. практ. конф. «Сучасні проблеми та перспективи міжнародної інтеграції аграрного сектору економіки України». — Київ : ННЦ «ІАЕ», 2015. — С. 144—148.

8. Кундєєва Г.О. Продовольча безпека: інноваційний розвиток і зміни у споживанні харчових продуктів / Г. Кундєєва // Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. Серія : Економічні науки. — 2016. — Вип. 42(2). — С. 29—36.

9. Безпека продуктів харчування, відстеження та відповідальність у харчовому ланцюзі: програма технічної допомоги Європейського Союзу Тасіс Україні. — Європейська Комісія: Проект Тасіс «Створення механізму сертифікації та контролю стандартів сільськогосподарської продукції відповідно до вимог СОТ-СФС», 2005. — 48 с.

10. Industries Agro Alimentaires [Електронний ресурс] — Режим доступу : http://agriculture.gouv.fr/industries_agroalimentaires. — Перевірено 10.02.2018.

11. Commission europeene/ Elargissement [Сайт Єврокомісії]. — Режим доступу : http://ec.europa.eu/enlargement/news_corner/key_documents/index_fr.htm. — Перевірено 10.02.2018.

12. Кодекс Алиментариус. Гигиена пищевых продуктов. Базовые тексты / Пер. с англ. — Москва : Издательство «Весь Мир», 2006. — 76 с.

13. Rapport de mission : Le déploiement des nanotechnologies et de la biologie de synthèse dans l'industrie française / [Évaluation du plan PCB 2008—2013 dans le Rhône / Premier bilan du Programme national pour l'alimentation (PNA) [Електронний ресурс] — Режим доступу : <http://agriculture.gouv.fr/Sommaire-de-La-lettre-du-CGAAER,24409>. — Перевірено 10.02.2018.

BEHAVIORAL ECONOMY AS AN INSTRUMENT FOR PROVISION OF CONSTANT COMPETITIVE ADVANTAGES

L. Zakrevska

National University of Food Technologies

Key words:

*Behavioral economy
Instrument
Competition
Competitive advantage
Competitive position
Subjects of market
relations*

Article history:

Received 08.05.2018
Received in revised form
29.05.2018
Accepted 11.06.2018

Corresponding author:

L. Zakrevska
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The tools of behavioral economy of subjects of market relations are investigated in the article. They will enable them to avoid threats and build competitive advantages. It is proved that in order to predict the behavior of consumers it is necessary to take into account their interest in this product and the method of getting information about the product. The first is the result of evaluation systems or the result of awareness. In the process of learning, one can expect the cognitive, emotional or behavioral reaction of consumers. To study the unconventional behavior of consumers, the informational component is of great importance, which contributes to the formation of the internal sense of the necessity to make a purchase. After receiving this information, the consumer reconsiders it, determines the possibility of obtaining own benefits and forms the feeling of the necessity to make a purchase.

It is proved that the information may be of a promotional nature if it announces about: an increase in the amount of indirect taxes (excise duty, value added tax); holding of pre-holiday shares of consumer basket products by producers; exchange rate changes; devaluation of the national currency, etc. Awareness of the presence of certain features in the product or changes in the environment creates a level of popularity.

The main tool of popularizing the product is advertising. But the proportion of people who keep the imposed impression varies in time according to the geometric law. It is substantiated that the reaction of the consumer depends on the relation to the given product. It can be based on a product data chain, display a positive or negative product evaluation, or need for action. An evaluation of the attitude is not unmistakable, but it predicts well enough the real behavior. In order to achieve the competitive advantages of product manufacturers, much attention must be paid to the diagnosis, control and prediction of market situations.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-8

ПОВЕДІНКОВА ЕКОНОМІКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛИХ КОНКУРЕНТНИХ ПЕРЕВАГ

Л.М. Закревська

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено інструменти поведінкової економіки суб'єктів ринкових відносин, які дадуть змогу не лише уникнути загроз, але й сформувати сталі конкурентні переваги. Доведено, що для прогнозування поведінки споживачів потрібно враховувати як їх зацікавленість у певному товарі, яка може бути наслідком власних систем оцінювання або результатом інформованості, так і метод пізнання інформації про товар. У процесі пізнання можна очікувати на пізнавальну, емоційну або поведінкову реакцію споживачів. Для дослідження нетрадиційної поведінки споживача велике значення має інформаційна складова, яка сприяє формуванню внутрішнього відчуття необхідності здійснення покупки. Після отримання такої інформації споживач переосмислює її, визначає можливість отримання власної вигоди та формує відчуття необхідності здійснення покупки.

Доведено, що інформація може мати спонукальний характер, якщо сповіщає про: збільшення розміру непрямих податків (акцизного збору, податку на додану вартість); проведення передсвяткових акцій товаровиробниками продукції, що формує споживчий кошук; зміну валютних курсів; девальвацію національної валюти тощо. Інформованість про наявність у товарі певних особливостей або зміни у зовнішньому середовищі формують рівень популярності.

Визначено, що основним засобом популяризації товару є реклама, але частка людей, які зберігають нав'язане враження, змінюється в часі за геометричним законом. Обґрунтовано, що реакція споживача залежить від ставлення до певного товару, яке може ґрунтуватись на ланцюжку даних про товар, відображати позитивну або негативну оцінку товару або потребу в дії. Незважаючи на те, що оцінювання ставлення не є безпомилковим, воно досить добре пророкує реальну поведінку. Задля досягнення конкурентних переваг виробники продукції у ході аналізу ринку велику увагу мають приділяти діагнозу, контролю і передбаченню.

Ключові слова: поведінкова економіка, інструмент, конкуренція, конкурентна перевага, конкурентна позиція, суб'єкти ринкових відносин.

Постановка проблеми. Конкуренція проникла в усі сфери діяльності вітчизняних суб'єктів ринкових відносин. Кожен з них за рахунок формування системи конкретних переваг намагається втримати конкурентні позиції. Проте традиційні підходи встановлення рівноваги між попитом і пропозицією, які досліджувались великою кількістю науковців, втрачають свою актуальність, оскільки не враховують психологічну складову споживчого вибору. Недостатня поінформованість або висока значимість можуть при-

звести до нестандартної поведінки як споживачів, так і виробників продукції, що може суттєво позначитись на їхніх конкурентних позиціях. Тож виникає потреба у дослідженні впливу психологічних факторів на рішення суб'єктів ринку для досягнення сталих конкурентних переваг.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню конкурентних переваг в економічній літературі присвячені праці таких учених-економістів, як М. Портер, Ф. Котлер, Й. Шумпетер, Ж. Ламбен, К. Макконелл, Т. Андросов, Н. Лепа, Р. Лупак та ін.

Разом з тим недостатньо дослідженими залишаються питання необхідності застосування нетрадиційних підходів для забезпечення сталих конкурентних переваг.

Метою статті є дослідження нетрадиційної поведінки суб'єктів ринкових відносин для забезпечення сталих конкурентних переваг.

Викладення основних результатів дослідження. В сучасних умовах господарювання постає потреба у адаптації підприємств до різких змін у зовнішньому середовищі, які викликані великою кількістю різноманітних факторів — змінами у законодавчій сфері, євроінтеграційними особливостями, девальвацією національної валюти тощо. Суттєво вплинути на цей процес представники середнього і малого бізнесу не можуть, тому велика увага повинна приділятися з'ясуванню психології поведінки споживачів, які можуть здійснювати покупки, не керуючись логічними мотивами.

Виникає потреба у дослідженні поведінкової (біхевіористської) економіки, що являє собою напрям економічної теорії, який займається дослідженням впливу психологічних факторів на рішення людей, групи або суспільства у різноманітних економічних ситуаціях [1, с. 39].

Для дослідження нетрадиційної поведінки споживача велике значення має інформаційна складова, яка сприяє формуванню внутрішнього відчуття необхідності здійснення покупки. Враховуючи важливість певного товару, приймається рішення щодо його придбання.

Інформація може мати спонукальний характер, якщо сповіщає про: збільшення розміру непрямих податків (акцизного збору, податку на додану вартість); проведення передсвяткових акцій товаровиробниками продукції, що формує споживчий кошик; зміну валютних курсів; девальвацію національної валюти тощо. Після отримання інформації споживач переосмислює її, визначає можливість отримання власної вигоди та формує відчуття необхідності здійснення покупки.

Як відомо, основною складовою споживчого кошика на новорічні свята є шампанське. Незважаючи на низький рівень життя населення, споживачі купують цей напій до святкового столу. Більшість з них очікують акційних пропозицій. Оскільки значимість шампанського у цей період для покупця висока, то інформування про надання святкових знижок спонукає його до здійснення покупки.

Значна девальвація гривні у 2015 році призвела до змін у споживчих перевагах покупців ігристого вина, які мають власну систему оцінок до вітчизняного продукту. З огляду на високу значимість напою покупці визначились із

необхідністю покупки і переорієнтувались на внутрішній ринок. У квітні-травні 2015 р. в натуральному вимірі питома вага обсягів реалізації ігристого вина українських виробників становила 83,2%, а у вартісному —72,6% [2].

Вітчизняний уряд анонсував можливе підвищення мінімальної заробітної плати до 4 200 гривень за підсумками першого кварталу 2018 р. [3]. Як відомо, підприємства хлібопекарської галузі близько 40% собівартості продукції формують за рахунок витрат на оплату праці робітників, більшість з яких мають мінімальну заробітну плату. Тому слід очікувати значного подорожчання хліба та хлібобулочних виробів. Враховуючи, що більшість людей, особливо похилого віку, знаходяться за межею бідності, а хліб для них — продукт першої необхідності, то отримавши інформацію про підвищення цін із засобів масової інформації та оцінивши важливість для себе цього товару, вони збільшать обсяги його придбання.

Проаналізувавши поведінку споживачів, можна виокремити рівні їх реакції при отриманні інформації:

- пізнавальна (когнітивна) реакція, яка пов’язує засвоєну інформацію зі знанням;
- емоційна (афективна) реакція, пов’язана зі ставленням і з системою оцінки;
- поведінкова реакція, яка описує дію: не тільки акт покупки, але й поведінку після покупки.

Для прийняття рішення про покупку товару слід враховувати також метод пізнання, який визначає потребу в ньому. До них належать:

- інтелектуальний метод пізнання, який заснований на розумі, логіці, міркуваннях, фактичних відомостях;
- емоційний метод є невербальним, заснованим на емоціях, інтуїції, почуттях, переживаннях.

Одноточасний облік рівня зацікавленості і методу пізнання призводить до формування матриці поведінки споживача (рис. 1).

	Інтелектуальний метод	Емоційний метод
Висока зацікавленість	дізнатись — відчуті — зробити (страховий поліс, кредитна картка, пральна машинка тощо)	відчуті — дізнатись — зробити (годинник, аксесуари, окуляри, парфуми тощо)
Низька зацікавленість	зробити — дізнатись — відчуті (лосьйон для загару, шампунь, паперові рушники тощо)	зробити — відчуті — дізнатись (безалкогольні напої, піца, вітальна листівка тощо)

Рис. 1. Матриця поведінки споживача

Джерело: Ratchford В.Т. (1987), адаптовано.

Проаналізувавши дані (рис. 1), можемо зробити висновок, що *верхній лівий квадрант* описує ситуації покупки, коли зацікавленість велика, а метод пізнання переважно інтелектуальний. Така ситуація відповідає описаній вище послідовності: дізнатися-відчуті-зробити. Цієї послідовності дотримуються при придбанні дорогих товарів (автомобілів, страхових полісів), об’єктивні і функціональні характеристики яких мають важливе значення.

Верхній правий квадрант описує ситуації покупки, коли зацікавленість настільки ж велика, але в пізнанні дійсності переважає емоційність, оскільки вибір товарів або марок розкриває систему цінностей покупця. Реалізована послідовність: відчутти-дізнатися-зробити (рідше — відчутти-зробити-дізнатися). До цієї категорії належать такі товари, як косметика, одяг, коштовності, предмети моди — усі товари, для яких цінна їх роль як символів.

У *лівому нижньому квадранті* домінує інтелектуальний метод, однак зацікавленість низька. Процес має вигляд: зробити-дізнатися-відчутти. Тут знаходяться рутинні товари, які залишають споживача байдужим, поки виконують очікувану від них базову функцію. До даної категорії належать: електричні батарейки, вироби з паперу, миючі засоби, сірники тощо.

Нарешті в *правому нижньому квадранті* слабка значимість співіснує з сенсорним методом пізнання. Тут знаходяться товари, які доставляють «маленькі радощі». Типовими представниками таких товарів є пиво, шоколад, цигарки, джеми тощо.

Тож для формування сталих конкурентних переваг потрібно враховувати як зацікавленість у товарі, яка може бути наслідком власних систем оцінювання або результатом інформованості споживачів, так і метод пізнання інформації про товар.

Інформованість про наявність у товарі певних особливостей або зміни у зовнішньому середовищі формують рівень популярності. Найпростіший рівень пізнавальної психологічної реакції — це усвідомлення існування товару або торговельної марки. Популярність — наукова категорія, яка встановлює зв'язок між торговельною маркою і категорією товару, до якої вона належить. Інформацію про рівень популярності легко отримати шляхом опитуванням потенційних покупців про відомі їм марки в рамках досліджуваного класу товарів.

Згідно з проведеним дослідженням можна виділити три типи популярності:

- «популярність-впізнання» — поживач у ході анкетування впізнає марку А і відчуває потребу в товарі цього типу;

- «популярність-пригадування» — поживач відчуває потребу в товарі цього типу і купує товар марки А;

- «пріоритетна» популярність відноситься до марки, яка в тесті на здатність пригадати називається першою. Вона займає першорядне місце в свідомості споживача.

Основним засобом популяризації товару є реклама, тому особливого значення набуває здатність споживача пригадати її.

Фахівцями розроблені різні показники впливу, що вимірюють відсоток читачів або спостерігачів, які після завершення рекламної кампанії правильно ідентифікують рекламне оголошення.

Вивчення динаміки показників здатності пригадати дає певну інформацію про її еволюцію в часі. Таким чином можна визначити оптимальний графік запуску реклами. Експерименти в цій сфері показали, що частка людей, які зберігали нав'язане враження, змінюється в часі за геометричним законом (рис. 2).

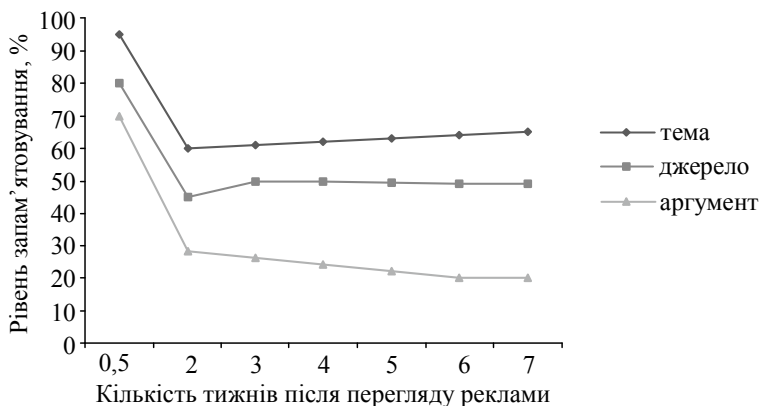


Рис. 2. Зниження рівня запам'ятовування в часі

Джерело: Watts W.A. and McGuire W.J. (1964).

З даних, наведених на рис. 2, видно, що здатність пригадати тему повідомлення різко падає протягом тижня (з 95 до 60%), але потім зберігається приблизно на цьому рівні. З іншого боку, здатність пригадати використані аргументи за перший тиждень відчуває більш різке падіння (з 70 до 28%), а потім продовжує знижуватися до рівня 20% на шостому тижні. Аналогічна, але менш крута залежність спостерігається для джерела повідомлення. Тому в рекламодавця є лише дуже короткий термін для того, щоб виправдати зроблені ним інвестиції в комунікацію.

Незважаючи на рівень популярності (інформованості), реакція споживача залежить від ставлення до певного товару, яке може:

а) ґрунтуватись на ланцюжку даних про товар, що послідовно запам'ятовуються людиною (пізнавальна компонента);

б) відображати позитивну або негативну оцінку товару (емоційна компонента);

в) відображати потребу в дії (поведінкова компонента).

Кожен споживач має свою систему оціночних критеріїв, які впливають на вибір товару. Незважаючи на те, що оцінювання ставлення не є безпомилковим, воно досить добре пророкує реальну поведінку. Коли ставлення покупців до марки стає більш сприятливим, слід очікувати розширення обсягів споживання і навіпаки. В міру зростання кількості конкуруючих товарів і марок фірма повинна докладати все більше зусиль для збереження і зміцнення сприятливого ставлення.

Оскільки визначення ставлення, зазвичай, проводиться до ухвалення рішення про покупку, воно має велике значення для підприємств при аналізі ринку в плані діагнозу, контролю і передбачення (рис. 3).



Рис. 3. Інструменти поведінки виробника для формування сталих конкурентних переваг

Отже, для формування сталих конкурентних переваг виробники можуть застосовувати такі інструменти:

- діагностика — знання сильних і слабких сторін торговельної марки допомагає ідентифікації можливостей і/або загроз стосовно неї;
- контроль — оцінювання ставлення «до» і «після» здійснення впливу дає змогу оцінити ефективність стратегій, спрямованих на зміну ставлення до торговельної марки;
- передбачення — знання ставлення до торговельної марки допомагає прогнозувати відгук на новий або модифікований товар підприємства.

Використовуючи інструменти поведінкової економіки, виробники мають змогу не лише уникнути загроз, але й сформувані сталі конкурентні переваги.

Висновки

У ході дослідження нами було доведено необхідність застосування інструментів поведінкової економіки суб'єктами ринкових відносин для здобуття сталих конкурентних переваг. Основними з них є виробники і споживачі продукції, які можуть діяти нестандартно і подекуди нерационально. Враховуючи психологічні й емоційні особливості реакції споживачів на зміну умов зовнішнього середовища або методів просування продукції, можна спрогнозувати їхню реальну поведінку. Для оцінки реакції споживачів потрібно одночасно аналізувати рівень їхньої зацікавленості і метод пізнання, які формують матрицю поведінки споживача. Задля досягнення конкурентних переваг виробники продукції в ході аналізу ринку велику увагу мають приділяти діагнозу, контролю й передбаченню.

Актуальним у подальших дослідженнях є розробка практичної моделі поведінки споживачів і виробників продукції харчової промисловості України, враховуючи сучасні реалії.

Література

1. Соціально-психологічні закономірності становлення економічної культури молоді : монографія / В.В. Москаленко, О.В. Лавренко, Н.М. Дембицька, І.К. Зубіашвілі [та ін.]; за ред. В.В. Москаленко. — Київ : Педагогічна думка, 2015. — 405 с.
2. Маркетинговые новости: Украинцы предпочитают отечественное шампанское [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.marketing-ua.com/marketingnews.php?id=27700>.
3. Стало відомо, коли мінімальну зарплату можуть підвищити до 4 200 гривень [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/news/2018/01/3/632722/>.
4. Орбан-Лембрик Л. Соціальна психологія : підручник / Л. Орбан-Лембрик. — Київ : Либідь, 2004. — 560 с.
5. *Смит А.* Исследование о природе и причинах богатства народов / А. Смит; пер. с англ. В.С. Афанасьева. — Москва : Эксмо, 2007. — 957 с.
6. *Герберт А.* Адміністративна поведінка: Дослідження процесів прийняття рішень в організаціях, що виконують адміністративні функції: Пер. з англ. — Вид. переробл. і доп. / А. Герберт, Г. Саймон. — Київ : АртЕк, 2001. — 392 с.
7. *Kahneman D., Tversky A.* Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk // *Econometrica*. — Vol. 47, # 2. — 1979. — P. 263—292.

POSITIONING IN TNC GLOCAL MANAGEMENT SYSTEM

O. Holovan, O. Oliynyk, K. Suhareva, N. Kovalenko

Zaporizhzhia National University

Key words:

Positioning
Strategy
Glocalization
Transnational corporation
Globalization

Article history:

Received 15.05.2018
Received in revised form
04.06.2018
Accepted 18.06.2018

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The positioning system is one of the mechanisms for implementing effective glocal management. In modern conditions for enterprises it is important not only the initial formation of an adequate and effective positioning strategy, but also the monitoring of its relevance, maintaining the attractiveness of this position for target customers in the global and various local markets by adjusting it in order to preserve or strengthen the competitive advantages of the enterprise and its market position in general.

In the article recommendations for the coordination both strategic and local positioning in the system of glocal management of TNC, which operates on the domestic food market, have been developed in order to ensure its sustainable development.

The essence of the glocal strategy forming process for TNC is to make informed decisions on the adaptation of the global TNC strategy by taking into account the requirements of its local markets.

The main directions of adaptation of the TNC basic development strategy to the specific conditions of local markets are determined by the peculiarities of the global strategy and key characteristics of the national markets development, namely: the instability of public administration in the host country, changes in the rates of national currencies, the degree of corruption in society, solvency of consumers, their preferences and habits, etc.

Healthy eating forces transnational corporation Nestlé in order to increase the effectiveness of the implementation of the glocal strategy development in the Ukrainian market to change the composition and technology of ketchup production, refusing to use preservatives and developing the design of the new packaging, focusing consumers' attention on the naturalness of the proposed product.

Regarding coffee and confectionery business projects, TNC Nestlé can be offered to use a strategy that will coordinate the company's global goals with its local priorities. Thus, in the national consumer imagination transnational corporation Nestlé is the manufacturer of quality products, but the local brands that are offered by the company do not include these. So, in the domestic market it is necessary to introduce natural coffee produced by Nestlé and offer a new natural high-quality chocolate.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-9

ПОЗИЦІОНУВАННЯ В СИСТЕМІ ГЛОКАЛЬНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ТНК

О.О. Головань, О.М. Олійник, К.В. Сухарева, Н.М. Коваленко
Запорізький національний університет

Система позиціонування є одним із механізмів реалізації ефективного глокального менеджменту. В сучасних умовах для підприємств важливим є не тільки початкове формування адекватної та дієвої стратегії позиціонування, а й відслідковування її актуальності, збереження привабливості позиції для цільових споживачів на глобальному та різних локальних ринках з одночасним її коригуванням з метою збереження чи посилення конкурентних переваг підприємства та його ринкового становища загалом.

У статті розроблено низку рекомендацій щодо взаємоузгодження стратегічного та локального позиціонування у системі глокального менеджменту ТНК, що діє на вітчизняному ринку харчової промисловості, задля забезпечення її сталого розвитку.

Сутність процесу формування глокальної стратегії діяльності ТНК полягає в прийнятті обґрунтованих рішень щодо адаптації глобальної стратегії ТНК з умовою врахування вимог локальних ринків, на яких працює корпорація. Основні напрямки адаптації базової стратегії розвитку ТНК до специфічних умов локальних ринків визначаються особливостями глобальної стратегії та ключовими характеристиками розвитку національних ринків, а саме: нестабільністю державного управління в країні перебування, змінами курсів національних валют, ступенем корумпованості суспільства, платоспроможністю споживачів, їхніми вподобаннями та звичками тощо.

Мода на здорове харчування змушує ТНК Nestlé, за умов роботи на українському ринку, для підвищення ефективності реалізації глокальної стратегії розвитку змінювати склад і технологію виробництва кетчупів, відмовляючись від використання консервантів і розробляючи дизайн нової упаковки, акцентуючи увагу споживачів на натуральності пропонованого продукту.

Стосовно бізнес-проектів з виробництва кави та кондитерських виробів, пропонованих компанією, можна запропонувати ТНК Nestlé застосувати стратегію узгодження глобальних цілей компанії з її локальними пріоритетами. Так, в уявленні національного споживача ТНК Nestlé асоціюється з виробником якісної продукції, але локальні бренди, що пропонуються компанією, до таких не відносяться. Тож на вітчизняний ринок треба виводити натуральну каву виробництва Nestlé та пропонувати натуральний високоякісний шоколад.

Ключові слова: *позиціонування, стратегія, глокалізація, транснаціональна корпорація, глобалізація.*

Постановка проблеми. *Динамічні соціально-економічні, політичні, культурні, національно-етнічні процеси, що відбуваються в сучасному світі, характеризуються яскраво вираженою територіальною специфікою, що обумовлює*

актуалізацію проблематики глокального менеджменту. Тенденції інтеграції та інтернаціоналізації, з одного боку, та локалізації й регіоналізації — з іншого, визначають необхідність пошуку компромісів між інтересами агентів локального, регіонального, національного та міжнародного рівнів.

Система позиціонування є одним із механізмів реалізації ефективного глокального менеджменту. В сучасних умовах для підприємств важливим є не тільки початкове формування адекватної та дієвої стратегії позиціонування, а й відслідковування її актуальності, збереження привабливості позиції для цільових споживачів на глобальному та різних локальних ринках з одночасним її коригуванням з метою збереження чи посилення конкурентних переваг підприємства та його ринкового становища загалом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика стратегічного управління бізнесом в умовах транснаціоналізації світової економічної системи ретельно проаналізована в наукових працях І. Ансоффа, Ф. Котлера, Г. Мінцберга, М. Портера, П. Робертса. Окремий блок досліджень присвячено вивченню питань ринкового позиціонування на різних його сегментах. Зокрема, слід відзначити праці Е. Райса, Дж. Траута, Г. Хулея, Дж. Сондерса, Н. Пірсі, Т.О. Примака [1], О.М. Тарасенко, С.О. Солнцева [2] тощо.

Вітчизняні вчені сконцентрували свої дослідження переважно на окремих аспектах позиціонування. Так, Л.В. Козак [3] вивчала процес формування аграрними підприємствами стратегії позиціонування продукції на вітчизняному та світовому ринках, М.В. Чорний [4] проаналізував процес формування торговельних позицій вітчизняних підприємств на світовому ринку зерна. О. Іваненко [5] розглядав проблеми позиціонування туристичного підприємства на ринку туристичних послуг України. Мезоекономічним аспектам формування позицій регіону присвячені праці С.М. Пепчука [6].

Однак у зазначених дослідженнях недостатню увагу приділено вивченню теоретичних питань концепцій сталого розвитку та формування конкурентних переваг за умови використання стратегій глокалізації, які передбачають ефективну адаптацію розвитку підприємств відповідно до умов локальних ринків з використанням стратегічного позиціонування, що й обумовлює актуальність даного дослідження.

Метою статті є розробка рекомендацій щодо взаємоузгодження стратегічного та локального позиціонування у системі глокального менеджменту ТНК, що діє на вітчизняному ринку харчової промисловості, задля забезпечення її сталого розвитку.

Викладення основних результатів дослідження. Компанія Nestlé намагається бути лідером у галузі раціонального харчування та здорового способу життя, що є її глобальною місією. Тож вона спрямовує значні інвестиції у наукові дослідження й технічні розробки, активно інтегрує в процес виробництва інноваційні наукові технології, які дають змогу вдосконалювати якість пропонованої продукції. Такий підхід Nestlé забезпечує розробку та виробництво високоякісних продуктів як для широкого кола споживачів, так і спеціального харчування для більш вузьких груп споживачів з особливими потребами — дитяче харчування, спеціальне харчування для дорослих і дітей, організм яких потребує додаткової чи особливої харчової підтримки.

На всіх виробничих підприємствах ТНК Nestlé у різних країнах використовує натуральну сировину відповідної якості, що гарантує безпечність готової продукції для здоров'я споживачів.

Для реалізації місії компанією впроваджується Програма створення спільних цінностей (Creating Shared Value), що спрямована на вирішення глобальних соціальних та економічних проблем (рис. 1).

Конкурентні переваги	
Неперевершене портфоліо продуктів і брендів	Справжня конкурентна перевага походить від поєднання переваг, які важко повторити по всьому ланцюжку створення вартості, що будувався понад десять років
Неперевершені можливості в галузі наукових досліджень	
Неперевершена географічна присутність	Існують невід'ємні зв'язки між великими продуктами і сильними можливостями наукових досліджень, між найширшою географічною присутністю та підприємницьким духом, між великими людьми та міцними цінностями.
Люди, культура, цінності та ставлення	
Фактори росту	
Рациональне харчування та здоровий спосіб життя	Ці чотири галузі забезпечують особливо захоплюючі перспективи зростання. Вони застосовуються до всіх категорій по всьому світу.
Ринки, що розвиваються, і продукти, що позиціонуються як популярні	
Засоби зовнішньої реклами	Все, що ми робимо, підпорядковується нашим програмам «Рациональне харчування та здоровий спосіб життя» (Nutrition, Health and Wellness), «Якість продуктів, якість життя» (Good Food, Good Life), які пропонують споживачам продукти з найкращою харчовою цінністю у своїх категоріях.
Преміалізація	
Принципи	
Інновації та оновлення	Nestlé має досягти успіху в кожній з цих чотирьох взаємопов'язаних основних компетенцій. Вони сприяють розробці, оновленню та якості продуктів, операційній ефективності, інтерактивній взаємодії зі споживачами та іншими зацікавленими сторонами, а також диференціації від конкурентів.
Будь-коли, будь-де, будь-що	
Залучення споживача	Якщо ми досягнемо успіху в цих сферах, ми будемо ще більше орієнтованими на споживачів, прискоримо нашу роботу у всіх ключових напрямках і досягнемо досконалості.
Операційна ефективність	

Рис. 1. Програма створення спільних цінностей Nestlé [7]

Програма створення спільних цінностей є невід'ємною складовою частиною бізнес-стратегії Nestlé у сфері правильного харчування та здорового способу життя. Створення спільних цінностей, спрямованих на покращення якості харчування, збереження водних ресурсів і виробництва продуктів харчування є запорукою розвитку бізнесу ТНК Nestlé на світовому ринку.

На вітчизняному ринку споживачі дедалі частіше переймаються питанням походження та якості продуктів, які вони купують, а також технологією їх

виготовлення. На регіональному ринку ТНК Nestlé пропонує продукцію як глобальних, так і локальних брендів, частина з яких є колишніми українськими брендами, що були додані до портфелю брендів ТНК Nestlé в результаті реалізації стратегії поглинання. Їх включення трансформувало систему цінностей ТНК Nestlé на регіональному ринку.

Реалізація програми створення спільних цінностей Nestlé в Україні передбачає низку заходів. Так, зобов'язання компанії Nestlé у сфері сталого розвитку екології підтримуються щоденною роботою над покращенням процесів виробництва на її фабриках. Nestlé інвестує в технології зі збереження енергії та води, освітні програми для співробітників та підвищення рівня безпеки. Зокрема, у 2016 р. компанія зменшила споживання води на 60% та енергоспоживання на 23% на своїй фабриці ПрАТ «Волиньхолдинг» у смт Торчин.

На Львівській кондитерській фабриці «Світоч» у 2015 р. було встановлено нову станцію локального доочищення води, яка потрапляє до міської каналізаційної системи. Сучасні технології забезпечують триступеневе очищення — механічне, фізико-хімічне та біологічне. На виході стічні води настільки чисті, що фабрика повторно використовує воду як технічну, при цьому значно скорочується кількість забору води з мережі. Показники споживання води на підприємствах Nestlé в Україні, наведені в табл. 1, підтверджують ощадливість використовуваних технологій компанії.

Таблиця 1. Показники споживання води на підприємствах компанії Nestlé в Україні, м³ [8]

Підприємство	2015 рік	2016 рік	Абсолютне зменшення	%
ПАТ «Львівська кондитерська фабрика «Світоч»	65 558	60 890	4 668	7,12%
Фабрика з виробництва холодних соусів ПрАТ «Волиньхолдинг», ТМ «Торчин»	165 683	131 309	34 374	20,75%
ТОВ «Техноком», ТМ «Мівіна»	98 925	77 918	21 007	21,24%

Продукція, що виробляється компанією в Україні, збувається переважно на внутрішньому ринку, який через низку причин зазнав скорочення купівельної спроможності. Так, через девальвацію гривні, підвищення цін на комунальні послуги, низький рівень заробітної плати значна частина українських споживачів змушена відмовлятися від споживання деяких з тих товарів, що приносить їм задоволення, ретельно планувати покупки, відбираючи базові продукти, які необхідні для існування передусім. Продажі компанії Nestlé в Україні зменшилися за всіма товарними категоріями, особливо у категорії кондитерських виробів. У зв'язку з цим компанія Nestlé вимушена шукати додаткові можливості для подальшого здешевлення виробництва продукції, що пропонується в Україні.

Джерелом такого здешевлення є збільшення частки витрат на сировину та упакування з локалізацією виробництва в Україні. Крім того, поряд з іншими

виробниками кондитерських виробів, Nestlé з метою здешевлення продукції зменшила вагу плитки шоколаду «Світоч» зі 100 до 85 г та збільшила виробництво шоколадних десертів.

Дослідження ефективності реалізації глокальної стратегії ТНК Nestlé на регіональному ринку за допомогою опитування 80 респондентів віком 20—40 років, виявило, що 7% з них взагалі не купують кондитерську продукцію компанії, а частка тих, хто споживає шоколадну продукцію під локальним брендом «Світоч» скоротилася до 11% (рис. 2). Однією з причин цього явища є використання компанією рослинних жирів, що не асоціюється у споживачів із здоровою їжею та вступає в суперечку з глобальними цінностями ТНК.

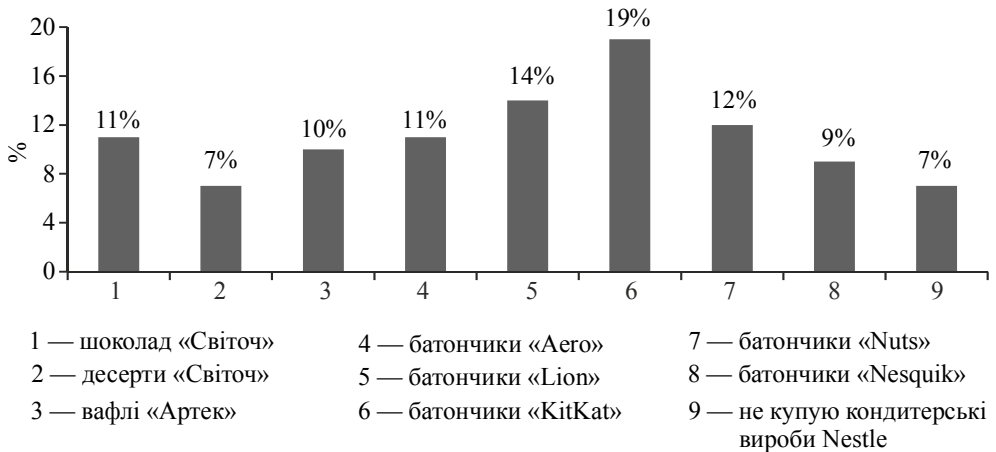


Рис. 2. Структура споживання кондитерських виробів ТНК Nestlé згідно з опитуванням

На запитання «Яка країна асоціюється з якісним шоколадом?» лише 13% респондентів зазначили Україну. Більшість респондентів — 54%, визначили країнами, які ефективно реалізують стратегію позиціонування власних брендів шоколаду на світовому ринку, Швейцарію та Бельгію (рис. 3).

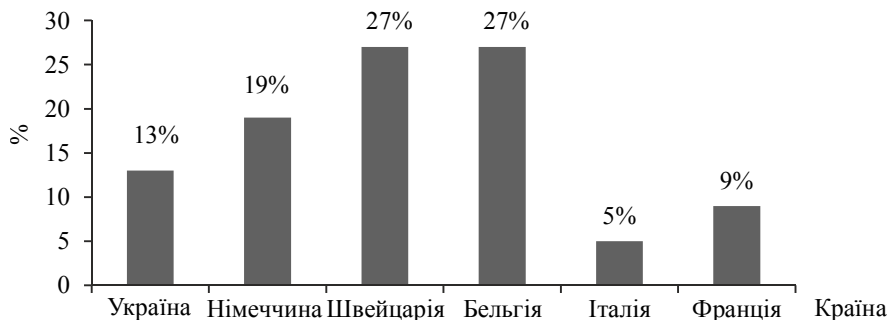


Рис. 3. Ефективність глобального позиціонування брендів шоколаду за результатами опитування

Враховуючи той факт, що, незважаючи на падіння купівельної спроможності значної частини населення України, існує сегмент заможних споживачів, які купують якісний дорогий шоколад, а «Світоч» є «шоколадною спадщиною» країни, компанії Nestlé доцільно було б розробити особливу пропозицію преміум-шоколаду під ТМ «Світоч» саме для цього сегменту, роблячи акцент на шоколадних традиціях і досвіді Львова та Швейцарії.

Необхідно зазначити, що український ринок, на відміну від європейського, має свою специфіку: український споживач не сприймає розчинну каву, соуси в дой-паках, сухі сніданки та вермішель швидкого приготування як продукти здорового харчування.

Компанія Nestlé пропонує в Україні розчинну каву, переважна частка якої імпортується з-за кордону. В Україні за останні роки підвищилася культура споживання кави, і, як наслідок, збільшуються обсяги споживання натуральної кави. За результатами опитування 57% респондентів взагалі не споживають розчинну каву. Одночасно 85% опитуваних не вважають розчинну каву корисною для здоров'я. Серед тих, хто її споживає, не купують продукцію ТНК Nestlé 39% (рис. 4).

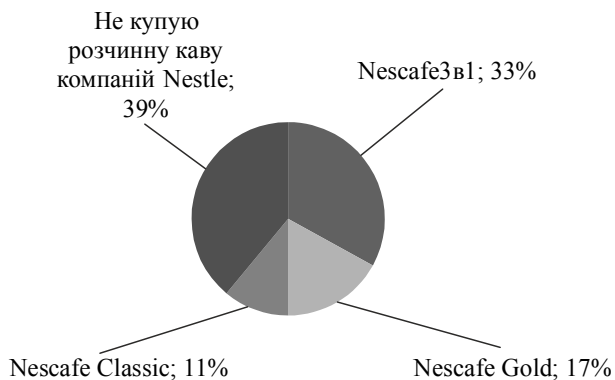


Рис. 4. Структура споживання кавових напоїв Nestlé, за результатами опитування

За сучасною технологією виробництва в розчинній каві наявні всього 15% речовин натуральної кави, а все інше — домішки, які використовуються для того, щоб здешевити її собівартість [9]. З огляду на зміни у вподобаннях українських споживачів кави та дотримуючись власної концепції здорового життя, компанії Nestlé доцільно більше уваги приділяти просуванню брендів натуральної кави на українському ринку.

На відміну від європейського, особливістю українського ринку є також той факт, що господарки традиційно роблять томатні соуси, заправки, овочеву консервацію власноруч на основі сімейних рецептів. Інформація у ЗМІ стосовно шкідливості майонезів, які продаються у роздрібній торгівлі, змушує більшість господарок готувати свіжий майонез у домашніх умовах.

Опитування виявило, що 21% респондентів не купують соуси та продукти швидкого приготування взагалі. Постійно користуються цими продуктами 18% (рис. 5).

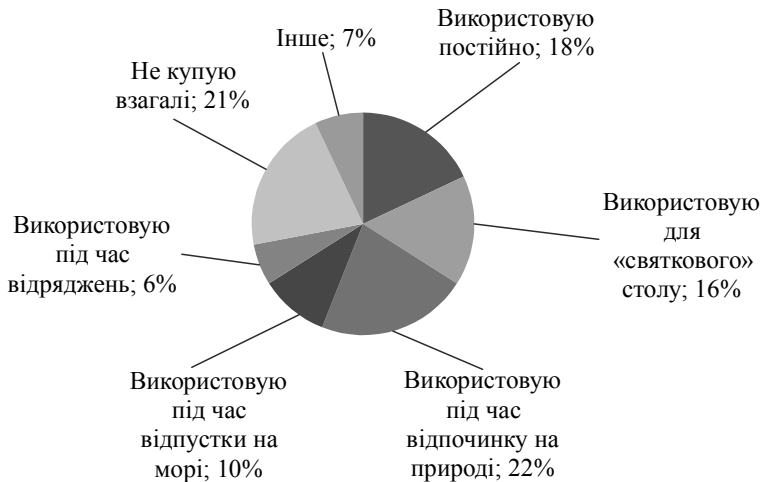


Рис. 5. Привід для купівлі соусів і продуктів швидкого приготування, за результатами опитування

На українському ринку продукти швидкого приготування активно купуються споживачами в сезон літніх відпусток під час сімейного відпочинку на природі, на морі, а також під час поїздок залізничним транспортом. Вітчизняний покупець добре обізнаний з недоліками цих продуктів (підвищений вміст жирів та олій; вміст трансгенних жирів, які збільшують ризик розвитку атеросклерозу і раку; вміст глютамата натрію, що додають для поліпшення смаку).

Пропозиція цієї продукції компанією Nestlé не узгоджується з її глобальною бізнес-стратегією у сфері правильного харчування та здорового способу життя. Для того, щоб збільшити попит в Україні на продукцію в цьому сегменті, доцільно було б робити акцент не на подальшому здешевленні продукції, а на підвищенні її якості на основі впровадження інноваційних технологій у виробництво та відмови від шкідливих для здоров'я добавок.

Висновки

Сутність процесу формування глокальної стратегії діяльності ТНК полягає в прийнятті обґрунтованих рішень щодо адаптації глобальної стратегії ТНК з умовою врахування вимог локальних ринків, на яких працює корпорація. Основні напрямки адаптації базової стратегії розвитку ТНК до специфічних умов локальних ринків визначаються особливостями глобальної стратегії та ключовими характеристиками розвитку національних ринків, а саме: нестабільністю державного управління в країні перебування, змінами курсів національних валют, ступенем корумпованості суспільства, платоспроможністю споживачів, їх вподобаннями та звичками тощо.

Так, мода на здорове харчування змушує ТНК Nestlé, за умов роботи на українському ринку, задля підвищення ефективності реалізації глокальної стратегії розвитку, змінювати склад і технологію виробництва кетчупів, відмовляючись від використання консервантів та розробляючи дизайн нової

упаковки, акцентуючи увагу споживачів на натуральності пропонованого продукту. Альтернативою упаковці «дой-пак» може бути скляна упаковка, перевагами якої є можливість роздвигатися товар при покупці; нешкідливість матеріалу для навколишнього середовища; невикористання при виробництві консервантів, тому що продукт у скляній тарі можна стерилізувати термічним способом.

Стосовно бізнес-проектів з виробництва кави та кондитерських виробів, пропонувані компанією, можна запропонувати ТНК Nestlé застосувати стратегію узгодження глобальних цілей компанії з її локальними пріоритетами. Так, в уявленні національного споживача ТНК Nestlé асоціюється з виробником якісної продукції, але локальні бренди, що пропонуються компанією, до таких не відносяться. Тож на вітчизняний ринок треба виводити натуральну каву виробництва Nestlé та пропонувати натуральний високоякісний шоколад.

Тож сучасні умови господарювання актуалізують потребу ТНК Nestlé в узгодженні глобальної та локальної стратегій і передбачають виконання послідовних етапів стратегічних рішень, які ґрунтуються на особливостях національних ринків.

Перспективи подальших досліджень полягають у формуванні товарної політики на національних ринках за умови використання краудсорсингу.

Література

1. *Примак Т.О.* Стратегії позиціонування у теорії маркетингу / Т.О. Примак // Маркетинг і менеджмент інновацій. — 2012. — № 1. — С. 13—20.
2. *Тарасенко О.М.* Аналіз актуальності стратегії позиціонування / О.М. Тарасенко, С.О.Солнцев // Економічний вісник НТУУ «КПІ». — 2016. — № 13. — С. 409—417.
3. *Козак Л.В.* Формування стратегій позиціонування продукції аграрних підприємств на вітчизняному та світовому ринках : монографія / Л.В. Козак. — Острог : Видавництво Національного університету «Острозька академія», 2015. — 494 с.
4. *Чорний М.В.* Торговельна позиція українських підприємств на світовому ринку зерна / М.В. Чорний // Електронне наукове фахове видання «Ефективна економіка». — 2017. — Вип. 2 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=5450>.
5. *Іваненко О.* Позиціонування туристичного підприємства на ринку туристичних послуг України / О. Іваненко // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. — 2015. — 4. — С. 27—31.
6. *Пепчук С.М.* Інформаційні компоненти позиціонування регіону / С.М. Пепчук // Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. — Вип. 37, т. 2. — Черкаси : ЧДТУ, 2014. — С. 195—201.
7. Стратегія-план розвитку Nestlé для виконання місії «Якість продуктів, якість життя» [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://www.nestle.ua/aboutus/strategy>.
8. Звіт «Нестле Україна» щодо сталого розвитку та створення спільних цінностей у 2016 році [Електронний ресурс]. — Режим доступу : https://www.nestle.ua/asset-library/-documents/csv_report_nestle_ukraine_2016.pdf.
9. Чем опасен растворимый кофе [Електронний ресурс]. — Режим доступу : https://www.segodnya.ua/lifestyle/food_wellness/СНem-opasen-rastvorimyy-kofe--464745.html.

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE CLASSIFICATION OF COMPETITIVE STRATEGIES OF ENTERPRISES

L. Strashynska

National University of Food Technology

V. Strashynskiy

National Pedagogical Dragomanov University

Key words:

*Strategic areas of activity
Market environment
Competitive strategy
Industrial enterprises
Competition
Diversification
Competitive activity*

Article history:

Received 17.05.2018
Received in revised form
28.05.2018
Accepted 15.06.2018

Corresponding author:

L. Strashynska
E-mail:
vip1967@ukr.net

ABSTRACT

Based on the theory of strategic marketing and management, the article deals with the classification of competitive strategies of enterprises. It is explored that the variety of strategies is quite significant, and their classification is sufficiently branched. It has been established that under present conditions there is no single theoretically grounded consistent point of view regarding the logical classification or even the correct selection and interconnection of certain types or types of competitive strategies of the enterprise into a holistic harmonic system. It is determined that the development of competitive strategies extends to a set of strategic actions in relation to rivals who carry out activities in strategic business areas of the company. It was found that enterprises tend to either neutralize rivals, or to use them for the purpose of strengthening their own positions, or to one and the other at the same time. It is substantiated that, depending on the circumstances, some companies target their actions to completely eliminate competitors, others - to isolate them from them, the third — to rapprochement with competitors, the fourth — to self-liquidation on favorable terms.

The article discusses competitive strategies proposed as foreign ones (Johnson J., F. Kotler, M. Porter, Ries A., Strickland A., Thompson A., Trout J., Whitton R., C. Scholes, A. Yudanov), as well as domestic scientists (Oborska S., Shershnyova Z.) in the field of strategic management and marketing, as well as the peculiarities of their approaches to the classification of strategies according to certain attributes. In this regard, based on the analysis of existing types of competitive strategies, a classification of competitive strategies that takes into account the level of competitive activity of the enterprise is proposed. Three main types of competitive strategies are distinguished: high level of competitive activity (advancing), with average competitive activity (defensive) and low level of competitive activity (simulation). It is substantiated that the proposed classification of competitive strategies is the most suitable for use in the practical activities of domestic enterprises.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-10

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО КЛАСИФІКАЦІЇ КОНКУРЕНТНИХ СТРАТЕГІЙ ПІДПРИЄМСТВ

Л.В. Страшинська

Національний університет харчових технологій

В.І. Страшинський

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

Зважаючи на теорію стратегічного маркетингу та менеджменту, в статті розглянуто класифікації конкурентних стратегій підприємств. Досліджено, що різноманіття стратегій є досить значним, а їх класифікація — достатньо розгалуженою. Встановлено, що в сучасних умовах не існує єдиної теоретично обґрунтованої несуперечливої точки зору щодо логічної класифікації або взагалі коректного виокремлення та взаємозв'язку певних видів чи типів конкурентних стратегій підприємства у цілісну гармонійну систему. Визначено, що розробка конкурентних стратегій поширюється на комплекс стратегічних дій стосовно суперників, які здійснюють діяльність у стратегічних галузях бізнесу компанії. З'ясовано, що підприємства прагнуть або до нейтралізації суперників, або до їх використання з метою укріплення власних позицій, або до одного та іншого одночасно. Обґрунтовано, що залежно від обставин одні підприємства спрямовують свої дії на повне усунення конкурентів, інші — на відособлення від них, треті — на зближення з конкурентами, четверті — на самоліквідацію на вигідних умовах.

Розглянуто конкурентні стратегії, запропоновані як зарубіжними (Дж. Джонсон, Ф. Котлер, М. Портер, Е. Райс, А. Стрікланд, А. Томпсон, Дж. Траут, Р. Уїткінгтон, К. Шоулз, А. Юданов), так і вітчизняними вченими (С. Оборська, З. Шериньова) у галузі стратегічного менеджменту і маркетингу, а також особливості їх підходів до класифікації стратегій відповідно до певних ознак. У зв'язку з цим, на основі проведеного аналізу існуючих видів конкурентних стратегій, запропоновано класифікацію конкурентних стратегій, яка враховує рівень конкурентної активності підприємства. Виділено три основних типи конкурентних стратегій: з високим рівнем конкурентної активності (наступаючі), із середнім рівнем конкурентної активності (обороняючі) та з низьким рівнем конкурентної активності (імітаційні). Обґрунтовано, що запропонована класифікація конкурентних стратегій є найбільш прийнятною для використання в практичній діяльності вітчизняних підприємств.

Ключові слова: стратегічні галузі діяльності, ринкове середовище, конкурентна стратегія, промислові підприємства, конкурентна боротьба, диверсифікація, конкурентна активність.

The posing of problems. In connection with the rapid growth of competition, globalization and the increasing complexity of the economy, the transition of

enterprises to strategic management is the basis for their existence and successful development in a highly competitive market environment. At present, every enterprise needs to determine the main direction of development for its sustainable functioning, therefore the choice of a competitive strategy is an important task.

The analysis of recent research and publications on the theory of strategic management and marketing regarding the classification of the main types of competitive strategies suggests that the variety of strategies is quite significant, and their classification is sufficiently branched. The information search shows that under present conditions there is no single theoretically substantiated consistent point of view regarding the logical classification or even the correct identification and interconnection of certain types or types of competitive strategies of the enterprise into a coherent harmonic system. But more or less successful attempts at typology of the strategies were carried out on several occasions, in particular by such domestic and foreign scholars as I. Ansoff, A. Gradov, J. Johnson, F. Kotler, S. Oborska, M. Porter, A. Ries, J. Strikland, A. Thompson, J. Trout, R. Whittington, R. Fatkudinov, A. Chandler, Z. Shershnyov, K. Scholes, A. Yudanov and others.

The purpose of this article is to develop theoretical and methodological approaches to the classification of competitive strategies in the enterprise management system, which must ensure consistency between the chosen strategy and the internal potential of the enterprise and the style and kind of management, taking into account the level of competitive activity of the enterprise.

Presentation of the main research material. The development of competitive strategies extends to a complex of strategic actions with respect to competitors operating in strategic business areas of the company [2, p. 205]. Enterprises tend to either neutralize rivals, or use them to strengthen their own positions, or to both at the same time. Depending on the circumstances, some enterprises aim their actions at complete elimination of competitors, others – on isolation from them, the third – on rapprochement with competitors, the fourth – on self-elimination on favorable terms. In this regard, particular attention is paid to the classification of different types of competitive strategies.

In the modern literature on strategic management, competitive strategies are classified according to various grounds: the type of competitive advantage, market share, type of strategic behavior, consumer preferences, etc.

Consider different points of view of domestic and foreign authors on the classification of competitive strategies.

Z.E. Shershneva, S.V. Oborskaya distinguish the following reference (basic) strategies of the enterprise: growth strategies, limited growth, reduction (Figure 1).

The growth strategy (concentrated, integrated, differentiated) presupposes the expansion of the enterprise's activity, increase of its assets, as well as the growth of investment volumes. The strategy of limited growth (or stability strategy) is aimed, first of all, at preserving market share and market niche. The reduction strategy is aimed at minimizing the costs of the enterprise in those areas of activity that cause losses to it [7, p. 103].

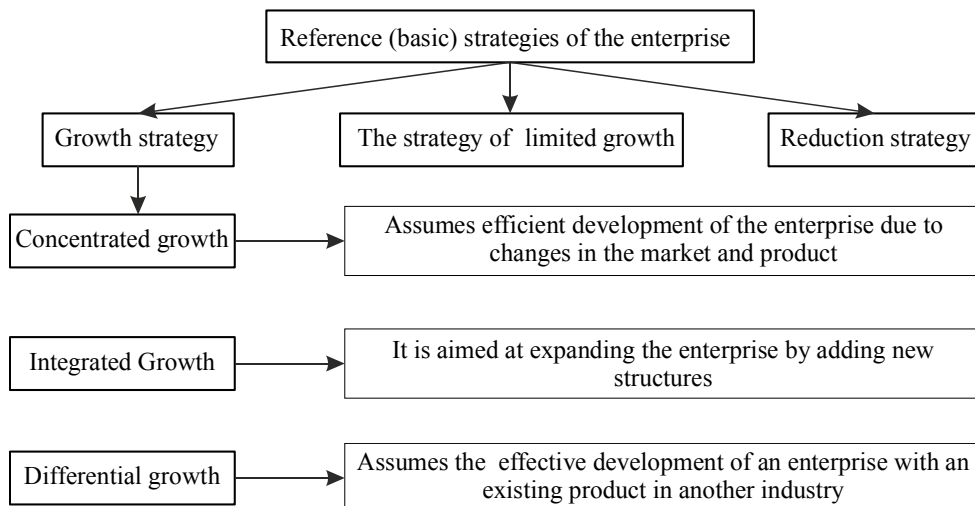


Fig. 1. Reference Enterprise Strategies

F. Kotler classifies competitive strategies based on the market share held by the enterprise and identifies the strategies of the market leader, the applicant for leadership, the follower, the inhabitant of the niche (“nisher”) (Fig. 2).

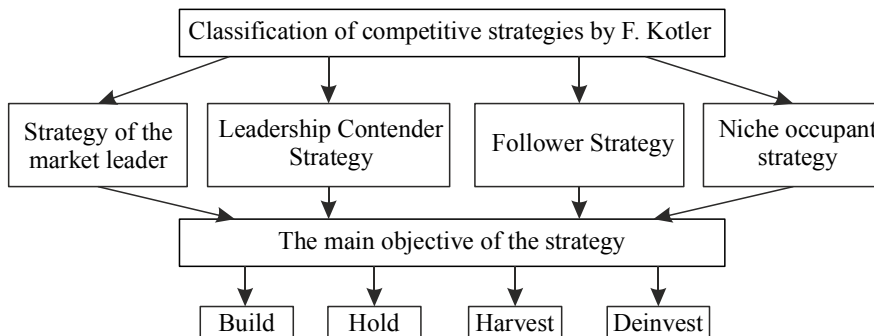


Fig. 2. Classification of competitive strategies by F. Kotler

The strategy of the market leader, as a rule, is used by large enterprises / organizations that occupy the leading (dominant) position in the market / industry. For companies that are striving to become market leaders, the candidate’s leadership strategy is characteristic. The main goal of the follower’s strategy is to preserve the market share. For enterprises focused on a small market share and specializing in specific types of products / services, the “Nisher” strategy is characteristic [1, p. 66].

Professor of the Harvard Business School, M. Porter, grouped the strategies of competitive struggle by the type of competitive advantage, and outlines the following strategies: leadership in costs, differentiation, and focusing (Figure 3).

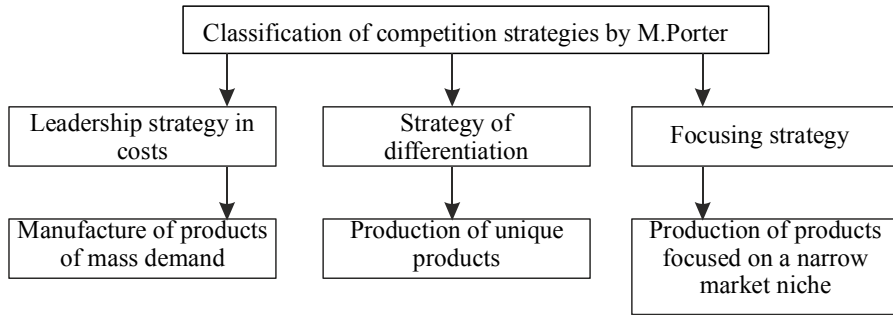


Fig. 3. Classification of competitive strategies M. Porter

The strategy of leadership in costs is used by large enterprises that produce and sell mass demand products. For companies specializing in the production and sale of unique (exclusive) products, a differentiation strategy is characteristic. The strategy of focusing is used by enterprises focused on a narrow market niche [9, p. 57].

American scientists J. Johnson, K. Scholes, R. Whittington in the book “Corporate Strategy. Theory and practice” unite all types of competitive strategies in the so-called “strategic clocks” and distinguish their following types: price strategy, strategy of differentiation, hybrid strategy.

A “no-frills” strategy is a combination of low price, low product characteristics and focus on a price-sensitive market segment. For enterprises seeking to keep prices lower than competitors, while maintaining the same perceived characteristics of the product / service, a low-price strategy is characteristic. The strategy of differentiation involves the production of goods / services that are different from competitors and attractive to buyers. For enterprises seeking to simultaneously use and differentiation, and a price lower than those of competitors, a hybrid strategy is characteristic [4, p. 38].

Professor A. Yudanov classifies strategies of competition by the type of strategic behavior and distinguishes between the violet, patented, exploitative, and commutator strategies (Figure 4).

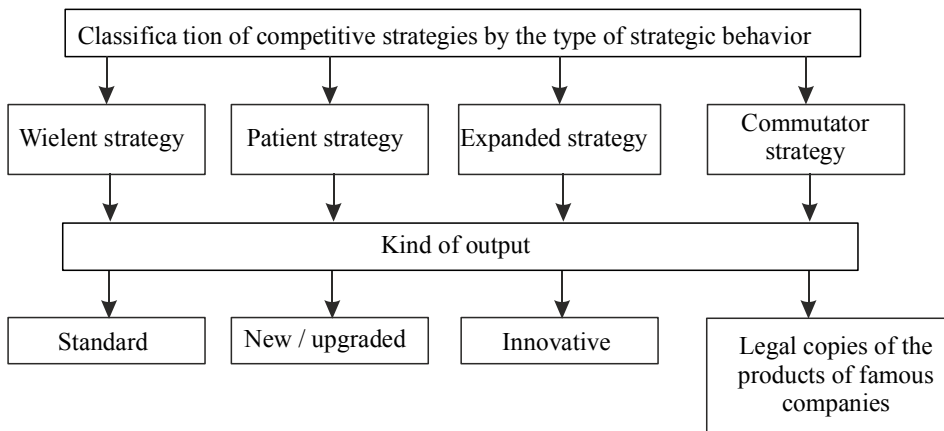


Fig. 4. Classification of competitive strategies by the type of strategic behavior

Wielentstrategy is typical for the leading industrial enterprises that carry out mass production of standard products. Enterprises specializing in the production of new / upgraded products for a limited number of consumers use a patented strategy. The operational strategy is typical for enterprises that produce and sell innovative products. For small enterprises focused on a narrow market niche, the commutator strategy is characteristic [8, p. 59].

J. Trout and A. Ries, the founders of the consulting firm “Trout & Partners”, in the book “Marketing Warfare” describe the so-called strategic square, which consists of four types of competitive strategies and methods of conducting competition (Figure 5).

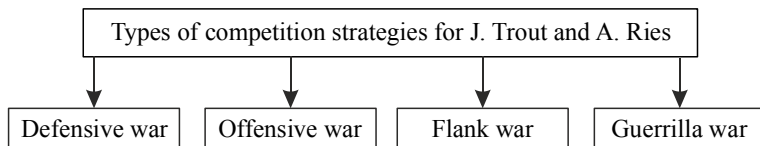


Fig. 5. Types of competition strategies by J. Trout and A. Ries

For companies that are market leaders who seek to protect their market segment and use different defensive strategies, a defensive war is characteristic. Offensive warfare is typical for enterprises seeking to become market leaders using all sorts of offensive strategies. For enterprises followers of the leader is characterized by a flanking war. A feature of the flank war is the implementation of various flank strategies: the use of new distribution channels, increase / decrease in prices, the introduction of innovations in production. Partisan warfare is typical for enterprises focused on a narrow market niche, which uses the following partisan strategies to preserve the market share: creation of a franchise network, concentration on unique products, concentration on customers from a certain industry [4, p. 248].

A. Thompson and A. Strickland singled out the following types of competitive strategies [10, p.36]:

- the strategy of cost leadership — pursues the goal of attracting buyers by minimizing production costs;
- the optimal cost strategy — is aimed at increasing consumer value due to higher product quality than competitors;
- the strategy of wide differentiation — pursues the goal of attracting buyers by maximizing the difference between the products of the enterprise and similar products of competitors;
- focused (niche) strategy based on low costs — is focused on a narrow segment of consumers and aims to drive out competitors due to lower production costs;
- the focused (niche) strategy based on product differentiation — is aimed at a narrow segment of consumers and aims to drive out competitors by offering products/services more satisfying the needs of customers.

Based on the results of the analysis of the classification of competitive strategies, the following conclusions need to be drawn: first, the competitive strategy is an effective means of maintaining the competitiveness of the enterprise. Secondly, none of the considered strategies of competition is suitable for absolutely any enterprise. Thirdly, when choosing a competitive strategy, it is necessary to

take into account the size of the enterprise, its market share and consumer preferences.

In formulating possible variants of competitive strategy, we propose to use the classification of competitive strategies in terms of the level of competitive activity of the enterprise (Figure 6), highlighting the following types of competitive strategies [4, p.257]:

- Offensive — with a high level of competitive activity;
- defensive — with an average level of competitive activity;
- imitation — with a low level of competitive activity.

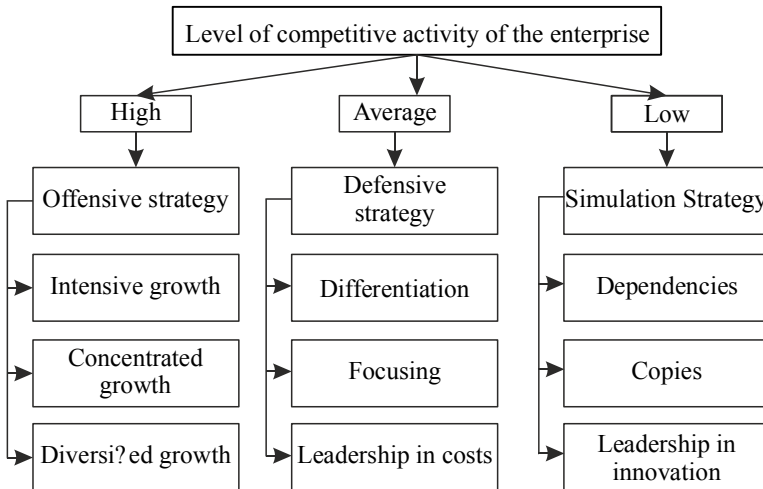


Fig. 6. Classification of strategies for the level of competitive activity of an enterprise

The proposed classification of competitive strategies:

- systemizes competitive strategies, combining them into three large blocks — with high, medium and low levels of competitive activity;
- the most suitable for use in the practical activities of industrial enterprises.

An upcoming competitive strategy, or strategy of market leadership, is typical for large industrial enterprises, specializing in the production and sale of completely new types of products. We will outline the following offensive strategies: intensive growth, concentrated growth, diversified growth.

Defensive competitive strategy, or the strategy of following the leader, is typical for industrial enterprises claiming to be a leader, and involves the development, production and sale of a differentiated (improved) version of competitors' products. Let us outline the following defensive strategies: differentiation, focusing, leadership in costs.

An imitative competitive strategy is typical for enterprises following both groups of leaders, imitating their strategies. Let us highlight the following imitation strategies: the strategy of copying, dependence and leadership in innovation.

Conclusions

Thus, in modern market conditions, the most important component of the successful operation of the enterprise is the development of a competitive strategy.

The competitive strategy serves as a means of increasing the competitiveness of the enterprise and allows to determine the current position of the enterprise in the market and to forecast the prospects for its development, to identify the problems that arise in the process of the enterprise's functioning and to choose the ways of their solution. In addition, the development and implementation of a competitive strategy can determine the basic needs of the market and extend the period of effective operation of the enterprise.

References

1. *Armstrong G., Kotler F.* Marketing. General course. — K. : Dialectics, 2001. — 601 p.
2. *Dyachenko TA* Teoretiko-methodical bases of an estimation of the competitive environment and a competitive position of the enterprise in the market / Marketing and management of innovations. — 2012. — # 4. — P. 203—208.
3. *Martynenko M.M.* Fundamentals of Management: Textbook. — K. : Karavela, 2005. — 496 p.
4. *Martynenko M.M., Ignatyeva I.A.* Strategic management. — K. : “Caravel”, 2006 — 325 p.
5. *Porter M.* Competition / Trans. with Eng. : Tutorial. — Moscow : “Williams”, 2000. — 495 p.
6. *Thompson A.A., Strickland A.J.* Strategic Management. The art of developing and implementing a strategy: Textbook for high schools / Trans. with English. Ed. L.G.Zaytseva, M.I. Sokolova. — M. : Banks and stock exchanges, UNITY. — 1998. — P. 47—106.
7. *Shershnova Z., Oborskaya S.* Strategic management. — K. : KNEU. — 1999. — P. 94—120.
8. *Yudanov A.Y.* Types of competitive strategy: “biological” approach to the classification of companies // World Economy and International Relations. — 1996. — # 10. — P. 51—65.
9. *Porter M.* From Competitive Advantage to Corporate Strategy. HBR, May— June, 1997. — P. 57.
10. *Thompson J.L.* Strategic Management. — Thompson Learning, 2001. — P. 36.

**ESTIMATION OF INTELLECTUAL POTENTIAL
AT FORMING THE COMPETITIVE EDGES
OF THE ENTERPRISE**

O. Dragan, Iu. Hryniuk

National University of Food Technologies

Key words:

*Intellectual potential
Assessment
Partial and integral
indicators
Expert survey*

Article history:

Received 18.05.2018
Received in revised form
05.06.2018
Accepted 19.06.2018

Corresponding author:

O. Dragan
E-mail:
eidragan@ukr.net

ABSTRACT

Actuality of estimation of intellectual potential of the enterprises in modern business-environment and importance of its result for forming unique competitive edges of subjects of management and providing innovativeness of their labour resources management are justified in the article. The system of partial indexes is formed on the basis of research of analytical approaches and taking into account the authorial positions. They represent all its content parties: constancy of skilled staff (workers that promoted qualification or carried out retraining) of the enterprise, inventor (rationalization) activity and degree of its realization, scope of personnel by all types of professional studies, its technical and scientific providing, educational level of workers. Necessity and financial viability of their including to the analytical tool of diagnostics of intellectual potential of the enterprise are well proven.

Methodology of its integral estimation with the use of methods of the expert questioning and mathematical statistics that is universal from the point of view of its use by different enterprises is presented. It consists of the next stages: determination of weighting coefficients of indexes, verification of coordination of participants' opinions of expert group after each of them and in general after the coordination coefficient, including its checking for statistical meaningfulness by the criteria of χ^2 , normalization of their value and calculation of integral index taking into account the weight coefficient.

Approbation of the methodology is carried out from the actual data of beer and soft drinks production enterprise of Ukraine (LTD "Berdychiv brewery") during some periods. As a result, the problem constituents of intellectual potential of the enterprise are set and the reference of further work in direction of its development is determined.

ОЦІНКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПРИ ФОРМУВАННІ КОНКУРЕНТНИХ ПЕРЕВАГ ПІДПРИЄМСТВА

О.І. Драган, Ю.М. Гринюк

Національний університет харчових технологій

У статті обґрунтовано актуальність оцінки інтелектуального потенціалу підприємств у сучасному бізнес-середовищі та важливість її результатів для формування унікальних конкурентних переваг суб'єктів господарювання і забезпечення інноваційності управління їхніми трудовими ресурсами. На підставі дослідження аналітичних підходів та з урахуванням авторських позицій сформовано систему часткових показників, що відображають усі його змістовні сторони: постійність кваліфікованого кадрового складу (працівників, що підвищили кваліфікацію або здійснили перепідготовку) підприємства, винахідницьку (раціоналізаторську) активність і ступінь її реалізації, охоплення персоналу всіма видами професійного навчання, його інженерно-технічну і наукову забезпеченість, освітній рівень працівників. Доведено необхідність та економічну доцільність їх включення до аналітичного інструментарію діагностики інтелектуального потенціалу підприємства.

Представлено методiku його інтегральної оцінки з використанням методів експертного опитування та математичної статистики, що є універсальною з точки зору використання підприємствами різної галузевої належності, форми власності та розміру і складається з таких етапів: визначення вагових коефіцієнтів показників, перевірка узгодженості думок учасників експертної групи за кожним із них та в цілому за коефіцієнтом конкордації, в тому числі його перевірка на статистичну значимість за критерієм χ^2 , нормалізація їх значень і розрахунок інтегрального показника з урахуванням коефіцієнтів значимості.

Апробація означеної методики здійснена за фактичними даними підприємства пивобезалкогольної промисловості України (ТОВ «Бердичівський пивоварний завод») за ряд періодів. Як наслідок, встановлено проблемні складові інтелектуального потенціалу товариства та визначено орієнтири подальшої роботи в напрямку його розвитку.

Ключові слова: інтелектуальний потенціал, оцінка, часткові та інтегральний показники, експертне опитування.

Постановка проблеми. Пріоритетним вектором розвитку сучасних підприємств в умовах трансформаційної економіки стає досягнення високого рівня його інтелектуального потенціалу, що надає трудовій діяльності працівників творчого інноваційного характеру та забезпечує вихід за рамки напрацьованого автоматизму, стимулює створення інновації, дає змогу вирізнятись з-поміж конкурентів та оперативно реагувати на зміни зовнішнього середовища. У зв'язку з цим виникає потреба в оцінці інтелектуального капіталу

підприємств, результати якої становитимуть базис для прийняття раціональних і обґрунтованих управлінських рішень щодо підвищення ефективності його використання та пріоритетних напрямків розвитку людського капіталу як головного носія інтелектуальних ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням оцінки інтелектуального потенціалу підприємств присвячено праці Н.М. Андрєєвої [1], С.М. Ілляшенко [2], О.М. Коваленко [3], О.О. Комліченко [4], Л.Г. Мельник [2], О.В. Прокopenко [5], Н.В. Ротань [4], О.В. Рулінської [1], В.Ю. Школи [5] і багатьох інших, що свідчить про активні дослідження в цій сфері та необхідність подальших наукових розробок задля розширення її аналітичної бази та методичного інструментарію.

Метою статті є обґрунтування показників й формування методичного підходу до оцінки інтелектуального потенціалу підприємства, його практична апробація на підприємстві харчової галузі.

Викладення основних результатів досліджень. Дослідження ряду наукових публікацій [1; 2, с.70—73; 5, с.128—129; 6; 7] та власні міркування дозволили авторам сформулювати систему аналітичних показників, якими можна оцінити інтелектуальний потенціал підприємства (табл. 1).

Таблиця 1. Показники оцінки інтелектуального потенціалу підприємства

№	Показники	Алгоритм розрахунку
1	Коефіцієнт постійності кваліфікованих кадрів	Співвідношення чисельності працівників, що підвищили кваліфікацію або здійснили перепідготовку і були в списках підприємства продовж останніх 3 років, до середньооблікової чисельності працівників за відповідний період
2	Коефіцієнт винахідницької (раціоналізаторської) активності	Співвідношення кількості винаходів (корисних моделей, промислових зразків, раціоналізаторських пропозицій), створених (ініційованих) персоналом до середньооблікової чисельності працівників за відповідний період
3	Коефіцієнт реалізації винаходів (раціоналізаторських пропозицій)	Співвідношення кількості впроваджених винаходів (раціоналізаторських пропозицій) до тих, що були офіційно зареєстровані на підприємстві
4	Коефіцієнт охоплення персоналу професійним навчанням	Співвідношення чисельності працівників, які пройшли всі види навчання (підготовку, перепідготовку, підвищення кваліфікації) упродовж звітного періоду, до середньооблікової чисельності працівників за відповідний період
5	Коефіцієнт інженерно-технічного і наукового забезпечення	Співвідношення чисельності інженерно-технічних і наукових працівників (працівників з науковим ступенем) до середньооблікової чисельності персоналу за відповідний період
6	Коефіцієнт освітнього рівня персоналу	Співвідношення чисельності працівників з вищою та середньою спеціальною освітою за профілем посади на підприємстві до середньооблікової чисельності працівників за відповідний період

Коефіцієнт постійності кваліфікованих кадрів характеризує рівень сталості та лояльності до підприємства працівників, що розвинули свої професійні та інтелектуальні здібності і упродовж тривалого періоду використовують їх на користь роботодавця.

Коефіцієнт винахідницької (раціоналізаторської) активності вказує на здатність персоналу генерувати інноваційні ідеї, техніко-технологічні рішення, а коефіцієнт реалізації винаходів (раціоналізаторських пропозицій) — на рівень життєздатності таких ідей (рішень).

Коефіцієнт охоплення персоналу професійним навчанням є індикатором того, наскільки підприємство приділяє увагу його професійному самовизначенню та розвитку інтелектуальних здібностей.

Коефіцієнт інженерно-технічного та наукового забезпечення засвідчує здатність працівників вирішувати виробничі (управлінські) завдання високої технологічної складності і науково-прикладного характеру.

Коефіцієнт освітнього рівня персоналу показує, яка частка працівників на підприємстві відповідає кваліфікаційним вимогам відповідно до зайнятих посад і має відповідну їм профільну освіту.

Методична послідовність подальших розрахунків складається з декількох етапів (використано формули з джерел [8; 9]):

1. Проведення експертного опитування серед керівників структурних підрозділів (їх заступників) досліджуваного підприємства та визначення вагових коефіцієнтів (ω_i) кожного із шести показників рівня його інтелектуального потенціалу як їх середньоарифметичних значень.

2. Оцінка узгодженості думок експертів за кожною складовою-показником інтелектуального потенціалу за коефіцієнтом варіації (V_k):

$$V_k = \frac{S_k}{x_k}, \quad (1)$$

де S_k — середньоквадратичне відхилення k -ї ($k = 1, 2, \dots, n$) ознаки-показника:

$$S_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^w (x_{ik} - \bar{x}_k)^2}{w}}; \quad (2)$$

\bar{x}_k — середнє значення k -ї ознаки-показника:

$$\bar{x}_k = \frac{\sum_{i=1}^w x_{ik}}{w} \quad (3)$$

x_{ik} — значення k -ї ознаки-показника для i -го об'єкта дослідження.

Коефіцієнт варіації тут використовується для характеристики однорідності сукупності, яка досягається при значенні показника менше 33%.

3. Оцінка узгодженості думок експертів у цілому за результатами опитування на підставі множинного коефіцієнта рангової кореляції (коефіцієнта конкордації):

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m^2 \cdot (n^3 - n)}, \quad (4)$$

де S — сума квадратів відхилень суми рангів окремої k -ї ознаки-показника від середнього значення суми рангів всіх показників; m — кількість експертів; n — кількість показників.

Думки експертів вважаються узгодженими, якщо коефіцієнт конкордації перевищує 0,7. Невипадковість його значення оцінюється за критерієм узгодженості Пірсона:

$$\chi_p^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m \cdot n \cdot (n+1)}. \quad (5)$$

Якщо розрахункове значення χ^2 перевищує табличне при визначеному рівні значимості і ступенях свободи, коефіцієнт конкордації є не випадковою величиною, а результати експертного опитування мають сенс.

4. Нормалізація значень показників за формулою:

$$x_k^* = \frac{x_k}{\bar{x}}, \quad (6)$$

де \bar{x} — нормативне значення (наприклад, середнє або еталонне).

5. Обчислення інтегрального показника інтелектуального потенціалу підприємства з урахуванням коефіцієнтів вагомості здійснюється за формулою:

$$x^* = \frac{\sum_{i=1}^n x_k^* \cdot \omega_k}{n}. \quad (7)$$

Звичайно, чим вищим є значення інтегрального показника інтелектуального потенціалу підприємства, а його динаміка — зростаючою, тим краще. Якщо за результатами оцінки було виявлено його негативні зміни, то слід звернути увагу на найбільш проблемні складові інтелектуального потенціалу, більш глибоко дослідити причини, що зумовили недостатній його рівень, розробити та впровадити заходи, спрямовані на покращення ситуації за окремими напрямками його формування і розвитку.

Для проведення дослідження було обрано експертну групу з числа керівників (їхніх заступників) структурних підрозділів ТОВ «Бердичівський пивоварний завод» та проведено анкетування, згідно з яким вони мали розставити питомі ваги значимості часткових показників інтелектуального потенціалу товариства. Подальші дії із ними, описані в пунктах 1—2 вище, можна побачити в табл. 2.

Як видно з результатів аналізу, думки експертів за окремими показниками є узгодженими, оскільки їх коефіцієнти варіації не перевищують 33%. Найбільш значимим вважається коефіцієнт постійності кваліфікованих кадрів, а мінімальну питому вагу мають коефіцієнти інженерно-технічного і наукового забезпечення та освітнього рівня персоналу.

Таблиця 2. Експертна оцінка та визначення узгодженості думок експертів за частковими показниками інтелектуального потенціалу ТОВ «Бердичівський пивоварний завод»

№	Показники	Експерти										Середня оцінка (\bar{x}_k, ω_k)	Дисперсія	Середньо-квадратичне відхилення (S_k)	Коефіцієнт варіації (V_k)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Коефіцієнт постійності кваліфікованих кадрів	0,25	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,26	0,20	0,23	0,19	0,23	0,00018	0,0136	5,92
2	Коефіцієнт винахідницької (раціоналізаторської) активності	0,11	0,13	0,20	0,10	0,17	0,16	0,18	0,14	0,20	0,18	0,16	0,00120	0,0346	22,06
3	Коефіцієнт реалізації винаходів (раціоналізаторських пропозицій)	0,18	0,18	0,22	0,15	0,14	0,17	0,16	0,17	0,16	0,15	0,17	0,00058	0,0242	14,38
4	Коефіцієнт охоплення персоналу професійним навчанням	0,21	0,21	0,18	0,20	0,18	0,18	0,21	0,23	0,18	0,20	0,20	0,00020	0,0140	7,07
5	Коефіцієнт інженерно-технічного і наукового забезпечення	0,15	0,15	0,10	0,12	0,12	0,14	0,10	0,11	0,13	0,12	0,12	0,00040	0,0199	16,05
6	Коефіцієнт освітнього рівня персоналу	0,10	0,10	0,07	0,18	0,16	0,13	0,09	0,15	0,10	0,16	0,12	0,00136	0,0368	29,69
	Всього	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	—	—	—

Для визначення однорідності думок експертів-працівників досліджуваного підприємства в цілому за результатами проведеного опитування (етап 3-й, описаний вище) складено табл. 3.

Здійснивши підстановку у формулу (4) і (5), розрахуємо коефіцієнт конкордації та перевіримо його за критерієм узгодженості Пірсона:

$$W = \frac{1262}{\frac{1}{12} \cdot 10^2 \cdot (6^3 - 6)} = 0,721;$$

$$\chi_p^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot 10 \cdot 6 \cdot (6+1)} = 36,057.$$

Таблиця 3. Проміжні розрахунки для визначення узгодженості думок експертів за результатами опитування

Показники	Експерти										Сума	Відхилення суми від її середньої	Квадрат відхилення
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Коефіцієнт постійності кваліфікованих кадрів	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	12	-23,0	529,0
Коефіцієнт винахідницької (раціоналізаторської) активності	5	5	3	6	3	4	4	5	2	3	40	5,0	25,0
Коефіцієнт реалізації винаходів (раціоналізаторських пропозицій)	3	3	2	4	5	3	3	3	4	5	35	0,0	0,0
Коефіцієнт охоплення персоналу професійним навчанням	2	2	4	2	2	2	2	1	3	1	21	-14,0	196,0
Коефіцієнт інженерно-технічного і наукового забезпечення	4	4	5	5	6	5	5	6	5	6	51	16,0	256,0
Коефіцієнт освітнього рівня персоналу	6	6	6	3	4	6	6	4	6	4	51	16,0	256,0
Всього	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	210	—	1262,0

Табличне значення χ^2 ($p = 0,05$; $k = 4 - 1 = 3$) дорівнює 11,07, що нижче за розрахункове, а множинний коефіцієнт рангової кореляції перевищує позначку 0,7. Тобто робимо висновок про надійність даних, отриманих експертних шляхом, і доцільність їх подальшого використання аналітичною метою.

За даними табл. 4 реалізовано дії, описані на 4—5 етапах наведеної вище методики. Тут варто зазначити, що всі складові показників інтелектуального потенціалу підприємства є стимуляторами, тобто такими, збільшення яких покращує його інтегральну оцінку.

За період, що аналізується, інтегральний показник інтелектуального потенціалу Бердичівського пивоварного заводу покращився, досягнувши приросту в 0,016 позицій за чотири роки — до 0,175 у 2017 році. При цьому «вузькими місцями» його формування та використання виявились: проблеми з утриманням в штаті кваліфікованих працівників (коефіцієнт їх постійності знижувався чи не щорічно); неефективне стимулювання персоналу до винахідницької (раціоналізаторської)

МЕНЕДЖМЕНТ І СТРАТЕГІЧНЕ УПРАВЛІННЯ

активності (відповідний показник знаходиться на низькому рівні і має нерівномірну динаміку).

Отже, у зазначений вище спосіб отримано орієнтири подальшої роботи щодо покращення інтелектуального потенціалу досліджуваного підприємства, серед яких ключовими стануть: підвищення рівня умотивованості кваліфікованих працівників, у професійний розвиток яких було інвестовано кошти, що мають окупатись, і стимулювання творчих ініціатив персоналу.

Таблиця 4. Розрахунок інтегрального показника інтелектуального потенціалу ТОВ «Бердичівський пивоварний завод»

№	Показники	Роки				Серед- не значення	Нормалізовані значення за роками				Ваго- мість по- каз- ника	Інтегральний показник			
		2014	2015	2016	2017		2014	2015	2016	2017		2014	2015	2016	2017
1	Коефіцієнт постійності кваліфікованих кадрів	0,25	0,19	0,19	0,21	0,21	1,19	0,90	0,90	1,00	0,23	0,27	0,21	0,21	0,23
2	Коефіцієнт винахідницької (раціоналізаторської) активності	0,049	0,062	0,051	0,048	0,05	0,93	1,18	0,97	0,91	0,16	0,147	0,185	0,153	0,144
3	Коефіцієнт реалізації винаходів (раціоналізаторських пропозицій)	0,65	0,69	0,71	0,72	0,69	0,94	1,00	1,03	1,04	0,17	0,16	0,17	0,17	0,17
4	Коефіцієнт охоплення персоналу професійним навчанням	0,100	0,121	0,123	0,152	0,12	0,81	0,98	0,99	1,23	0,20	0,16	0,19	0,20	0,24
5	Коефіцієнт інженерно-технічного і наукового забезпечення	0,17	0,2	0,21	0,22	0,20	0,85	1,00	1,05	1,10	0,12	0,11	0,12	0,13	0,14
6	Коефіцієнт освітнього рівня персоналу	0,35	0,41	0,40	0,39	0,39	0,90	1,06	1,03	1,01	0,12	0,11	0,13	0,13	0,12
	Всього	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,00	0,159	0,168	0,164	0,175

Висновки

Обґрунтована оцінка інтелектуального капіталу підприємства дасть змогу створити повноцінну інформаційну базу про дійсний стан справ у сфері формування та використання його інтелектуальних ресурсів, що може бути вико-

ристана як для потреб зовнішніх користувачів (стейкхолдерів), так і з метою прийняття раціональних управлінських рішень, спрямованих на підвищення якості бізнес-процесів, результативності господарської діяльності та капіталізації прибутку. Отже, подальшими кроками у цьому напрямку стане формалізація процесу розкриття резервів та ідентифікації перспективних напрямків розвитку інтелектуального потенціалу підприємства за окремими складовими та в цілому.

Література

1. *Андрєєва Н.М.* Товарна інноваційна політика : [навчальний посібник] / Н.М. Андрєєва, О.В. Рулінська; Одес. нац. екон. ун-т. — Одеса : Апрель, 2015. — 279 с.
2. *Ілляшенко С.М.* Менеджмент та маркетинг інновацій : [монографія] / [С.М. Ілляшенко, О.В. Прокопенко, Л.Г. Мельник та ін.] ; за заг. ред. С.М. Ілляшенка. — Суми : ВТД «Університетська книга», 2004. — 616 с.
3. *Коваленко О.М.* Теоретичні, практичні і культурні аспекти інтелектуального капіталу : монографія / О.М. Коваленко, О.І. Драган. — Київ : НАКККіМ, 2013. — 260 с.
4. *Комліченко О.О.* Оцінка рівня інтелектуального капіталу промислового підприємства / О.О. Комліченко, Н.В. Ротань // Мир науки и инноваций. — 2015. — Выпуск № 2(2). Том 9. — С. 19—22.
5. *Прокопенко О.В.* Оцінка рівня інтелектуального потенціалу в системі стратегічного управління інноваційним розвитком підприємств / О.В. Прокопенко, В.Ю. Школа // Маркетинг і менеджмент інновацій. — 2010. — № 1. — С. 127—131.
6. Управління персоналом та економіка праці: теорія і практика: колективна монографія. — Київ : ВД «Вінніченко», 2014. — 298 с.
7. Економічні і соціально-трудоі аспекти управління персоналом: теорія та практика: колективна монографія. — Київ : ВД «Кафедра», 2017. — 272 с.
8. *Гуляк Р.Е.* Методи визначення вагових коефіцієнтів при розрахунку таксономічних показників / Р.Е. Гуляк [Електронний журнал]. — Режим доступу : <http://eprints.knpu-me.edu.ua/29737/1/44.pdf> (дата звернення: 20.05.2018).
9. *Мармоза А.Т.* Теорія статистики: [підручник] / А.Т. Мармоза — 2-ге вид. перероб. та доп. — Київ : «Центр учбової літератури», 2013. — 592 с.

AN ACCEPTANCE OF ADMINISTRATIVE DECISIONS IN THE FIELD OF LABOUR PROTECTION DURING WORK OF POWER OBJECTS ON ENTERPRISES OF FOOD INDUSTRY

A. Siryk

National University of Food Technologies

Key words:

*Labour protection
Management
Search for solutions
Intellectual system
Energy economy*

Article history:

Received 07.05.2018
Received in revised form
24.05.2018
Accepted 15.06.2018

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The article deals with the main problems of the modern system of labor protection management on energy objects on food industry enterprises. The content of the article provides an opportunity to understand how the developed structural-logical model of the intellectual informational-analytical system of labor protection management works. The introduction of new approaches to improve the system of management of labor protection on the food enterprise was offered, which involves resource management, documentation of the system of management of labor protection, preparedness for emergency situations during the operation of energy objects of food industry enterprises and the response to them, transmission and exchange of information about labor protection. The knowledge base is developed with the implementation of the algorithm of the logical output of the management solution.

The use of the proposed method of searching for a managerial decision about the choice of a set of measures for increasing the level of safety at work based on the use of intellectual information-analytical system of labor protection management system is outlined. As indicators for describing the actual state of safety of the energy objects on the food enterprises, the output parameters-factors that form information about the safety of work were selected, namely: the safety of technological processes; safety of technological constructions. When constructing a general model of the functioning of the informational-analytical system, the possible influence of destabilizing factors on the current state of labor safety was also taken into account. The proposed methodology is essential for the theoretical bases and tools of improvement of informational and analytical systems of labor protection management of energy objects on food industry enterprises.

ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

А.О. Сірик

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто основні проблеми сучасної системи управління охороною праці енергетичних господарств підприємств харчової промисловості. Зміст статті дає можливість зрозуміти, яким чином працює розроблена структурно-логічна модель інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці. Запропоновано впровадження нових підходів до покращення системи управління охороною праці на харчовому підприємстві, що передбачає управління ресурсами, ведення документації системи управління охороною праці, готовність до аварійних ситуацій під час експлуатації енергетичних об'єктів підприємств харчової промисловості та реагування на них, передачу й обмін інформацією з питань охорони праці. Розроблена архітектура бази знань з реалізацією алгоритму логічного виведення управлінського рішення.

Окреслено використання запропонованої методики пошуку управлінського рішення щодо вибору сукупності заходів для підвищення рівня безпеки праці на основі використання інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці. Як показники для опису фактичного стану безпеки праці на енергетичних об'єктах підприємств харчової промисловості було обрано вихідні параметри-фактори, що формують інформацію про безпеку трудової діяльності працівників, а саме: безпека технологічних процесів; безпека технологічних конструкцій. Також при побудові загальної моделі функціонування інформаційно-аналітичної системи було враховано можливий вплив дестабілізуючих факторів на поточний стан безпеки праці. Запропонована методика має суттєве значення для теоретичних основ та інструментальних засобів удосконалення інформаційно-аналітичних систем управління охороною праці енергетичних господарств підприємств харчової промисловості.

Ключові слова: охорона праці, управління, пошук рішень, інтелектуальна система, енергетичне господарство.

Постановка проблеми. Енергетичне господарство підприємств харчової промисловості відноситься до небезпечних виробничих об'єктів, що пов'язане із значною кількістю аварій з важкими наслідками. Комплекс енергетичного господарства харчового підприємства складається з апаратів та установок, що являються вибухо-, пожежо- та токсично- небезпечними, а отже, неминуче зростання аварій у резервуарному парку і на трубопроводах. Для ліквідації, а головне, для запобігання подібним позаштатним ситуаціям необхідно оцінювати ризик виникнення аварійних ситуацій та їх наслідків.

Незадовільний стан охорони праці, що спостерігається при експлуатації енергетичних об'єктів підприємств харчової промисловості, зумовлений, зокрема, недосконалістю існуючих методів управління охороною праці. Використання інформаційно-аналітичних систем для покращення стану безпеки праці на сьогодні вимагає їх удосконалення. Для цілеспрямованого покращення функціонуючої системи управління охороною праці, з метою забезпечення ефективної та результативної діяльності керівників енергетичного господарства підприємств харчової промисловості вимагає її сучасної уяви і використання новітніх поглядів. Саме удосконалення інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці, як адміністративний підхід, обумовлює необхідність розробки методики пошуку управлінських рішень з охорони праці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми удосконалення системи управління охороною праці, впровадження інформаційних технологій на підприємствах вивчало ряд науковців, зокрема, О.Є. Кружилко, В.В. Майстренко, С.О. Ляшенко та інші. Водночас автор пропонує нові підходи до побудови і використання методики пошуку рішення щодо вибору сукупності заходів забезпечення безпеки праці на прикладі енергетичного господарства підприємств харчової промисловості.

Мета дослідження: побудова методики прийняття управлінських рішень щодо вибору сукупності заходів з охорони праці при роботі енергетичних об'єктів підприємств харчової промисловості, яка розробляється з метою зниження ризику настання позаштатної ситуації на робочих місцях енергетичних об'єктів підприємств харчової промисловості.

Викладення основних результатів дослідження. Управління охороною праці на підприємстві — це сукупність дій службових осіб, що здійснюються на підставі постійного аналізу інформації про стан охорони праці на всіх робочих місцях для поліпшення та підтримання його на певному рівні відповідно до законодавчих і нормативних актів.

Світова економіка третього тисячоліття відзначається надзвичайно швидкими темпами росту, основним чинником якого є поширення інноваційних процесів і впровадження їх в усі сфери господарської діяльності, в тому числі в промислове виробництво. Для підприємств харчової промисловості інновації та інноваційний розвиток стають необхідною складовою процесу забезпечення їх довготривалого та стійкого функціонування, важливим інструментом формування конкурентних переваг. Однак ефективність інноваційного розвитку безпосередньо залежить від гнучкого й адаптивного управління цим процесом. Визначення пріоритетності інноваційного розвитку вітчизняними промисловими підприємствами обумовлює необхідність розв'язання проблеми формування відповідної системи управління, однією з найважливіших складових якої є підсистема інформаційно-аналітичного забезпечення процесу прийняття управлінських рішень [1].

На підставі даних аналізу стану охорони праці на підприємстві роботодавець повинен визначити види діяльності, технології, виробниче обладнання та операції, пов'язані з небезпечними факторами, та розробити заходи, спря-

мовані на поетапне впровадження нових безпечних прийомів праці, матеріалів, процесів чи устаткування тощо.

Необхідність постійного вдосконалення системи управління охороною праці обумовлена насамперед тим, що це дає змогу мінімізувати ймовірність нещасних випадків, травмувань, професійних захворювань та, як наслідок, підвищити стабільність виконання виробничих функцій. Крім того, впровадження в систему управління охороною праці форм, що регламентуються міжнародними стандартами [2].

Функції керування, що ініціюють впливи органу керування на керовані об'єкти, здійснюються за допомогою реалізації визначених функцій, спрямованих на вирішення конкретних завдань, які випливають з аналізу інформації, що надходить, про стан охорони праці на робочих місцях, виробничих ділянках і в цехах, у цілому на підприємстві.

Розподіл функцій керування між підрозділами підприємства є специфічним для кожного конкретного підприємства і залежить від масштабів, характеру виробництва, складу підрозділів та інших особливостей.

На основі загальної побудови системи управління охороною праці підприємства за аналогією можна представити систему управління охороною праці енергетичного господарства підприємств харчової промисловості. На верхньому рівні знаходиться керівник енергетичного господарства підприємств харчової промисловості, на середньому — керівники структурних підрозділів, на нижньому — працівники цих підрозділів.

Необхідним є розроблення заходів для конкретизації рішення і доведення його до виконавців; здійснення контролю за його виконанням; внесення необхідних коректив; оцінювання результату, отриманого внаслідок реалізації рішення щодо підвищення рівня безпеки праці в енергетичному господарстві підприємств харчової промисловості [3].

Аналіз існуючих інформаційних систем у сфері охорони праці свідчить, що накопичено позитивний досвід їх використання для вирішення завдань адміністративного моніторингу показників наглядової діяльності та травматизму. Зокрема, такі системи дають змогу оперативно опрацьовувати великі обсяги інформації, здійснювати облік та обробку даних, проводити складні математичні розрахунки тощо. Незважаючи на значні переваги, які надає використання інформаційних систем, слід відзначити певну їх обмеженість. Традиційно в інформаційних системах відсутні функції підтримки вироблення управлінських рішень, прогнозування, експертного оцінювання та поглибленого аналізу стану охорони праці та наглядової діяльності. Це призводить до нерационального використання наявних даних, а в окремих випадках — до прийняття недостатньо обґрунтованих управлінських рішень.

Основні вимоги, які надають можливість реалізувати теоретичні основи оперативного управління охороною праці для забезпечення оперативного реагування на стан виробничого травматизму, це:

- інформаційні бази даних про стан виробничого травматизму та виробничі ризики [4; 5] повинні містити повну та актуалізовану інформацію в обсягах, необхідних для підтримки прийняття управлінських рішень;

- збір, передача та зберігання даних мають здійснюватись за встановленими формами та у визначені терміни;

- інформаційні системи, призначені для занесення, обробки та передачі даних про стан виробничого травматизму та наглядової діяльності мають бути встановлені на всіх рівнях ієрархічної системи управління охороною праці;

- планування оперативних заходів з охорони праці має здійснюватись з використанням методів математичного моделювання, прогнозування та експертних оцінок [6].

Оцінити внесок системи управління охороною праці підприємства у досягненні кінцевої мети — ліквідації наслідків можливих аварій та аварійних ситуацій, на сучасному етапі розвитку теорії і практики управління відповідними заходами і засобами є достатньо складною проблемою. Відомо, що на процес управління та на систему управління охороною праці та промисловою безпекою підприємства, як організаційно-технічну основу цього процесу при ліквідації наслідків можливих аварій та аварійних ситуацій (ААС), впливає багато факторів. Кількісно оцінити такий вплив можна тільки за умов наявності системи показників, які всебічно характеризують функціонування системи управління та критерію щодо рівня ефективності функціонування цієї системи, який забезпечить досягнення кінцевої мети. Для оцінювання внеску системи управління охороною праці (СУОП) підприємства у досягненні кінцевої мети — ліквідації наслідків можливих ААС необхідно мати методіку, за допомогою якої можна не тільки оцінити ефективність функціонування цієї системи, але й обґрунтувати комплекс рекомендацій, спрямованих на її підвищення. Крім того, розроблення відповідної методіки необхідне для вирішення таких завдань:

- по-перше, виявити відповідність функціонування СУОП підприємства сучасним вимогам, що висуваються до роботи органів управління при ліквідації наслідків можливих ААС;

- по-друге, визначити вплив складових СУОП на ефективність — вирішення завдань, які стоять при ліквідації наслідків ААС;

- по-третє, ще до проведення заходів, спрямованих на удосконалення СУОП, оцінювати та прогнозувати внесок у підвищення ефективності її функціонування [7].

Корпоративні (комерційні та державні) організації та підприємства використовують аналітичну підтримку для прийняття виважених і обґрунтованих рішень та поліпшення результатів роботи. Застосування аналізу даних дає можливість прийняття більш цілеспрямованих рішень, що базуються на надійній і достовірній інформації, отриманій завдяки інформаційно-аналітичному забезпеченню цілого ряду бізнес-проблем, включаючи вибір управлінських рішень [8].

У роботі енергетичного господарства підприємств харчової промисловості пропонується ввести елемент інтелектуалізації у вигляді системи підтримки прийняття рішень (СППР) в інформаційно-аналітичну систему управління охороною праці, яка нині функціонує на підприємствах харчової промисловості. Інтелектуальні інформаційно-аналітичні системи (ІІАС) можуть засто-

совуватись для підвищення рівня безпеки праці на підприємствах харчової промисловості і, зокрема, в енергетичному господарстві. Інтелектуальні інформаційно-аналітичні системи, що мають у своїй основі системи підтримки прийняття рішень, на яку поступає інформація про поточний стан безпеки праці на підприємстві (статистика травмування та професійних захворювань, тривалість непрацездатності працівників, показник ризику настання позаштатної ситуації), інформація про зміни в нормативно-правовій базі в рамках охорони праці на підприємстві.

При вирішенні зазначених завдань використовуються математичні і математико-статистичні методи дослідження залежностей: факторний, кореляційний і регресійний аналіз, дослідження часових рядів, лінійне програмування, мережеве планування й управління тощо. Оскільки на процеси, що відбуваються при надзвичайних ситуаціях, впливають випадкові фактори, то моделі є ймовірно-статистичними або імітаційними. Підсистема аналізу і формування інформаційно-аналітичних матеріалів призначена для аналізу результатів математичного моделювання, встановлення причинно-наслідкових зв'язків, виявлення значимих факторів досліджуваних явищ, подій, процесів, вироблення пропозицій в управлінські рішення. Підсистема представлення інформаційно-аналітичних матеріалів призначена для відображення і представлення інформаційно-аналітичних матеріалів споживачеві — особі, що приймає рішення [8].

У системі підтримки прийняття рішень аналізується й обробляється вся зібрана інформація та видається особі, що приймає рішення (керівнику), альтернативні варіанти щодо сукупності заходів забезпечення безпеки праці. Керівник на свій експертний розсуд обирає один із варіантів сукупності заходів, втілює їх на виробництві, в результаті чого відбувається підвищення рівня безпеки праці в енергетичному господарстві підприємств харчової промисловості. Після цього інформація про ризик настання позаштатної ситуації та стан безпеки праці перераховується й оновлюється і процес повторюється знову.

Розроблена структурно-логічна модель, архітектура бази знань та алгоритми логічного виведення інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці. Основою для аналізу і розробки моделей баз знань у цій системі є логічна структура. Логічна структура інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці повинна розглядатися як структура ієрархічна, з точним визначенням рівнів і підлеглих інтелектуальних компонентів системи.

Це положення обумовлюється тим, що структури організаційного управління мають складну ієрархію (керівник (головний енергетик) — відділи — управління тощо), що визначає адміністративні, виробничо-технічні і економічні зв'язки в проєктованій системі. При цьому, як правило, спостерігається сувора підлеглисть адміністративно-структурних одиниць вищим рівням управління.

В інтелектуальній інформаційно-аналітичній системі управління охороною праці енергетичного господарства підприємств харчової промисловості

циркулює інформація різноманітного виду і призначення, що в основному представлена у вигляді різноманітних форм статистичної звітності по основним параметрам (статистичної інформації), оперативної та організаційно-управлінської інформації. Найбільш упорядкованою вона є в системі управління охороною праці окремих органів управління (керівників підприємств, структурних підрозділів). Мета таких систем: постачання повної, достовірної і надійної інформації систем підтримки прийняття рішень; створення оптимальних умов для наукового аналізу і прогнозування стану розвитку процесів, які можуть призвести до аварій або погіршення стану умов праці; аналіз діяльності відповідних органів управління; своєчасна корекція рішень, що приймаються в різноманітних галузях діяльності. Інформація, що циркулює в інтелектуальній інформаційно-аналітичній системі управління охороною праці, не завжди сумісна за багатьма параметрами з інформаційним потоком окремих її структурних ланок. У ряді організаційних структур (ділянок підприємства, енергетичного господарства) збір і обробка інформації відбувається вручну або комп'ютерна техніка тільки починає впроваджуватися. Зміст інформації орієнтований в основному на забезпечення внутрішньовідомчих завдань, у результаті інформація має фрагментарний характер, що не дає цілісної картини. Оперативна аналітична обробка й інтелектуальний аналіз даних — дві складові частини процесу підтримки прийняття рішень [9].

Найбільш актуальною проблемою є забезпечення інтегрованого погляду на складний об'єкт управління в цілому (на підприємстві), комплексний аналіз зібраних у ньому зведень і витяг з великого об'єму деталізованих даних деякої корисної інформації — знань про закономірності. Як правило, інформаційні масиви перетворюються системами в сховище даних або базу знань — інтегровані інформаційні депозитарії, доступні для оперативного узагальнення й аналізу. За рахунок попередньої обробки інформації, проведеної на етапі формування сховищ даних, значно підвищується ефективність таких процесів як інтелектуальний аналіз даних, глибинний аналіз текстів і виявлення нових знань у текстах. Як похідну цих процесів можна назвати появу засобів, що спрощують пошук для користувача, таких як реалізація нечіткої логіки запитів (нечіткого пошуку), засобів побудови функціональних інформаційних портретів, візуалізації семантичних зв'язків тощо. У свою чергу, ці можливості безпосередньо пов'язані з розпізнаванням образів, пошуком мультимедійних даних. Використання сучасних інформаційних технологій при обробці даних впливає на якість аналітичної роботи двома різними шляхами: забезпечення максимальної деталізації та інших заходів для удосконалювання облікової системи відповідно до вимог аналітика при відповідній організації побудови звітів у системі спрощують і систематизують процес збору інформації для аналізу; автоматизація як збору даних, так і самих аналітичних розрахунків аж до допомоги у формуванні висновків дає змогу полегшити сам процес аналізу [8].

Традиційно під базою знань (БЗ) розуміється ядро експертної системи, сукупність, знань наочної області, записана на машинний носій у формі,

зрозумілій експертові і користувачеві. При розробці структури БЗ для інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці енергетичного господарства підприємств харчової промисловості необхідно виходити із структури і характеру тієї інформації, яку БЗ повинна містити, а це нормативно-правові документи із забезпеченню безпеки праці (рис. 1).

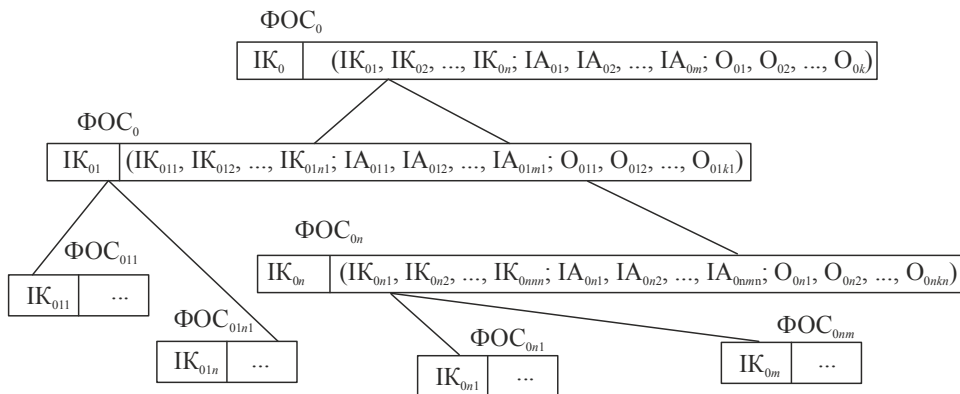


Рис. 1. Структурно-логічна модель ПА СУОП у термінах інтелектуальних компонентів

Базу знань інтелектуального компонента можна представити у вигляді такої конструкції: $BZ_{IK_i} = (DD_i, M_{IA}, M_{IO}, BZ_{\Phi OC})$, де DD_i — дерево декомпозиції інтелектуального компонента IK_i ; M_{IA} — сукупність моделей IA , пов'язаних з даним IK ; M_{IO} — сукупність моделей інформаційних об'єктів, пов'язаних з даним IK ; $BZ_{\Phi OC}$ — база знань формальної об'єктної системи інтелектуального компонента (IK) [10].

Для розв'язання задач пошуку і добору найкращих варіантів, що відтворює собою узагальнений зміст інтелектуальних компонент, використовується узагальнена методика побудови, налагодження та експлуатації програмного забезпечення за схемою інтелектуальних компонент. Така методика проектування включає в себе:

- добір та аналіз множини можливих запитів до інтелектуальної компоненти;
- вибір множини джерел зовнішньої та внутрішньої інформації для інтелектуальної компоненти;
- класифікація та ранжування джерел інформації за характеристиками надійності та коректності;
- визначення методики декомпозиції даних для організації їх перегляду;
- формування або реконфігурація еталонів і зразків для аналізу даних у вікнах перегляду, зафіксованих форматів;
- маркування та кодування фрагментів картин у вікнах перегляду, де було знайдено фактичну інформацію у вигляді еталонів і зразків за попередньо визначеними критеріями;
- підготовка позначених фрагментів до наступних етапів аналізу за ознаками більш високих рівнів;

- декодування або реконструкція корисних фрагментів картини проблемної області та класифікація віднайденної інформації за додатковими шаблонами і критеріями;

- визначення напрямків розподілу зібраної та класифікованої інформації;

- аналіз попередньої інформації для поновлення бази даних і бази знань для їх подальшого використання в процесі обліку, аналізу і прогнозування стану слабо детермінованого об'єкта і прийняття рішень керівником.

Методика експлуатації інтелектуальних компонент передбачає ті ж самі дії, що мають місце на етапах побудови і перебудови компонент [11].

Для інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці пошук таких формул цілком можливий, оскільки бази знань ІК зберігають знання певного рівня ієрархії і нові знання (в даному випадку складна цільова формула Q) можуть виникати в процесі сумісного виводу по декількох баз знань різних інтелектуальних компонентів. Тому пропонується удосконалений алгоритм стосовно баз знань інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці енергетичного господарства підприємств харчової промисловості.

Позначимо як T_{IK_i} — піддерево дерева інтелектуальних компонентів, що починається з IK_i ; l_i — індексу послідовність IK_i , що однозначно визначає положення IK_i в ДІК; l_d — останню цифру індексної послідовності; $|$ — операцію відсікання в індексній послідовності, l_i — поточну індексу послідовність. Сигнатура піддерева T_{IK_i} розуміється як об'єднання $J(T_{IK_i}) = U(J(BZ_{ij}) | IK_{ij} \in T_{IK_i})$.

Початкові дані: дерево інтелектуальних компонентів T_{IK_0} відповідної ПА СУОП, що включає множину баз знань $R = \{BZ_{ij} | i \leq n\}$ де n — число ІК в ієрархії; Q — цільова формула з сигнатурою $J(Q)$.

Крок 1. Визначається початкова точка процесу логічного виводу. Піддерево T_{IK_i} вибираємо по найближчому ІК для ІО або ІА, що ініціював процес логічного виводу. Встановлюємо $l_i, l_i := l_i$.

Крок 2. Проводиться порівняння $J(Q)$ і $J(T_{IK_i})$. Якщо $J(Q) \not\subseteq J\{T_{IK_i}\}$, то виведення Q в піддереві T_{IK_i} неможливе. Перехід до кроку 6, інакше — до кроку 3.

Крок 3. Для всіх $IK_{ij} \in T_{IK_i}$ виконується порівняння $J(Q)$ і $J(BZ_{ij})$. Якщо існує j , такий, що $J(Q) \subseteq J(BZ_{ij})$, застосовується алгоритм МР для множини БЗ піддерева T_{IK_i} . Інакше — до кроку 4.

Крок 4. Для множини баз знань піддерева T_{IK_i} будується граф перетинів G , далі він перетворюється в дерево G_T відповідно до процедури ($G = (V, E, W)$).

Крок 5. Виконується логічний вивід у графі G_T . Якщо вдається вивести Q , то видається повідомлення «Мета досягнута», йти до кроку 7, інакше — до кроку 6.

Крок 6. Перевіряємо рівність $l_i = 0$, тобто чи не досягнутий нульовий рівень ієрархії в ДІК, якщо ні, то $l_i := l_i | l_d$. Перехід до кроку 2. При $l_i = 0$ вивід завершується безрезультатно.

Крок 7. Завершення алгоритму [10].

Графічне зображення алгоритму формування рішень з використанням інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи представлено на рис. 2.

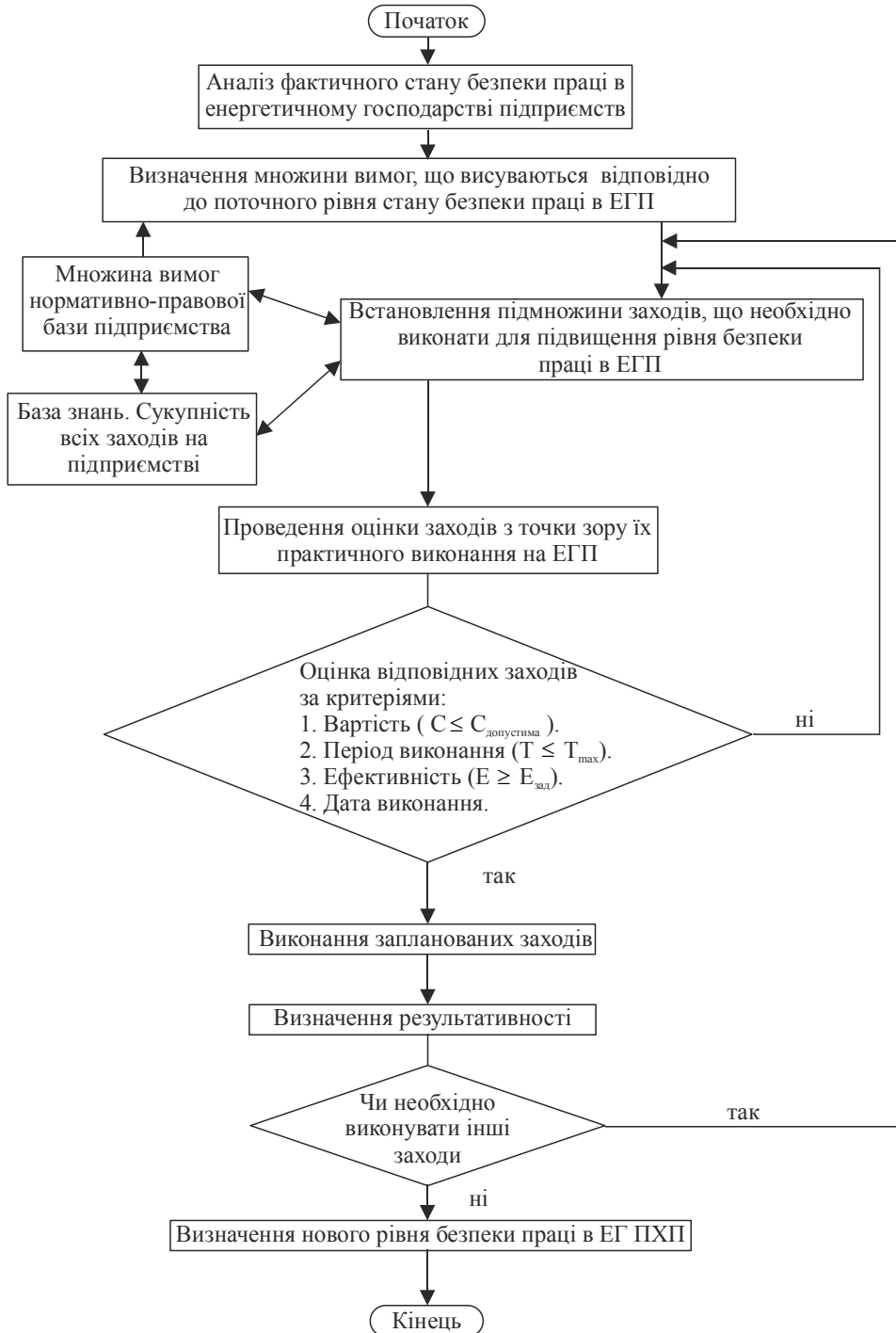


Рис. 2. Алгоритм формування рішень із використанням інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи

Висновки

Отже, запропонована методика пошуку управлінського рішення щодо вибору сукупності заходів для підвищення рівня безпеки праці, є послідовністю етапів, операцій і процедур, що здійснюються за допомогою інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень. Методика відрізняється від існуючих перевіркою протиріч інформації в базі знань за принципом поділу цільових функцій, забезпечує можливість виведення складних цільових формул і враховує ієрархічний характер структури інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи енергетичного господарства підприємств харчової промисловості та загальну архітектуру бази знань. Розроблена методика дасть змогу керівнику енергетичного господарства підприємств харчової промисловості своєчасно виявляти та нівелювати проблемні питання, за рахунок чого досягається головна мета — підвищення ефективності управління, та покращення стану безпеки праці.

Розробка запропонованої інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи передбачає:

- створення і ведення єдиної інформаційної бази підтримки адміністративної (управлінської) діяльності підприємства;
- створення і впровадження нових форм і методів управління охороною праці на підприємстві на основі сучасних інформаційних технологій;
- кардинального скорочення часу, необхідного на проходження інформації, що вимагається для ухвалення рішення керівником енергетичного господарства підприємств харчової промисловості.

Для створення інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці необхідно забезпечити погоджене ведення внутрішньої бази даних енергетичного господарства підприємств харчової промисловості із використанням єдиних на рівні підприємства довідників.

Література

1. *Альошин С.Ю.* Прийняття управлінських рішень з питань інноваційного розвитку промислових підприємств на засадах контролінгового забезпечення / С.Ю. Альошин // Вісник соціально-економічних досліджень. — 2014. — Випуск 3(54). — С. 186—191.
2. *Євтушенко О.В.* Підвищення рівня безпеки праці на підприємствах харчової промисловості / О.В. Євтушенко, А.О. Водяник // Проблеми охорони праці в Україні : збірник наукових праць. — Київ : ДУ ННДПБОП, 2012. — Вип. 24. — С. 38—48.
3. *Здановський В.Г.* Аналіз безпеки та охорони праці енергогосподарств підприємств, малої та комунальної енергетики / В.Г. Здановський // Інформаційний бюлетень з охорони праці. — Київ : ДУ ННДПБОП, 2016. — № 4(82). — С. 96—101.
4. *Кружилко О.Є.* Алгоритм вибору методів та визначення результативності оцінки ризику / О.Є. Кружилко, О.В. Богданова // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Екологічна безпека. — 2016. — Вип. 2(97), част. 1. — С. 76—81.
5. *Кружилко О.Є.* Алгоритм підготовки управлінських рішень на основі комбінованого методу оцінки ризику виробничого травматизму / О.Є. Кружилко, О.В. Богданова // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2016. — № 3 (том 22). — С. 140—149.
6. *Кружилко О.Є.* Удосконалення оперативного управління охороною праці / О.Є. Кружилко, В.В. Майстренко, Г.В. Демчук, О.І. Полукаров // Проблеми охорони

праці в Україні : збірник наукових праць. — Київ : ДУ ННДІПБОП, 2016. — Вип. 32. — С. 37—42.

7. *Володченко Н.В.* Методика оцінювання ефективності функціонування системи управління охороною праці підприємства / Н.В. Володченко, О.В. Хіврич, О.Г. Левченко // Вісник ТУУ «КПІ». — 2014. — № 26. — С. 121—130.

8. *Додонов О.Г.* Інформаційно-аналітична підтримка прийняття управлінських рішень / О.Г. Додонов, В.Г. Пуятін, В.О. Валетчик / Реєстрація, зберігання і обробка даних. — 2005. — Т. 7, № 2. — С. 77—93.

9. *Додонов А.Г.* Организация экспертной поддержки информационно-аналитической системы по вопросам чрезвычайных ситуаций при принятии управленческих решений / А.Г. Додонов, В.Г. Пуятин, В.А. Валетчик // Реєстрація, зберігання і обробка даних. — 2005. — Т. 7, № 1. — С. 130—146.

10. *Сірик А.О.* Моделі та методи підвищення рівня безпеки праці в енергетичному господарстві підприємств харчової промисловості на основі використання системи підтримки прийняття рішень : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.26.01 «Охорона праці» / Сірик Аліна Олегівна ; ДУ «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці». — Київ : 2018. — 20 с.

11. *Нестеренко О.В.* Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень : Навч. посібн. / О.В. Нестеренко, О.І. Савенков, О.О. Фаловський. — За ред. П.І. Бідюка. — Київ : Національна академія управління, 2016. — 188 с.

INTELLECTUALIZATION OF THE INFORMATIONAL AND ANALYTICAL LABOR PROTECTION MANAGEMENT SYSTEM ON THE FOOD ENTERPRISE

O. Yevtushenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Labor protection
Labor safety
Occupational injuries
Management
Food enterprise*

Article history:

Received 16.05.2018
Received in revised form
04.06.2018
Accepted 15.06.2018

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The intellectualization of the information and analytical labor protection management system on the food enterprise is proposed based on decision support system. The task was solved by introducing an element of intellectualization, which includes the model of the intellectual agent, into the informational and analytical labor protection management system, which is described by the parameters of harmful and dangerous factors and the use of behavior and decision-making submodels by officials. The intellectual agent model allows to take into account the dynamics of changes of the vector of the labor safety situation, the change of the vector of regulatory framework of labor protection and the probability of an off-peak situation risk on the food industry enterprise.

The conceptual model of the intellectual information and analytical labor protection management system of food industry enterprise is developed based on a decision support system, which provides information about the current state of safety on the food industry enterprise, information about changes in the regulatory framework for occupational safety and health. In the system of decision support, this information is analyzed and processed, and alternatives to the set of occupational safety measures are given to the head of the labor protection department. The head of the labor protection department provides the heads of the structural divisions on the food enterprise with the optimal set of measures for further implementation in the structural unit for ensuring labor safety.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-13

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ НА ХАРЧОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

О.В. Євтушенко

Національний університет харчових технологій

У статті запропоновано інтелектуалізацію інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці харчового підприємства на основі системи

підтримки прийняття рішень. Поставлене завдання вирішене шляхом впровадження в інтелектуальну інформаційно-аналітичну систему управління охороною праці елемента інтелектуалізації, в яку входить модель інтелектуального агента, що описується параметрами шкідливих і небезпечних факторів і використанням субмоделі поведінки та прийняття рішення посадовими особами. Модель інтелектуального агента дає змогу враховувати динаміку зміни вектора стану безпеки праці, зміну вектора нормативно-правової бази з охорони праці та ймовірності ризику настання нештатної ситуації на підприємстві харчової промисловості.

Розроблена концептуальна модель інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці підприємства харчової промисловості, в основі якої міститься система підтримки прийняття рішень, на яку надходить інформація про поточний стан безпеки на харчовому підприємстві, інформація про зміни в нормативно-правовій базі з охорони праці. В системі підтримки прийняття рішень аналізується та обробляється інформація та надається начальнику служби охорони праці альтернативні варіанти щодо сукупності заходів з охорони праці. Начальник служби (відділу) охорони праці надає керівникам структурних підрозділів харчового підприємства оптимальну сукупність заходів до впровадження у структурному підрозділі із забезпечення безпеки праці в рамках загальної множини нормативно-правової бази з охорони праці.

Ключові слова: *охороною праці, безпека праці, виробничий травматизм, управління охороною праці, харчове підприємство.*

Постановка проблеми. Система управління охороною праці (СУОП) на підприємстві харчової промисловості є базовою основою у забезпеченні безпеки праці на виробництві [1]. Саме рівень СУОП як складова загальної системи управління харчовим підприємством визначає успішність і безпечність виробничих процесів. При аналізі ефективності функціонування СУОП на підприємствах харчової промисловості одним із показників її функціонування є рівень нещасних випадків і професійних захворювань. Незважаючи на загальну тенденцію зниження кількості нещасних випадків на підприємствах харчової промисловості, рівень виробничого травматизму залишається високим, темпи його зниження низькими [2]. На основі аналізу статистичних даних і дослідження виробничого травматизму в харчовій промисловості за тривалий період встановлено, що організаційні фактори призводять до 80% виробничих травм, більшість нещасних випадків відбувається в результаті невірних дій (рішень) або ж порушення вимог нормативно-технічних документів як самими постраждалими, так і іншими працівниками, або їх ігнорування, а також невміння успішно застосовувати необхідні знання у конкретній, особливо у нештатній ситуації з боку керівників структурних підрозділів харчових підприємств [2; 11].

Законодавством України з охорони праці передбачений такий розподіл обов'язків з управління охороною праці на будь-якому підприємстві: управління охороною праці на підприємстві здійснює в цілому по підприємству

директор (роботодавець) і його заступники; у підрозділах — їхні керівники; організаційно-методичну та наглядову діяльність з охорони праці, підготовку управлінських рішень і контроль за їх виконанням здійснює служба охорони праці, яка підпорядковується безпосередньо директору [3; 8].

Під час виконання повсякденних операцій фахівцями служб (відділів) охорони праці харчових підприємств обробляються, систематизуються, зберігаються великі обсяги інформації. Але, на жаль, як засвідчує практика, не приділяється належна увага застосуванню накопичених даних для аналізу прийняття рішень й оперативного управління [4]. Залишаються невирішеними питання структуризації даних, розміщених за категоріями (виробничі фактори і умови праці, інструкції, приписи тощо) і вибору цінної інформації.

Проблема полягає перш за все в тому, що доводиться аналізувати і прогнозувати виробничі ситуації з охорони праці. Це значні обсяги інформації, аналіз яких провести своєчасно без сучасних інформаційних технологій (ІТ) неможливо. Інформаційні технології — невід’ємна частина нашої сучасності, зокрема її головна складова за високого рівня розвитку впровадження у наше життя нового стилю керування. Розподіл інформації та побудова інформаційного забезпечення управління охороною праці в більшості своїй характеризує мистецтво керування. Впровадження нових моделей і принципів в інформаційному забезпеченні охорони праці на харчовому підприємстві із залученням сучасних інформаційних технологій відіграє вирішальну роль в обґрунтованості та своєчасності прийнятих управлінських рішень на основі моніторингу умов праці, статистики профзахворювань і травматизму, аналізу виробничих ризиків та ефективності заходів з їх контролю й зниження.

Тож сучасна інформаційно-аналітична система управління охороною праці на харчовому підприємстві повинна бути організована з урахуванням чіткої взаємодії начальника служби (відділу) охорони праці з керівниками всіх структурних підрозділів харчового підприємства, для адекватного та постійного управління з урахуванням усіх факторів, що впливають на стан охорони праці, і надавати керівникам структурних підрозділів оптимальну сукупність заходів забезпечення безпеки праці.

Одним із перспективних наукових напрямків є інтелектуалізація процесу прийняття рішення на основі всього об’єму інформації з охорони праці на харчовому підприємстві. Лише таке прийняття рішень дасть змогу виробити оптимальну сукупність заходів забезпечення охорони праці.

Актуальність роботи підтверджується Загальнодержавною соціальною програмою поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014—2018 роки, затвердженої Законом України від 4 квітня 2013 року № 178-IV.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На підставі проведеного аналізу інформаційно-аналітичних систем, що застосовувались у сфері охорони праці, залежно від мети їх функціонування, вирішуваних завдань, особливостей збору й обробки даних, можна виділити інформаційно-довідкові, інформаційно-розрахункові, інформаційно-керуючі та інтелектуальні інформаційно-аналітичні системи [5].

Інформаційно-довідкові системи призначені для занесення в бази даних, збереження, систематизації та видачі за запитом користувача потрібної інформації. Найбільшого розповсюдження у сфері охорони праці набули тематичні інформаційні системи, призначені для зберігання й обробки інформації з різноманітних питань (нормативно-правові та науково-технічні документи, засоби індивідуального та колективного захисту працюючих тощо). Використання таких систем сприяло підвищенню рівня поінформованості фахівців, давало змогу оперативно отримувати необхідні дані та використовувати їх в роботі [5].

Інформаційно-розрахункові системи призначені для проведення в автоматизованому режимі розрахунків відповідно до реалізованих в них алгоритмів. Такі системи широко використовувались для обчислення різноманітних коефіцієнтів та показників стану охорони праці з подальшим збереженням результатів розрахунків у базах даних для їх використання при формуванні звітних і довідкових документів [6].

Слід відзначити, що найбільшого розповсюдження набули інформаційно-аналітичні системи, які поєднували в собі риси розрахункових і пошукових систем [6].

Інформаційно-керуючі системи призначені для збору та аналізу даних про параметри технологічного процесу виробничого середовища, для видачі управлінського сигналу (команди) [5; 6].

Інтелектуальні інформаційні системи використовують математичний апарат штучного інтелекту, методи моделювання та прогнозування, експертні, теорії прийняття рішень тощо. Математичний апарат штучного інтелекту є науковою основою створених систем, які імітують розв'язування людиною складаних творчих завдань [7]. До інтелектуальних інформаційних систем (ПАС) можна віднести інформаційно-аналітичні системи, призначені для підтримки управлінських рішень, що виробляються на основі обробки інформації математичними методами. Інтерес до ПАС, як перспективного напрямку використання комп'ютерної техніки та математичного апарату для підвищення ефективності управлінської діяльності, постійно зростає [4; 6]. Застосування ПАС забезпечує вирішення завдань управління, які важко формалізувати, дає змогу об'єктивно оцінити альтернативні варіанти управлінських рішень, проаналізувати можливі результати їх реалізації, обґрунтовано обрати оптимальне рішення. Тобто аналіз результатів вирішення задач, отриманих шляхом комп'ютерного моделювання, надає можливість уникнути можливих помилок у процесі здійснення управлінської діяльності в реальності [6].

Питань підвищення ефективності функціонування системи управління охороною праці, впровадження інформаційних технологій на підприємствах розглянуті в працях: А.О. Водяника, Г.Г. Гогіташвілі, О.І. Запорожця, В.Г. Здановського, О.Є. Кружилка, О.О. Лапшина, О.Г. Левченка, М.О. Лисюка, С.О. Ляшенка, В.В. Майстренка, І.М. Подобеда, С.В. Сукача, К.Н. Ткачука та інших.

Аналіз існуючих інформаційно-аналітичних систем у сфері охорони праці свідчить, що накопичено позитивний досвід їх використання для вирішення

завдань адміністративного моніторингу показників травматизму тощо. Незважаючи на значні переваги, які надає використання інформаційно-аналітичних систем, слід відзначити певну їх обмеженість. Традиційно в інформаційно-аналітичних системах відсутні функції вироблення управлінських рішень. Це призводить до нерационального використання наявних даних, а в окремих випадках — до прийняття недостатньо обґрунтованих управлінських рішень.

Метою статті є інтелектуалізація інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці харчового підприємства на основі системи підтримки прийняття рішень, що дасть змогу начальнику служби (відділу) охорони праці надавати керівникам структурних підрозділів оптимальні сукупності заходів у рамках загальної множини нормативно-правової бази з охорони праці.

Викладення основних результатів дослідження. Провідну роль у процесі вдосконалення системи управління охороною праці на харчовому підприємстві відіграє служба (відділ) охорони праці, однією із функцій якої є забезпечення структурних підрозділів нормативно-правовими актами з охорони праці, що діють у межах підприємства [8].

Дієве управління охороною праці можна здійснювати тільки за наявності повної, своєчасної і вірогідної інформації. Одержати таку інформацію, виявити можливі відхилення від норм безпеки, а також перевірити виконання планів та управлінських рішень можна тільки на підставі регулярного й об'єктивного контролю. Контроль стану охорони праці є найбільш відповідальною та трудомісткою функцією. Фахівці з охорони праці контролюють: дотримання чинного законодавства з питань охорони праці; виконання приписів; відповідність нормативним актам про охорону праці машин, механізмів, обладнання, транспортних засобів, технологічних процесів, засобів індивідуального, колективного та протипожежного захисту працівників; забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, лікувально-профілактичним харчуванням, санітарно-побутовими приміщеннями; надання працівникам передбачених законодавством пільг і компенсацій, пов'язаних з важкими шкідливими умовами праці; виконання заходів, наказів, розпоряджень з питань охорони праці, виконання заходів щодо усунення причин нещасних випадків і аварій, визначених в актах розслідування; своєчасне проведення навчання та інструктажів працівників, атестації та переатестації з питань безпеки праці посадових осіб та осіб, які виконують роботи підвищеної небезпеки, а також дотримання вимог безпеки при виконанні цих робіт. Начальник служби (відділу) охорони праці повинен самостійно приймати рішення щодо забезпечення безпеки праці на основі нормативно-правової бази з охорони праці, організовувати, керувати, координувати та контролювати інших працівників структурних підрозділів харчових підприємств [8].

Комплексне дослідження виробничого травматизму вимагає регулярного й оперативного звернення до інформаційних масивів. Система управління охороною праці ефективна, якщо необхідна інформація представляється фахівцю в той момент, коли він може її використовувати з найбільшою користю для справи. Система інформаційного забезпечення охорони праці має низку особливостей [5].

Динамічність інформаційного забезпечення обумовлюється також постійною зміною структури й обсягу нормативної бази з охорони праці, процесами оновлення і поповнення оперативної інформації про стан охорони праці. Така характерна особливість інформаційного забезпечення, як інерційність, обумовлена специфічними особливостями СУОП, які полягають у тому, що відгук системи на багато управляючих дій, наприклад, на впровадження заходів, спрямованих на зниження рівня виробничого травматизму і профзахворювань на об'єктах управління, спостерігається тільки через значні проміжки часу. Однією з відмінних особливостей інформаційного забезпечення СУОП є одночасна наявність інформації детерміністичного та ймовірнісного характеру [4]. Наявність інформації ймовірнісного характеру обумовлена особливостями СУОП — імовірнісним характером виникнення нещасних випадків і їх наслідків, впливом суб'єктивного чинника на результати експертних оцінок стану устаткування, машин і механізмів, оцінки умов праці, розслідування нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, встановлення ступеня втрати працездатності тощо. Інформація детерміністичного характеру торкається перш за все питань, пов'язаних з урахуванням кадрів, ведення діловодства, ведення реєстру нормативних документів, каталогів засобів захисту тощо. Складність вирішення завдань управління в СУОП обумовлюється також великою періодичністю оновлення значної інформації в системі. Це стосується передусім обліку умов праці, проведеного за результатами атестації робочих місць, та інформації про економічні наслідки травматизму і професійної захворюваності, без урахування якої неможливе планування ефективних заходів з охорони праці [9].

Загальною вимогою при формуванні інформаційних масивів є максимальна формалізація вхідних і вихідних форм подання інформації. Так, наприклад, інформацію про нормативно-правові акти необхідно вносити до бази даних повністю, з урахуванням усіх змін і доповнень. При формуванні цієї бази перевагу слід віддавати тільки офіційним джерелам. Важливою умовою достовірності інформації, яка потрапляє до бази даних, є її постійна актуалізація, що вимагає кропіткої та висококваліфікованої роботи фахівця з охорони праці.

При цьому загальною вимогою до інформації будь-якого виду, що потрапляє до бази даних вперше або поновлюється в ній, є необхідність її датування, оскільки у більшості випадків вона швидко застаріває.

У процесі створення інформаційних масивів вирішуються такі завдання: збирання, систематизація і занесення на машинні носії достовірних даних, які характеризують фактичний стан рівня безпеки трудового процесу й ефективність управління цим процесом; оцінка відхилень фактичного стану охорони праці від вимог, встановлених нормативними й інструктивними документами.

За умови чіткої організації інформаційної бази у розпорядженні начальника служби (відділу) охорони праці харчового підприємства знаходиться максимально можливий набір даних, необхідних для підготовки управлінських рішень, обґрунтованих нормативною інформацією з охорони праці (нормами, правилами, інструкціями, стандартами тощо), та надання оптимальної сукупності заходів з охорони праці керівникам структурних підрозділів в

обсязі, необхідному для забезпечення безпеки праці виробничого персоналу певного структурного підрозділу на підприємстві харчової промисловості.

Тому інтелектуальна інформаційно-аналітична система харчового підприємства має забезпечити підвищення ефективності та досягнення якісно нового рівня прийняття рішень у системі охорони праці, істотно розвинути та зміцнити інформаційно-технічний потенціал, сприяти оперативності, достовірності, доступності та здатна обробляти потік неструктурованих даних, що безперервно зростає.

На сьогодні на сучасних підприємствах харчової промисловості функціонує інформаційно-аналітична система управління охороною праці (ІА СУОП) (рис. 1). За допомогою такої системи начальник служби охорони праці спілкується з керівниками структурних підрозділів харчового підприємства.

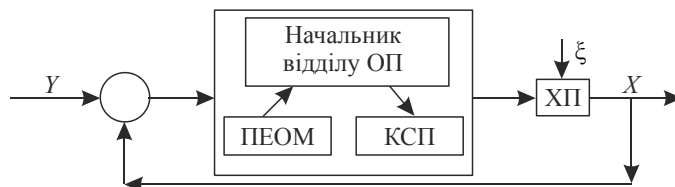


Рис. 1. Модель інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці підприємств харчової промисловості

На рис. 1 позначено: Y — вектор вимог нормативно-правової бази; Начальник відділу ОП — начальник служби (відділу) охорони праці підприємства харчової промисловості; ПЕОМ — персональні електронно-обчислювальні машини; КСП — керівники структурних підрозділів харчових підприємств (головний механік, головний енергетик, головний технолог (начальник технологічного відділу); начальник відділу матеріально-технічного постачання; головний бухгалтер; начальник відділу кадрів; начальник відділу капітального будівництва; начальник транспортного підрозділу; начальник господарського відділу та ін.); ХП — харчове підприємство; ξ — дестабілізуючі фактори; X — вектор стану безпеки праці на підприємстві харчової промисловості.

Інформаційно-аналітична система управління охороною праці на сучасному харчовому підприємстві спрямована на: збір відомостей про фактичні значення рівнів небезпечних і шкідливих виробничих факторів, показників ризику і безпеки трудових процесів на ділянках і робочих місцях; порівняння цих факторів з установленими нормованими значеннями; визначення величини й аналіз причин відхилення фактичних значень від нормованих; прийняття, організаційних, технічних, оперативних і перспективних рішень (управлінських рішень), спрямованих на ліквідацію відхилень фактичних значень. Розподіл функцій управління між підрозділами підприємства є специфічним для кожного конкретного підприємства харчової галузі і залежить від масштабів, характеру виробництва, складу підрозділів і інших особливостей.

Сучасні інформаційно-аналітичні системи повинні бути орієнтовані на підтримку управлінської діяльності [6]. Створення таких систем передбачає застосування методів теорії прийняття рішень, методів математичного моделювання та прогнозування, теорії прийняття рішень та експертних оцінок [7].

Основною задачею, яку повинні вирішувати сучасні ПАС, є перетворення накопичених даних про стан об'єкта управління охороною праці (діяльність функціональних служб і структурних підрозділів по забезпеченню безпечних і здорових умов праці на робочих місцях, виробничих ділянках, у цехах і харчовому підприємстві в цілому) у форму, яка дає змогу керівнику (начальнику відділу охорони праці) адекватно оцінити стан об'єкта управління охороною праці, оцінити розвиток ситуації та прийняти обґрунтоване управлінське рішення. Тобто відомому стану об'єкта управління охороною праці необхідно поставити у відповідність таку стратегію управління, яка є фізичною реалізацією управлінського рішення, з множини припустимих. При цьому обране рішення є оптимальним на підставі визначеного переліку критеріїв прийняття рішень та обмежень [10].

У статті пропонується ввести елемент інтелектуалізації у вигляді системи підтримки прийняття рішень (СППР) в інформаційно-аналітичну систему управління охороною праці, яка нині функціонує на сучасних підприємствах харчової промисловості. Інтелектуальні інформаційно-аналітичні системи (ПАС) можуть застосовуватись для підвищення рівня безпеки праці на підприємствах харчової промисловості [11]. Інтелектуальні інформаційно-аналітичні системи, що мають у своїй основі системи підтримки прийняття рішень, на яку поступає інформація про поточний стан безпеки праці на харчовому підприємстві, (статистика травмування та професійних захворювань, тривалість днів непрацездатності працівників, показник ризику настання нештатної ситуації), інформація про зміни в нормативно-правовій базі в рамках охорони праці на підприємстві. В системі підтримки прийняття рішень аналізується й обробляється інформація та видаються особі, що приймає рішення, (начальнику служби (відділу) охорони праці), альтернативні варіанти щодо сукупності заходів забезпечення безпеки праці. Начальник служби (відділу) охорони праці на свій експертний розсуд обирає один із варіантів сукупності заходів і надає керівникам структурних підрозділів харчового підприємства оптимальну сукупність заходів до впровадження у структурному підрозділі із забезпечення безпеки праці. Після цього інформація про ризик настання нештатної ситуації та стан безпеки праці перераховується й оновлюється і процес повторюється знову.

У загальному випадку модель інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи підприємства харчової промисловості можна подати у такому вигляді (рис. 2).

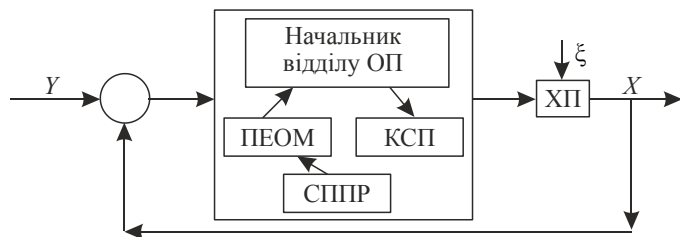


Рис. 2. Модель інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці підприємства харчової промисловості

На рис. 2 позначено: Y — вектор нормативно-правової бази; Начальник відділу ОП — начальник служби (відділу) охорони праці підприємства харчової промисловості; ПЕОМ — персональні електронно-обчислювальні машини; СППР — система підтримки прийняття рішень; КСП — керівники структурних підрозділів харчових підприємств (головний механік; головний енергетик; головний технолог (начальник технологічного відділу); начальник відділу матеріально-технічного постачання; головний бухгалтер; начальник відділу кадрів; начальник відділу капітального будівництва; начальник транспортного підрозділу; начальник господарського відділу та ін.); ХП — харчове підприємство; ξ — дестабілізуючі фактори; X — вектор стану безпеки праці на підприємстві харчової промисловості.

Як метод побудови програмних продуктів для інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи підприємств харчової промисловості обрано об'єктно-орієнтоване програмування [12].

Необхідним базисом для формалізації інтелектуальних компонентів ІАС є модель інформаційного об'єкта (ІО), яка повинна будуватися в рамках певної формалізованої системи. Як математичний апарат такої системи доцільно використати логіку першого порядку [12].

Інформаційний об'єкт пропонується визначити таким чином [11]:

$$O := \langle N_o, \{A\}, \{O\}, \{F\}, \{N\} \rangle,$$

де N_o — ім'я об'єкта; $\{A\}$ — множина атрибутів об'єкта (A_0, \dots, A_n), де A_i — i -й атрибут інформаційного об'єкта; $\{O\}$ — множина об'єктів, які структурно входять до даного об'єкта, ($O_{NO_1}, O_{NO_2}, \dots, O_{NO_m}$), де O_{NO_i} — i -й підпорядкований об'єкт з ім'ям N_o ; $\{F\}$ — множина функцій, які виконує інформаційний об'єкт; $\{N\}$ — множина нормативно-правових актів з охорони праці, в якій відображаються всі вимоги з охорони праці, що впливають на формування сукупності заходів для забезпечення безпеки праці на харчовому підприємстві.

Інтелектуальний агент (ІА) — це програмний або апаратний об'єкт, що автономно функціонує для досягнення цілей, поставлених перед користувачем (начальником служби (відділу) охорони праці), володіє певними інтелектуальними здібностями.

На підставі аналізу характеристик і недоліків відомих моделей інтелектуальних агентів (ІА) пропонується визначати ІА [13] як таку структуру: $IA = \langle N_{IA}, S_A, V_{IA}, M_{VB}, V_O \rangle$, де N_{IA} — ім'я інтелектуального агента; S_A — структура атрибутів, яка визначається аналогічно структурі атрибутів для інформаційних об'єктів (ІО); $V_{IA} = \{IA\}$ — множина вкладених ІА; M_{VB} — механізм вибору моделі функціонування з урахуванням фактичного стану безпеки праці харчового підприємства; $V_O = \{O\}$ — множина інформаційних об'єктів, що реалізують сценарії роботи ІА.

Інтелектуальний агент на підставі критеріїв вибору моделі функціонування, закладених в M_{VB} , приймає рішення про реалізацію в момент часу

певного сценарію роботи та ініціалізує відповідний ІО. Інформаційний простір інтелектуального агента визначається як сукупність ІО та ІА, що оточують ІА_{*i*} і взаємодіють з ним:

$$V_{IA_i} = (AR_{IA}^i, AR_{IO}^i),$$

де $AR_{IA}^i = (N_{IA_j}, A_{IA_j}^{\xi}, \dots, A_{IA_j}^{\psi}, N_{IAI}, A_{IAI}^{\xi}, \dots, A_{IAI}^{\psi})$, $AR_{IO}^i = (N_{IO_j}, A_{IO_j}^{\xi}, \dots, A_{IO_j}^{\psi}, N_{IOI}, A_{IOI}^{\xi}, \dots, A_{IOI}^{\psi})$.

Модель вибору поведінки ІА може бути подано:

$$M_{VB} = (MIS, MG, MSR, MA),$$

де MIS — модель інформаційного середовища; MG — модель цілевизначення; MSR — модель пошуку рішення; MA — модель активних дій.

Модель цілевизначення [13] будується таким чином:

$$MG_{IA_i} = (SS_{IA_i}, FSS_{IA_i}, GS_{IA_i}, G_{IA_i}^{top}, G_{IA_i}^{down}, FG_{IA_i}^D, FG_{IA_i}^S, FAG_{IA_i}, SMA_{IA_i}(t))$$

де SS — множина стратегій, що розуміються як методи вибору цілей $SS = (S_i | i = 1, \dots, n)$; FSS — функція вибору стратегії; GS — множина статичних цілей; G^{top} — множина цілей, що отримуються даним ІА від агентів більш високого рівня ієрархії; G^{down} — множина цілей, які можуть бути передані ІА нижніх рівнів; FG^D — функція формування динамічних цілей; FG^S — функція вибору статичних цілей; FAG — функція вибору активних цілей, тобто цілей, прийнятих до реалізації; SMA — стан навколишнього мультиагентного оточення.

Під пошуком рішення слід розуміти знаходження шляху досягнення мети або цілей даним ІА в поточному стані мультиагентного оточення. Оскільки різні структурні підрозділи підприємств харчової промисловості володіють своєю специфікою, в тому числі і при прийнятті рішень, то навряд чи є можливим застосування універсального методу пошуку рішення для всіх підсистем ПАС. Алгоритм пошуку рішення за допомогою інтелектуального агента наведений в [11].

Основою для аналізу і розробки моделей баз знань в ПА СУОП є логічна структура [13]. Логічна структура ПА СУОП повинна розглядатися як структура ієрархічна, з точним визначенням рівнів і підлеглих інтелектуальних компонентів системи.

Це положення обумовлюється тим, що структури організаційного управління охороною праці на підприємствах харчової промисловості мають складну ієрархію (керівник (начальник служби (відділу) охорони праці) — структурні підрозділи тощо), що визначає адміністративні, виробничо-технічні і економічні зв'язки в проєктованій системі. При цьому, як правило, спостерігається суворя підлеглисть адміністративно-структурних одиниць вищим рівням управління.

Традиційно під базою знань (БЗ) розуміється ядро експертної системи, сукупність знань наочної області, записана на машинний носій у формі, зро-

зумілій експертові і користувачеві. При розробці структури БЗ для інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці підприємства харчової промисловості необхідно виходити із структури і характеру тієї інформації, яку БЗ повинна містити, а це нормативно-правова база з охорони праці.

Базу знань інтелектуального компонента (ІК) можна представити у вигляді такої конструкції:

$$БЗ_{ІКі} = (ДДі, M_{ІА}, M_{ІО}, БЗ_{ФОС}),$$

де $ДДі$, — дерево декомпозиції інтелектуального компонента $ІКі$, $M_{ІА}$ — сукупність моделей $ІА$, пов'язаних з даним $ІК$; $M_{ІО}$ — сукупність моделей інформаційних об'єктів, пов'язаних з $ІК$; $БЗ_{ФОС}$ — база знань формальної об'єктної системи $ІК$.

Для ПАС СУОП пошук таких формул цілком можливий, оскільки бази знань $ІК$ зберігають знання певного рівня ієрархії і нові знання (в цьому випадку складна цільова формула Q) можуть виникати в процесі сумісного виводу по декількох БЗ різних $ІК$ [11].

У сучасних системах оперативного управління охороною праці передбачається створення математичного та програмного забезпечення систем прийняття рішень і баз даних; порядок збору, обробки, аналізу та використання даних у процесі здійснення управлінської діяльності [4; 14]. Орієнтація на застосування мережевих технологій є однією з умов ефективного функціонування та розвитку систем оперативного управління охороною праці харчового підприємства.

Об'єктно-орієнтована термінологія визначає об'єкт як пакет, що містить дані, процедури та методи, які надаються як сервіси іншим об'єктам. Абстракція об'єктів багато в чому направлена на ефективне виконання розподілених обчислень, які в об'єктно-орієнтованій системі тісно пов'язані з обміном повідомленнями між об'єктами. Інтелектуальний агент на підставі критеріїв вибору моделі функціонування, закладених у $M_{ВБ}$, приймає рішення про реалізацію в певний момент часу деякого сценарію роботи та ініціалізує відповідний інформаційний об'єкт.

На основі узагальненої моделі $ІА$ на базі однієї і тієї ж ПАС СУОП можна досліджувати й створювати різноманітні системи, які включають $ІА$.

Ефективність будь-якої системи управління виражається в результативності функціонування об'єкта управління. При аналізі ефективності СУОП харчової промисловості показниками її функціонування є ефективне використання системи підтримки прийняття рішень, що враховує вимоги нормативно-правової бази з охорони праці та параметри шкідливих і небезпечних факторів на робочих місцях працівників харчового підприємства. Таке поєднання дає змогу оцінити стан безпеки праці і є підставою для розробки заходів щодо покращення умов праці та запобігання виробничого травматизму.

Для ефективної роботи інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи вирішальне значення має налагодження своєчасного надходження достовірної інформації про фактичні значення шкідливих і небезпечних факторів, які

контролюються на робочих місцях. Носіями інформаційної бази, а також первинними документами в системі обліку та аналізу цього стану можуть бути використані дані атестації робочих місць на харчових підприємствах.

Для зберігання документів запропоновано обирати тип XML, який дає можливість використання його універсальну мову запитів до сховищ інформації. Тип XML надає можливість також здійснювати контроль за коректністю даних, що зберігаються в документах, робити перевірки ієрархічних співвідношень усередині документа і встановлювати єдиний стандарт на структуру документів, змістом яких можуть бути різноманітні дані. Це означає, що його можна використовувати при побудові складних інформаційних систем, в яких дуже важливим є питання обміну інформацією між різними додатками, що працюють в одній системі.

Організація системи надходження інформації пристосована до існуючих методів накопичення даних [14] в загальній роботі інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи. Вихідні дані одержує начальник служби (відділу) охорони праці харчового підприємства.

Для ефективного розрахунку ризиків, в тому числі нештатної ситуації, була розроблена комп'ютерна програма «Prophylaxis_of_accidents_1.0» [15], призначена для моніторингу, розрахунку кількісних оцінок різновидів ризику травмування, визначення черговості запровадження та вибору варіантів заходів для профілактики нещасних випадків. У програмі передбачено формування й оцінка матриці ризиків на основі чинної класифікації видів подій і причин, що призводять до травмування на виробництві, з форм обов'язкової статистичної звітності № 7-тнв та рекомендації щодо профілактики найбільш значимих причин та різновидів ризику травмування (з урахуванням вимог нормативно-правової бази з охорони праці та аналізу літератури) зі смертельним і без смертельного наслідків.

Висновки

У статті запропоновано інтелектуалізацію інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці на підприємствах харчової промисловості за допомогою введення в її роботу системи підтримки прийняття рішень із інтелектуальними агентами.

Розроблена концептуальна модель побудови інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи управління охороною праці підприємства харчової промисловості, яка враховує загальну роль і місце інтелектуальних складових програмного забезпечення, місце підсистем загальної системи управління у ПАС СУОП, порядок розподілу повноважень між елементами системи. Це дасть змогу начальнику служби (відділу) охорони праці харчового підприємства надавати керівникам структурних підрозділів оптимальну сукупність заходів у рамках загальної множини нормативно-правової бази з охорони праці.

Результати досліджень є внеском у розвиток теоретичних і прикладних основ охорони праці у частині розроблення систем управління та контролю за безпекою робіт і станом охорони праці, зокрема із застосуванням інформаційних систем для підтримки й прийняття рішень з охорони праці.

Література

1. *Гогіташвілі Г.Г.* Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами : навч. посіб. / Г.Г. Гогіташвілі, Є.Т. Карчевські, В.М. Лапін. — Київ : Знання, 2007. — 367 с.
2. *Євтушенко О.В.* Динаміка виробничого травматизму в харчовій галузі України / О.В. Євтушенко, А. О. Сірик // Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 81 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 23—24 квітня 2015 р. — Київ : НУХТ, 2015. — Ч. 2. — С. 367.
3. *Лисюк М.О.* Обов'язки посадових осіб підприємства з охорони праці // Справочник кадровика. — 2012. — № 2. — 200 с.
4. *Кружилко О.Є.* Удосконалення оперативного управління охороною праці / О.Є. Кружилко, В.В. Майстренко, Г.В. Демчук, О.І. Полукаров // Проблеми охорони праці в Україні : збірник наукових праць. — Київ : ДУ ННДПБОП, 2016. — Вип. 32. — С. 37—42.
5. *Ткачук К.Н.* Застосування інформаційних систем в галузі охорони праці : наук.-метод. посіб / К.Н. Ткачук, О.Є. Кружилко, Н.А. Праховнік. — Київ : Експодата, 2004. — 186 с.
6. *Кружилко О.Є.* Перспективи розвитку інформаційно-аналітичної системи Держпраці України / О.Є. Кружилко, В.В. Майстренко, М.О. Радіонов, О.І. Полукаров // Проблеми охорони праці в Україні : збірник наукових праць. — Київ : ДУ ННДПБОП, 2015. — Вип. 30. — С. 25—34.
7. *Гороховський О.І.* Інтелектуальні системи / О.І. Гороховський ; Вінниц. нац. техн. університет. — Вінниця, 2010. — 193 с.
8. *Лисюк М.О.* Організація роботи служби охорони праці на підприємстві / М.О. Лисюк / Охорона праці і пожежна безпека. — 2018. — Вип. 2. — С. 22—26.
9. *Кружилко О.Є.* Оцінка ефективності управлінських рішень у сфері охорони праці / О.Є. Кружилко, В.В. Майстренко, О.І. Полукаров, Г.В. Демчук // Проблеми охорони праці в Україні : збірник наукових праць. — Київ : ДУ ННДПБОП, 2015. — Вип. 29. — С. 3—9.
10. *Барабаш О.В.* Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем / О.В. Барабаш // — Киев : НАОУ, 2004. — 226 с.
11. *Сірик А.О.* Моделі та методи підвищення рівня безпеки праці в енергетичному господарстві підприємств харчової промисловості : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.26.01 — охорона праці / А.О. Сірик ; ДУ «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці», — Київ, 2018. — 20 с.
12. *Павлов А.А.* Информационные технологии и алгоритмизация в управлении / А.А. Павлова, С.Ф. Теленин — Київ : Техника, 2002. — 344 с.
13. *Євтушенко О.В.* Побудова моделі інтелектуального агента для інформаційно-керуючої системи енергетичного господарства підприємств харчової промисловості / О.В. Євтушенко, А.О. Сірик // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — Київ : НУХТ, 2016. — Т. 22, № 5. — С. 113—119.
14. *Барабаш О.В.* Модель бази знань інтелектуальної системи управління високошвидкісного рухомого об'єкта на основі її верифікації / О.В. Барабаш, Д.М. Обідін, А.П. Мусієнко // Системи обробки інформації. — Харків: ХУПС, 2014. — № 5 (121). — С. 3 — 6.
15. А. с. Комп'ютерна програма «Prophylaxis_of_accidents_1.0» / О.В. Євтушенко, А.О. Сірик, П.В. Породько ; Державна служба інтелектуальної власності України. — № 67153 ; опубл. 11.08.16.

MODELING OF FERMENTER WITH VIBRATORY MIXING DEVICES IN PHARMACEUTICAL BIOTECHNOLOGY

A. Kopylenko

National University of Food Technologies

V. Shybetskyy, S. Kostyk, V. Povodzinskiy

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Key words:

Fermenter
Pharmaceutical
biotechnology
Active pharmaceutical
ingredients
Biological agents
Vibration mixing
Mathematical modeling

Article history:

Received 10.05.2018
Received in revised form
04.06.2018
Accepted 18.06.2018

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The article is devoted to the research of constructions of fermenters with a vibration system for mixing the liquid phase. The cultivation of biological agents in pharmaceutical biotechnology for the production of active pharmaceutical ingredients requires the creation and operation of highly effective and reliable equipment. Vibration mixing fermenters have significant advantages over devices that use rotary mixing devices. These advantages allow us to create controlled conditions during cultivating biological agents that are the key to obtaining biologically active substances of a certain quality, safety and efficiency for the production of biological medicinal products.

The proposed mathematical model of a fermenter with vibration mixing takes into account the concept of the relationship between processes of mass transfer and mixing and it is determined by the specificity of hydrodynamics. Hydrodynamic characteristics of a fermenter with a vibration mixing system have a significant effect on possible mechanical damage to the BA and, accordingly, cause changes in the quality of the APIs. In this regard, numerical modeling of the process is important on the basis of the mathematical model of mixing.

In this paper, simulation of the mixing process and its description, with the help of a system of equations is given, the main variables are the frequency of oscillations, the structural features of the contact elements and the parameters of the medium. To calculate the system of equations, the mathematical package MathCad was used to determine the numerical values of the concentration distribution, which depends on the parameters of the oscillation, density and viscosity of the liquid, the area of the contact elements of the mixing device. This mathematical model adequately describes the mass transfer process in the considered system, which is confirmed by the obtained results.

Presented materials can be used as a guide to the practical work of design engineers and in the learning process, when designing fermenters for pharmaceutical biotechnologies of different sizes and performance.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-14

МОДЕЛЮВАННЯ ФЕРМЕНТЕРІВ З ВІБРАЦІЙНИМ ПЕРЕМІШУВАННЯМ У ФАРМАЦЕВТИЧНІЙ БІОТЕХНОЛОГІЇ

А.В. Копиленко

Національний університет харчових технологій

В.Ю. Шибецький, С.І. Костик, В.М. Поводзинський

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

Стаття присвячена дослідженню роботи ферментера з вібраційною системою перемішування рідкої фази. Культивування біологічних агентів у фармацевтичній біотехнології з метою отримання активних фармацевтичних інгредієнтів потребує конструювання й експлуатації високоефективної та надійної апаратури. Ферментери з вібраційною системою перемішування рідкої фази мають суттєві переваги порівняно з апаратами, у яких використовують обертові перемішувачі пристрої. Ці переваги дають змогу створити контрольовані умови під час культивування біологічних агентів, що є запорукою отримання біологічно активних речовин визначеної якості, безпечності й ефективності для виробництва біологічних лікарських засобів.

Запропонована математична модель ферментера з вібраційним перемішуванням враховує концепцію про взаємозв'язок між процесами масопередачі й перемішування і визначається специфікою гідродинаміки. Гідродинамічні характеристики ферментера з вібраційною системою перемішування мають суттєвий вплив на можливі механічні ушкодження біологічних агентів і, відповідно, обумовлюють можливі зміни якості активних фармацевтичних інгредієнтів. У зв'язку з цим є актуальним чисельне моделювання процесу на основі математичної моделі перемішування.

У статті наведено моделювання процесу перемішування за допомогою системи рівнянь. Основними змінними є частота коливань, конструкційні особливості контактних елементів і параметри середовища. Для розрахунку системи рівнянь використаний математичний пакет MathCad, який дав змогу визначити характер розподілення концентрацій, що залежить від параметрів коливань, густини та в'язкості рідини, площі контактних елементів перемішувача пристрою. Запропонована математична модель адекватно описує процес масопередачі в рідкофазній системі, що підтверджується отриманими результатами.

Матеріали дослідження можуть бути використані в навчальному процесі та в практичній роботі інженерів конструкторів, при проектуванні ферментерів різних типорозмірів і продуктивності для фармацевтичної біотехнології.

Ключові слова: *ферментер, біологічні агенти, фармацевтична біотехнологія, активні фармацевтичні інгредієнти, вібраційне перемішування, математичне моделювання.*

Постановка проблеми. Найбільш складною і відповідальною ділянкою у фармацевтичній біотехнології, що визначає якість отриманих біологічно активних речовин (БАР), є стадія культивування. БАР представлені широким спектром біополімерів і є основою для отримання активних фармацевтичних інгредієнтів у виробництві біологічних лікарських засобів.

Цільовим спрямуванням фармацевтичної біотехнології є отримання максимальної кількості АФІ у межах генетично детермінованих властивостей біологічних агентів (БА), за рахунок оптимізації факторів периферійного оточення, які формуються у ферментерах різних конструкцій. Наразі характерною особливістю біотехнологічних систем є те, що об'єктом уваги є не окрема клітина, а популяція або асоціація БА, що знаходиться в різному фізіологічному стані своєї активності. Врахування гетерогенності популяцій, які існують у штучно створених умовах ферментера, є основним завданням конструкторів біотехнологічного обладнання. Сучасна фармацевтична біотехнологія, для якої характерне використання клітинних культур і рекомбінантних мікроорганізмів, стримується відсутністю надійних ексклюзивних конструкцій ферментерів, експлуатація яких гарантує визначену якість, ефективність і безпечність АФІ. Для вибору ферментерів використовують власний досвід або типові технологічні рішення існуючих виробництв.

Фармацевтична біотехнологія України для стадії культивування БА з метою забезпечення та керування якістю реалізує вимоги Настанови СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2016 «Лікарські засоби. Належна виробнича практика» (НВП). У цьому нормативному документі культивування визначене як критична стадія, що потребує розробки систем контролю та керування критичними параметрами процесу як під час розробки технологій виробництва, конструювання і вибору обладнання, так і в процесі виробництва.

До критичних параметрів процесу культивування можна віднести:

- фізичні чинники (інтенсивність гідравлічних/гідродинамічних процесів, процеси масо- і теплообміну, що відбуваються у багатофазних системах);
- хімічні чинники (зміна складу поживного середовища — сорбція/метаболізм поживних речовин і утворення метаболітів, що призводить до зміни концентрації взаємодіючих фаз, тощо);
- біологічні чинники (можливість контамінації, можлива зміна фенотипічних ознак БА, гетерогенність популяції, конформаційна лабільність АФІ тощо);
- технологічні чинники (відбір проб, введення підживлення, стабілізація рН, регулювання рівня піни, аерація і відведення газової фази).

У фармацевтичній біотехнології відомі технологічні рішення для отримання АФІ за участі клітинних культур і рекомбінантних мікроорганізмів з використання ферментерів з обертовими механічними перемішувальними пристроями. Це компанії ГлаксоСмітКляйн Біолоджікалз С.А., Шерінг-Плау, Бакстер АГ, Санофі Пастер С.А., Ф.Хоффманн-Ля Рош Лтд, які використовують ферментери до 5—10 м³.

Відомі приклади використання ферментерів з вібраційним перемішуванням для культивування БА [1—3]. При цьому переваги вібраційного перемішування порівняно з ферментерами з обертовими перемішувальними пристроями полягають у тому, що проста і надійна конструкція вузла герметизації місця

введення валу перемішувального пристрою в місткість ферментера при використанні сільфонних або мембранних ущільнювачів:

- ефективне використання об'єму ферментера завдяки відсутності вортексної воронки, при цьому поверхня рідини, що перемішується навіть при великих амплітудах коливань залишається спокійною і рівною, тому не відбувається ні розбризкування, ні підвищеного випаровування з поверхні;

- енергія вводиться в об'єм ферментера рівномірно і розподіляється за заданим законом по поперечному перерізу та висоті апарата, причому дисипація енергії відбувається у зоні коливань, величина якої обмежена об'ємом рідини, що переміщується контактним елементом і залежить від інтенсивності його руху;

Вибір конструкції ферментера, яка обрана базовою, обумовлений тим, що:

- конструкційні особливості вібраційних апаратів, як правило, визначаються характером вібраційних коливань, що здійснюють контактні елементи/насадки перемішувального пристрою;

- у більшості апаратів напрямком вібраційних коливань насадок збігається з поздовжньою (вертикальною) віссю апарата;

- контактні елементи перемішувального пристрою (насадки) жорстко зв'язані зі штангою чи валом і при роботі можуть виконувати як поодинокі, так і змінні за частотою або за амплітудою коливання.

Вібраційні перемішувальні пристрої використовують як у колонних апаратах, в яких намагаються створити гідродинамічний режим, що наближається до ідеального витиснення, так і в ємнісних апаратах, де гідродинамічний режим наближається до режиму ідеального змішування [3; 4].

Мета статті: розробка математичної моделі процесу перемішування в ферментері з вібраційним перемішувальним пристроєм; оцінка впливу гідродинамічних параметрів і конструкційних характеристик ферментера на поле концентрацій у досліджуваній системі, а отже, і на процес масопередачі.

Викладення основних результатів дослідження. Наразі не існує єдиної теорії та загально визначених критеріїв масштабного переходу від пілотних установок до промислових ферментерів.

Конструкційне проектування промислових апаратів базується на різних критеріях масштабування, що характеризують структурну математичну модель ферментера, в якій відображений зв'язок між моделями масопереносу, гідродинаміки й теплопередачі. Математична модель ферментера з вібраційним перемішуванням враховує базову концепцію, за якою взаємозв'язок між процесами масопередачі і перемішування визначається специфікою гідродинаміки, яка, у свою чергу, має суттєвий вплив на можливі механічні uszkodження БА і через це зміну якості АФІ.

У зв'язку з цим актуальним є чисельне моделювання процесу на основі математичної моделі перемішування. Воно проведене при описі його за допомогою системи рівнянь, де основними змінними служать частота коливань, конструкційні особливості контактних елементів і параметри середовища.

З огляду на це для розробки математичної моделі та її розв'язання потрібно описати фізичну модель як функціонуючу систему, визначивши визначальні параметри системи та їх вплив на неї. Виходячи з її особливостей,

можна сформулювати геометричні та фізичні умови однозначності та задати початкові умови.

Ферментер — це апарат об'ємного типу із синхронним рухом контактних елементів. Контактні елементи представлені плоскими пластинами, що кріпляться на валу на рівних між собою відстанях. Отвори в контактних елементах циліндричні.

Геометричні умови однозначності. Апарат має циліндричну форму, діаметр апарата D , висота рівня рідини H (рис. 1). Заповнення апарата здійснюється не більше ніж на 80% від усього об'єму. Перемішувальний пристрій діаметром d_m виконує коливальні рухи з частотою ω .

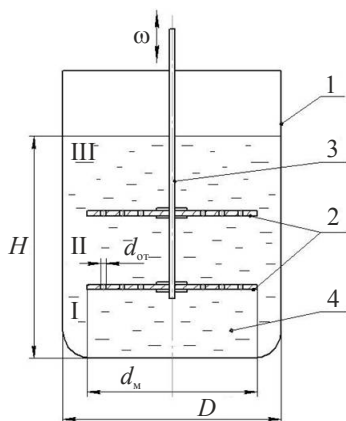


Рис.1. Схема ферментера з вібраційним перемішуванням:

1 — корпус апарата; 2 — контактні елементи; 3 — вал; 4 — рідина
I, II, III — умовні зони, де контролюється гідродинамічний стан системи

Фізичні умови однозначності. Середовище приймається ідеальним і нерозривним, тобто може бути розглянуте як нестискувана однорідна рідина.

Сумарна швидкість процесів фізико-хімічних перетворень, що реалізуються у дифузійній області на міжфазних поверхнях часток (джерела маси — тверді (компоненти поживного середовища), і квазітверді (БА) речовини, бульбашки газу тощо), що зважені у турбулентному потоці, лімітується швидкістю підведення і відведення до поверхні речовин, що беруть участь у масопередачі.

У цьому випадку речовина з дифузійним типом розчинення (компоненти поживного середовища, бульбашки газу) є джерелом маси, що знаходиться в об'ємі рідини між контактними елементами. З огляду на те, що розміри джерела маси на декілька порядків менші за розміри апарата, його розмірами можна знехтувати, ввівши таке поняття, як матеріальна точка. Контактні елементи перемішувального пристрою, коливаючись з частотою ω , спричиняють виникнення потоків, швидкість яких у кожній точці може бути розкладена на три просторові складові. Тому можна зазначити, що введена маса розповсюджується по об'єму не тільки внаслідок молекулярної дифузії, а й конвективно.

Початкові умови. В початковий момент часу $\tau = 0$ рідина в апараті знаходиться в стані спокою (частота коливань $\omega = 0$, а отже, швидкості потоків в

усіх напрямках дорівнюють нулю $w = 0$), відсутній градієнт концентрації речовини.

Основним процесом, що відбувається у фізичній моделі, є розчинення речовини. Такі дослідження були описані в [4], де був визначений час гомогенізації. Для опису розподілу концентрацій по об'єму досліджуваної системи, зазвичай, використовують спрощене модельне представлення для процесів у ферментері. Найбільш розповсюдженими моделями є модель ідеального змішування, модель ідеального витіснення, коміркова і дифузійні моделі. З огляду на те, що дифузійна математична модель більш точно описує процеси в реальних апаратах, вона і була обрана за основу для описаної математичної моделі досліджуваної системи. Дифузійна модель описує поле розподілення концентрацій по об'єму, що, у свою чергу, характеризує структуру потоків.

Об'ємна витрата рідини через отвори:

$$V_{\text{отв}} = V_{\text{отв1}} z, \quad (1)$$

де $V_{\text{отв1}}$ — витрата рідини через один отвір; z — кількість отворів насадки перемішуючого пристрою.

$$V_{\text{отв1}} = s v,$$

де s — площа отворів насадки, $s = \pi r^2$; r — радіус отворів насадки.

Маса рідини, що проходить через один отвір :

$$m_{\text{рід}} = V_{\text{отв}} \rho_{\text{отв}}, \quad (2)$$

де $\rho_{\text{отв}}$ — густина рідини, що проходить скрізь отвори насадки.

Витрата цільового продукту:

$$m_{\text{ц}} = m_{\text{рід}} a_{1\text{н}}. \quad (3)$$

Об'єм рідини, що проходить через проміжок між стінками апарата та дисками перемішуючого пристрою:

$$V_{\text{зазор}} = U_{\text{сер}} \pi d S = \frac{\pi d S^3}{12 \mu L}, \quad (4)$$

де $U_{\text{сер}}$ — середня швидкість рідини; d — середній діаметр зазору між насадкою та корпусом ферментера; S — товщина зазору між насадкою та корпусом ферментера; L — товщина насадки; μ — кінематична в'язкість.

Розглянемо перший цикл переміщення насадки «вверх»:

Зона I

$$V_{1\text{зони}} = V_{1\text{поч}} + V_{\text{зазор}} - V_{\text{отв}}; \quad (5)$$

$$m_{1\text{зони}} = V_{1\text{поч}} \cdot \rho_1 - V_1 \cdot \rho_1 + V_{\text{зазор}} \rho_2; \quad (6)$$

$$m_{\text{розпод.реч.1}} = V_{1\text{поч}} \cdot \rho_1 \cdot a_{1\text{п}} - V_1 \cdot \rho_1 \cdot a_1 + V_{\text{зазор}} \rho_2 a_2; \quad (7)$$

$$a_{11} = \frac{m_{\text{розпод.реч.1}}}{m_{1\text{зони}}}, \quad (8)$$

де $V_{1зони}$ — об'єм першої зони; ρ_1, ρ_2 — густини рідин; $a_{1н}, a_{2н}, a_{3н}$ — початкові масові концентрації рідини відповідно 1, 2 та 3-ї зон; a_1, a_2, a_3 — масові концентрації відповідно 1, 2 та 3-ї зон.

Зона II:

$$V_{2зони} = V_{2поч} + V_{зазор} - V_{отв} - V_{зазор}; \quad (9)$$

$$m_{2зони} = V_{2поч}\rho_2 - V_2\rho_2 + V_{зазор}\rho_3 - V_{зазор}\rho_2; \quad (10)$$

$$m_{розпод.реч.2} = V_{2поч}\rho_2 a_{2п} - V_2\rho_2 a_{2п} + V_{зазор}\rho_2 a_{3п} - V_{зазор}\rho_2 a_{2п}; \quad (11)$$

$$a_{21} = \frac{m_{розпод.реч.2}}{m_{2зони}}. \quad (12)$$

Зона III:

$$V_{3зони} = V_{3поч} - V_{зазор} - V_{отв}; \quad (13)$$

$$m_{3зони} = V_{3поч}\rho_3 - V_3\rho_3 - V_{зазор}\rho_3; \quad (14)$$

$$m_{розпод.реч.3} = V_{3поч}\rho_3 a_{3п} - V_3\rho_3 a_{3п} - V_{зазор}\rho_3 a_{3п}; \quad (15)$$

$$a_{31} = \frac{m_{розпод.реч.3}}{m_{3зони}}. \quad (16)$$

Перший цикл переміщення насадки «вниз».

Зона I:

$$V_{1зони} = V_{1поч} - V_{зазор} + V_{отв}; \quad (17)$$

$$m'_{1зони} = m_{1зони} + V_{отв}\rho_2 - V_{зазор}\rho_2; \quad (18)$$

$$m'_{розпод.реч.1} = m_{1зони} a_{11} + V_{отв}\rho_2 a_{11} - V_{зазор}\rho_2 a_{11}; \quad (19)$$

$$a_{12} = \frac{m'_{розпод.реч.1}}{m'_{1зони}}. \quad (20)$$

Зона II:

$$V_{2зони} = V_{2поч} + V_{зазор} + V_{отв} - V_{зазор} - V_{отв}; \quad (21)$$

$$m'_{2зони} = m_{2зони} + V_{отв}\rho_2 + V_{зазор}\rho_2 - V_{отв}\rho_2 - V_{зазор}\rho_2; \quad (22)$$

$$m'_{розпод.реч.2} = m_{2зони} a_{21} + V_{отв}\rho_1 a_{11} - V_{зазор}\rho_2 a_{21} - V_{отв}\rho_2 a_{21}; \quad (23)$$

$$a_{22} = \frac{m'_{розпод.реч.2}}{m'_{2зони}}. \quad (24)$$

Зона III:

$$V_{3зони} = V_{3поч} + V_{зазор} + V_{отв}; \quad (25)$$

$$m'_{ззони} = m_{ззони} + V_{отв} \rho_3 + V_{зазор} \rho_3 ; \quad (26)$$

$$m'_{розпод.реч.3} = m_{ззони} a_{31} + V_{отв} \rho_3 a_{31} + V_{зазор} \rho_3 a_{31} ; \quad (27)$$

$$a_{32} = \frac{m'_{розпод.реч.3}}{m'_{ззони}} . \quad (28)$$

Числовий експеримент на основі розробленої математичної моделі. Для розрахунку системи рівнянь (5)—(28) скористаємося засобами математичного пакета MathCad, який дає можливість автоматизувати ряд складних, часто повторюваних математичних дій, оптимізувати ітераційні процеси графічних інтерпретацій функціональних залежностей.

На характер розподілення концентрацій по об'єму будуть впливати геометричні параметри досліджуваної системи — висота рівня апарата H , діаметр насадки перемішуючого пристрою d_m , кількість отворів z і величина зазору між насадкою та стінками апарата S , технологічні — частота коливання перемішувального пристрою ω .

Визначимо початковий стан системи, варіюючи основні параметри коливань. Значення вихідних параметрів стануть реперною точкою для подальших досліджень.

Приймаємо вихідні значення параметрів: початкова висота рівня середовища в апараті — $H = 0,18$ м; початкова частота коливання перемішувального пристрою — $\omega = 13$ с⁻¹; діаметр перемішувального пристрою — $d_m = 0,088$ м; діаметр апарата — $D = 0,09$ м. Оскільки діаметр апарата і перемішувального пристрою знаходяться в межах одного числового порядку, то можемо використати запропоновану математичну модель.

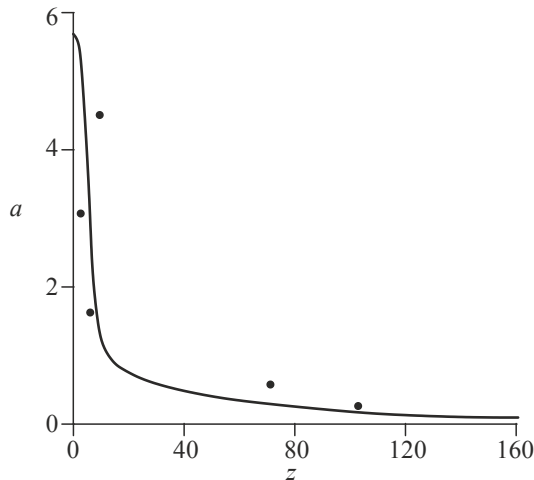


Рис. 2. Графік залежності зміни різниці концентрацій середовищ по координаті z

Результати моделювання. Графік (рис. 2) демонструє, що при збільшенні рівня висоти середовища в досліджуваній системі до значення більше 0,16 м спостерігається наближення кривої до осі Oz . З цього можна зробити висно-

вок, що збільшення лінійних розмірів, а саме: висоти H апарата неможливе без корегування інших параметрів (збільшення частоти коливання перемішувального пристрою або додавання дисків насадки перемішувального пристрою).

Висновки

1. Математична модель як основа масштабного переходу, що реалізована в математичному пакеті Mathcad, дає змогу визначити характер розподілення концентрацій речовин, який залежить від параметрів коливань, густини і в'язкості рідини та площі контактних елементів перемішувального пристрою. Математична модель адекватно описує процес масопередачі в розглянутій системі, що підтверджується отриманими результатами.

2. Моделювання за наведених початкових умов дало змогу отримати ряд залежностей, які забезпечують вибір оптимальних розмірів контактної елемента, що, у свою чергу, значно спростить процес конструювання та розрахунку ферментера з вібраційним перемішуванням при забезпеченні якості АФІ для виробництва біологічних лікарських засобів.

Література

1. *Сергеев В.А.* Культуры клеток в ветеринарии и биотехнологии [Текст] / В.А. Сергеев, Ю.А. Собко. — Киев.: Урожай, 1990. — 152 с.
2. *Стабников В.Н.* Особенности расчета ферментаторов с виброперемешиванием [Текст] / В.Н. Стабников, П.П. Лобода, В.Н. Поводзинский // Хим. и нефтян. машиностроение. — 1984. — № 5. — С. 26—28.
3. *Городецкий И.Я.* Вибрационные массообменные аппараты [Текст] / И.Я. Городецкий, А.А. Васин, В.М. Олевский, П.А. Лупанов; Под ред. В.М. Олевского. — Москва : Химия, 1980. — 192 с.
4. *Костик С.І.* Конструювання біореакторів з введенням енергії механічними низькочастотними коливаннями [Текст] / С.І. Костик, М.Г. Кутовий, В.М. Поводзинський, В.Ю. Шибецький // Scientific Journal «ScienceRise». — 2017. — № 5/2(34). — С. 49—54.
5. *Ружинська Л.І.* Математичне моделювання перемішування при культивуванні біологічних агентів, чутливих до напружень зсуву [Текст] / Л.І. Ружинська, В.Н. Поводзинський, С.М. Чередник, Є.В. Морозова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2013. — № 1/4(61) — С. 27—30.

FEATURES OF MODELING COMPLEX TECHNOLOGICAL SYSTEMS IN FOOD TECHNOLOGIES

A. Martseniuk, T. Misyura, N. Popova
National University of Food Technologies

Key words:

*System
System analysis
Physical modeling
Mathematical modeling
Complex systems
Swelling*

Article history:

Received 04.05.2018
Received in revised form
24.06.2018
Accepted 12.06.2018

Corresponding author:

T. Misyura
E-mail:
taras_as@i.ua

ABSTRACT

The mathematical modeling of complex systems of food technologies as a result of the development of physical modeling, which is performed taking into account the similarity theory and the use of initial and boundary conditions, is considered. The strategy for improving specific processes is, as a rule, initially conducted in-depth study of the process in order to identify the constraints that impede their intensive course, and then to select and develop a set of measures that remove these restrictions. The development of such measures requires modern theoretical and practical knowledge, the use of fairly accurate measuring instruments and computer technology with algorithms and programs that allow you to analyze the processes under study. However, most modern algorithms contain a significant amount of simplifying assumptions and does not have generalizing solutions.

Mathematical modeling of modern systems allows to increase the number of factors taken into account in equations and to get more precise description of processes with lower economic costs. The peculiarity of any simulation is its approximation, which follows from incomplete account of factors affecting the process and continuous changes of the Universe, which functions as the Unified System. Mathematical modeling is possible only for those processes for which sufficient amount of knowledge has been accumulated and which are already described by mathematical equations. A disadvantage of mathematical modeling is the significant loss of the ability to trace internal relationships between physical and chemical quantities during the process.

Simulation of new systems requires a systematic approach and includes the main aspects: creation of a new system in imagination based on the experience and existing knowledge; selection of the most important factors influencing the behavior of the system; simulation of the system's script on the computer and interpretation of the obtained results; making the model of the system and equipping it with the necessary control-measuring devices and means of control; experimental research of the manufactured system and determination of optimal operating modes.

The process of swelling of plant material (lofant) during extraction is considered based on the constructed matrix of experiment planning, and the regression equation is given for the dependence of the swelling ratio on the temperature of the extractant and the duration of the process.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-15

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ У ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

О.С. Марценюк, Т.Г. Мисюра, Н.В. Попова

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто математичне моделювання складних систем харчових технологій як результат розвитку фізичного моделювання, яке виконується з урахуванням теорії подібності та використанням початкових і граничних умов. Стратегія удосконалення конкретних процесів полягає, як правило, у проведенні спочатку глибоких досліджень процесу з метою виявлення обмежень, які заважають їх інтенсивному перебігу, а потім у підборі й розробленні комплексу заходів, що знімають ці обмеження. Розроблення таких заходів вимагає сучасних теоретичних і практичних знань, застосування досить точних вимірювальних приладів та обчислювальної техніки з алгоритмами і програмами, які дають змогу проаналізувати досліджувані процеси. Проте більшість сучасних алгоритмів містить значну кількість спрощуючих допущень і не має узагальнюючих рішень.

Математичне моделювання сучасних систем дає змогу збільшити кількість факторів, що враховуються в рівняннях, і отримати більшу точність описання процесів з меншими економічними витратами. Особливістю будь-якого моделювання є його приблизність, яка випливає з неповного врахування факторів, що впливають на процес, і безперервних змін Всесвіту, що функціонує як Єдина Система. Математичне моделювання можливе лише для тих процесів, для яких накопичений достатній об'єм знань і які вже описані математичними рівняннями. Недоліком математичного моделювання є значна втрата можливості прослідкувати внутрішні зв'язки між фізико-хімічними величинами в ході процесу.

Моделювання нових систем вимагає системного підходу і включає основні аспекти: створення в уяві на основі досвіду та наявних знань нової системи, яка відповідає поставленому завданню; вибір найбільш важливих факторів, що впливають на поведінку системи; моделювання на комп'ютері сценарію поведінки системи та інтерпретація отриманих результатів; виготовлення моделі системи й оснащення її необхідними контрольними-вимірювальними приладами та засобами керування; експериментальне дослідження виготовленої системи та визначення оптимальних режимів роботи.

За побудованою матрицею планування експерименту розглянуто процес набухання рослинної сировини (лофанту) під час екстрагування та наведено рівняння регресії для залежності коефіцієнта набухання від температури екстрагента і тривалості процесу.

Ключові слова: системний аналіз, фізичне моделювання, математичне моделювання складних систем, набухання.

Постановка проблеми. Теорія подібності та її теореми стосуються переважно фізичного моделювання, при якому подібність поширюється на явища

однакової фізичної природи (перемішування, нагрівання тощо). Наприклад, процес перемішування компонентів при приготуванні тіста вивчають на реальній, спеціально виготовленій моделі лабораторної мішалки невеликого розміру, виготовлення якої, внесення змін у її будову та проведення досліджень потребують значно менших коштів, ніж при використанні апарата великого розміру. Отримані результати досліджень, які відповідають оптимальним економічним витратам на проведення процесу (потужність приводу мішалки, тривалість процесу, співвідношення геометричних розмірів), використовують для проектування промислової мішалки, дотримуючись вимог трьох теорем подібності.

Фізичне моделювання порівняно з іншими методами краще та наочніше відтворює процеси в оригіналі, дає змогу вдосконалювати процеси на основі розуміння механізму їх перебігу.

Рівень сучасної обчислювальної техніки у ряді випадків надає можливість змогу замінити фізичне моделювання математичним. Якщо подібність поширюється на явища різної природи, але описується однаковими математичними залежностями, то моделювання називається математичним, або аналоговим. Математичне моделювання — це спосіб описання різних за фізичною природою технологічних процесів за допомогою системи однакових диференціальних, інтегральних або алгебраїчних рівнянь, що відображають функціональну залежність між вхідними і вихідними параметрами процесу.

Наприклад, беручи до уваги однаковий вигляд кінетичних рівнянь, що відображають швидкість процесів перенесення кількості руху, теплової енергії та маси, можна встановлювати певні закономірності теплових і масообмінних процесів на основі відомих законів руху рідин.

Для наближення математичної моделі до конкретного процесу загальні рівняння доповнюють початковими і граничними умовами та певними допущеннями. Від того, наскільки точно запропонована модель відображає особливості оригіналу, залежать результати математичного дослідження. Тому отримані результати перевіряють експериментально на достовірність, після чого модель може бути застосована для прогнозних розрахунків поведінки об'єкта досліджень.

Математичне моделювання дає змогу аналізувати поведінку об'єкта при різних значеннях фізичних величин і технологічних параметрах, отримувати характеристики і показники, які складно визначити експериментально. Залежно від прийнятих при складанні моделі положень один і той же процес може описуватись різними математичними моделями і мати різний рівень точності.

Математичне моделювання розглядають як узагальнення фізичного способу розширеного кодування фізичних величин. Воно дає можливість більш узагальнено розв'язувати практичні завдання, пов'язані з пошуком оптимальних технологічних режимів, що забезпечують зменшення витрат на виробництво продукції потрібної якості, визначенням конструктивних елементів машин і апаратів, а також керівних дій, що забезпечують сталість процесу в установлених оптимальних режимах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методи моделювання загалом і математичного зокрема відіграють важливу роль в інтенсифікації наукових

досліджень та технічного прогресу, оскільки дають змогу отримати кількісну оцінку передбачуваних технічних вирішень найбільш економічними способами.

Збільшуючи кількість урахуваних у рівняннях факторів можна отримати більшу точність описання процесів. Проте моделювання завжди залишається приблизним. Неточність моделювання впливає з теореми, сформульованої у 1965 р. Белом, яка отримала назву «Про нелокальність причин» і підтримала ідею про те, що у Всесвіті все взаємопов'язано. Ця теорема стверджує, що ізольованих систем не існує і що вся система Всесвіту, навіть розділена на частини величезними відстанями, між якими відсутні зафіксовані нами сигнали, поля, механічні сили, енергії тощо, функціонує як Єдина Система [1].

Оскільки Всесвіт у вимірюванні нами проміжки часу не відноситься до періодичних систем і безперервно розвивається, тобто безперервно змінюються початкові і граничні умови умовно ізольованих нами технологічних систем, то навіть те ж саме явище, відтворене вдруге у тому ж апараті, внаслідок всезагальних зв'язків, повторюється дещо інакше. Тож логічно, що теорія подібності названа «Теорією подібності», а не «Теорією однаковості» перебігу однотипних процесів у геометрично подібних апаратах.

Щонайменші не вловлені відхилення початкових параметрів, дія мізерних сил, що виникають невідомо звідки, можуть вплинути на реальний перебіг процесу внаслідок так званого ефекту «метелика». Цей ефект сформулював у 1961 р. метеоролог Е. Лоренц. Він встановив багаторазово підтверджений факт, що навіть незначні зміни початкових умов, які не можуть бути враховані при комп'ютерному моделюванні погодних змін, приводять до значних похибок, і прогнози, складені більше ніж на тиждень, просто безпідставні. Його «ефект метелика» звучить приблизно так: «Рух крила метелика в Перу, якщо метелик знаходиться поблизу точки біфуркації, через серію непередбачених і взаємно пов'язаних подій може посилити рух повітря і, в підсумку, привести до урагану в Техасі». Подібну ідею висловив і математик Анрі Пуанкаре, коли писав: «Зовсім нікчемна причина, що вислизає від нас за своєю малістю, спричиняє значну дію, яку ми не можемо передбачити».

У квантовій механіці всі об'єкти, згідно з принципом невизначеності Гейзенберга, характеризуються флуктуаціями фізичних величин. Флуктує й електромагнітне поле, флуктуації якого співвідносяться з електричним струмом, що продукується обертанням на орбіті електрона — за відкриття цього явища Фейнман отримав Нобелівську премію.

З позицій квантової теорії поля фізичний вакуум — це простір, у якому відсутні реальні частинки, що характеризуються масою, але заповнений флуктуаціями всіх фізичних полів. У природі немає полів, інтенсивність яких була б абсолютним нулем, але спостерігати їх можна лише тоді, коли у вакуумі опиняється елементарний фізичний об'єкт. Цей об'єкт через флуктуації завжди взаємодіє з усіма наявними у природі фізичними полями. Із квантової фізики випливає, що в природі взагалі не може бути ізольованих тіл, тому що кожне тіло через серію флуктуацій постійно взаємодіє з усіма іншими тілами.

Мета статті: провести порівняльний аналіз сучасного стану розвитку фізичного і математичного моделювання складних систем харчових техно-

логі, визначити можливості і достовірність отриманих результатів та роль оператора у виконанні цього процесу.

Викладення основних результатів дослідження. Сучасні теоретичні й експериментальні дослідження фізиків [2—4] підтверджують уявлення про нерозривну цілісність Всесвіту і миттєву швидкість передачі інформації між окремими його елементами через торсійні поля. У монографії [2] квантова інформація трактується як фундаментальна кількісна характеристика будь-якої системи і як джерело всіх процесів, які можуть бути проявлені в системі. Всесвіт і наша планета безперервно змінюються і ці зміни вносять корективи у перебіг технологічних процесів (в умовах проведення процесів харчових виробництв ці корективи, зазвичай, настільки незначні, що ми їх не враховуємо).

Стратегія удосконалення конкретних процесів при фізичному моделюванні полягає, як правило, в проведенні спочатку глибоких досліджень процесу з метою виявлення обмежень, які заважають їх інтенсивному перебігу, а потім у підборі й розробленні комплексу заходів, які знімають ці обмеження. Розроблення таких заходів вимагає сучасних теоретичних і практичних знань, застосування досить точних вимірювальних приладів і обчислювальної техніки з алгоритмами й програмами, які дають змогу провести аналіз досліджуваних процесів, причому бажано в автоматичному режимі. Проте більшість сучасних алгоритмів містить значну кількість спрощуючих допущень, не має узагальнюючих рішень і через складність досліджуваних систем не завжди може бути використана для отримання оптимальних висновків.

Складні системи, що складаються з кількох зв'язаних між собою взаємодіючих підсистем, набувають нових властивостей, які відсутні на підсистемному рівні і не можуть бути зведені до властивостей підсистемного рівня. У таких системах утворюються нові технологічні ефекти, які у взаємодії з фізичним вакуумом створюють принципову можливість процесів нового типу з використанням додаткової енергії від різних фізичних явищ.

Найпростішим прикладом можуть бути гідродинамічні кавітаційні пристрої [5], в яких внаслідок накладання кількох явищ різної фізичної природи в умовах високої щільності енергії у невеликому об'ємі відбувається перебудова структур води з частковим вивільненням енергії водневих зв'язків, що сприймається нами як генерація надлишкової енергії, неврахованої рівняннями енергетичного балансу.

Системи рівнянь, що описують математичну модель певного технологічного процесу, часто мають більшу кількість невідомих величин, ніж число рівнянь, і не можуть бути розв'язані аналітично. В таких випадках застосовують моделювання на цифрових обчислювальних машинах, яке дає змогу отримати чисельні рішення прийнятих систем рівнянь.

Недоліком математичного моделювання є значна втрата можливості прослідкувати внутрішні зв'язки між фізико-хімічними величинами в ході процесу. Цей недолік частково усувається за допомогою тривимірних зображень.

Математичне моделювання можливе лише для тих процесів, для яких накопичений достатній об'єм знань і які вже описані математичними рівняннями. Деякі процеси, наприклад, процес перемішування рідких середовищ, який широко використовується для інтенсифікації явищ перенесення, ще не

отримав належного математичного описання. Тому сучасні дослідження оптимальних умов явищ перенесення супроводжуються великою кількістю експериментів. З метою зменшення об'єму експериментів використовується теорія математичного планування експериментів.

Під час досліджень і опрацювання результатів, як правило, теоретичні знання поєднуються з експериментальними. Такий метод досліджень отримав назву синтетичного.

Складні системи включають кілька зв'язаних між собою в одне ціле підсистем (елементів), кожна з яких має свої властивості. Згідно з правилом емерджентності (у перекладі з англ. означає «поява нового») властивості складної системи обумовлюються не лише властивостями окремих елементів системи, а й зв'язками між ними, і тому якісно відрізняються від властивостей окремих елементів системи. Складним системам характерні додаткові часові затримки, невизначеність, випадковість (стохастичність), непередбачуваність їх реакцій на зовнішні впливи.

Створення нових складних технологічних систем вимагає моделювання їх прогнозованої поведінки. Для цього використовують методологію системного підходу, яка полягає у всебічному дослідженні об'єкта як цілісної множини елементів у сукупності відношень і зв'язків між ними та із зовнішнім середовищем на основі використання електронно-обчислювальної техніки й сучасних методів обробки інформації. Системний підхід (англ. *systems thinking*, тобто «системне мислення») об'єднує теорію пізнання з експериментальними дослідженнями.

Основними принципами системного підходу є: цілісність (система розглядається одночасно і як єдине ціле, і як підсистема вищих рівнів); ієрархічність побудови (наявність елементів нижчого рівня, підпорядкованих елементам вищого (керуючого) рівня); структуризація (наявність організаційної структури, яка дає змогу аналізувати елементи системи і їх взаємозв'язки); множинність (використання множини кібернетичних, економічних і математичних моделей для опису окремих елементів і системи в цілому).

Закінчена теорія системного підходу до побудови нових систем поки ще не розроблена, проте незаперечними умовами такого підходу є наявність фахових знань і вміння користуватись обчислювальною технікою.

Моделювання нових систем включає такі основні аспекти:

1. Створення в уяві нової системи. На основі досвіду та наявних знань пропонують різні варіанти систем (у тому числі й абсурдні) і серед них вибирають найбільш логічні, беручи до уваги легкість виготовлення, простоту функціонування, надійність, продуктивність, безпечність тощо.

2. Моделювання на комп'ютері функціонування (сценарію поведінки) вибраної системи. Побудова сценарію поведінки повинна включати дані про властивості підсистем, методи об'єднання їх в одну систему, зв'язки системи з зовнішніми впливами, мету дослідження, регулювання очікуваних ефектів.

Розроблено більше 20 різних методів моделювання й аналізу технологічних передбачень перебігу процесів (багатовимірне, кроково-регресійне, оптимізаційне для нестабільних і стійких систем, комунікаційне, морфологічне, стохастичне, імітаційне, непряме тощо), причому різні методи можуть давати

різні кінцеві рішення, що дає змогу не лише краще оцінити результати в цілому, а й може призводити до помилок. Для їх зменшення використовують методи адаптивного управління зі зворотними зв'язками, усунення впливу локальних помилок на функціонування системи, принципи очевидності, умови забезпечення цілісності, надійності і стійкості систем.

Стійкість керованої системи, згідно з принципом Ешбі, можна підвищити за допомогою її різноманіття, тобто введенням додаткових підсистем або дублюванням елементів, які повертають систему в один із допустимих станів (наприклад, якщо в технологічній системі надлишкове виділення піни приводить до викидання продукту з апарата, то стійкість системи можна підвищити введенням додаткової підсистеми піногасіння, як це зроблено в апаратах для культивування мікроорганізмів).

Кількість впливових величин при моделюванні складних систем може досягати 40 і більше, що призводить до необхідності перебору 2^{40} варіантів перебігу процесу, кожен з яких може характеризуватись набором невеликої кількості (наприклад 5...7) найбільш важливих величин. Для оцінки системи вибирають невелику кількість найбільш реальних варіантів. Це впливає на точність прийняття рішень і вимагає подальшої комп'ютерної та експериментальної перевірки.

3. Виготовлення системи та оснащення її контрольно-вимірювальними приладами та засобами керування.

4. Експериментальне дослідження виготовленої системи, визначення оптимальних режимів роботи, перевірка на адекватність, тобто на відповідність експериментально отриманих результатів розрахунковим.

Слід зауважити, що розробка і моделювання складних систем важка і клопітка справа і вимагає кількох років наполегливої праці.

У широкому розумінні кінцевим завданням процесів і апаратів харчових виробництв є створення технологій виробництва таких продуктів харчування, які б поряд з високими органолептичними й енергетичними характеристиками забезпечували повноцінне біологічне і соціальне функціонування кожної людини. Для цього необхідно створити складну систему сукупності компонентів харчових продуктів з урахуванням їх взаємодії між собою під час виготовлення та зберігання і об'єднати цю систему в одне ціле з найбільш складною системою організму людини без можливих побічних ефектів.

У взаємодії організму людини з продуктами харчування слід враховувати не лише характеристики продуктів, а й фізіологічні особливості окремого індивідууму, його спадковість, соціальний статус, професійну діяльність, поведінку, фізичне тренування і дотримання режиму, загартованість організму, вчинки й захисні реакції, які можуть змінюватися у зв'язку з пережитими загрозливими ситуаціями та спілкуванням з іншими людьми і приводити як до покращення, так і до погіршення самопочуття.

Створюючи функціональні продукти, слід враховувати і мінімізувати вплив не лише домішок шкідливих хімічних речовин, а й допущених до вживання у малих дозах стабілізаторів, емульгаторів, антиокислювачів, смакових добавок. Їх сумісне вживання може підсилювати ефект негативної дії кожного окремого компонента і шкодити організму; особливо шкідливі продукти перетво-

рення трихлорфенолу (тератогени), які спричиняють зміни в клітинах зародка і вражають не організм, який його асимілює, а подальші покоління.

До вирішення проблеми створення продуктів повноцінного харчування, користуючись методом системного підходу, наука лише наближається, приймаючи дуже великі спрощення, наприклад, розділяючи компоненти продуктів на групи білків, жирів і вуглеводів, без урахування властивостей і вмісту окремих компонентів у кожній групі і розглядаючи людину як середньостатистичну без урахування характеристик кожної особистості, як частково відкритої системи, яка до того ж сама може змінювати очікувану дію продукту.

Крім методів системного підходу, користуються також методом кумуляцій, за яким одне й те ж поняття можна розглядати з різних позицій: спрможності до відновлення, логічності, корисності, можливості інтенсифікації, здатності до саморегулювання. Цей метод інколи може дати швидкий результат.

Використання комп'ютерного моделювання відкриває перспективи створення для різних категорій людей продуктів здорового і функціонального харчування, які будуть усувати недомагання, підвищувати активність і продовжувати тривалість життя, та розробки засобів зворотного зв'язку для регулювання дозування на основі індивідуальних особливостей вживання продукту кожною людиною.

Невпинно створюються нові продукти харчування та напої як на базі комбінування компонентів відомої харчової сировини, так і на основі селекції та досліджень ще не використовуваних рослин, грибів, бактерій, морських продуктів. Створенню продуктів функціонального призначення на науковій основі сприяють успіхи молекулярної біології, генетики і генної інженерії, біофізики, біохімії обмінних процесів. Системна методологія передбачення [6] дає змогу на якісному рівні провести комплексні роботи з технологічного передбачення під час створення нових харчових продуктів.

Інтеграція нових технологій не є простим процесом і висуває нові вимоги як до створення самого процесу, так і до розробки баз даних, характеристик і складу харчових продуктів та дії їх компонентів на організм. Крім того, необхідна спеціальна підготовка фахівців, які можуть кваліфіковано розібратись у результатах, отриманих у ході комп'ютерного моделювання, і передбачити можливість виникнення побічних ефектів.

Як приклад, подано процес водопоглинання рослинної сировини під час екстрагування [7].

При дослідженні водопоглинання та зміни розмірів частинок сировини встановлено, що на початку процесу відсоток набухання збільшується повільно, а потім стрімко зростає, досягаючи максимуму. Отриманий характер зміни коефіцієнта набухання дає змогу охарактеризувати увесь процес поглинання вологи частинками сировини як тристадійний: змочування матеріалу, заповнення вологою міжклітинного простору, проникнення вологи у середину клітини. При цьому волога спочатку розчиняє екстрактивні речовини у поверхневому шарі, а потім разом із ними потрапляє у міжклітинний простір. У міру проникнення вологи в середину частинок, а також внаслідок впливу підвищеної температури відбувається змінення будови клітковини та одно-

часне зменшення опору клітини вилученню екстрактивних речовин з частинок сировини.

Дослідження виконувалось за побудованою матрицею планування активного повного двофакторного експерименту, за результатами якого методом регресійного аналізу отримано рівняння регресії, яке адекватно описує залежність коефіцієнта набухання рослинної сировини K від температури екстрагента t та тривалості процесу τ :

$$K = 1,911 - 0,016 t - 0,075 \tau + 0,002 t \tau.$$

Наведене вище рівняння та поверхня відгуку (рис. 1) отримані за результатами дослідження процесу набухання лофанту.

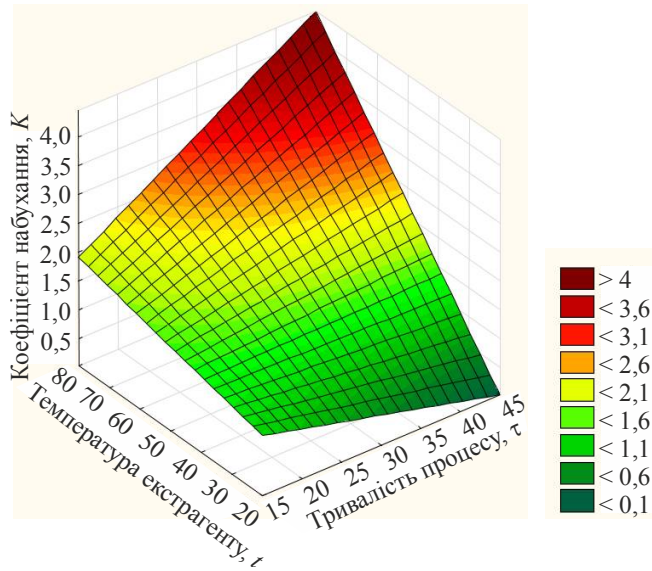


Рис. 1. Поверхня відгуку залежності коефіцієнта набухання рослинної сировини K від температури екстрагента t і тривалості процесу τ

Коефіцієнт набухання, розрахований за наведеним вище рівнянням, необхідно враховувати під час розрахунків коефіцієнта дифузії речовин рослинної сировини, а час набухання – під час планування тривалості процесу їх екстрагування. Отримане рівняння регресії для коефіцієнта набухання дає змогу підібрати оптимальні режими попередньої підготовки рослинної сировини трав'яного і листового походження.

Висновки

Дослідження показують, що фізичне моделювання, виконане з урахуванням теорії подібності, не втрачає актуальності і є складовою частиною математичного моделювання з визначенням граничних умов і експериментальної перевірки адекватності моделі.

Велика кількість впливових факторів при моделюванні складних систем харчової технології, які враховують не тільки характеристики чистих харчових продуктів, а й шкідливих домішок до них, та взаємодію продуктів з фізіо-

логічними особливостями організму окремої людини з урахуванням способу її життя, не дає змоги перебрати всі можливі варіанти, знижує точність моделювання і вимагає широких знань та інтуїції дослідника як при виборі найбільш важливих факторів, так і при інтерпретації отриманих результатів.

Для подальшого розвитку моделювання необхідно не тільки розробляти нові й удосконалювати існуючі методи моделювання, а й розширювати бази даних властивостей харчових продуктів, удосконалювати і підвищувати точність вимірювальних пристроїв і приладів, що вимагає додаткових економічних вкладень.

Література

1. *Тихоплав В.Ю.* Гармония хаоса или фрактальная реальность / В.Ю. Тихоплав, В.С. Тихоплав. — Санкт-Петербург : ВЕСЬ, 2003. — 352 с.
2. *Доронин С.И.* Квантовая магия. — Санкт-Петербург : ИГ «ВЕСЬ». 2009. — 336 с.
3. *Шишов Г.И.* Теория физического вакуума. Теория, эксперименты и технологии. — Москва : Наука, 1997. — 451 с.
4. Торсионные поля и информационные взаимодействия. — 2009. Материалы междунар. научн. конф. Хоста. — Сочи. 25—29 августа 2009 г. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.Second-physics.ru/node/23>.
5. *Федоткин И.М.* Кавитация. Т. 2. Теоретические основы производства избыточной энергии / И.М. Федоткин, И.С. Гулый. — Киев : АО «ОКО», 2000. — 898 с.
6. *Згуровський М.З.* Системна методологія передбачення. — Київ. Політехніка, 2001. — 52 с.
7. *Попова Н.В.* Інтенсифікація процесу періодичного екстрагування за допомогою низькочастотних механічних коливань при виробництві екстрактів із рослинної сировини [Текст]: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Попова Наталія Вікторівна ; Нац. ун-т харч. технол. — Київ, 2008. — 281 с.

INFLUENCE OF THE SPECIFIC LOAD ON THE KINETICS OF THE PROCESS OF CONVECTIVE-THERMO-RADIATION DRYING OF APPLE SNACKS

L. Strelchenko, I. Dubkovetsky, I. Malezhyk

National University of Food Technologies

Key words:

Technology
Blanching
Drying
Moisture content
Vitamin C
Energy consumption
Snack

Article history:

Received 14.05.2018
Received in revised form
05.06.2018
Accepted 15.06.2018

Corresponding author:

L. Strelchenko
E-mail:
lanovenkol@i.ua

ABSTRACT

Snacks are one of the varieties of the so-called “fast food” that is common in the modern world. There is a large number of snacks, both natural and with various additives. Based on the market analysis of snacks in Ukraine, there was a necessity to develop a new product that can be eaten by people with certain limitations and even children. The effectiveness of the drying process essentially depends on the specific loading of the raw material, which is determined by the mass (kg), referenced to unit area (m²). The development of a new apple snack technology allows to get a product with low calorie content and a balanced chemical composition. In order to determine the optimal specific load of the semi-finished product, the study was carried out at a laboratory installation at different loads: 2.2 kg/m², 4.4 kg/m², 6.6 kg / m², 8.8 kg/m² and 11.0 kg/m². As a result of research, five samples of snakes were obtained.

The organoleptic and physical-chemical analysis of the obtained snacks showed that the optimal specific load on the dryer is 8.8 kg/m². The raw material for drying was the fall grade “Golden Delishes” apples. A particular advantage of these apples is the large fruit value (greater than 200 g), a greater ratio than other types of pulp to the seed chamber and a smaller peel thickness. This allows to minimize waste, which is essential, especially on an industrial scale. This variety of apples has high initial values, including the content of sugars and the sugar-acid index. The rational parameters of drying and intensification of the process are achieved by a combination of such drying parameters as shape and size of the material and its specific load. The combination of convective and thermo-radiation drying with impulse heat transfer to the apple snake surface allowed to achieve the desired qualitative technological characteristics and reduce energy costs compared to convective or thermos-radiation drying. The mechanism and intensity of the transfer of moisture in the material depend on the form of connection of moisture with the material, the diffusion of the vapor-gas medium through the capillary-pore structure of the material. The work presents the curves of drying and drying rates, the dependence of the heat and mass transfer coefficients under different loads by convective thermo-radiation power supply.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-16

ВПЛИВ ПИТОМОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА КІНЕТИКУ ПРОЦЕСУ ПРИ КОНВЕКТИВНО-ТЕРМОРАДІАЦІЙНОМУ СУШІННІ ЯБЛУЧНИХ СНЕКІВ

Л.В. Стрельченко, І.В. Дубковецький, І.Ф. Малежик

Національний університет харчових технологій

Снеки є одним з різновидів розповсюдженої в сучасному світі так званої «швидкої їжі». Існує велика кількість як натуральних снеків, так і з різними добавками. На основі аналізу ринку снеків в Україні виникла потреба в розробці нового продукту, яким можуть харчуватися люди з певними обмеженнями і навіть діти. Розробка нової технології яблучних снеків дає змогу отримати продукт з невисокою калорійністю та збалансованим хімічним складом.

З метою встановлення оптимального питомого навантаження напівфабрикату дослідження виконували на лабораторній установці при різних навантаженнях: $2,2 \text{ кг/м}^2$, $4,4 \text{ кг/м}^2$, $6,6 \text{ кг/м}^2$, $8,8 \text{ кг/м}^2$ та $11,0 \text{ кг/м}^2$. У результаті досліджень отримали п'ять зразків снеків. Органолептичний і фізико-хімічний аналіз одержаних снеків показав, що оптимальним питомим навантаженням на сушарку є $8,8 \text{ кг/м}^2$.

Сировиною для сушіння був осінній сорт яблук *Голден Делішес*. Особливою перевагою цих яблук є значна величина плоду (більше 200 г), більше співвідношення порівняно з іншими сортами м'якоті до насінневої камери і менша товщина шкірки. Це дає змогу мінімізувати відходи, що має суттєве значення, особливо в промислових масштабах. Цей сорт яблук відрізняється високими вихідними показниками, зокрема вмістом цукрів і цукрово-кислотним індексом. Раціональні параметри сушіння та інтенсифікація процесу досягається комбінацією таких параметрів сушіння, як форма та розміри матеріалу і його питоме навантаження. Комбінація конвективного і терморадіаційного сушіння при імпульсному донесенні теплоти до поверхні яблучних снеків забезпечила бажані якісні технологічні характеристики і зменшення витрат енергії порівняно з конвективним чи терморадіаційним сушінням. З'ясовано, що механізм та інтенсивність перенесення вологи у матеріалі залежать від форми зв'язку вологи з матеріалом, дифузії парогазового середовища через капілярно-порову структуру матеріалу. Наведено криві сушіння і швидкості сушіння, залежності коефіцієнтів тепломасообміну при різних навантаженнях конвективно-терморадіаційним енергопідведенням.

Ключові слова: технологія, бланшування, сушіння, вологовміст, вітамін С, витрати енергії, снек.

Постановка проблеми. Сучасний ринок снеків в Україні представлений як вітчизняними, так і закордонними виробниками. Снеки закордонного виробництва дорожчі, тому попит на них в останні роки дещо знизився, бо споживач надає перевагу в основному вітчизняним снекам. Основною відмінністю снека є розмір шматочків і зручність вживання через відсутність попередньої підготовки. Серед вітчизняних снеків споживач надає перевагу сухофруктам.

Якщо аналізувати сегмент сухофруктів, то передусім він представлений яблуками. Проте якість таких продуктів бажала б бути кращою, а асортимент різноманітнішим. У зв'язку з цим постає завдання розробки нових інноваційних харчових продуктів із невисокою калорійністю та високою харчовою цінністю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки були запропоновані нові технології з виробництва яблучних снєків із застосуванням конвективного [3], мікрохвильового [4], сублімаційного [5] та вакуумного сушіння [6], але вони мають суттєвий недолік – енергоємність. Запропонований нами конвективно-терморадіаційний спосіб сушіння [7] знижує енерговитрати до 30% порівняно з конвективним.

Мета статті: розроблення технології яблучних снєків з високими органолептичними показниками, збалансованим хімічним складом і значною харчовою цінністю.

Викладення основних результатів дослідження. Попередньо підготовлені яблука бланшували протягом 90 секунд в 30-відсотковому цукровому сиропі з додаванням органічної (лимонної) кислоти та антиоксиданту. Сушіння виконували інфрачервоними промінням в імпульсному режимі нагрів-охолодження з довжиною хвилі в діапазоні 1,2...4 мкм та щільністю теплового потоку 5,5 кВт/м². Температура сушіння яблучних снєків становила 60°C. З метою інтенсифікації процесу сушіння одночасно з інфрачервоним здійснювалось конвективне сушіння з рециркуляцією повітря 50/50% [10; 11]. Для встановлення оптимального питомого навантаження сушарки було досліджено такі значення: 2,2 кг/м², 4,4 кг/м², 6,6 кг/м², 8,8 кг/м² та 11,0 кг/м². Використання питомого навантаження менше ніж 2,2 кг/м² призводить до нераціонального використання ресурсів сушарки, тому що вона працює не на повну потужність. А використання питомого навантаження більше 11,0 кг/м² призводить до перевантаження установки, що теж нераціонально.

На основі отриманих даних були побудовані криві сушіння (рис. 1), що характеризують зміну вологовмісту W^c залежно від часу τ . Звідси видно, що період прогріву для всіх зразків мінімальний, а швидкість видалення вологи відбувається прямо пропорційно збільшенню питомого навантаження.

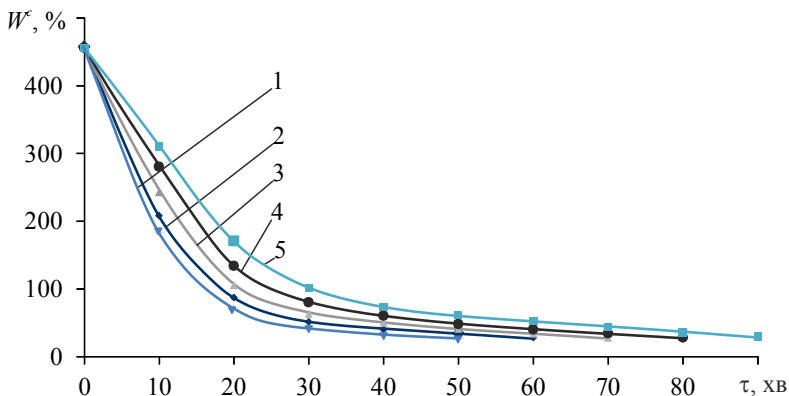


Рис. 1. Криві сушіння бланшованих яблук при різному питомому навантаженні: 1 — 2,2 кг/м²; 2 — 4,4 кг/м²; 3 — 6,6 кг/м²; 4 — 8,8 кг/м²; 5 — 11 кг/м²

Апроксимуючи дані першого та другого періодів сушіння (рис. 1), вивели рівняння залежності вологовмісту W^c від часу сушіння τ і питомого навантаження P_n в першому періоді :

$$W^c = (0,0702P_n - 31,309)\tau - 0,0622 P_n + 462,68 \text{ при } R^2 = 0,98;$$

у другому періоді:

$$W^c = (-0,075 P_n - 92,634) \ln(\tau) + 248,4 P_n^{0,113} \text{ при } R^2 = 0,95,$$

де W^c — вологовміст,%; τ — час, хв; P_n — насипна маса продукту, кг/м²; R^2 — коефіцієнт кореляції.

У результаті обробки кривих сушіння отримані залежності швидкості сушіння бланшованих яблук від вологовмісту (рис. 2), що дають змогу проаналізувати динаміку сушіння зразків. При виведенні рівняння кінетики сушіння з експериментальних залежностей $dW^c/d\tau$ від W^c встановили, що в перший період швидкість сушіння для кожного навантаження є постійною, але зменшується при збільшенні питомого навантаження. А починаючи з 2-го періоду сушіння вплив питомого навантаження на швидкість сушіння зменшується при зменшенні вологовмісту матеріалу.

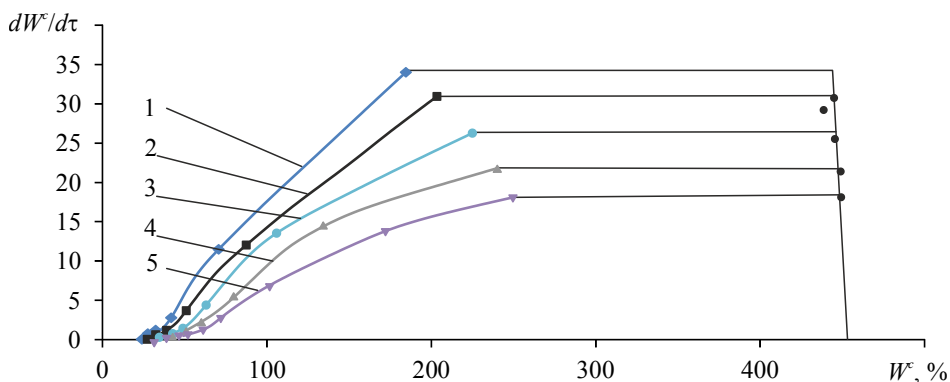


Рис. 2. Криві швидкості сушіння бланшованих яблук при питомому навантаженні: 1 — 2,2 кг/м²; 2 — 4,4кг/м²; 3 — 6,6 кг/м²; 4 — 8,8 кг/м²; 5 —11 кг/м²

Проаналізувавши другий період сушіння, вивели для всіх зразків апроксимаційне рівняння залежності швидкості сушіння τ від вологовмісту W^c продукту і питомого навантаження P_n :

$$dW^c/d\tau = (21,93e^{-0,004P_n})W^c + 0,149P_n - 67,94 \text{ при } R^2 = 0,97,$$

де W^c — вологовміст,%; τ — час, хв; P_n — питома навантаження; R^2 — коефіцієнт кореляції.

На основі обробки графічних залежностей кривих сушіння і швидкості сушіння визначили залежності коефіцієнтів швидкості сушіння в першому і в другому періодах, а також тривалість прогріву напівфабрикату, тривалість першого та другого періодів. Результати наведені в табл. 1 та на рис. 3. За коефіцієнтами швидкості сушіння в другому періоді вивели апроксимаційне рівняння (рис. 3).

ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Таблиця 1. Коефіцієнти швидкості сушіння снєків залежно від питомого навантаження

№	P_n , кг/м ²	$W_{кр}^c$, %	$dW^c/d\tau$, %/хв	K_1 , %/с ⁻¹	K_2 , %/с ⁻¹	$\tau_{пр}$, хв	τ_1 , хв	τ_2 , хв	$\tau_{заг}$, хв
1	2,2	184	34,22	0,125	1,38	2	10	40	50
2	4,4	208	31,15	0,125	0,503	2	15	45	60
3	6,6	243	26,5	0,125	0,44	2	20	50	70
4	8,8	280	21,94	0,125	0,24	2	20	60	80
5	11,0	310	18,19	0,125	0,202	2	20	70	90

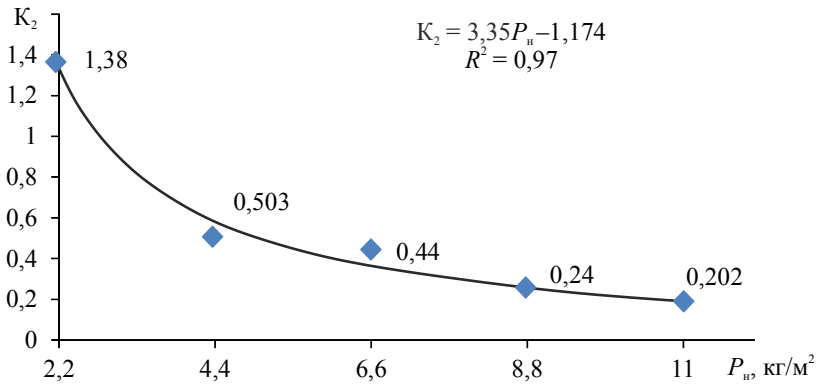


Рис. 3. Коефіцієнти швидкості сушіння для снєків у другому періоді сушіння при різному питомому навантаженні

Після сушіння отримали п'ять зразків снєків з яблук Голден, для об'єктивної оцінки яких був проведений якісний аналіз. Органолептичні показники зразків практично не відрізнялися, окрім зразка з питомим навантаженням 11 кг/м², який відрізнявся невираженим запахом і темним локальним кремовим кольором. Темний колір пояснюється окисненням поверхні продукту киснем повітря внаслідок тривалого видалення вологи. Фізико-хімічні показники готових продуктів представлені в табл. 1. Вміст сухих речовин у свіжих яблук становить 14,2%.

Фізико-хімічний аналіз показав (табл. 2), що найменший вміст вітаміну С виявився в зразку з питомим навантаженням 11,0 кг/м² — 6,8 мг% в продукті. В інших зразках вміст вітаміну С практично не відрізнявся. Саме тому, з огляду на якісний аналіз зразків, можна вважати, що оптимальним питомим навантаженням є 8,8 кг/м² продукту. Адже при меншому питомому навантаженні відбувається нераціональне використання ресурсів сушарки при тій же якості готового продукту.

Таблиця 2. Фізико-хімічний аналіз снєків, отриманих при різному питомому навантаженні

Найменування показника	Снєки, отримані при питомому навантаженні продукту, кг/м ² :				
	2,2	4,4	6,6	8,8	11,0
1	2	3	4	5	6
Сухі речовини яблук, %	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5
Моно- та дицукри, %	64,2	64,2	64,2	64,2	64,2

1	2	3	4	5	6
Органічні кислоти, %	2,1	2,2	2,2	2,1	1,6
Пектинові речовини, %	2,1	2,3	2,6	2,8	5,8
Клітковина, %	1,8	1,9	2,1	2,45	5,3
Мінеральні речовини, %	7,9	8,0	7,8	5,6	3,5
Вітамін С, мг %	8,6	8,63	8,5	8,54	6,8

При обробці даних процесу сушіння одержано витрати енергії для всіх зразків снєків в кВт · год на кг вихідної сировини (рис. 4а) і в МДж/кг випареної вологи (рис. 4б).

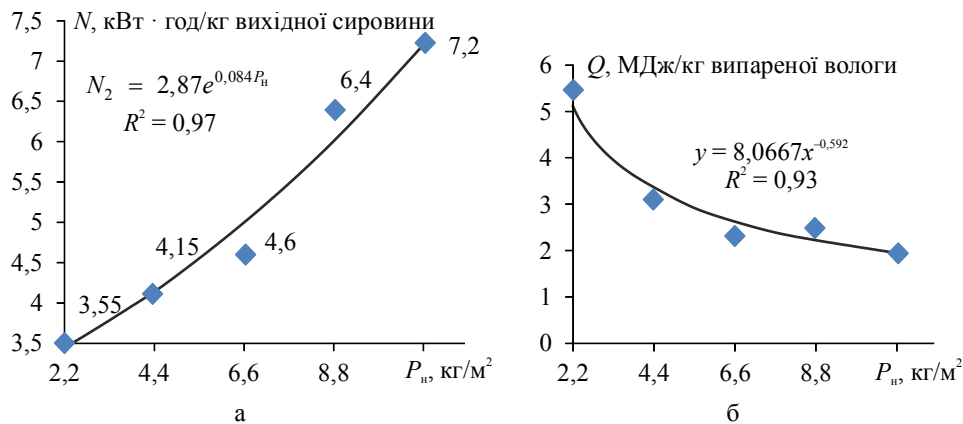


Рис. 4. Витрата електроенергії на 1 кг вихідної сировини (4а) і на 1 кг випареної вологи (4б) при різному питомому навантаженні

З рис. 4 видно, що найвищі витрати енергії склали для снєків, що сушилися при питомому навантаженні 11,0 кг/м² — 7,2 кВт · год/на кг вихідної сировини, а найнижчі 3,55 кВт · год/на кг вихідної сировини для снєків, що висушувалися при питомому навантаженні 2,2 кг/м². Це явище пояснюється тим, що із збільшенням питомого навантаження збільшується час сушіння.

У зв'язку з істотним впливом питомого навантаження на різні параметри процесу сушіння доцільним є встановлення оптимальних його значень.

Кількість теплоти, що витрачається на випаровування вологи при температурі 60°C при різному питомому навантаженні представлено в табл. 3.

Таблиця 3. Кількість теплоти, що витрачається при різному питомому навантаженні (температура повітря 60°C)

Питоме навантаження P_n , кг/м ²	Тривалість сушіння τ , хв	Кількість теплоти, Q :		
		кВт · год/кг вологи	МДж/кг вологи	кВт · год/кг вихідної сировини
2,2	50	182	5,42	3,55
4,4	60	370	3,12	4,15
6,6	70	554	2,3	4,6
8,8	80	709,5	2,5	6,4
11,0	90	1002,5	1,9	7,2

Площа зовнішньої поверхні кілограма висушеного продукту при умові, що сировина нарізається на частинки у формі паралелепіпеда з розмірами $30 \times 3 \times 15$ мм становить:

$$F = 2 \cdot (a \cdot b + a \cdot h + b \cdot h) \cdot n, \text{ м}^2/\text{кг вихідної сировини}, \quad (1)$$

де a, b, h — відповідно, довжина, ширина і висота частинки снека, м; n — кількість частинок на м^2 .

Коефіцієнт теплообміну розраховуємо за формулою:

$$\alpha = Q / (\Delta t_{\text{cp}} \cdot F), \quad (2)$$

де $\Delta t_{\text{cp}} = t_{\text{п}} - t_{\text{ср}}$; $t_{\text{п}}$ — температура матеріалу (в першому періоді сушіння рівна температурі мокрого термометра); $t_{\text{ср}}$ — середньоарифметична температура повітря в сушильній камері. Результати розрахунків наведені в табл. 4.

Таблиця 4. Площа зовнішньої поверхні кілограма висушеного продукту та коефіцієнт теплообміну при різному питомому навантаженні (температура повітря 60°C і швидкість руху повітря в камері $5,5$ м/с)

Питоме навантаження $P_{\text{п}}$, кг/м ²	Площа зовнішньої поверхні кіло-грама висуше-ного продукту F , м ² /кг вихідної сировини	Коефіцієнт теплообміну α при сушінні
2,2	0,702	561,89
4,4	1,404	328,43
6,6	1,989	256,97
8,8	2,633	249,85
11,0	3,276	244,20

У процесі обробки дослідних даних одержали графік залежності коефіцієнта теплообміну від питомого навантаження та відповідне апроксимаційне рівняння (рис. 5).

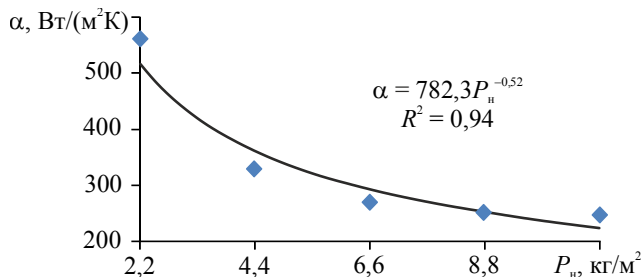


Рис. 5. Залежність коефіцієнта тепловіддачі при сушінні яблучних снєків від питомого навантаження

При дослідженні періодів сушіння швидкість процесу сушіння визначали за станом навколишнього середовища й умовами сушіння, а повний потік вологи виражався через об'ємний коефіцієнт масовіддачі:

$$J = dW^c/d\tau = \beta(x_{\text{г}} - x) = \beta(x_1 - x), \quad (3)$$

де $x_{\text{г}}$ — вологовміст повітря (кг/кг) на межі частинки, який вважається рівноважним; $x_{\text{г}} = x_1$ — вологовміст повітря при постійній швидкості (перший

період) сушіння (кг/кг), який знаходили за психрометричними даними. Молярна маса води $M_b = 18$, повітря $M_n = 29$, відносна вологість повітря $\phi = 64\%$. Парціальний тиск насиченої водяної пари P при температурі t знаходили з таблиць, а мольні долі m — зі співвідношення $m_1 = Pt_1/(1 - Pt_1)$, $Pt_1 = Pt/760$. При температурі 21°C $Pt_{21} = 18,66/760 = 0,025$. Молярна частка при 21°C $m_2 = Pt_{21}\phi/(1 - Pt_{21}) = 0,016$. Вологовміст повітря в першому періоді знаходиться за формулою:

$$x_1 = (M_b/M_n)(m_1/(1 - m_1)). \quad (4)$$

Вологовміст:

$$x = (M_b/M_n)(m_2/(1 - m_2)) = 0,01. \quad (5)$$

Результати розрахунку наведені в табл. 5.

Таблиця 5. Фізичні показники залежно від температури теплоносія

Температура теплоносія t , $^\circ\text{C}$	Парціальний тиск pt , мм рт. ст	Парціальний тиск pt_{21} , мм рт. ст	Молярна частка, m_1	Вологовміст x_1 , кг/кг
60	26	0,034	0,035	0,023

Результати визначення потоку вологи $J = dW/dt$ і коефіцієнта масовіддачі $\beta = J/(x_1 - x)$ при різному питомому навантаженні наведені в табл. 6.

Таблиця 6. Потік вологи при сушінні та коефіцієнт масовіддачі залежно від питомого навантаження (температура повітря 60°C і швидкість руху повітря в камері $5,5$ м/с)

Питоме навантаження P_n , кг/м ²	Потік вологи при сушінні	Коефіцієнт масовіддачі β , м/с
2,2	34,22	2632,31
4,4	31,15	2396,15
6,6	26,5	2038,46
8,8	21,94	1687,69
11,0	18,19	1399,23

У результаті обробки експерименту отримано залежність коефіцієнта масовіддачі від питомого навантаження $\beta = f(P_n)$ (рис. 6).

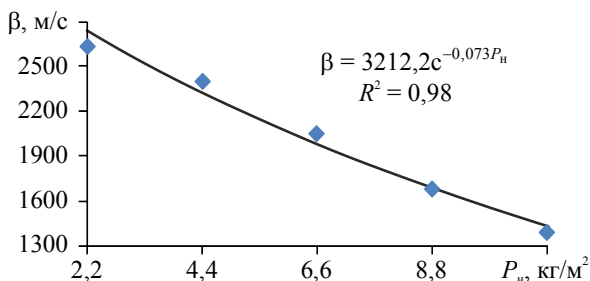


Рис. 6. Залежність коефіцієнта масовіддачі від питомого навантаження

З рис. 6 видно, що чим більше питоме навантаження напівфабрикату в сушарці, тим менший коефіцієнт масовіддачі.

Висновки

Зважаючи на якісний аналіз одержаних яблучних снєків, можна зробити висновок, що оптимальним питомим навантаженням є 8,8 кг/м² яблучного напівфабрикату, при якому харчова цінність і вітамінний комплекс продукту зберігаються повною мірою. Продукт, створений без додавання консервантів, ароматизаторів і підсилювачів смаку, можна рекомендувати практично всім групам населення, окрім тих, в кого є обмеження за вживанням цукрози.

У перспективі планується дослідження процесу конвективно-терморадіаційного сушіння яблучних снєків у промислових установках.

Література

1. *Malejik I.* Investigation of drying apple snack convection-thermoradiation energy to wrap different power heaters // Proceeding of International Conference “Modern Technologies in the food Industry” / I. Malejik, I. Strelchenko, I. Dubkovetsky — Chisinau, 2016, pages. 64—68.
2. *Malejik I.* The Use of convective-thermoradiation method of energy supply in the apple snack technology // Східно-Європейський журнал передових технологій / I. Malejik, I. Dubkovetsky, H. Bandurenko, L. Strelchenko, T. Levkivska — 2016, 6/11(84), pages.47—52.
3. *Velickova E.* Physical and sensory properties of ready to eat apple chips produced by osmo-convective drying [Text] / Journal of Food Science and Technology / E. Velickova, E. Winkelhausen, S. Kuzmanova — December 2014, Volume 51, Issue 12, pages 3691—3701.
4. *Noorbakhsh R.* Radiant energy under vacuum (REV) technology: A novel approach for producing probiotic enriched apple snacks [Text] / Journal of Functional Foods, July / R. Noorbakhsh, Y. Parastoo, T. Durance — 2013, volume 5, issue 3, pages 1049—1056.
5. *Hawkes J.* Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration [Text] / Journal of Food Processing and Preservation / J. Hawkes, J. Flink — 2015, vol. 19782(4): page 265.
6. *Jinfeng Bi.* Effects of pretreatments on explosion puffing drying kinetics of apple chips [Text] / Food Science and Technology / Bi. Jinfeng, Y. Aijin, L. Xuan, W. Xinye, C. Qinqin, CW. Qiang, Lv. Jian, X. Wang — march 2015, volume 60, issue 2, part 2, pages 1136—1142.
7. Радіаційно-конвективна сушильна установка. Патент на винахід України № 112348 МПК F26B 3/30, F26B 3/04, F26B 9/06, F26B 21/04, F26B 21/08, F26B 21/10, F26B 21/12, A23B 7/02 [Текст] / Дубковецький І.В., Малежик І.Ф., Бурлака Т.В., Стрельченко Л.В. — а 201411435; заявл. 20.10.2014 ; опубл. 25.08.16, Бюл. № 16. — 5 с.
8. Спосіб виробництва яблучних снєків. Патент на винахід України № 113587 МПК A23L 19/8, A23B 7/02 [Текст] / Малежик І.Ф., Дубковецький І.В., Бандуренко Г.М., Стрельченко Л.В. — а 201511035; заявл. 11.11.2015; опубл. 10.02.17, Бюл. № 3. — 5 с
9. Спосіб виробництва яблучних снєків. Патент на корисну модель України № 105128 МПК A23L 3/46, A23B 7/026 [Текст] / Малежик І.Ф., Дубковецький І.В., Бандуренко Г.М., Стрельченко Л. В. — а 201507404; заявл. 23.07.2015; опубл. 10.03.16, Бюл. № 5. — 3 с
10. *Гинзбург А.С.* Инфракрасная техника в пищевой промышленности [Текст] / А.С. Гинзбург, В.В. Гортинский, А.Б. Демский, М.А. Борискин. — Москва : пищевая промышленность, 1966. — С. 407.
11. *Стрельников А.В.* Инновационные подходы к переработке плодово-ягодной продукции [Текст] / Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК — продукты здорового питания // А.В. Стрельников. — 2015. — Выпуск 1(5). — С. 95—101.

УДК 663.1

INTENSIFICATION OF PROCESSES OF ANAEROBIC FERMENTATION AND UTILIZATION OF BIOLOGICAL HEAT

A. Sokolenko, O. Shevchenko, I. Maksymenko, K. Vasylykivsky
National University of Food Technologies

Key words:

Heat
Anaerobic fermentation
Intensification
Utilization
Osmotic pressure
Hydrostatic pressure
Ethyl alcohol
Solubility
Henry's law

Article history:

Received 16.05.2018
Received in revised form
29.05.2018
Accepted 15.06.2018

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The article deals with the peculiarities of the flow and possibilities of intensification of processes of anaerobic fermentation and utilization of their thermal resources. The purpose of the study is defined as the search for conditions and the implementation of the hardware support of the latest proposals. The article shows the limitations concerning the osmotic pressures of solutions of C_2H_5OH and CO_2 , and the possibilities of limiting their effects, taking into account the experience of brewers in the technologies of production of non-alcoholic beer, are estimated. Measures for the creation of local zones in the media of saturated, unsaturated and saturated with CO_2 fermentation vehicles are proposed. The existence of such zones can be artificially strengthened and used to intensify mass and energy exchanges.

It is proposed to use the development of the utilization of biological heat of fermentation based on the use of heat pumps with a combination of fermentation and distillation technologies. Information is given on the limitations of the combination in one process of fermentation and vacuum distillation due to hydrostatic pressures.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-17

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ АНАЕРОБНОГО БРОДІННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЯ БІОЛОГІЧНОЇ ТЕПЛОТИ

А.І. Соколенко, О.Ю. Шевченко, І.Ф. Максименко, К.В. Васильківський
Національний університет харчових технологій

У статті досліджено особливості перебігу та можливості інтенсифікації процесів анаеробного бродіння й утилізації їх теплових ресурсів. Мета дослідження визначена як пошук умов і реалізації апаратного забезпечення новітніх пропозицій. Показано граничні обмеження, що стосуються осмотичних тисків розчинів C_2H_5OH і CO_2 , оцінено можливості обмежень їх впливів з урахуванням досвіду пивоварів у технологіях виробництва безалкогольного пива. Запропоновано заходи щодо створення локальних зон у середовищах бродильних апаратів насичених, ненасичених і перенасичених на CO_2 .

Існування таких зон може штучно підсилюватись і використовуватись для інтенсифікації масо- і енергообміну.

Запропоновано до використання розробки щодо утилізації біологічної теплоти бродіння на основі використання теплових насосів з поєднанням у паралельних технологіях бродіння і перегонки. Наведено інформацію, що стосується обмежень поєднання в одному процесі бродіння і вакуумної перегонки у зв'язку з гідростатичними тисками.

Ключові слова: *теплота, анаеробне бродіння, інтенсифікація, утилізація, осмотичний тиск, гідростатичний тиск, спирт, розчинність, закон Генрі.*

Постановка проблеми. До числа важливих у технології виробництва етилового спирту завдань відносять підвищення граничних значень концентрацій розчиненого C_2H_5OH , оскільки останнє пов'язано з продуктивністю технологічного обладнання, інтенсивністю процесів анаеробного бродіння й енергетичними витратами на процес перегонки [1].

Очевидно, що перші дві вимоги між собою взаємопов'язані і стосуються кількох чинників, до числа яких відносяться термодинамічні параметри середовища, його гідродинамічні показники, властивості мікроорганізмів тощо. Названі параметри стосуються як перехідних процесів у середовищах, так і усталених режимів. Важливо, що процеси анаеробного бродіння відбуваються за неперервної зміни складу та концентрацій розчинених речовин і мікроорганізмів. З деякою мірою умовності ці зміни узагальнюються показниками осмотичних тисків [3; 4], які відносять на синтезовані в середовищах спирт і діоксид вуглецю. За близьких молекулярних мас C_2H_5OH і CO_2 осмотичний тиск етилового спирту переважає у зв'язку з його збільшеною концентрацією порівняно з концентрацією діоксиду вуглецю, яка лімітується законом Генрі. Саме концентрація спирту 8...10% масових є критичною і такою, що спричиняє бактеріостатичні ефекти мікроорганізмів. Окрім того, вона лімітує питому продуктивність бродильних апаратів і приводить до підвищених енергетичних витрат в процесах перегонки [4; 5].

Наступним вагомим недоліком процесів анаеробного бродіння є доведення зброджуваних середовищ до станів насичення на CO_2 , що обов'язково досягаються і створюють потужний опір масопередачі на межі поділу фаз «мікроорганізми — середовище».

З огляду на вищевикладене можна стверджувати, що:

- активація процесів анаеробного бродіння в газорідних середовищах можлива за рахунок їх гідродинамічних режимів, що супроводжуватиметься підвищенням пропускну здатності системи;
- обмеження енергетичних витрат першоджерел на процеси перегонки слід здійснювати на шляху використання біологічної теплоти бродіння;
- заслуговує на увагу оцінка досвіду виробників безалкогольного пива з вилучення з напоїв етилового спирту.

Мета дослідження: пошук умов та розробка пропозицій щодо удосконалення технологій і апаратурного забезпечення анаеробного збродження середовищ з використанням біологічної теплоти бродіння.

Методи дослідження. Феноменологічний аналіз технологій анаеробного бродіння на основі законів природи з оцінкою перспектив використання вторинних енергетичних ресурсів.

Викладення основних результатів дослідження. *Технології стабілізації осмотичних тисків.* З порівнянь осмотичних тисків у зброджуваних середовищах випливає, що головним їх чинником є розчинений етиловий спирт, стабілізація концентрації якого на нижчому за критичний рівень дала б змогу реалізувати нові технології. Саме з цієї точки зору заслуговує на увагу досвід, накопичений у виробництві безалкогольного пива, який стосується методів видалення спирту з пива [2]. До останніх відносяться метод виготовлення льодяного пива (Eisbeer), технології з використанням осмосу і зворотного осмосу, принципу діалізу, термічні способи видалення спирту (дистиляція), вакуумні технології перегонки та відцентрові механічні випаровувачі.

Фізичне підґрунтя методу льодяного пива — це температурна депресія розчинів, яка є наслідком розчинених екстрактивних речовин і спирту. Так, за екстрактивності початкового суслу 11,5% і вмісту спирту 4,6% об. температура замерзання становить $-2,3^{\circ}\text{C}$, а за екстрактивності 15,5% і вмісту спирту 6,0% об. вона знижується до $-2,9^{\circ}\text{C}$. Здійснення фазового переходу відбувається не гомогенно, а спочатку вимерзає вода. Разом з водою в лід виділяються нерозчинні за низьких температур поліфеноли і білки, а спирт збагачується іншими екстрактивними речовинами. Відокремлення твердої фази призводить до вилучення з неї спирту. В промислових умовах процес ведуть з постійним рухом середовища з утворенням кристалів рідинної фази і подальшим відокремленням.

У мембранних методах розділення пиво пропускають через напівпроникні мембрани, користуючись різними фізичними ефектами. Принцип зниження концентрації спирту реалізується на основі зворотного осмосу, за якого вода і спирт проходять через мембрану в напрямку проти природного осмотичного тиску, а втрати води компенсуються на основі знесолоної і деаерованої води.

При діалізі використовують мембрани у формі порожнистих волокон з обмеженою товщиною стінок. Такі волокна діаметром 50...200 мкм виконані з мікропорами з ущільненням з двох сторін супертонкими мембранами, через які проходить пиво, тоді як діалізат обтікає волокна в зворотному напрямку. Через мікропори мембран відбувається масообмін і речовини по обидва боки мембран, врешті-решт, досягають рівноважного стану за однакових концентрацій спирту.

Технології вилучення спирту з пива в промислових масштабах успішно реалізуються, проте вони стосуються тільки одержання безалкогольного пива, тоді як використання пермеату і діалізату залишається незавершеним.

Більш повноцінний результат досягається за використання термічних способів видалення спирту, оскільки при цьому досягається можливість концентрування і використання його розчинів. За таких умов досягається стабілізація концентрації $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ в зброджуваному середовищі і, одночасно, зростає концентрація спирту у випарі. Оскільки температура кипіння і випаровування визначається тиском, то зниження останнього до 0,04...0,20 бар призводить до поліпшення фізичних і термодинамічних умов видалення спирту. За вказа-

них тисків температури кипіння можливо утримати в межах 30...38°C, що не має негативного впливу на мікроорганізми. Саме останнє дає змогу рекомендувати вакуум-випарні установки до застосування в спиртовій промисловості.

Одна з останніх розробок стосується відцентрових випаровувачів з внутрішніми поверхнями нагрівання тарілок. Під дією відцентрових сил пиво у тонкому шарі протікає між тарілок, нагрівається з випаровуванням спирту, тоді як пиво витискається назовні з обмеженою концентрацією алкоголю.

Результатом використання названих технологій є обмеження концентрацій алкоголю в кінцевому продукті близько 0,5%. Водночас у технологіях виробництва спирту основне завдання щодо процесів бродіння є принципово протилежним, оскільки накопичення C_2H_5OH в бражці повинно бути максимально можливим. Однак природні властивості дріжджів-цукроміцетів ставлять на цьому напрямку поки що нездоланну перепону, тому що найбільш досяжними в сучасних технологіях концентраціями спирту є показники 10...12% об., які супроводжуються бактеріостатичними ефектами. Останній результат є добре вивченим у тисячолітніх накопиченнях і пошуках людства і стосовно технологій зброджування цукровмістких середовищ визначені їх переваги та негативи.

Головним позитивом анаеробного бродіння варто назвати ту обставину, що ця технологія абсолютно вписується в природні колообіги вуглецю, кисню і води, які в різних формах спричиняють утворення органічних з'єднань-носіїв хімічної енергії і заслуговують на назву акумуляторів сонячної енергії.

Первинний енергетичний потенціал цих трансформацій представлений глюкозою, з подальшими перетвореннями в полімерні органічні сполуки, жири, білки і вуглеводи. Один із важливих напрямків у таких перетвореннях стосується анаеробних процесів бродіння.

Перебіг будь-якого процесу потребує відповідного енергоматеріального забезпечення на користь рушійного фактора. Енергетична "вартість" трансформації одного моля глюкози в дві молекули етилового спирту і дві молекули діоксиду вуглецю складає ту енергію, яка збереглася у формі двох молекул АТФ у кількості $2 \cdot 30,5 = 61$ кДж/моль глюкози. Разом з тим втрата енергетичного потенціалу в трансформації від моля глюкози до моля спирту становить:

$$\delta Q = 2870 - 2640 = 230 \text{ кДж/моль глюкози.}$$

Хоча втрата енергетичного потенціалу складає лише 8% від початкового потенціалу, вона в масовому виробництві і в абсолютних показниках є вагомим недоліком процесів бродіння. Важливо, що цей недолік доповнюється необхідністю компенсувати залишок виділеної вільної енергії у кількості

$$230 - 61 = 169 \text{ кДж/моль глюкози}$$

влаштуванням системи охолодження бродильного апарата і відповідними енергоматеріальними втратами.

Повернувшись до наслідків процесів анаеробного бродіння, підкреслимо, що насичення рідинної фази діоксидом вуглецю у своїй кількісній характеристиці обмежується відповідно до закону Генрі. Однак хоча таке обмеження стосується і осмотичного тиску розчиненого CO_2 , існує ще одна перепона

масообміну на поверхні поділу фаз «середовище–мікроорганізми». Стан насичення рідинної фази CO_2 ускладнює звільнення клітин від синтезованого в них газу, тоді як розчинність спирту обмежень не має. Зменшення і стабілізація концентрацій спирту в середовищах можлива, наприклад, за рахунок часткової перегонки за знижених тисків, в якій використовується біологічна теплота бродіння. При цьому синтезованій в 1 м^3 середовища теплової енергії Q за теплоти пароутворення спирту $r_{\text{сп}} = 910,9 \text{ кДж/кг}$ повинно вистачити для одержання $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ в теоретичному підрахунку у кількості 165 кг, що майже вдвічі перевищує вихід спирту.

Названі енергоматеріальні співвідношення приводять до висновку про можливість здійснення повного процесу перегонки за рахунок трансформованої теплоти бродіння з використанням теплових трансформаторів. За таких умов класична схема оформлення процесів бродіння і перегонки має доповнюватися тепловим насосом, за допомогою якого низькопотенціальний потік теплоти бродіння трансформується в потік більш високого температурного потенціалу. Саме така роль теплового насоса дає змогу подолати бар'єр першого закону термодинаміки, за яким передавання теплового потоку можливе тільки від більш нагрітого середовища до менш нагрітого. У зв'язку з цим підвищення енергетичного потенціалу теплоти бродіння потребує зовнішньої енергії того ж або іншого виду: електричної, механічної, хімічної, кінетичної енергії потоку пари або газу. Робота теплонасосних установок потребує підвищення тиску робочого тіла, який досягається за рахунок компресійних, сорбційних та струменевих явищ.

Робота компресійних установок заснована на підвищенні тиску газу або пари шляхом механічної або термодинамічної дії, що приводить до збільшення їх температури. При цьому таке збільшення в абсолютному значенні має перевищувати температуру більш нагрітого середовища.

Робота сорбційних установок ґрунтується на підвищенні тиску робочого агента за рахунок послідовного здійснення термохімічних реакцій поглинання речовини відповідним сорбентом з відведенням теплоти, а потім виділення — десорбції робочої речовини із сорбенту, що супроводжується підведенням теплоти.

Струменеві термотрансформатори працюють за рахунок кінетичної енергії потоку пари або газу з підвищенням тиску робочого агента. Високошвидкісні струмені потоків пари або газу в ежекційних апаратах створюють всмоктування, а потім стискання середовища робочого тіла. Струменеві установки виконуються як закритими, так і відкритими термодинамічними системами. В закритих системах робочий агент виконує перетворення термодинамічного тиску, а у відкритих системах процес розімкнений.

З урахуванням особливостей роботи бродильних апаратів і процесів перегонки доцільно рекомендувати до використання турбокомпресорні системи. В першому наближенні ідеальний цикл такої установки можливо вважати відповідним до зворотного циклу Карно. Ефективність роботи теплового насоса ϕ визначається відношенням теплоти Q_k , що віддає конденсатор, до роботи стискання компресора L :

$$\Phi_{\text{теор.}} = \frac{Q_{\kappa}}{L} = \frac{T_0}{T_1 - T_0},$$

де T_0 — температура випаровування; T_1 — температура конденсації робочого агента.

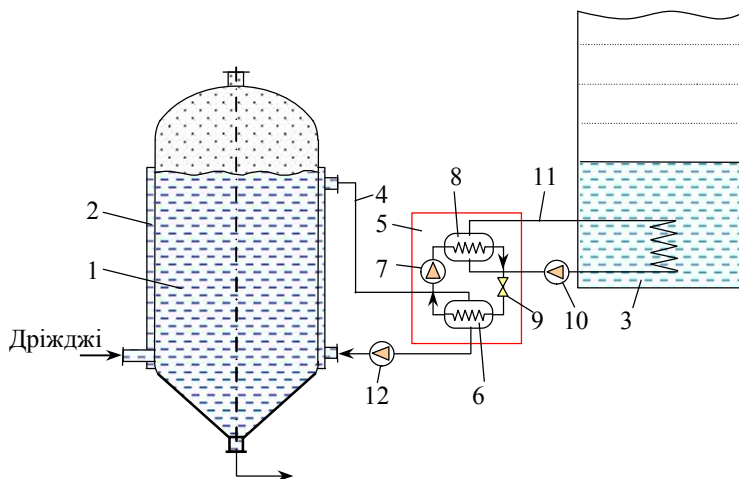


Рис. 1. Система зброджування і перегонки суслу у виробництві етанолу (патент України № 124096)

Відповідно до останньої умови ефективність теплового насоса залежить від різниці температур T_1 та T_2 і в промислових зразках досягаються значення $\phi = 5 \dots 10$ одиниць.

До використання пропонується система зброджування і перегонки суслу у виробництві етанолу [6] (рис. 1), яка складається з бродильного апарата 1 з сорочкою охолодження 2, брагоперегонної колони 3, контуру 4 охолодження бродильного апарата, теплового насоса 5 у складі випарника 6, компресора 7, конденсатора 8, регулювального вентиля 9 та насосів 10, контуру 11 нагрівання брагоперегонної колони.

Працює запропонована система таким чином: теплота зброджування відводиться від зброджуваного середовища за рахунок сорочки охолодження, стабілізуючи температуру на номінальному значенні. Технічне забезпечення цього процесу передбачає охолодження робочого агента контуру 4 у випарнику 6 теплового насоса.

Замкнутий контур 4 забезпечує циклічний процес, в якому відповідно до першого і другого законів термодинаміки відбуваються процеси нагрівання й охолодження з температурно-тепловою циркуляцією, підсиленою насосом 12. За вказаних умов замкнутий контур ліквідує втрати робочого агента, роль якого може виконувати вода. Окрім того, нівелюється термодинамічний недолік відкритих систем теплообміну, пов'язаний зі збільшенням внутрішніх енергетичних втрат через кінцеву різницю температур теплоносіїв і досягається можливість регулювання перепадів температур у випарнику як

рушійного фактора теплопередачі. Утворювана у випарнику парова фаза енергоносія теплового насоса стискається компресором 7 з підвищенням його температури до 105...110°C і передається в конденсатор 8, де конденсується з передаванням теплового потоку в контур нагрівання брагоперегонної колони 11. Сконденсований теплоносіє теплового насоса в регульовальному вентилі трансформується зі зниженням тиску і температури та повертається до випарника з подальшими перетвореннями в циклі. Контур 11 нагрівання середовища брагоперегонної колони забезпечує утворення в ній пароспиртової суміші і роботу колони в режимі перегонки. Результатом такої трансформації низькопотенціального потоку теплоти бродіння, яка в сучасних схемах супроводжується додатковими енергоматеріальними витратами, є повноцінна рекуперація вторинних енергетичних ресурсів з використанням подвійних можливостей теплових насосів одержувати вихідні потоки для термостабілізації охолодженням зброджуваних середовищ і для теплоенергетичного забезпечення процесів перегонки. Названі переваги відкривають перспективи використання теплових насосів у таких системах, хоча до термодинамічних недоліків слід віднести наявність у запропонованій системі чотирьох поверхонь теплопередачі і процесу розширення холодильного агента в дроселі.

При цьому мають місце втрати тиску за рахунок механічного тертя. Хоча у процесі розширення робочого агента ніяка робота не відбувається і дросель не впливає на кількість теплоти, отриманої в конденсаторі, однак зменшується кількість теплоти, що сприймається у випаровувачі при сталій температурі. В результаті взаємодія потоку холодильного агента з дроселем робить процес незворотним і ця особливість виключенню не підлягає. Разом з тим існує можливість обмеження кількості поверхонь теплопередачі за збереження ідеї використання теплового насоса для трансформації низькопотенціального потоку у високопотенціальний (рис. 2). Система енергетичного забезпечення термостабілізації зброджуваного середовища і процесу перегонки на термодинамічних основах теплових насосів складається з бродильного апарата 1 з сорочкою охолодження 2, бражної колони 3 з сорочкою нагрівання 4, компресора 5, дроселя 6 і гідравлічного акумулятора 7, трубопроводів 8. Сорочки нагрівання і охолодження, компресор, дросель і трубопроводи складають циркуляційний контур, заповнений робочим агентом, а гідравлічний акумулятор забезпечує підтримання заданого рівня останнього.

Робота системи відбувається таким чином: циркуляційний контур заповнюється робочим агентом і після досягнення середовищем температури номінального значення починається випаровування робочого агента в сорочці охолодження бродильного апарата. Наявність фазового переходу в цьому теплообмінному процесі означає його оптимізацію за показником коефіцієнта тепловіддачі α_2 , здійснюється стискання утвореної газової фази, температура якої підвищується до 110...120°C і передається в сорочку нагрівання брагоперегонної колони. В процесі конденсації робочого агента досягається екстремальне значення коефіцієнта тепловіддачі α_1 на користь передачі теплового потоку кубовій рідинній фазі. При цьому незворотний характер процесів термодина-

мічних перетворень компенсується роботою компресора, який забезпечує існування циклу з відповідними параметрами тисків і температур.

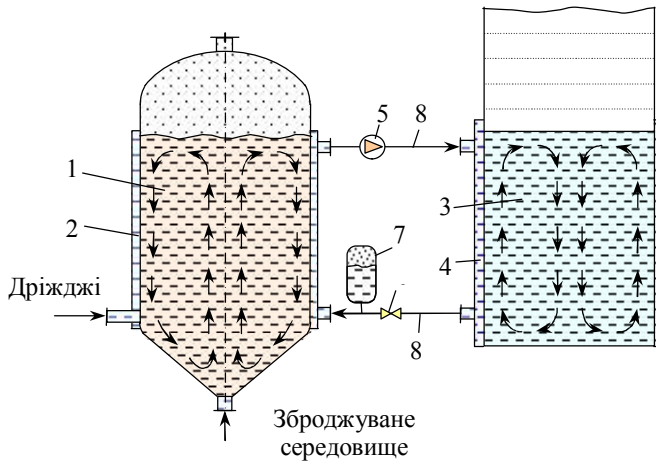


Рис. 2. Система енергетичного забезпечення термостабілізації зброджуваного середовища і процесу перегонки етилового спирту на термодинамічних основах теплових насосів

До використання пропонується спосіб зброджування цукровмісних середовищ (патент України № 124158) [7]. В основу пропозиції поставлене завдання обмеження впливу на ендогенний синтез спирту і діоксиду вуглецю за рахунок дискретних ліквідацій станів насичення середовищ діоксидом вуглецю, підвищення зброджувальної активності дріжджів, продуктивності, концентрації етилового спирту та зменшення енергетичних витрат на процес перегонки.

Самогенерування діоксиду вуглецю в процесах бродіння супроводжується його масопередачею на межі поділу фаз «дріжджові клітини — середовище» і поступовим підвищенням його концентрації до рівня насичення. Відповідно до закону Генрі, за яким константа насичення пропорційна парціальному тиску газової фази, середовище можливо переводити з насиченого стану в ненасичений і, навпаки, за рахунок зміни тиску в середовищі, наприклад, зміною тиску в газовому надрідинному об'ємі. Зменшення тиску в системі зменшує розчинність газу і переводить середовище в перенасичений стан, завдяки якому активно відбувається його дегазація.

Наступне підвищення тиску в системі приводить середовище в ненасичений стан з активізацією масопередачі на межі поділу фаз, підвищується зброджувальна активність дріжджів, зростають продуктивність, концентрація етилового спирту і зменшуються енергетичні витрати на процес перегонки.

Реалізація вказаного способу може бути здійснена на основі патенту України 124159 [8].

Для досягнення інтенсивних процесів до використання пропонується система зброджування суслу у виробництві етанолу [8] (рис. 3), яка складається з бродильного апарата 1 з сорочкою термостабілізації 2 та замкнутого

контуру змінних регульованих тисків у складі контролера **3**, компресора **4**, ресивера **5**, датчика тиску **6**, трубопроводів **7**, запірних клапанів **8** і **9** та запобіжного клапана **10**.

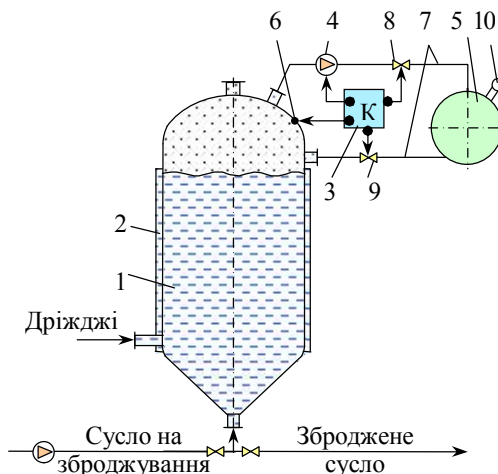


Рис. 3. Система зброджування сушла у виробництві етанолу
(патент України № 124 159)

Працює система у такий спосіб: середовище надходить у бродильний апарат **1** з сорочкою термостабілізації **2**, і разом з ним на складку подаються дріжджі. Від початку бродіння утворюваний CO_2 підвищує концентрацію в рідинній фазі середовища до стану насичення, показник якого залежить від тиску в надрідинному об'ємі апарата і від гідростатичного тиску. У зв'язку з впливом останнього в середовищі утворюється концентраційний по CO_2 градієнт і розпочинається за досягнення стану насичення заповнення надрідинного об'єму діоксидом вуглецю з досягненням максимального тиску, який контролюється запобіжним клапаном **10** при відкритих клапанах **8** і **9** на трубопроводі **7**. Досягнення максимального тиску газової фази означає наявність максимальних показників насичення середовища на CO_2 , за яких настають обмеження процесів переходу його з клітин до середовища. За сигналом датчика тиску **6** і відповідною командою контролера **3** закривається клапан **9** і вмикається компресор **4**, тиск у газовому об'ємі апарата знижується, а в ресивері **5** підвищується. Зниження тиску в надрідинному об'ємі супроводжується еквівалентним зниженням тиску у повному об'ємі рідинної фази, в результаті чого середовище переходить у перенасичений стан з активним виділенням CO_2 у формі бульбашок диспергованої газової фази. При цьому середовище продовжує залишатися в перенасиченому стані. Після досягнення мінімального програмованого тиску в надрідинному об'ємі бродильного апарата за командою контролера вмикається компресор **4**, закривається запірний клапан **8** і витримується короткочасна пауза щодо тисків. Після її завершення контролер видає команду на різке відкривання клапана **9** і газова фаза з ресивера швидкоплинно розповсюджується на весь об'єм системи.

Зростання тиску над середовищем викликає колапс пінної фракції і створює аналог кавітації щодо диспергованої газової фази. Підвищений тиск переводить рідинну фазу середовища в ненасичений стан по CO_2 , що активізує процес бродіння з відповідними наслідками. Надлишковий тиск CO_2 у системі регулюється запобіжним клапаном 10. Після нового зростання тиску в системі цикл повторюється.

Висновки

Виконаний феноменологічний аналіз особливостей процесів анаеробного зброджування цукровмісних середовищ дає змогу зробити такі висновки:

1. До числа важливих чинників, які впливають на динаміку процесів бродіння і на їх кінцевий результат за показником концентрації цільової речовини, відносяться осмотичні тиски розчинів CO_2 і $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ з особливими режимами впливів. Останнє пов'язано з їх різними граничними розчинностями в рідинній фазі середовища, оскільки етиловий спирт з водними розчинами таких обмежень не має, на відміну від CO_2 .

2. Максимальні осмотичні тиски розчинів CO_2 виникають в обмеженому часі бродіння у зв'язку з досягненням рівня насичення відповідно до закону Генрі. Після цього вони залишаються на посередньому рівні на фоні постійно зростаючих рівнів концентрації й осмотичного тиску $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

3. Важливою складовою у формі впливу на розчинність CO_2 (а отже, і на осмотичний тиск від його розчину) виступають гідростатичні тиски. За гіпотезою авторів поєднання гідростатичних тисків і систем охолодження бродильних апаратів відіграють важливу роль у формуванні дисперсної газової фази на основі існування циркуляційних контурів. Завдяки останнім у середовищах утворюються локальні зони, перенасичені на CO_2 і ненасичені. Перенасичені зони (або зони десатурації) відповідають висхідним потокам циркуляційних контурів, а опускним потокам, наближеним до поверхонь охолодження, — ненасичені зони (зони сатурації). Існування таких зон відповідає самопливним процесам.

4. Завдяки законам розчинності газів у рідинних середовищах виникає можливість штучного переведення останніх в режими насичених і ненасичених на CO_2 станів на основі змінних тисків над газорідинними середовищами. Це дає змогу досягати позитивних впливів у двох напрямках, а саме: регульованих впливів на загальний рівень осмотичних тисків і на опір масопередачі CO_2 від дріжджових клітин до середовища. Одночасно з цим зміни тисків над середовищем приводять до інтенсифікації масообмінних процесів.

5. Обмеження осмотичних тисків від етилового спирту можливі лише за рахунок зниження його концентрацій, через це варто поєднувати в одному режимі процесів синтезу спирту з процесом перегонки. У зв'язку з обмеженням максимальної температури середовища значеннями 30...32°C середовище повинно бути під тиском 0,475 м в. ст. Однак технічна реалізація таких умов практично неможлива через гідростатичні тиски в сучасних бродильних апаратах. Уникнути негативних впливів гідростатичних тисків можливо шляхом використання окремих вакуумованих камер в режим вільного падіння середовищ.

6. Технологічні прийоми зниження концентрацій спирту у виробництві безалкогольного пива перспектив застосування у спиртовій галузі не мають. Разом з тим створення штучних газорідних контурів на основі рециркуляції CO₂ забезпечує збільшення рівня вилучення спирту у вихідній газовій фазі, яка має спрямовуватися на конденсатори-спиртовловлювачі.

7. Утилізація теплоти бродіння можлива в паралельних процесах зброджування середовищ і перегонки за умови використання проміжного енергоносія в складі теплового насоса.

Література

1. Енергоматеріальні трансформації в бродильних технологіях / Шевченко О.Ю. та ін. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2017. — Том 23, № 4. — С. 89—98.

2. Кунце В. Технология солода и пива. — Санкт-Петербург : Профессия, 2001. — 326 с.

3. Особливості трансформацій матеріальних і енергетичних потоків у бродильних середовищах / Шевченко О.Ю. та ін. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2017. — Том 23, № 3. — С. 107—115.

4. Енергетичні потенціали газорідних середовищ / Соколенко А. І. та ін. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2018. — Том 24, № 1. — С. 108—118.

5. Динаміка перехідних процесів у системах анаеробного бродіння / Шевченко О. Ю. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2017. — Том 23, № 6. — С. 68—76.

6. Система зброджування і перегонки сусла у виробництві етанолу: патент на корисну модель 124096 Україна: МПК С12G 3/10 (2006.01), В01D 3/10 (2006.01), С12С 7/22 (2006.01) / Шевченко О.Ю., Соколенко А.І., Васильківський К.В., Максименко І.Ф., Вінніченко І.М.; власник НУХТ. № u201708590; заявл. 22.08.2017; опубл. 26.03.2018, Бюл. № 6.

7. Спосіб зброджування цукровмісних середовищ: патент на корисну модель 124158 Україна: С12F 3/08 (2006.01), С12G 3/02 (2006.01) / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Максименко І.Ф., Степанець О.І., Вінніченко І.М.; власник НУХТ. № u201709858; заявл. 11.10.2017; опубл. 26.03.2018, Бюл. № 6.

8. Система зброджування сусла у виробництві етанолу: патент на корисну модель 124159 Україна: С12G 3/10 (2006.01), С12Р 7/06 (2006.01) / Шевченко О.Ю., Соколенко А.І., Степанець О.І., Максименко І.Ф.; власник НУХТ. № u201709860; заявл. 11.10.2017; опубл. 26.03.2018, Бюл. № 6.

INCREASING THE RELIABILITY OF ELECTRICAL DELIVERY BY TERMOCOMPENSATION OF THE SAGGING ARROW OF LINES WIRES

V. Shesterenko, S. Balyuta, O. Mashchenko

National University of Food Technologies

Key words:

Thermo-compensating devices

Sagging arrow

Span

Wire

Power line

Article history:

Received 11.05.2018

Received in revised form

23.05.2018

Accepted 06.06.2018

Corresponding author:

V. Shesterenko

E-mail:

shest.iren.co@ukr.net

ABSTRACT

The work is devoted to the research of methods of decreasing the arrow of sagging of transmission lines with the help of thermal compensating devices; types and structure of thermo-compensating devices are considered. The compensation of sagging wires creates conditions under which it is possible either to increase spans, or to reduce the height of the supports, while preserving the existing estimated spans. As a result, the specific consumption of the supports, linear fittings, insulation is reduced, and the time for construction of the transmission lines is reduced. Taking into account the existing norms, it is possible to increase the overall span of the transmission lines of different classes of voltages by 7—10%. It is known that the main limitation when selecting the maximum permissible spans the envelope approximation wires to the ground or engineering structure which intersects, dareia is determined by the maximum ambient temperature. Envelope approximation of wiring should be less than difference between height of the lower suspension wires of power transmission lines and their extreme sagging in flight. Under the current fixation wires on poles there is an inverse relationship between the temperature and elongation of the tension wire.

It follows that if there are devices allowing to increase the tension in the wires when the temperature is maximal compensation of the temperature arrows of SLW is realized. Compensation of sagging of wires creates conditions that make it possible to increase the span, or reduce the height of the towers while maintaining the existing design of stairs. The result is reduced specific consumption of poles, overhead line fittings, insulation, reduced construction time lines. The aim of this work is development and research of multifunctional devices for temperature compensation of the arrows of SLW of the transmission line, the optimization of their parameters, study of joint operation of circuits in the span of such devices. The results of these studies can be applied for transmission lines of any voltage classes located in all areas according to wind and ice. As a result of the conducted research, the method of calculation and optimization of existing devices of thermal compensation of arrows for sagging of transmission lines has been developed.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-18

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ШЛЯХОМ ТЕРМОКОМПЕНСАЦІЇ СТРИЛИ ПРОВИСАННЯ ПРОВІДІВ ЛЕП

В.Є. Шестеренко, С.М. Балюта, О.А. Машенко

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено методи зменшення стріли провисання проводів лінії електропередачі (ЛЕП) за допомогою термокомпенсуючих пристроїв, розглянуто види та будова термокомпенсаторів. Компенсація провисання проводів створює умови, за яких можливо або збільшувати прольоти, або знижувати висоту опор при збереженні існуючих розрахункових прольотів. У результаті знижується питома витрата опор, лінійної арматури, ізоляції, скорочуються терміни будівництва ЛЕП. Враховуючи існуючі норми, можна збільшити габаритний прольот ЛЕП різних класів напруг на 7—10%. Відомо, що основним обмеженням при виборі максимальних прольотів є допустимий габарит наближення проводів до землі або з інженерною спорудою, яка перетинається, визначається для режиму максимальних температур навколишнього середовища. Габарит наближення проводів повинен бути меншим за різницю між висотою підвісу нижніх проводів ЛЕП та екстремальним їх провисанням у прольоті. При існуючому закріпленні проводів на опорах між температурним подовженням і натягом проводів існує зворотна залежність.

Звідси випливає, що за наявності пристроїв, що дають змогу збільшити натяг у проводах при максимальних температурах, реалізується компенсація температурних стріл провисання проводів ЛЕП. З огляду на це метою дослідження є розробка та дослідження багатофункціональних пристроїв компенсації температурних стріл провисання ЛЕП, оптимізація їх параметрів, дослідження спільної роботи проводів в прольоті з подібними пристроями. Результати даних досліджень можуть бути застосовані для ЛЕП будь-яких класів напруги. За результатом проведеного дослідження розроблено методику розрахунку та оптимізації існуючих пристроїв термокомпенсації стріл провисання проводів ЛЕП.

Ключові слова: термокомпенсатор, стріла провисання, прольот, провід, лінія електропередачі.

Постановка проблеми. Перші згадки про пристрої та способи компенсації температурних стріл провисання проводів ЛЕП відносяться до 1930 року. Але слід відзначити, що основним призначенням подібних способів і приладів є полегшення тяжиння вздовж проводів ЛЕП при появі надмірного навантаження (ожеледь) з метою запобігання проводів від обриву, зниження ймовірності схрещування проводів при сильному вітрі, боротьба з ожеледицею, боротьба з вібраціями проводівтощо. Вперше пристрої, призначені для

стабілізації стріл провисання проводів, виступають як самостійний клас, починаючи з 40-х років ХХ століття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Починаючи з 60-х років минулого століття відзначається можливість збільшення довжини прольоту за рахунок застосування способів і пристроїв компенсації стріл провисання проводів. Пристрої компенсації у найзагальнішому вигляді представляють собою елементи силової дії, механічно об'єднані з проводами і мають на них силовий вплив [1—4]. Однак певною мірою компенсації температурної стріли провисання можна також досягти шляхом оптимізації розташування опор і проводів на опорах. При існуючому закріпленні проводів на опорах між температурним подовженням і натягом проводів існує зворотна залежність. Звідси випливає, що за наявності пристроїв, що дають змогу збільшити натяг у проводах при максимальних температурах, реалізується компенсація температурних стріл провисання проводів ЛЕП (патент США US 6864421 В1).

З огляду на викладене важливим є розгляд конструкцій термокомпенсаторів та вплив їх на економічні показники ЛЕП.

Мета дослідження: проаналізувати доцільність використання термокомпенсації на діючих ЛЕП і лініях, що проектується, надати рекомендації щодо використання термокомпенсаторів на ЛЕП.

Викладення основних результатів дослідження. Способи компенсації стріл провисання можна розділити за тривалістю впливу на провід лінії: безперервний вплив, періодичний вплив, разовий вплив.

За характером робочого елемента пристрої компенсації можна розділити на вантажні, пружинні (з пружинами стисків, розтягування, пластинчасті), гідропневматичні, компенсатори-перемички, комбіновані.

За способом об'єднання робочого елемента з проводом ЛЕП пристрої компенсації можуть бути розділені на ті, які мають зв'язок з проводом ЛЕП через ізоляційний елемент, і ті, що мають безпосередній зв'язок з проводом.

Слід зазначити, що в принципі можливе створення активних способів і пристроїв компенсації стріл провисання проводів ЛЕП. При цьому пристрої компенсації можуть реагувати не тільки на тяжіння уздовж проводу. Розрахунок і робота таких вузлів спрямованого навантаження, якими є пружини розтягування і стиснення, добре вивчені. При зменшенні тяжіння по проводу пружина скорочується, підтягуючи провід. При збільшенні тяжіння по проводу пружина збільшується. При цьому автоматично регулюється тяжіння по проводу і стріла провисання. Так працює вузол спрямованого навантаження, розташований паралельно проводу лінії електропередачі.

Проведений аналіз свідчить, що, як правило, для усієї гами проводів у першому районі по ожеледі розрахунковий прольот визначається за провисанням проводів (стріла провисання) при $t_{\text{макс}} = 40^{\circ}\text{C}$.

При однакових опорах питома вартість спорудження ПЛ залежить від числа опор на 1 км довжини ліній. З іншого боку, збільшення прольотів без заміни проводів можливо тільки до певної величини, збільшити яку можна, застосовуючи нові конструкції опор. Збільшення висоти опор викликає

непропорційні витрати матеріалів (металу, залізобетону, дерева, тощо), що призводить до росту питомої вартості.

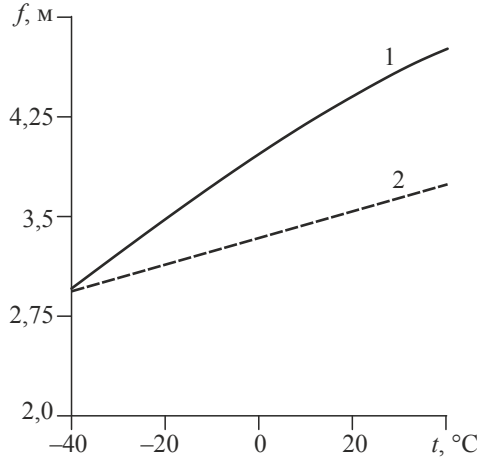


Рис. 1. Вплив термокомпенсатора на стрілу провисання проводів:

1 — стріла провисання проводу без компенсатора; 2 — те ж саме з компенсатором

Враховуючи те, що між температурним подовженням проводів і тяжінням у провадах має місце зворотна залежність, компенсацію температурних стріл провисання проводів можна виконати, збільшуючи тяжіння в провадах при максимальній температурі:

$$\sigma - \frac{v^2 E l^2}{24 \sigma^2} = \sigma - \frac{v_0^2 E l^2}{24 \sigma_0^2} - \alpha E (t - t_0) \quad ,$$

де v_0 — питоме навантаження проводу в початковому стані; t_0 — температура в початковому стані; σ_0 — напруга в нижній точці в початковому стані; E — модуль пружності; α — температурний коефіцієнт лінійного подовження матеріалу проводу; l — довжина прольоту; v, σ, t — питоме навантаження, напруга і температура в кінцевому стані.

На ділянці спрацьовує термокомпенсатор. При цьому збільшується тяжіння в проводі і зменшується стріла провисання. Рівняння стану проводу для цього діапазону:

$$\sigma - \frac{v^2 E l^2}{24 \sigma^2} = \sigma_0 - \frac{v_0^2 E l^2}{24 \sigma_0^2} - \alpha E (t - t_0) - \frac{l \alpha_k E}{l} (t - A_s) \quad ,$$

де α_k — температурний коефіцієнт подовження термокомпенсатора.

$$\alpha_k = \frac{\varepsilon}{100 \Delta t_\phi} \quad ,$$

де ε — максимальне подовження (скорочення) термокомпенсатора, %; Δt_ϕ — температурний діапазон роботи термокомпенсатора.

При цьому, не порушуючи обмежень, можна зменшити стрілу провисання проводів, що, у свою чергу, дає змогу або збільшити прольоти або знизити висоту опор при існуючих прольотах. Можна також підвищити пропускну здатність існуючих ПЛ, збільшуючи допустиму температуру проводів. В усіх вищезгаданих випадках існує можливість зниження витрат опор на 1 км повітряної лінії (ПЛ), лінійної арматури, ізоляторів, а також скорочуються терміни будівництва нових ліній. Враховуючи існуючі норми, можна збільшити габаритний прольот ПЛ різних класів напруг на 7—10%.

Термокомпенсація стріл провисання виконується за допомогою активних силових елементів, що кріпляться до проводу і діють на нього.

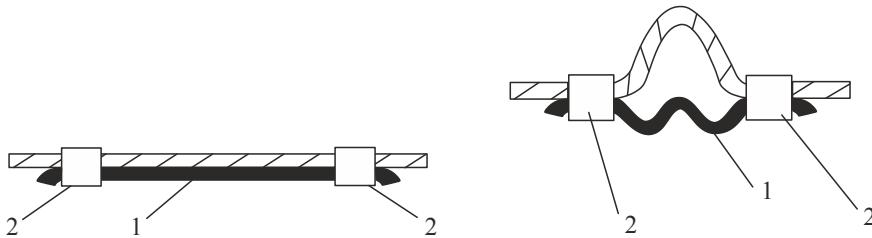


Рис. 2. Принцип роботи активного термокомпенсатора

Вузол температурної компенсації складається з термочутливого елемента 1 та затискача 2 для кріплення елемента 1 до проводу.

Термочутливий елемент 1 при максимальній температурі стиснутий, напруга в проводі збільшується і стріла провисання зменшується порівняно з стрілою без компенсації. Якщо температура проводу знижується (близько 288°K), термочутливий елемент 1 втрачає свою жорсткість і під дією тяжіння по проводу вирівнюється. При наступному підвищенні температури термокомпенсатор поновлює свою форму.

Вантажні термокомпенсатори широко застосовуються в мережах електро транспорту. Завдяки їм можна довести до мінімуму стрілу провисання контактного проводу.

Пружинні та гідропневматичні термокомпенсатори — це вузли направлених навантажень, що механічно з'єднані з проводом ПЛ.

Вантажні пристрої компенсації були довгий час найбільш простими, зручними й очевидними пристроями компенсації. Ці пристрої роблять безпосередній силовий вплив на провід. За характером їх об'єднання з проводом пристрої можна розділити на дві групи:

- а) пристрої, що мають зв'язок з проводами ЛЕП через ізоляційний елемент;
- б) пристрої, що мають безпосередній зв'язок з проводами ЛЕП.

Найбільш простими і відомими є пристрої для натягування проводів, зокрема повітряних ЛЕП, що включають компенсатор у вигляді вантажу, закріпленого на тязі, що утримує провід. Такий пристрій забезпечує постійну напругу в проводі і практично незмінну стрілу провисання проводу при постійних вагомих навантажень на ньому.

Однак такі пристрої не є ефективними під час ожеледиці, тому що обмерзання проводів призводить до різкого нерегульованого збільшення стріли провисання проводу, зумовленого незмінною і, як правило, невеликою величиною тяжіння по проводу при зростанні вагомих навантажень на провід.

Тому зазначені пристрої можуть бути забезпечені допоміжним вантажем, розташованим на певній відстані від основного вантажу і закріпленим на опорній конструкції з можливістю уповільнити його з основним вантажем для спільного їх переміщення.

Додатковий вантаж може мати наскрізний отвір, встановлений на опорній конструкції вище за основний вантаж таким чином, що цей отвір розміщений вертикально і в ньому розміщена тяга.

Це дасть змогу компенсувати збільшення стріли провисання проводу при максимальних експлуатаційних температурах за рахунок переміщення основного вантажу і збільшить тяжіння по проводу при зростанні високих навантажень за рахунок включення в роботу допоміжного вантажу. Різкого збільшення стріли провисання не відбувається, тому що стріла провисання, визначена в цих умовах, істотно більша за величину тяжіння по проводу.

Однак наявність допоміжного вантажу, що розміщується на опорі і має значну масу, ускладнює конструкцію опор. Крім того, при появі вагового навантаження, що значно перевищує розрахункове, стріла провисання проводу може збільшитися настільки, що це призведе до порушення габариту проводів до землі.

З метою зниження матеріаломісткості опорної конструкції пристрій для натягування проводів може бути забезпечено додатковими блоками, поліпастами й анкерами, причому допоміжні блоки встановлені на опорній конструкції, гнучка тяга виповнена у вигляді відтяжки, перекинutoї через додаткові блоки і пов'язана з вантажем через поліпаст.

Пружинні компенсатори являють собою вузли спрямованого навантаження (пружини пластинчаті, стиснення, розтягування) механічно об'єднані через ізолюючий елемент або безпосередньо з проводом ЛЕП. Сьогодні конструкції подібних пристроїв, що компенсують, розроблені практично для всіх класів ЛЕП. Однак слід зазначити, що перш за все пружини передбачалося застосовувати на ЛЕП як демпфуючі пристроїв, які сприяють скиданню ожеледних відкладень. При виборі відповідних параметрів пружина може працювати і як температурний компенсатор подовження проводу (стріли провисання проводу).

Гасіння коливань проводів відбувається за рахунок жорсткого кріплення проводу до опори, що не дає йому можливості вільно переміщатися у вертикальній і горизонтальній площинах, а наявність тросових розпірок між проводами призводить до зменшення коливань системи трьох проводів прольоту.

Перевагами пристрою є ефективність захисної дії, простота конструктивного виконання, надійність роботи і невеликі витрати на реалізацію. Залежно від параметрів демфера механічних коливань — пружин і від точок кріплення розтяжки на проводі і на опорі здійснюється компенсація температурного подовження проводу як за рахунок компенсації горизонтальної складової

тяжіння уздовж проводу, так і за рахунок компенсації вертикальної складової.

Компенсатори, або запобіжні перемички являють собою пристрої разової дії. У цих пристроях провід лінії заздалегідь підтягнутий компенсатором — перемичкою. Слід зазначити, що основним призначенням перемички все ж є запобігання обриву проводу при понад розрахункових механічних навантаженнях. Елемент, що оберігає провід від обриву, виконаний у цьому випадку у вигляді перемички з механічною міцністю меншою, ніж механічна міцність проводу лінії.

При великих ожеледних і вітрових навантаженнях буде рватися не провід, а перемичка петлі, що має меншу міцність. У результаті обриву перемички петля випрямляється, збільшається довжина і, отже, стріла провисання проводу. Збільшення стріли знизить напругу в проводі та вбереже від розриву. Зважаючи на велику гнучкість проміжних опор збільшення стріли провисання проводів поширюється на кілька прольотів в обидві сторони від обірваної перемички петлі. Відновлення перемичок передбачається після того, як ожеледь на проводах розтане. У нормальних умовах режиму роботи ЛЕП провід завжди знаходиться в підтягнутому положенні з меншою стрілою провисання.

Спільна оцінка існуючих способів і пристроїв термокомпенсації стріл провисання проводів ЛЕП може бути проведена виходячи з таких передумов:

- а) гранична простота термокомпенсуючих пристроїв;
- б) можливість застосування як на знову споруджуваних, так і на діючих ЛЕП;
- в) збереження уніфікованих конструкцій опор, проводів, елементів кріплення проводів до опор;
- г) мінімальна вага самого пристрою;
- д) виконання поряд з компенсацією стріл провисання проводів інших функцій (демпфірування вібрацій).

Експериментальний зразок термокомпенсатора встановлений на ЛЕП — 110 кВ в Мосенерго.

Висновки

1. Аналіз структурних витрат на спорудження ліній електропередач (ЛЕП) показує, що витрати на проведення і їх монтаж складають 20÷35%, а решта 80÷65% витрачаються на опори, основи під опори, ізоляцію, заземлення. Тому одним із перспективних напрямків є компенсація температурного провисання проводів і тросів повітряних ліній електропередач, що дає змогу збільшити прольоти без зміни висоти підвісу проводу.

2. Пружинні термокомпенсатори можуть бути використані для очищення проводів ЛЕП від снігу та льоду.

3. Збільшити тяжіння в проводах ЛЕП можна, застосовуючи матеріали, що скорочуються при підвищенні температури.

4. Усім вимогам до термокомпенсаторів відповідають активні термокомпенсатори із застосуванням новітніх матеріалів з ефектом пам'яті форми.

Література

1. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено наказом Міністерства палива та енергетики України від 25.10.2006.
2. *Романенко М.Т.* Термокомпенсация стрел провеса проводов. / М.Т. Романенко, С.С. Вакуленко, В.В. Холодный // Энергетика и электрификация. — 2003. — № 1. — С. 31—33.
3. *Шестеренко В.Є.* Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. — Вінниця : Нова Книга, 2011. — 656 с.
4. *Ооцука К.* Сплавы с эффектом памяти формы / К. Ооцука, К. Симидзу, Ю. Судзуки и др. — Пер. з японской под ред. А.М. Глезера. — Москва : Металлургия, 1990. — 225 с.
5. Малогабаритное оборудование и инструмент с силовым приводом из сплава с памятью формы, предназначенные для выполнения ремонтно-монтажных работ / В.А. Барвинок, В.И. Богданович, В.С. Феокт, О.В. Ломовской / Проблемы космической технологии металлов // Праці інституту ім. Патона, 1987. — С. 214—276.
6. Никелид титана и другие сплавы с эффектом памяти формы / И.И. Корнилов, О.В. Белоусов, Е.В. Качур. — Москва : Наука, 1977. — 179 с.
7. *Барвинок В.А.* Разработка реверсивных силовых приводов из материалов с эффектом памяти формы для устройств, применяемых в узлах расчеховки космических аппаратов / В.А. Барвинок, В.И. Богданович, О.В. Ломовской, М.А. Вишняков, А.А. Грошев // Известия Самарского научного центра РАН, 2001. — Т. 13. — С. 74—105.

CRUMB BRIQUETTES FOR CONSUMERS WITH THE INCREASED PROTEIN NEEDS

V. Makhynko, V. Drobot, M. Zemlynska
National University of Food Technologies

Key words:

Nutrition
Protein
Crumb briquettes
Technology
Briquetting

Article history:

Received 10.05.2018
Received in revised form
23.05.2018
Accepted 15.06.2018

Corresponding author:

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

ABSTRACT

An adequate quantity of protein is a hallmark of a balanced diet. There are legally approved norms of physiological protein needs, which became standard for food industry specialists who are developing new food products or improving existing ones. However, the needs of consumers with low or average level of physical activity are usually taken as a basis. For consumers with high physical activity, the protein need increases by 35...45%, which requires the development of special high-protein food.

The article analyzes the protein needs of consumers of 1—5 physical activity groups, athletes of various sports, and tourists. The necessity of creating bread products containing 1,5...2 times more protein than traditional products is shown. Since the addition of significant amount of an additional raw material can negatively affect the quality of finished products, it was proposed to enrich new product – crumb briquettes made of bread crumbs. According to the requirements for high protein products, the recipes of products containing soy protein isolate and maltodextrin have been selected. Change of the main quality indicators of crumb briquettes (robustness and duration of soaking) depending on the size of the crumb and compacting pressure has been studied. A mathematical description of the increase in the values of the investigated parameters with the increase in the size of the crumb particles and the increase in pressure was obtained. Mathematical modeling allowed to obtain an adequate mathematical model of the compression process and to evaluate the influence of selected factors on the final characteristics of the developed products. The formula and the method of preparation of high-protein crumb briquettes, including 12% soy protein isolate and 11,6% maltodextrin, has been offered. The calculation of the nutritional and biological value has confirmed the efficiency of the selected raw materials for the production of high-protein bread products.

СУХАРНІ БРИКЕТИ ДЛЯ СПОЖИВАЧІВ З ПІДВИЩЕНИМИ БІЛКОВИМИ ПОТРЕБАМИ

В.М. Махинько, В.І. Дробот, М.Д. Землинська
Національний університет харчових технологій

Наявність достатньої кількості білка є однією з визначальних ознак збалансованого раціону харчування. Існують законодавчо затверджені норми фізіологічних білкових потреб, на які орієнтуються фахівці харчової промисловості, розробляючи нові чи вдосконалюючи існуючі харчові продукти. Однак при цьому за основу, зазвичай, приймають потреби споживачів низького чи середнього рівня фізичної активності. Для споживачів з підвищеними фізичними навантаженнями потреба в білках зростає на 35...45%, що вимагає розроблення спеціальних високобілкових харчових продуктів.

У статті проаналізовано білкові потреби споживачів IV—V груп фізичної активності, спортсменів різних видів спорту і туристів. Доведено необхідність створення хлібних виробів, що міститимуть у 1,5...2 рази більше білка, ніж традиційна продукція. Оскільки внесення значної кількості додаткової сировини може негативно вплинути на якість готових виробів, запропоновано проводити збагачення новітнього продукту — сухарних брикетів, що виготовляються з хлібної крихти. Згідно з вимогами до високобілкових продуктів підібрано рецептури виробів із внесенням ізоляту соєвого білка та мальтодекстину. Вивчено зміну основних показників якості сухарних брикетів (міцності й тривалості розмокання) залежно від крупності крихти й тиску пресування. Одержано математичний опис зростання величин досліджуваних показників зі збільшенням розміру частинок крихти і підвищенням тиску. Проведене математичне моделювання дало змогу отримати адекватну математичну модель процесу пресування та оцінити вплив обраних факторів на кінцеві характеристики розроблених виробів. Запропоновано рецептуру і спосіб приготування високобілкових сухарних брикетів, до складу яких входить 12% ізоляту соєвого білка та 11,6% мальтодекстину. Розрахунок харчової та біологічної цінності підтвердив ефективність використання обраної сировини для одержання високобілкових хлібних виробів.

Ключові слова: харчування, білок, сухарні брикети, технологія, брикетування.

Постановка проблеми. Раціональна організація харчування передбачає надходження з їжею всіх необхідних речовин відповідно до потреб організму, зумовлених його станом і рівнем фізичної активності людини. Особлива роль серед харчових речовин належить білкові, оскільки організм людини не здатен накопичувати значні його запаси, а фізіологічна роль білка є визначальною для повноцінного функціонування практично всіх органів і систем людини. Фахівці харчової промисловості у співпраці з науковцями галузі намагаються удосконалювати існуючі та розробляти нові продукти з урахуванням останніх досягнень нутриціології. Основою для подібних розробок є

законодавчо затверджені «Норми фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії» [1]. На жаль, у більшості випадків враховуються білкові потреби споживачів лише I—II груп інтенсивності праці, хоча відомо, що з підвищенням рівня фізичної активності потреби організму в додатковій кількості білка досить суттєво зростають [2; 3]. Аналіз рекомендацій щодо споживання білка, закладених у нові «Норми фізіологічних потреб...» (табл. 1), підтверджує наше припущення: для повноцінного функціонування організму (як чоловічого, так і жіночого) в умовах підвищених фізичних навантажень норма спожитого білка має бути майже у 1,5 раза вища порівняно з першим рівнем фізичної активності. Тому доцільним є розроблення хлібних продуктів з підвищеним вмістом білка, що орієнтовані на фізіологічні потреби споживачів III—IV (а для чоловіків — і V) групи фізичної активності.

Таблиця 1. Норми фізіологічних потреб у білку залежно від статі та рівня фізичної активності

Стать	Чоловіки					Жінки			
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV
Норма споживання білка, г	80	91	106	108	117	61	66	76	87
Зростання відносно першої групи фізичної активності, %	—	13,8	33,0	35,0	46,3	—	8,2	24,6	42,6

Необхідність споживати додаткову кількість білка мають також спортсмени. Адже для більшості видів спорту характерними є навантаження, що за калорійністю (і, відповідно, нормованою кількістю білка) не лише наближаються до потреб споживачів високого рівня фізичної активності, але й перевищують їх (табл. 2) [4; 5].

Таблиця 2. Орієнтовні норми фізіологічних потреб спортсменів різних видів спорту і статі у білках

Група видів спорту	Стать	Норма, г
Види спорту, не пов'язані із значними фізичними навантаженнями	Ч	96...109
	Ж	89...102
Види спорту, пов'язані з короткочасними, але значними навантаженнями	Ч	120...154
	Ж	102...136
Види спорту, що характеризуються великим об'ємом та інтенсивністю фізичного навантаження	Ч	154...174
	Ж	136...158
Види спорту, пов'язані з тривалими і напруженими навантаженнями	Ч	174...190
	Ж	158...175

Як бачимо, навіть максимальні рівні споживання білка, передбачені «Нормами фізіологічних потреб...», є недостатніми майже для всіх категорій спортсменів. У період інтенсивної підготовки до змагань та їх проведення фізіологічні потреби організму спортсмена в білках перевищують рекомендовані для звичайного споживача норми майже у 1,5 раза.

Специфічною формою фізичної активності є туризм. Хоча на сьогодні він нараховує велику кількість різновидів, класичними можна визнати піший,

гірський і лижний види туризму. Участь у туристичних походах цих типів передбачає тривалі за часом і значні за інтенсивністю навантаження. Тому енерговитрати для маршрутів високої складності можуть сягати 5...6,5 тис. ккал [6]. Приймаючи рекомендовану «Нормами фізіологічних потреб...» частку білка у загальній калорійності раціону для дорослого населення на рівні 13%, можемо розрахувати приблизні білкові потреби туристів залежно від виду та категорії складності маршруту (табл. 3).

Таблиця 3. Білкові потреби туристів залежно від виду і категорії складності маршруту

Категорія складності		Білкові потреби (г) за видом туризму			Зростання відносно першої категорії складності, %
		піший	лижний	гірський	
Низька	I	101	121	131	—
	II	111	133	144	9,7
Середня	III	120	144	156	19,4
	IV	133	160	173	32,3
Висока	V	146	176	190	45,2
	VI	163	195	211	61,3

Дані табл. 3 свідчать, що потреби в енергії туристів на маршрутах високої категорії складності перевищують норми фізіологічних потреб дорослого населення навіть для V групи фізичної активності та наближаються до енергопотреб спортсменів з великим обсягом та інтенсивністю фізичного навантаження. Це підтверджує наше припущення про належність згаданих видів туризму до групи фізичної активності, яка вимагає підвищених рівнів споживання макронутрієнтів (насамперед білка). Однак до туристичного харчування висувається одна специфічна вимога: якомога менший об'єм і маса (зумовлені необхідністю переносити запас харчових продуктів самими туристами), що передбачає високу концентрацію поживних речовин. До того ж такі продукти повинні мати високу харчову цінність і швидко готуватися, що наближає їх до групи харчових концентратів. Певна частина продуктів повинна бути готова до споживання взагалі без кулінарного приготування: особливим видом туристичних харчових продуктів є так зване «кишенькове харчування» — продукти невеликої маси та розміру, що вживаються протягом туристичної мандрівки без зупинки для приготування їжі. Їх калорійність у загальному раціоні може сягати 10% [6; 7]. Зазвичай, для цього використовують сухофрукти чи льодяникову карамель, однак вказані продукти здатні задовольнити лише вуглеводно-калорійні потреби організму.

Мета дослідження: розроблення високобілкових хлібних виробів з високою біологічною та енергетичною цінністю, що можуть бути використані як «кишенькове харчування» у туристичних походах або під час довготривалих спортивних змагань.

Викладення основних результатів дослідження. Більшість традиційних хлібобулочних виробів не відповідають поставленим вимогам: мають недостатню кількість білка низької біологічної цінності, недостатній термін зберігання та значну розпушеність (що зумовлює низьку концентрацію білка в одиниці об'єму). Тому слід звернути увагу на нетрадиційну хлібну продук-

цію, що може стати основою для подальшого удосконалення рецептур і харчової цінності. До таких виробів можна віднести сухарні брикети, які виготовляють спресовуванням висушеної хлібної крихти з додатковою сировиною. Оскільки технологія хлібних брикетів не передбачає стадії бродіння, співвідношення рецептурних компонентів може коливатися у широких межах. Відсутність стадії випікання забезпечить збереження максимальної кількості внесених білкових речовин.

Обирати продукти для збагачення сухарних брикетів білком потрібно з урахуванням особливостей подальшої технології. Перевагу слід надавати сипким продуктам без сторонніх присмаку і запаху та з високим вмістом білка, що дасть змогу вносити цю сировину без додаткової підготовки і в невеликих кількостях. Також важливо, щоб білок обраної сировини доповнював наявні в хлібній крихті білки за вмістом лімітуючих амінокислот. Усім цим вимогам відповідають ізоляти рослинних білків, які містять до 90% (на СР) білка, багатого лізином — найдефіцитнішою амінокислотою хлібних виробів з пшеничного борошна. Для подальших досліджень обрано ізолят соєвого білка, оскільки він має найнижчу вартість, а амінокислотна формула з високим вмістом лізину доповнює білок пшеничного борошна, суттєво підвищуючи харчову та біологічну цінність готових виробів [8].

Як зазначалося, піший туризм характеризується безперервністю чи підвищеною тривалістю навантажень, що наближає його до видів спорту, пов'язаних з тривалими і напруженими фізичними навантаженнями — марафонського та лижного бігу, спортивної ходьби тощо. Для забезпечення підвищеної витривалості м'язів важливим є постійне надходження легкозасвоєваних вуглеводів. Дешевим джерелом простих цукрів є патока, однак її використання в технології сухарних брикетів обмежене високою в'язкістю і складністю точного дозування. З цієї точки зору значно перспективнішим видом сировини є мальтодекстрин, що випускається у вигляді дрібнокристалічного порошку білого кольору і містить близько 94% швидкозасвоєваних вуглеводів.

Для забезпечення проектуваному виробу статусу «високобілковий» було проведено пошук нормативних критеріїв для класифікації білковмісних продуктів. Згідно з проектом Закону України «Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів» [9] продуктом з високим вмістом білка може називатися виріб, у якому за рахунок білка забезпечується щонайменше 20% загальної калорійності продукту. Виходячи з цієї норми і необхідності дотримуватися співвідношення білків і вуглеводів приблизно 1:4, а також враховуючи, що пресуванням можна одержувати вироби з сировини, вміст якої допускається змінювати у широких межах, було проведено комп'ютерне моделювання рецептур високобілкових сухарних брикетів на основі хлібної крихти, ізоляту соєвого білка та мальтодекстрину (табл. 4).

Таблиця 4. Варіанти рецептур сухарних брикетів

Сировина	Варіант					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
1	2	3	4	5	6	7
Сухарі пшеничні, г	100	100	100	100	100	100

Продовження табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
Ізолят соєвого білка, г	10	11	12	13	14	15
Мальтодекстрин, г	4	7,8	11,6	15,4	19,2	23
Вміст макронутрієнтів у 100 г суміші, г:						
білки	17,5	17,6	17,6	17,7	17,7	17,8
жири	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1
вуглеводи	67,3	67,6	67,9	68,1	68,4	68,6

Як бачимо, рецептури сухарних брикетів, що відповідають поставленим вимогам, суттєво відрізняються, що впливатиме на якість готових виробів. Тому було проведено системний аналіз технології виготовлення сухарних брикетів, що дало змогу виявити центральну підсистему, на якій формуються основні органолептичні та фізико-хімічні показники сухарних брикетів — це стадія пресування. Оскільки технологія брикетування є характерною для фармацевтичної та харчоконцентратної галузей промисловості, з метою оцінювання якості сухарних брикетів використовували традиційні для цих галузей показники — міцність і тривалість розмочування [10; 11].

На першому етапі вивчали зміну показників якості готових виробів залежно від крупності сухарної крихти. Попередніми дослідженнями було встановлено, що серед представлених на ринку України видів панірувальних сухарів відсутня зіставність гранулометричного складу [12]. Водночас теорія брикетування стверджує, що високу якість пресування можуть забезпечити компоненти, близькі (але не однакові) за фракційним складом. Тому було прийнято рішення готувати крихту для пресування з трьох фракцій, підібраних за законом нормального розподілу: основну фракцію брали в кількості 44% загальної маси, по 28% припадало на дрібнішу та крупнішу фракції. У подальших дослідженнях використовували чотири партії крихти, де крупність основної фракції відповідала проходу крізь сита: зразок 1 — сито № 0,56, зразок 2 — сито № 1,0, зразок 3 — сито № 1,5, зразок 4 — сито № 2,0. Пресування проводили на гідравлічному пресі, використовуючи матрицю внутрішнім діаметром 20 мм. Маса наважки — 5 г, зважаючи на необхідність забезпечити прийняте у фармацевтичній промисловості оптимальне співвідношення діаметру і висоти як 1:0,5. Пресування проводили при тиску 127 МПа, витримуючи брикет під навантаженням 30 сек.

Встановлено (рис. 1), що зростання крупності крихти призводить до підвищення у 1,3...2,4 раза міцності готових брикетів і подовження тривалості їх розмокання у 6,5...10 разів. Сухарні брикети, виготовлені з найдрібнішої серед досліджуваних фракцій крихти, мали недостатню міцність, що спричиняє часткове руйнування готових виробів ще на етапі виштовхування з прес-форми. Водночас брикети, для виготовлення яких використано найкрупнішу фракцію, мають завищені значення досліджуваних показників, що ускладнить їх використання для «кишенькового» харчування. Подібні сухарні брикети можуть бути рекомендовані для додавання у перші та другі обідні страви під час їх приготування. Використовуючи апроксимаційні можливості пакета

Microsoft Office Excel, було отримано математичний опис залежностей міцності й тривалості розмокання від крупності крихти (формули наведено на рис. 1).

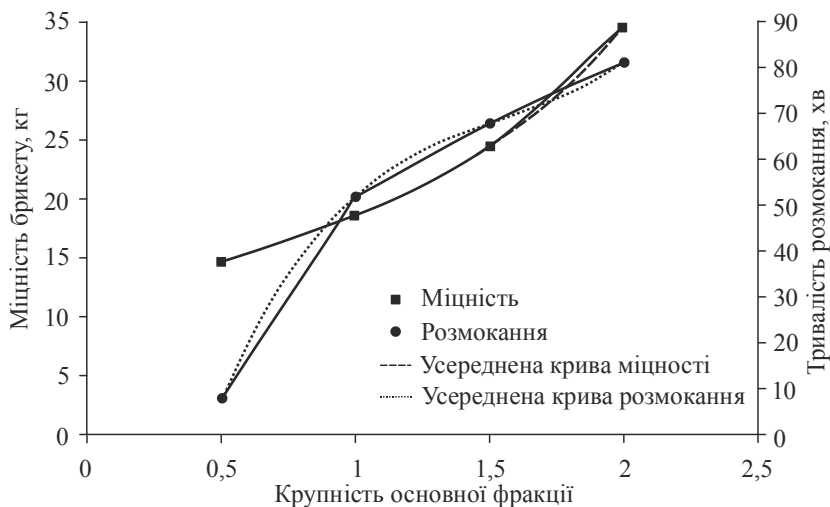


Рис. 1. Міцність і тривалість розмокання сухарного брикету залежно від крупності крихти

На другому етапі досліджень вивчали залежність основних фізико-хімічних показників сухарних брикетів від тиску пресування. Величину тиску змінювали від 127 до 255 МПа. Застосування нижчого тиску, ніж зазначена нижня межа, не забезпечувало спресовування рецептурної суміші, а перевищення верхньої межі підвищувало тиск, необхідний для виштовхування одержаного брикету з матриці, призводячи до його часткового руйнування. Графічний і математичний опис одержаних залежностей наведено на рис. 2.

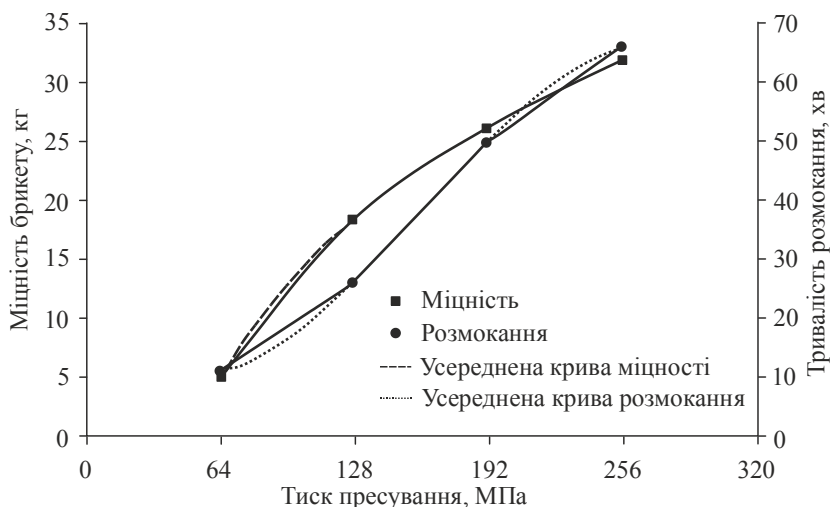


Рис. 2. Міцність і тривалість розмокання сухарного брикету залежно від тиску пресування

Як бачимо, спостерігається майже прямо пропорційне зростання досліджуваних показників залежно від тиску пресування. Одержані дані можна пояснити ущільненням сухарних брикетів, що підвищує ступінь щеплення частинок між собою, призводячи до зростання міцності готових виробів. Утворення щільного зовнішнього шару ускладнює проникнення вологи у внутрішні частини брикету, а відсутність великих внутрішніх пор перешкоджає швидкій міграції вологи до центру виробу, подовжуючи тривалість його розмокання.

На основі одержаних даних і підбраного співвідношення рецептурних компонентів було проведено математичне моделювання центральної підсистеми технології виготовлення сухарних брикетів — стадії пресування. Зважаючи на невелику кількість вхідних факторів і незначну тривалість дослідження, оптимальним варіантом одержання математичної моделі можна вважати повний факторний експеримент (ПФЕ) 2^3 , в якому три досліджувані фактори змінювали лише на двох рівнях: верхньому і нижньому. Оскільки метою дослідження було забезпечення високої харчової цінності готових виробів, за вхідні фактори обрали кількість внесеного ізоляту соєвого білка ($G_{із}$), крупність крихти ($K_{к}$) і тиск пресування ($P_{п}$) з діапазонами зміни значень, наведеними у табл. 5. За критерій оптимальності обрано міцність брикетів, оскільки цей показник показав кращу повторюваність результатів паралельних визначень і вимагає менше часу для проведення аналізу.

Таблиця 5. Діапазони факторного простору експерименту

Рівні факторів	Досліджувані фактори		
	Кількість ізоляту (X_1), г	Крупність крихти (X_2)	Тиск пресування (X_3), МПа
Нульовий рівень	12	0,68	191
Інтервал варіювання	2	0,12	64
Верхній рівень	14	0,8	127
Нижній рівень	10	0,56	255

Математико-статистичне опрацювання одержаних значень змінної стану Y дало змогу підтвердити вагомість (суттєвість) обраних вхідних факторів за критерієм Стьюдента та отримати адекватну математичну модель:

$$Y = 15,15 + 1,38X_1 + 1,28X_2 + 1,40X_3.$$

Аналізуючи коефіцієнти одержаного рівняння, можемо стверджувати, що всі три обраних фактори мають приблизно однаковий позитивний вплив на зростання міцності сухарних брикетів. Також одержана залежність підтверджує наше припущення про визначальний вплив тиску пресування на забезпечення структурних характеристик готових виробів.

Для зручності використання в практичній діяльності та можливості розрахункового прогнозування зміни міцності брикетів у заданому діапазоні досліджуваних факторів опис процесу пресування також представлено в натуральному вигляді:

$$Y = -4,61 + 0,69G_{із} + 10,7K_{к} + 0,14P_{п}.$$

На завершальному етапі досліджень проведено розрахунок харчової та біологічної цінності розроблених сухарних брикетів. Для наочності одержані дані порівняно з хімічним складом і біологічною цінністю сухарів вершкових вищого сорту (табл. 6).

Таблиця 6. Харчова і біологічна цінність сухарних брикетів

Елемент хімічного складу сировини	Сухарі вершкові	Сухарний брикет	Відхилення, %
Білки, г/100 г	8,5	17,6	+107,2
Жири, г/100 г	10,83	1,2	-88,9
Вуглеводи, г/100 г	69,6	67,9	-2,4
Амінокислоти, мг/100 г продукту			
валін	393	852,2	+116,8
ізолейцин	359	859,6	+139,4
лейцин	668	1355,2	+102,9
лізин	226	791,6	+250,3
метіонін+цистин	302	515,9	+70,8
треонін	269	650,4	+141,8
триптофан	85	214,1	+151,9
фенілаланін+тирозин	628	1414,0	+125,2

Висновки

Наведені у статті дані свідчать про досягнення основної мети — розроблені сухарні брикети містять удвічі більше білка, до того ж його біологічна цінність значно вища за білок хлібної крихти: вміст лімітуючої для виробів з пшеничного борошна амінокислоти лізину зріс у 3,5 раза. Вироби мають високі органолептичні та необхідні фізико-хімічні показники, відповідають основним вимогам до «кишенькового» харчування туристів: невелика маса і об'єм, необхідна міцність, достатня тривалість зберігання (зумовлена низькою вологістю), висока концентрація легкозасвоєваних вуглеводів та біологічно-повноцінного білка.

Література

1. Наказ про затвердження норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії (2017), МОЗ України; Наказ від 03.09.2017 № 1073. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17>. — дата звернення 26.03.2018.
2. Wolfe R.R., Cifelli A.M., Kostas G., & Kim I.Y. (2017). Optimizing Protein Intake in Adults: Interpretation and Application of the Recommended Dietary Allowance Compared with the Acceptable Macronutrient Distribution Range. *Advances in Nutrition*, 8(2), 266—275.
3. Bilsborough, S., & Mann, N. (2006). A review of issues of dietary protein intake in humans. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 16(2), 129—152.
4. Пшендин А.И. Рациональное питание спортсменов. Для любителей и профессионалов. — Санкт-Петербург : Олимп-СПб, 2003. — 160 с.
5. Vici, G., Cesanelli, L., Belli, L., Ceci, R., & Polzonetti, V. (2017). The Impact of Protein Content on Athletes' Body Composition. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Sport and Health Sciences*, 4(9), 566.
6. Грабовський Ю.А., Скалій О.В., Скалій Т.В. Спортивний туризм: Навчальний посібник. — Тернопіль : Навчальна книга — Богдан, 2009. — 304 с.

7. Шимановский В.Ф. Питание в туристическом путешествии / В.Ф. Шимановский, В.Н. Ганопольский. — Москва : Профиздат, 1986. — 176 с.

8. Повноцінне харчування : інноваційні аспекти технологій, енергоефективного виробництва, зберігання та маркетингу : кол. моногр. / за ред. В.В. Євлаш, В.О. Потапова, Н.Л. Савицької ; Харк. держ. ун-т харч. та торг. — Харків : ХДУХТ, 2015 — 580 с.

9. Проект закону України «Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів»: (офіц. текст: за станом на 14 березня 2017 р.) / Верховна Рада України. URL: <http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc34?id=&pf3511=58324&pf35401=378857> (дата звернення: 26.03.2018).

10. Дмитрієвський Д.І. Технологія лікарських препаратів промислового виробництва / Д.І. Дмитрієвський, Л.І. Богуславська, Л.М. Хохлова // за ред. Д.І. Дмитрієвського. — Вінниця : Нова книга, 2008. — 280 с.

11. Рубан О.А. Практикум з промислової технології лікарських засобів / О.А. Рубан, Д.І. Дмитрієвський, Л.М. Хохлова // за ред. Рубан О.А. — Харків : НФаУ, 2015. — 374 с.

12. Махинько В. М. Оценка физических свойств крошки для производства сухарных брикетов / В.М. Махинько, Ф.Г. Самбурський, М.Д. Землинська // Научный взгляд в будущее. — Выпуск 7, Том 1. — Одесса : КУПРИЕНКО С.В., 2017. — С. 68—72.

CHANGES IN QUALITY CHARACTERISTICS OF LACOOM WITH CORNEL PUREE DURING STORAGE

L. Gordienko, V. Tolstikh, L. Pojtkova

Odessa national academy of food technologies

Key words:

Oriental sweets

The lacoom

The cornel puree

Pastille products

The storage

Moisture content

The density

Durability

Packaging materials

Article history:

Received 08.05.2018

Received in revised form

23.05.2018

Accepted 07.06.2018

Corresponding author:

V. Tolstikh

E-mail:

tolstihvu@gmail.com

ABSTRACT

Modern ideas about the healthy eating require the search of new decisions when developing technologies and expansion the range of high-quality confectionery with high nutritional and biological value. Pastille products have special jelly structure, that appears due to ability of pectin substances that are part of fruit and berry raw materials, to form jelly structure of necessary durability at certain terms. The use of fruit semi-finished products also allows confectionery to taste as natural fruit and berries, to enrich them with vitamins and minerals. The cornel puree belongs to the raw material ingredients with high content of biologically active substances.

The influence of different types of packaging materials and the cornel puree on sensory, physical, chemical as well as the rheological characteristics of the lacoom quality during its storage is shown in the paper. During the storage of the lacoom process of drying is characteristic, when a loss of primary consistency, change of structure and form of products take place. The positive effect of cornel puree was determined, obtained results show that it leads to the decreasing of density, and at the same time, to increasing of the spatial structure durability of product. In the lacoom with the cornel puree, that was kept in the packages from metalized polypropylene, the change of rheological properties took place considerably slower than in other products, it had resiliently-elastic consistency.

An expert assessment of the lacoom quality has been carried out in the end of expiration date. Using packaging materials, which were made from metalized polypropylene, permits to save range of quality characteristics up to 2 months from production date, according to the national standard.

ЗМІНА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЛУКУМУ ЗБИВНОГО НА ОСНОВІ КИЗИЛОВОГО ПЮРЕ ПРИ ЗБЕРІГАННІ

Л.В. Гордієнко, В.Ю. Толстих, Л.Г. Пожиткова

Одеська національна академія харчових технологій

Сучасні уявлення про здорове харчування вимагають пошуку нових рішень при розробленні технологій і розширенні асортименту кондитерських виробів покращеної якості з підвищеною харчовою та біологічною цінністю. Пастильні вироби мають особливу драгелеподібну структуру, яка виникає завдяки здатності пектинових речовин, що входять до складу плодово-ягідної сировини, при певних умовах утворювати драглі необхідної міцності. Використання плодово-ягідних напівфабрикатів дає змогу також надавати збивним кондитерським виробам смак натуральних плодів та ягід, збагачувати їх вітамінами й мінеральними речовинами. До сировинних інгредієнтів з підвищеним вмістом біологічно активних речовин відноситься пюре з плодів кизилу.

У статті визначено вплив кизилового пюре та різних видів пакувальних матеріалів на зміну органолептичних, фізико-хімічних і структурно-механічних показників лукуму збивного у процесі його зберігання. При зберіганні лукуму характерним є процес висихання, коли відбувається втрата первинної консистенції, зміна структури і форми виробів. Комплекс проведених досліджень показав, що використання кизилового пюре приводить до уповільнення процесу висихання і, як наслідок, менш інтенсивного зниження густини та підвищення міцності просторової структури виробів. У лукуму на основі кизилового пюре, що зберігався у металізованих поліпропіленових пакетах, зміна структурно-механічних властивостей відбувалась значно повільніше, ніж в інших виробів, при цьому він зберігав ніжну, пружно-еластичну консистенцію.

Якість лукуму збивного наприкінці його зберігання оцінювали за мікробіологічними й органолептичними показниками. Використання як пакувальних матеріалів пакетів з металізованого поліпропілену надає можливість зберегти показники якості в межах, передбачених стандартом, протягом двох місяців.

Ключові слова: *східні солодоці, лукум збивний, пюре з кизилу, пастильні вироби, зберігання, вологість, густина, міцність, пакувальні матеріали.*

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. Пріоритетним напрямом розвитку кондитерської промисловості України є створення кондитерських виробів зі зниженою калорійністю, підвищеним вмістом біологічно-активних речовин, лікувально-профілактичних виробів і продуктів для дитячого харчування, що містять функціонально-фізіологічні інгредієнти. Серед великого асортименту кондитерських виробів група східних солодоців користується постійно зростаючим попитом у споживачів і відрізняється різноманітним складом, оригінальними смаковими якостями,

високою харчовою цінністю та використанням натуральних рецептурних компонентів. Одним з найбільш популярних видів східних солодоців є лукум збивний. Він відноситься до пастильних виробів піноподібної структури, що містять у своєму складі білок і пектинові речовини як структуроутворювач, які є корисними функціональними інгредієнтами. Ці ласощі не містять жирів, їх можна віднести до низькокалорійних продуктів, так званих «легких» солодоців, і рекомендувати для вживання маленьким дітям, а також людям, які піклуються про своє здоров'я [1].

Сучасні уявлення про здорове харчування вимагають від дослідників пошуку нових рішень при розробленні технологій і розширенні асортименту пастильних кондитерських виробів покращеної якості зі зниженою калорійністю, лікувально-профілактичними властивостями. На сьогодні актуальним є використання натуральних підсолоджувачів (екстракт стевії, фруктоза, ізомальтулоза тощо) та йодовмісних добавок для профілактики йододефіциту, ожиріння та цукрового діабету [2—4]. Так, з метою збагачення нових пастильних виробів оздоровчого призначення йодом і комплексом мінеральних речовин запропоновано використовувати концентрат еламіну та дієтичну добавку Ламідан із вмістом органічно зв'язаних йоду та селену, необхідних для синтезу гормонів щитовидної залози. Завдяки наявності у складі біологічно-активної добавки Ламідан альгінових кислот, вона використовується не лише як натуральний ентеросорбент, а також як ефективний стабілізатор піноподібних мас [5].

У кондитерській промисловості при виробництві пастильних виробів застосовуються піноутворювачі, які формують піноподібну структуру готової продукції та покращують її органолептичні показники. На процес піноутворення зефірних мас впливають продукти біомодифікації зернової сировини (вівса і ячменю). Їх використання дає змогу не тільки підвищити якість і розширити асортимент виробів, але й раціонально використовувати високоцінну сировину: пектин, цукор-пісок та яєчний білок. При цьому відбувається сповільнення процесу висихання виробів за рахунок більш міцного зв'язування вологи полісахаридами добавки й утримання її в цьому стані протягом усього періоду зберігання [6].

Як цінну сировину для виробництва кондитерських виробів дієтичного спрямування використовуються продукти переробки топінамбуру (порошок, пюре, паста). Застосування добавок, що містять значну кількість інуліну, в комплексі з рослинними білками, вітамінами і мікроелементами в рецептурах збивних виробів та м'яких цукерок дає змогу отримати продукти з лікувально-профілактичними властивостями, підвищеною харчовою і біологічною цінністю [7; 8].

Перспективним напрямом розширення асортименту, підвищення харчової та біологічної цінності пастильних виробів піноподібної структури є використання місцевої плодово-ягідної сировини. Збивні вироби мають особливу драгледоподібну структуру, яка виникає завдяки здатності пектинових речовин, що входять до складу цієї сировини, при певних умовах утворювати драглі необхідної міцності. Однак призначення плодово-ягідних напівфабрикатів

визначається не тільки як пектинвмісної сировини, але й продуктів, що надають збивним виробам смак натуральних плодів та ягід, збагачують вироби вітамінами й мінеральними речовинами. Порівняно низькі температурні режими та помірний механічний вплив при виробництві пастильних виробів надають можливість вводити нетрадиційну сировину без погіршення смакових показників і максимально зберегти корисні властивості.

Для збагачення лукуму збивного біологічно-активними речовинами та надання йому функціональних властивостей використовуються порошки з плодів і м'якоті дикорослої шипшини [9]. Внесення порошоків шипшини призводить до незначного зниження піноутворюючої здатності лукумних мас та ущільнення їх структури, що несуттєво впливає на якість готових виробів. Під час зберігання лукуму збивного відбувається сповільнення процесу висихання за рахунок адсорбційних властивостей порошоків.

На основі попередніх досліджень розроблено рецептуру лукуму збивного «Кизилловий» із заміною 50% яблучного пюре нетрадиційним для пастильних виробів кизилловим пюре. Одержані вироби мали ніжну консистенцію з дрібнодисперсною структурою та приємним кисло-солодким смаком і ароматом кизилу [10].

При зберіганні лукуму збивного характерним є процес висихання, коли відбувається втрата первинної консистенції, зміна структури і форми. На характер та інтенсивність процесів, перебіг яких відбувається під час зберігання виробів, суттєво впливають як умови їх зберігання, так і рецептурний склад, природа та концентрація драглеутворюючих речовин, ступінь дисперсності збивних мас і технологічні параметри їх виробництва.

Метою дослідження є визначення впливу кизилового пюре та різних видів пакувальних матеріалів на зміну органолептичних, фізико-хімічних і структурно-механічних показників якості лукуму збивного у процесі його зберігання.

Результати і обговорення. При проведенні досліджень розроблені зразки лукуму з кизилловим пюре зберігали у картонних коробках, загорнутих у поліетилен, і в пакетах з металізованого поліпропілену впродовж 60 діб. Контроль зберігали у картонному пакуванні при параметрах, передбачених нормативною документацією.

Висихання як найважливіший процес при зберіганні піноподібних виробів є наслідком втрати ними значної частини вологи з поверхні внаслідок переміщення її з центральних шарів до периферійних. Це явище викликає пересичення рідкої фази та її перекристалізацію, внаслідок чого збільшується частка твердої фази. Нові кристали нарощуються на вже існуючі. За рахунок збільшення розмірів кристалів структура збивної маси стає грубодисперсною. Вироби стають твердими і втрачають ніжну консистенцію [11; 12].

Встановлено уповільнення процесу висихання при зберіганні лукуму збивного з кизилловим пюре порівняно з контрольним зразком (рис. 1). Наявність твердих часточок цього пюре у складі піни, ймовірно, призводить до зменшення втрати вологи внаслідок звуження каналів піни, за рахунок підвищення шорсткості її стінок і утворення локальних «заторів» з частками, які не прилипли до бульбашок.

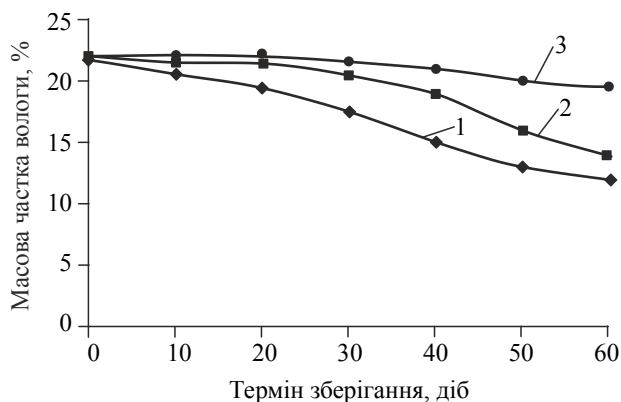


Рис. 1. Зміна масової частки вологи лукуму при зберіганні:
 1 — контроль; з кизилловим пюре: 2 — у картонних коробках,
 3 — у пакетах з металізованого пропілену

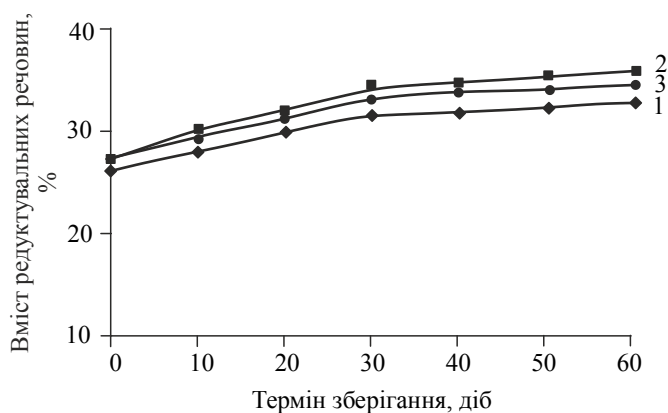


Рис. 2. Зміна вмісту редукувальних речовин лукуму при зберіганні:
 1 — контроль; з кизилловим пюре: 2 — у картонних коробках,
 3 — у пакетах з металізованого пропілену

Відповідно до ДСТУ 4688:2006 термін зберігання лукуму збивного становить 25 дб, масова частка вологи $22 \pm 2\%$. Вологість контрольного зразка знаходиться у межах норми протягом 20 дб, тоді як для лукуму з кизилловим пюре, що зберігався у картонних коробках, протягом 35 дб, а в пакетах з металізованого поліпропілену — протягом 60 дб. Тож застосування пакетів з металізованого поліпропілену дає змогу уповільнити процес висихання виробів і зберігати показники їх якості в межах, передбачених стандартом, протягом двох місяців.

У процесі зберігання лукуму накопичуються редукувальні речовини (РР) внаслідок хімічних змін. Ці процеси більшою мірою залежать від температури зберігання й тривалості її впливу. При недотриманні умов зберігання виробу будуть мати грубу поверхню, підвищену липкість, порушення структури. Зі збільшенням терміну зберігання вміст РР в усіх дослідних зразках

підвищується незначно, в межах допустимої норми (рис. 2). Так, для контрольного зразка через 30 діб зберігання вміст РР збільшився на 5,2%, для лукуму з кизилловим пюре, що зберігався у картонних коробках, — на 6,8%, а у пакетах з металізованого поліпропілену — на 5,9%.

Стабільність та зміни структури лукуму в процесі зберігання безпосередньо обумовлені фізико-хімічними, біохімічними, колоїдно-хімічними процесами, які призводять до зміни первинних структурно-механічних властивостей [11; 12].

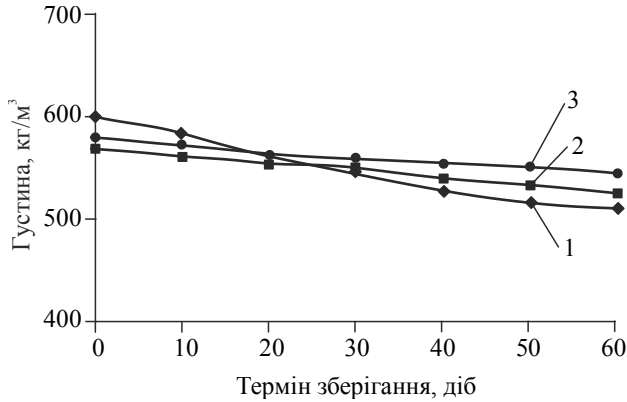


Рис. 3. Зміна густини лукуму при зберіганні:
 1 — контроль; з кизилловим пюре: 2 — у картонних коробках,
 3 — у пакетах з металізованого пропілену

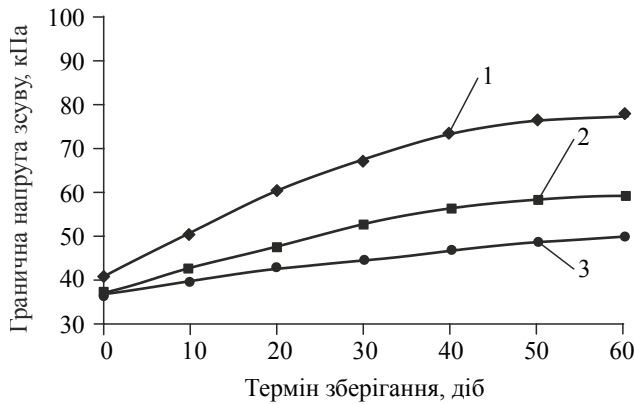


Рис. 4. Зміна граничної напруги зсуву лукуму при зберіганні:
 1 — контроль; з кизилловим пюре: 2 — у картонних коробках,
 3 — у пакетах з металізованого пропілену

Встановлено, що при зберіганні впродовж 2 місяців для всіх зразків спостерігається зменшення густини (рис. 3). Для контрольного зразка характерне більш інтенсивне постійне зниження густини з 600 до 510 кг/м³, що пояснюється втратою вологи виробів у результаті висихання. Зразки з додаванням кизиллового пюре не так інтенсивно втрачають початкову об'ємну масу. Так, зразок, що зберігався в пакетах з металізованого поліпропілену, через 2 міся-

ці має таку ж густину як контрольний, який зберігали 1 місяць. Ймовірно, це відбувається за рахунок більш міцно зв'язаної вологи, в результаті зменшення швидкості течії вологи по каналах піни та підвищення гальмуючої дії поверхневих шарів плівки з внесенням кизилового пюре.

Аналіз результатів визначення міцності просторової структури лукуму збивного за зміною граничної напруги зсуву показав, що в контрольному і дослідних зразках відбувається ущільнення структури. Це зумовлено тим, що дисперсне середовище піноподібної структури лукуму утворює стійкий каркас, гранична напруга зсуву якого зростає впродовж зберігання (рис. 4). У лукуму на основі кизилового пюре, що зберігався в металізованих поліпропіленових пакетах, зміна структурно-механічних властивостей відбувалась значно повільніше, ніж в інших виробів, при цьому він зберігав ніжну, пружно-еластичну консистенцію. Так, упродовж 60 діб зберігання гранична напруга зсуву даного зразка зросла на 13,8 кПа, зразка у картонних коробках — на 23,5 кПа, тоді як у контрольного зразка — на 36,4 кПа. Він мав суху, тверду консистенцію, що не відповідала вимогам до якості виробів.

Якість лукуму збивного на основі кизилового пюре оцінювали наприкінці зберігання у різних видах пакувальних матеріалів за мікробіологічними і органолептичними показниками. Дослідження мікробіологічних характеристик за кількістю МАФАМ, дріжджів і пліснявих грибів показало, що при зберіганні лукуму в пакетах з металізованого поліпропілену протягом двох місяців ці показники знаходились у допустимих межах.

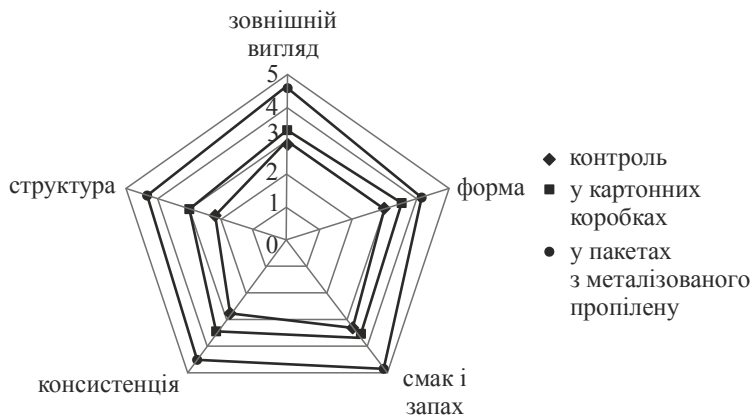


Рис. 5. Профілограма органолептичної оцінки лукуму збивного з кизилевим пюре при зберіганні

Органолептичну оцінку дослідних зразків лукуму проводили за допомогою бальної шкали за такими показниками: зовнішній вигляд, форма, смак і запах, консистенція та структура (рис. 5). У результаті проведеної експертної оцінки встановлено, що зразки з кизилевим пюре, які зберігались у пакетах з металізованого поліпропілену, мали найкращу якість: гарний зовнішній вигляд, приємний кисло-солодкий смак, ніжну, пружну консистенцію, дрібнодисперсну структуру.

Висновки

Отже, комплекс проведених досліджень зміни показників якості лукуму збивного при зберіганні показав, що використання кизилового пюре приводить до уповільнення процесу висихання і, як наслідок, менш інтенсивного зниження густини та підвищення міцності просторової структури виробів. Використання як пакувальних матеріалів пакетів з металізованого поліпропілену дає змогу зберегти показники якості в межах, передбачених стандартом, протягом двох місяців.

Література

1. *Иоргачева Е.Г.* Перспективы производства низкосахаристых восточных сладостей на рынке Украины / Е.Г. Иоргачева, Л.В. Гордиенко, В.Ю. Толстых, К.В. Аветисян // Пищевая наука и технология. — 2012. — № 1. — С. 3—5.
2. *Sherine N.* Production and physicochemical assessment of new stevia amino acid sweeteners from the natural stevioside [Text] / N. Sherine, Khattab I.Mona, Massoud Yahya El-Sayed Jad, Adnan A. Bakhit, Ayman El-Faham // Food Chemistry. — 2015. — Vol.173. — P. 979—985.
3. *Соколовська О.О.* Исследование профилактического влияния и безопасности разработанных видов пастильных изделий с использованием нетрадиционного сырья / О.О. Соколовська, Г.И. Дюкарева // Вісник НТУ «ХП». — 2016. — № 17. — С. 101—104.
4. *Красина И.Б.* Исследование реологических свойств жевательных конфет на изомальтулозе / И.Б. Красина, А.Н. Куракина, З.А. Баранова // Харчова наука і технологія. — 2014. — № 1. — С. 34—38.
5. *Шаповалова Н.П.* Влияние рецептурных компонентов на показатели качества пастильных виробів з Ламіданом і цикорлактом / Н.П. Шаповалова // Вісник ЛІЕТ: збірник наукових праць. — 2013. — С. 197—200.
6. *Румянцева В.В.* Применение нетрадиционного сырья при производстве пастильных масс / В.В. Румянцева, Н.М. Ковач, А.Ю. Гурова // Известия ВУЗов. Пищевая технология. — 2010. — № 4. — С. 10-12.
7. Пат. 2130273 РФ, А 23 L1/052. Способ производства кондитерских изделий с лечебно-профилактическими свойствами с использованием топинамбура [Текст] / Зеленков В.Н.; заявитель и патентообладатель Зеленков Валерий Николаевич, — № 96122320/13; заявл. 20.11.1996; опубл. 20.05.1999. — 4 с.
8. *Лобосова Л.А.* Функциональные кондитерские изделия с нетрадиционным сырьем / Л.А. Лобосова, Т.Н. Малютина, М.Г. Магомедов, И.Г. Барсукова // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. — 2013. — № 3. — С. 25—26.
9. *Негматуллоева Р.Н.* Использование порошков из плодов шиповника в производстве збивного лукума / Р.Н. Негматуллоева, В.А. Васькина, Г.Н. Дубцова // Кондитерское и хлебопекарное производство. — 2011. — № 41. — С. 30—32.
10. *Иоргачева Е.Г.* Использование кизилового пюре в производстве лукума збивного / Е.Г. Иоргачева, Л.В. Гордиенко, В.Ю. Толстых, К.В. Аветисян // 36. Наук. Пр. ОНАХТ. — Одеса, 2013. — Вип. 43. — Т. 1. — С. 187—190.
11. *Зубченко А.В.* Физико-химические основы технологии кондитерских изделий: Учебник. — 2-е изд., перераб. и доп. / Воронеж. гос. технол. акад. — Воронеж, 2001. — 389 с.
12. *Урьев Н.Б.* Пищевые дисперсные системы. Физико-химические основы интенсификации технологических процессов / Н.Б. Урьев, М.А. Талейсник. — Москва : Агропромиздат, 1985. — 296 с.

ANTIRADICAL ACTIVITY OF MUSTARD OIL DURING THE OXIDATION

A. Ukrainets, I. Radzievska, O. Melnyk, V. Pasichnyi

National University of Food Technologies

Key words:

Oil
Oxidative changes
Kinetic parameters of oxidation
Antioxidant activity
Tocopherols
Terpenes

Article history:

Received 11.05.2018
Received in revised form 24.05.2018
Accepted 08.06.2018

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The problem of increasing the stability fat-and-oil products is associated with the study of the activity and action mechanism of natural antioxidants which are part of their composition. In order to predict the oxidative stability of fat-and-oil products during storage, antioxidant activity and resistance to oxidation number of oils are determined. The flow of free radical oxidation was investigated at a temperature of $22\pm 2^\circ\text{C}$ and light access. The total effective antioxidants concentration in sunflower, nut, mustard, rapeseed, olive, corn oils and their antiradical activity has been determined by Tsepalov kinetic method. It is shown that the total antioxidants concentration in oils correlates with the total content of tocopherols, which act as inhibitors of chain processes. The dependence of the parameters k_2 and k_7 of the oxidation reaction with molecular oxygen, which characterizes the antioxidant activity of the oils, is determined. It is established that themustard oil slowly accumulates hydroperoxides in the auto-oxidation reaction and has a high total concentration of antioxidants at a level of $25,6 \cdot 10^3 \text{mol/g}$.

It is shown that the amount of antioxidant activity in pressed mustard oil predominates over the investigated oils, regardless of their previous refining degree. The anti-radical properties of mustard oil are explained by the presence of antioxidants of the phenolic nature: α -pinene and 1, 8-cineole. These antioxidants belong to the class of biologically active substances that bind free radicals, prevent the accelerated oxidation of lipids, and the formation of undesirable oxidation products. The established values of the total effective concentration of antioxidants can be used to predict the oxidative stability of the oils during storage.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-21

АНТИРАДИКАЛЬНА АКТИВНІСТЬ ГІРЧИЧНОЇ ОЛІЇ В УМОВАХ АВТООКИСНЕННЯ

A.I. Українець, I.G. Радзієвська, O.П. Мельник, B.M. Пасічний

Національний університет харчових технологій

Проблема підвищення стійкості олієжирових продуктів пов'язана з дослідженням активності і механізму дії природних антиоксидантів, що входять

до їх складу. З метою прогнозування окиснювальної стабільності олієжирових продуктів при зберіганні визначено антиоксидантну активність і стійкість до окиснення ряду рослинних олій. Перебіг вільнорадикального окиснення досліджено за температури $22 \pm 2^\circ\text{C}$ і доступі світла. Кінетичним методом Цепалова встановлено сумарну ефективну концентрацію антиоксидантів соняшникової, горіхової, гірчиної, ріпакової, оливкової, кукурудзяної олій та їх антирадикальну активність. Показано, що сумарна концентрація антиоксидантів рослинних олій корелює із сумарним вмістом токоферолів, які виконують роль інгібіторів ланцюгових процесів. Визначено залежність параметрів k_2 і k_7 реакції окиснення молекулярним киснем, яка характеризує антиоксидантну активність досліджуваних олій. Встановлено, що гірчишна олія повільно накопичує гідропероксиди в реакції автоокиснення та відзначається високою сумарною концентрацією антиоксидантів на рівні $25,6 \cdot 10^3$ моль/г.

З'ясовано, що за величиною антиоксидантної активності пресова гірчишна олія переважає решту досліджуваних олій незалежно від ступеня їх попереднього рафінування. Віднайдено пояснення антирадикальних властивостей гірчиної олій через наявність антиоксидантів фенольної природи: α -пінену та 1,8-цинеолу. Ці антиоксиданти належать до класу біологічноактивних речовин, які зв'язують вільні радикали, перешкоджають прискореному окисненню ліпідів і утворенню небажаних продуктів окиснення. Встановлені значення сумарної ефективної концентрації антиоксидантів можуть бути використані з метою прогнозування окиснювальної стабільності олій при зберіганні.

Ключові слова: олія, окисні зміни, кінетичні параметри окиснення, антиоксидантна активність, токофероли, терпени.

Постановка проблеми. Гірчишна олія — корисний продукт, який використовується з харчовою, лікувальною і косметичною метою. Здавна помічено, що олія з насіння гірчиці, на відміну від багатьох інших рослинних олій, більш стійка до окиснення. У зв'язку з повільним окисненням, гірчишну олію додають до інших олій для збільшення терміну їх придатності [1]. Згідно з вимогами ДСТУ 4598:2006 «Олія гірчишна. Технічні умов» термін її зберігання становить від 10 місяців до 2 років.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Для ефективного сповільнення процесу окиснення необхідним етапом є дослідження його хімізму за різних способів ініціювання. Однією з перших сучасних схем окиснювальних перетворень жирів є схема, запропонована W. Langenbeck [2]. В подальшому ця схема була підтверджена іншими вченими, але піддавалась незначному корегуванню і доповненню, зокрема у працях W. Pritskov [3]. Дослідженню розпаду гідропероксидів та аналізу продуктів окиснення присвячено працю [4]. Велику роль для розвитку сучасних уявлень щодо механізму самоокиснення олефінів киснем повітря відіграло створення академіком Н.Н. Семеновим і його школою теорії ланцюгових розгалужених реакцій [5]. Елементарний механізм рідкофазного окиснення вуглеводнів та їх похідних вивчають вітчизняні науковці харківської школи Ф.Ф. Гладкий, І.М. Демидов, О.М. Півень.

Однак, проблема захисту жирів від окиснювального псування, незважаючи на пильну увагу до неї з боку дослідників, далека від свого вирішення і по-

требує додаткових досліджень, з урахуванням різноманіття харчових продуктів з високою часткою жирів [11; 12].

Мета дослідження: вивчення антиокиснювальної стабільності гірчиної олії (порівняно з іншими рослинними оліями) з точки зору теорії вільнорадикального окиснення вуглеводнів.

Викладення основних результатів дослідження. Кінетику окиснення нерафінованих (соняшникова, горіхова, гірчишна, ріпакова) та рафінованих (кукурудзяна, оливкова) олій досліджено в умовах автоокиснення при температурі $22 \pm 2^\circ\text{C}$ за накопиченням у них гідропероксидів. Стійкість олій до окиснення оцінено за величиною періоду індукції.

Вміст токоферолів у досліджуваних зразках олій і хімічний склад легколетких компонентів гірчиної олії визначено методом рідинної хроматографії високороздільної здатності.

Для кількісного визначення характеристик інгібіторів реакції окиснення користуються графічним методом Цепалова, який заснований на побудові кінетичних кривих окиснення вуглеводнів. Глибина окиснення олій характеризується накопиченням гідропероксидів, вміст яких корелює з величиною пероксидного числа (рис. 1).

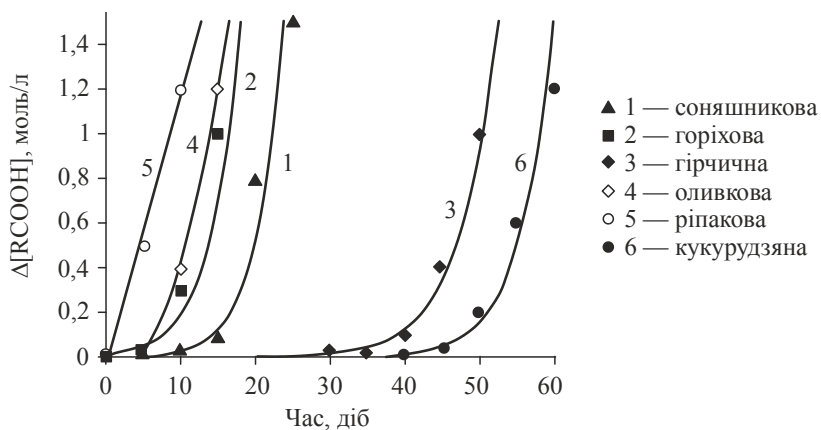


Рис. 1. Кінетичні криві накопичення гідропероксидів RCOOH в реакції автоокиснення при $22 \pm 2^\circ\text{C}$

З рис. 1 видно, що накопичення пероксидів при ініційованому окисненні відбувається з явно вираженими періодами індукції. Це свідчить про вміст антиоксидантних речовин в усіх досліджуваних оліях. Період індукції визначають графічно апроксимацією дотичних у початковій області для кожного зразка продукту. Швидкість окиснення олій визначають з наведених кінетичних кривих згідно з рівнянням:

$$V_i = \frac{\Delta[\text{RCOOH}]}{\Delta t} \quad (1)$$

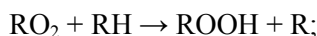
Сумарний вміст антиоксидантів визначено з використанням рівняння:

$$\tau = \frac{f[\text{InH}]}{V_i} = \alpha \frac{m}{V_i}, \quad (2)$$

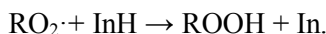
де τ — період індукції; f — стехіометричний коефіцієнт інгібування; $[\text{InH}]$ — сумарний вміст антиоксидантів у досліджуваній олії; V_i — швидкість ініціювання; m — маса зразка в мг.

Для оцінки антиоксидантних властивостей олій, крім визначення кількісного вмісту антиоксидантних речовин, важливо встановити їх антирадикальну активність, тобто визначити константи швидкостей реакцій подовження k_2 й обривання k_7 ланцюгів окиснення загальноприйнятої моделі інгібованого окислення. Антирадикальна активність являє собою молекулярну характеристику сполук, здатних вступати в реакцію з вільним радикалом. Вона певною мірою відображує участь продуктів перетворення інгібітора в процесі окислення і визначає швидкість елементарної реакції загальноприйнятої моделі інгібованого окислення:

- подовження ланцюгів k_2 :



- обривання ланцюгів k_7 :



Параметр k_2 / k_7 , що відповідає відношенню констант швидкостей реакцій подовження й обривання ланцюгів у періоді індукції, розраховано як $\text{tg} \alpha$ кута нахилу прямої (рис. 2), побудованої в координатах рівняння:

$$\Delta[\text{RCOOH}] = \ln \frac{1}{1 - t/\tau}. \quad (3)$$

Результати розрахунку експериментальних даних наведені в табл. 1. Отримані дані дають змогу зробити висновок про сумарну ефективність компонентів, які входять до складу складних сумішей природного походження без їх попереднього розділення.

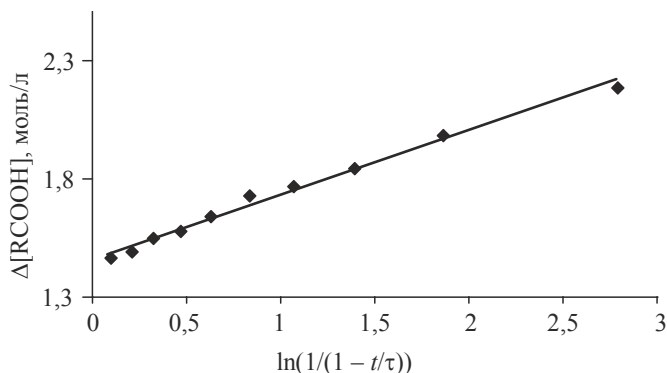


Рис. 2. Залежність швидкості окиснення $\ln \frac{1}{1 - t/\tau}$
(на прикладі горіхової пресової олії)

Таблиця 1. Кінетичні параметри окиснення досліджуваних олій

Зразок олії	Сумарна ефективна концентрація антиоксидантів $f[\text{InH}] \cdot 10^3$, моль/Г	Антирадикальна активність $(k_2/k_7) \cdot 10^2$, (л/моль · с)	Швидкість ініціювання $V_i \cdot 10^5$, моль/(л · с)	Період індукції τ , хв
Соняшникова пресо́ва	4,7	2,82	1,79	14,2
Горіхова пресо́ва	5,5	2,07	1,25	15,3
Гірчична пресо́ва	25,6	1,55	0,65	27,5
Ріпакова пресо́ва	3,1	3,97	2,50	11,8
Оливкова рафіно́вана	5,5	2,76	1,29	15,0
Кукурудзяна рафіно́вана дезодорована	34,6	1,88	1,39	17,8

Найкращі кінетичні параметри мають гірчична та кукурудзяна олії: значення констант k_{p2}/k_7 дорівнює 1,55 та 1,88 відповідно, що вказує на перевагу швидкості реакції обривання ланцюгів окиснення на молекулах інгібітора над реакціями подовження. Порівняння інгібуючої дії окремих олій за періодом індукції τ , показало, що найбільш тривалу дію проявляють антиоксиданти гірчичної пресо́вої і кукурудзяної рафіно́ваної дезодорованої олій. Швидкість ініціювання під час автоокиснення олій визначається вмістом антиокиснюючих речовин (за інших однакових умов), насамперед вмістом природних антиоксидантів [6—8].

Якщо прийняти, що $f = 2$ (стехіометричний коефіцієнт інгібування для токоферолу), то розрахована сумарна ефективна концентрація антиоксидантів добре узгоджується з вмістом у рослинних оліях токоферолів, визначених іншими методами [9]. Тому можна висунути припущення, що всі досліджувані олії містять токоферолі. Токоферолі за своєю антирадикальною дією є інгібіторами радикальних процесів, характерною рисою яких є утворення достатньо активних радикалів In, здатних брати участь у реакціях продовження ланцюгів.

Для визначення вмісту токоферолів, що є природними інгібіторами ланцюгових процесів, використовували метод рідинної хроматографії високо-роздільної здатності [10]. Результати досліджень представлено у табл. 2.

Таблиця 2. Вміст токоферолів у зразках досліджуваних олій

Зразок олії	Загальний вміст, мг %	Ізмери, % загального вмісту			Сумарний вміст, мг %, (за Codex Alimentarius)
		α	β	$\gamma + \delta$	
1	2	3	4	5	6
Соняшникова пресо́ва	95	91,5	8,5	—	40,3—102,1
Горіхова пресо́ва	109	46,4	48,0	5,6	56,0—113,0
Гірчична пресо́ва	84	26,3	71,3	2,4	34,0—90,2

1	2	3	4	5	6
Ріпакова пресо́ва	56	27	73	—	28,9—130,1
Оливкова рафі́нована	109	46,4	48,0	5,6	56,0—113,0
Кукурудзяна рафі́нована дезодорована	655	49,1	42,4	8,5	31,4—347,2

Аналізуючи дані табл. 1 і 2, можна стверджувати, що загальний вміст токоферолів у досліджуваних оліях добре корелює зі значенням сумарної ефективної концентрації антиоксидантів. Наприклад, найвищий їх вміст (655 мг%) виявлено в кукурудзяній олії, яка відрізняється найвищою сумарною ефективною концентрацією антиоксидантів ($34,6 \cdot 10^3$ моль/г). Подібна тенденція зберігається для всіх досліджених олій, за винятком гірчиної. Гірчи́чна олія повільно накопичує гідроперокси́ди в реакції автоокиснення та відзначається високою сумарною концентрацією антиоксидантів на рівні $25,6 \cdot 10^3$ моль/г. На нашу думку, високу стабільність гірчи́чної олії можна пояснити наявністю інших видів антиоксидантів, зокрема фенольної природи. Для перевірки цієї гіпотези було проведено якісне визначення летких сполук методом розгонки.

Вміст легколетких компонентів, визначений хроматографією високороздільної здатності, показав наявність α -пінену та 1,8-цинеолу серед компонентів гірчи́чної олії (рис. 3). Ці сполуки належать до монотерпенів, що складають ароматичні фракції ефірних олій. Очевидно, терпени переходять у жирну олію під час технологічних операцій отримання.

Sample Name : oil_gorchica_
 Misc Info :
 Vial Number : 30

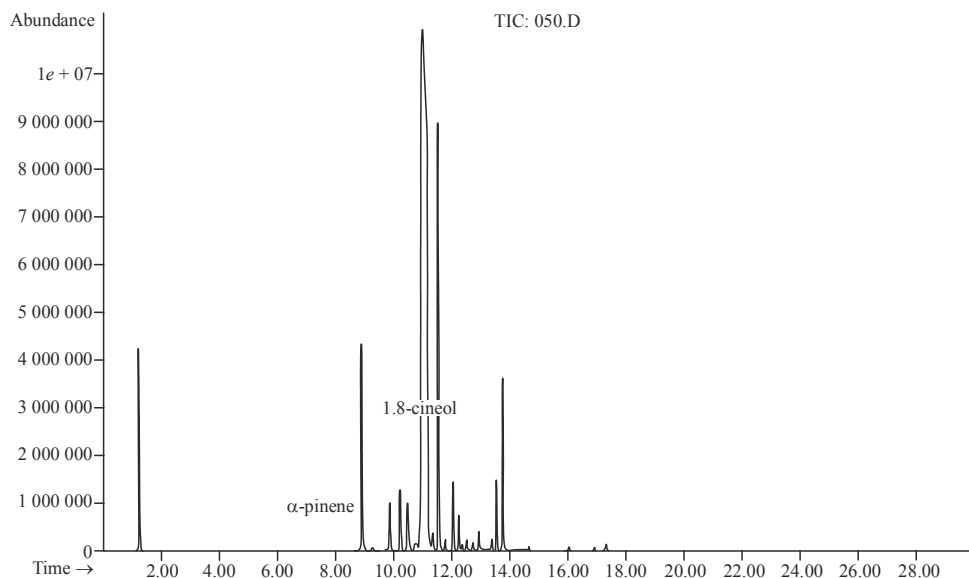


Рис. 3. Хроматограма легколетких компонентів гірчи́чної олії

α -пінен $C_{10}H_{16}$ належить до групи біциклічних терпенових вуглеводнів, входить до складу багатьох ефірних олій, зокрема хвойних і цитрусових. Завдяки властивості швидко окиснюватись на повітрі, особливо при доступі світла, пінен здатний вступати в реакції обривання ланцюгів окиснення, таким чином уповільнюючи його.

Цинеол $C_{10}H_{18}O$ — моноциклічний терпен з характерним запахом і пекучим смаком, зустрічається у складі евкаліптової, лаврової, м'ятної, ялицевої ефірних олій. Чистий рідкий цинеол, вилучений з евкаліптової олії гідродистиляцією, застосовується в медицині і косметології як антисептик. Відрізняється високою активністю щодо вільних радикалів і здатний до їх інактивації, чим і пояснюється його антирадикальна активність.

Тож сукупність активних компонентів, що містяться в олії гірчиці сарептської, обумовлює її високу біологічну цінність і використання як дієтичного продукту харчування.

Висновки

У статті вперше обчислено константи швидкості ініціювання й обривання ланцюгів окиснення для двох типів природних антиоксидантів у гірчичній пресовій олії. В процесі зберігання за температури $22 \pm 2^\circ C$ з вільним доступом світла спостерігається значне виснаження вмісту антиоксидантів, що проявляється прискоренням процесу пероксидації.

Показано, що ефективні концентрації антиоксидантів та їхня антирадикальна активність інформативні в плані оцінки ефективності продукту як носія антиоксидантів, але недостатні для оцінки стійкості продукту до окиснювальних змін.

Подальший напрямок досліджень вбачається у вивченні поведінки антиоксидантного комплексу пресової гірчичної олії в умовах термічного окиснення в складі модельних систем харчових продуктів на основі сировини тваринного і рослинного походження.

Література

1. Ghosh V.L. Mustard oil microemulsion formulation and evaluation of bactericidal activity / Vijaya Lakshmi Ghosh, Amitava Mukherjee, N. Chandraseka Ran // International Journal of Pharmacy and Pharmaceutica. I Sciences. — 2012. — Vol 4, Issue 4. — P. 497—500.
2. Langenbeck W. Autoxidation of saturated hydrocarbons in liquid phase / W. Langenbeck, W. Pritskov // Chem. Techn. — 1952. — # 4. — P. 391—396.
3. Pritskov W. Über die Autoxidation von Ketonen / W. Pritskov // Chem. Ber. — 1954. — V. 87. — P. 1668—1672.
4. Денисов Е.Т. Механизм жидкофазного окисления кислородсодержащих соединений / Е.Т. Денисов, В.И. Мицкевич, В.Е. Агабеков. — Минск : Наука, 1975. — 336 с.
5. Семенов Н.Н. О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности / Н.Н. Семенов. — Москва : Изд. АН СССР, 1958. — 685 с.
6. Гусева Д.А. Антиоксидантная активность растительных масел с разным соотношением омега-6/омега-3 жирных кислот / Д.А. Гусева, Н.Н. Прозоровская, А.В. Широин, М.А. Санжаков, Н.М. Евтеева, И.Ф. Русина, О.Т. Касаикина // Биомедицинская химия. — 2010. — Т. 56, № 3. — С. 342—350.

7. *Lampe J.W.* Diet, genetic polymorphisms, detoxication and health risks / J.W. Lampe // *Alternative therapies in health and medicine*. — 2007. — V.13, # 3. — P. 108—111.
8. *Branscheid W.* Langkettige Fettsäuren bei Rindfleisch-kritisch bewertet / W. Branscheid // *Mitteilungsblatt der Fleischforschung, Kulmbach*. — 2008. — # 180. — P. 120.
9. *Іванов С.В.* Технологія купажованих жирів збалансованого жирнокислотного складу : Монографія / С.В. Іванов, Л.В. Пешук, І.Г. Радзівська. — Київ : НУХТ, 2013. — 210 с.
10. *Храпова Н.Г.* Кинетические характеристики природных антиоксидантов растительных масел / Н.Г. Храпова, И.П. Скибида, В.М. Мисин // *Химическая физика*. — 2010. — Т. 29, № 6. — С. 76—80.
11. *Bozhko N., Tischenko V., Pasichnyi V., Marynin A., Polumbryk M.* (2017). Analysis of the influence of rosemary and grape seed extracts on oxidation the lipids of Peking duck meat. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 4/11 (88), 4—9. doi: 10.15587/1729-4061.2017.108851.
12. *Ukrainets A.I.* (2016). Antioxidant plant extracts in the meat processing industry. *Biotechnologia Acta*, 9 (2), 19—27. doi: 10.15407/biotech9.02.019.

CRITERIA OF FRUIT AND BERRY CULTURES SELECTION TO OBTAIN THE FROZEN HALF PRODUCTS

G. Simakhina, T. Martynenko

National University of Food Technologies

Key words:

Fruit
Berries
Vitamins
Organoleptic properties
Criteria
Freezing
Half product

Article history:

Received 17.05.2018
Received in revised form
28.05.2018
Accepted 18.06.2018

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The analysis of various methods to preserve the fruit and berry raw materials from the viewpoint of vitamins' maximal protection evidences that preservation by freezing is the most effective way.

According to the results of our own experiments and the works by other scientists, we confirmed that the usage of liquid nitrogen in cryogenous technologies would allow saving the native structure of proteins, vitamins, and other biologically active organic substances, and also keeping the final products from spoilage by enzymes, microorganisms, and air oxygen. The UNESCO committee had apprehended the cryogenous method to store and process and agricultural raw materials as the most effective way to obtain the high-quality foodstuffs. Therefore, the important stage in designing the technologies of obtaining the quickly-frozen products is the scientifically grounded selection of fruit and berry raw materials relevant to freezing.

This article represents the results of studying the biochemical composition of various species of fruit and berries by indices recommended by the authors as the main criteria to examine and thereafter to prepare the raw materials for freezing. These criteria were formulated with a purpose to obtain the half products with guaranteed content of vitamins, other biologically active substances, and with proper organoleptic characteristics.

There was proved that the wholesome nutritional, biological, and consumptive value of frozen products can be achieved thanks to choosing the raw materials for freezing by the following criteria: glyco-acidometric index (the correlation between the contents of general sugars and acids); qualitative and quantitative content and correlation between ascorbic acid and bioflavonoids; the content of carotenoids regulated by SST 29187 in quickly-frozen fruit and berries; the content of mono and disaccharides (as the components of fruit and berry biocomplex which show the significant cryoprotecting effect during freezing); increase of biological value of the certain components of raw material in cold adaptation.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-22

КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ПЛОДОВО-ЯГІДНИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЗАМОРОЖЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Г.О. Сімахіна, Т.А. Мартиненко

Національний університет харчових технологій

Аналіз різних способів консервування плодовоовочевої сировини з точки зору максимального збереження вмісту вітамінів свідчить, що найефективнішим є консервування заморожуванням.

За результатами власних досліджень і праць інших авторів встановлено, що використання рідкого азоту в криогенних технологіях дає змогу зберегти нативну структуру білків, вітамінів та інших біологічно важливих органічних сполук, а також запобігти псуванню готових продуктів під впливом ферментів, мікроорганізмів, кисню повітря. Комісією ЮНЕСКО криогенний спосіб зберігання та перероблення сільськогосподарської сировини визнано єдиним на сьогодні найбільш ефективним методом отримання високоякісної продукції. Тому при розробленні технології отримання швидкозамороженої продукції важливим етапом роботи є науково обґрунтований вибір плодово-ягідної сировини, придатної для заморожування.

У статті наведено результати досліджень біохімічного складу різних видів культивованих і дикорослих плодів і ягід за показниками, що їх автори рекомендують розглядати основні критерії вибору сировини для заморожування з метою отримання напівфабрикатів з гарантованим вмістом вітамінів, інших біологічно активних речовин, належними органолептичними характеристиками.

Обґрунтовано, що всієї повноти харчової, біологічної та споживчої цінності замороженої продукції можна досягти, обираючи сировину для заморожування за такими критеріями: глюкоацидометричний індекс як співвідношення вмісту загальних цукрів і кислот; якісний та кількісний вміст і співвідношення аскорбінової кислоти й біофлавоноїдів; вміст каротиноїдів, який регламентується згідно з ДЕСТ 29187 у швидкозаморожених плодах та ягодах; вміст моно- та дисахаридів як складників біокомплексу плодів та ягід, що виявляють істотний кріопротекторний ефект при заморожуванні плодово-ягідної сировини; підвищення біологічної цінності окремих компонентів сировини при холодовій адаптації.

Ключові слова: *плоди, ягоди, вітаміни, органолептичні властивості, критерії, заморожування, напівфабрикати.*

Постановка проблеми. *Якість плодово-ягідної сировини, особливо дикорослої, її смакові властивості, харчову та біологічну цінність як динамічну сукупність корисних властивостей запрограмовано самою природою. Причому смакові властивості матеріалів визначають в основному склад та кількісні співвідношення цукрів і органічних кислот, а дієтичну та лікувальну цінність — вміст есенціальних біологічно активних речовин, передусім аскорбінової кислоти, поліфенольних сполук тощо.*

На ці показники впливає багато чинників: видові та сортові особливості, ступінь зрілості, час і спосіб збору сировини, спосіб зберігання тощо. З'ясування впливу цих чинників дає можливість прогнозувати якісний та кількісний склад основних біокомпонентів плодово-ягідних культур, оптимальні строки збору врожаю і найбільш ефективні способи його перероблення.

Ще у 80-х роках минулого століття радянські вчені висловили твердження про необхідність розвитку комплексного виробництва товарів народного господарства, що забезпечує повне й комплексне використання природних ресурсів, сировини та матеріалів і знижує шкідливий вплив на навколишнє середовище.

З цієї точки зору особливу увагу привертає дикоросла сировина, світовий фонд якої нараховує 5 320 видів. У сфері новітніх харчових технологій дикорослі плодови набувають поліфункціонального значення — для створення нових харчових продуктів, оздоровчих напоїв, дієтичних добавок різноспрямованої дії, природних біокоректорів тощо.

Сфера використання дикорослих і культивованих рослин нині значно розширена, однак асортимент сировини, що заготовлюється для промислового перероблення, все ще обмежений. Це в основному плоди глоду, вишні, шипшини, смородини, чорниці, журавлини, малини, аронії, бузини, суниць, калини тощо.

Від якості свіжих плодів та ягід залежить якість замороженої продукції. Тому потрібно забезпечити підприємства, що їх заморожують, високоякісною сировиною, причому таких помологічних сортів, які при заморожуванні дають кращі результати. Кожен помологічний сорт характеризується формою, кольором, внутрішнім складом, хімічним складом, терміном дозрівання та іншими ознаками.

Бажано також, щоб кожний завод або цех заморожування мав власну сировинну базу для вирощування сировини необхідних помологічних сортів, що забезпечить одержання замороженої продукції високої якості [1; 2].

Не всі види й помологічні сорти плодів та овочів однаково придатні для заморожування. Дослідженнями вчених виявлено сорти плодів і овочів, які при заморожуванні дають прекрасні результати. Багато з них були перевірені при промисловому заморожуванні на вітчизняних і зарубіжних підприємствах [3].

Російський академік О. Покровський ще в 70-і роки минулого століття, спираючись на праці академіків О. Несмеянова та М. Шемякіна, звернув увагу на широкий діапазон компонентів харчової сировини та продуктів з неї і запропонував розглядати їх як композицію досить складних і різноманітних у своїх фармакологічних ефектах сполук.

Разом з тим, здійснюючи підбір плодово-ягідних культур, придатних для заморожування й тривалого зберігання, неможливо врахувати всі біокомпоненти, а достатньо орієнтуватись на ті з них, які визначають основні властивості даного виду сировини з точки зору впливу на живий організм. І оскільки йдеться про плоди та ягоди, то вони є безумовними лідерами за вмістом вітамінів. Підтвердження цьому — результати досліджень різних авторів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Отримані дані свідчать про те, що у плодах та ягодах синтезується значна кількість життєво важливих вітамінів, щоправда у різних кількостях. А щодо вітамінів, які у вищих рослинах не синтезуються (наприклад, вітамін А), то в них утворюються провітаміни, зокрема β -каротин. Вміст β -каротину може досягати досить високих значень (до 7 мг% в абрикосах), до того ж плоди містять аскорбінову кислоту в найбільших концентраціях.

У ягодах чорної смородини, за нашими даними, її вміст складає 320 мг%. За літературними даними, розбіжність у кількостях вітаміну С для ягід чорної смородини різних сортів перебуває в інтервалі 49,8...389 мг% [4]. Тому при виборі плодоовочевої сировини як високовітамінного джерела необхідно проводити ретельний аналіз в межах певних класів і родин та обирати саме тих представників, що містять найбільшу кількість вітамінів.

Плодово-ягідна сировина є важливим джерелом і інших вітамінів. Ягоди глоду, аронії чорноплідної, горобини багаті на β -каротин (2,8; 3,4; 4,6 мг% відповідно) та на вітамін РР. Останній бере участь у реакціях клітинного обміну, в білковому обміні і підвищує ступінь використання в організмі рослинних білків, нормалізує секреторну функцію шлунка тощо [5].

З точки зору технології перероблення рослинної сировини на готові продукти вітамін РР являє інтерес своєю стійкістю до зовнішніх впливів при зберіганні та кулінарному обробленні продуктів (температура, світло, кисень, повітря, луги).

Вітамінів B_1 і B_2 у плодово-ягідній сировині небагато. Хоча і добова потреба організму в них теж невелика — 1,3 мг вітаміну B_1 і 1,6 мг вітаміну B_2 . Загалом, усі види харчової сировини відзначаються невеликими кількостями цих вітамінів, в тому числі й тваринна. Та, зважаючи на досить високі рівні споживання плодів та ягід, можна прогнозувати, що людина отримує необхідну добову потребу тіаміну та рибофлавіну. При підвищених температурах ці вітаміни втрачають свою активність [6].

Тож спектр плодово-ягідних рослин, культивованих і дикорослих, надзвичайно широкий, однак у літературі досі відсутні науково обґрунтовані критерії їх вибору для консервування заморожуванням з отриманням напівфабрикатів високої біологічної цінності та належних органолептичних показників, що й визначило мету дослідження.

Матеріали і методи. Для оцінки плодово-ягідних культур, найбільш придатних до заморожування, досліджено культивовані сорти (вишня, малина, смородина чорна, смородина червона), дикорослі види (аронія чорноплідна, чорниця, ожина, калина, журавлина, терен, агрус, суниця). З використанням стандартних методик у кожній із них визначено вміст основних біокомпонентів.

Викладення основних результатів дослідження. Серед обраних предметів досліджень представлено *насіннячкові плоди* (аронія чорноплідна), *кісточкові плоди* (калина, терен, вишня), *ягоди справжні* (чорниця, журавлина, смородина, агрус), *ягоди складні* (малина, ожина, суниця). Класифікацію складено відповідно до рекомендацій [7]. Усі зазначені культури широко розповсюджені на території України, здавна використовуються у раціонах харчування

населення, а також у народній та офіційній медицині для запобігання й лікування неспецифічних захворювань.

З нашої точки зору, вибір рослинних матеріалів має ґрунтуватись передусім на кількісних та якісних співвідношеннях комплексу біологічно активних речовин, синтезованих у них природою, органолептичних властивостях готових продуктів відповідно до їхнього призначення. Дослідження обраних рослин вели за показниками, встановленими на основі літературних даних і власних результатів попередніх експериментів.

Так, відомо, що смак і запах продукту, які передусім оцінює споживач, визначається співвідношенням у плодах і ягодах цукрів та органічних кислот. Це характеризується глюкоацидометричним (глюкозоокислотним) індексом. Тобто в усіх досліджуваних матеріалах необхідно перш за все визначити вміст загальних цукрів і кислот, урахувавши той факт, що оптимальним є їхнє співвідношення як 6...7 до 1.

Другу важливу характеристику плодово-ягідній сировині надає вміст і співвідношення аскорбінової кислоти та біофлавоноїдів. Аскорбінова кислота в організмі людини бере участь у регулюванні окислювально-відновних процесів, впливає на холестериновий обмін, підвищує опір організму застудним та інфекційним хворобам. Є дані, що вітамінний препарат із плодів шипшини використовують у комплексному лікуванні радіаційних уражень.

Враховуючи важливе фізіологічне значення аскорбінової кислоти для тваринних і рослинних організмів, учені приділяють їй вивченню значну увагу. В літературі є чимало відомостей про вміст аскорбінової кислоти у плодах багатьох видів культурних і дикорослих рослин, однак ці дані розрізнені, і тому доцільно щоразу визначати вміст аскорбінової кислоти у досліджуваних рослинних матеріалах, як це наведено у пропонованій статті.

Більш того, учені, які вивчають вітамінний склад різних рослинних культур, у тому числі дикорослих, єдині у своєму висновку — найбільший ефект аскорбінової кислоти виявляється при її спільній дії з біофлавоноїдами. І сьогодні механізм фізіологічного й терапевтичного впливу поліфенольних сполук пов'язують саме з їхньою взаємодією з аскорбіновою кислотою.

Третім необхідним показником якості плодово-ягідних культур є вміст каротиноїдів, оскільки згідно з ДЕСТ 29187 він регламентується у швидкозаморожених напівфабрикатах.

Враховуючи наведені міркування, визначили зазначені показники, які зведені в таблицю.

Таблиця. Експериментальні дані визначення вмісту основних біокомпонентів у плодово-ягідних культурах (на 100 г продукту) $p \geq 0,95$; $n = 3$

Дослідні зразки	Загальний цукор, %	Органічні кислоти, %	Глюкоацидометричний індекс	Вітамін С, мг %	Біофлавоноїди, мг %	Каротиноїди, мг %
1	2	3	4	5	6	7
Культивовані сорти						
Вишня	9,1	0,98	6,6	62,2	1 340,0	2,4
Малина	8,2	1,1	7,45	51,4	1 285,0	1,18

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7
Смородина чорна	8,6	1,07	8,03	234,6	1 858,0	3,8
Порічка червона	6,6	2,3	2,87	49,4	1 305,0	1,15
<i>Дикорослі види</i>						
Аронія чорноплідна	7,8	0,96	7,96	129,4	2 466,0	4,9
Чорниця	8,0	0,76	10,5	54,6	2 143,0	1,4
Ожина	8,6	1,22	7,05	68,8	2 447,0	1,57
Калина	6,2	1,12	5,5	39,4	1 345,0	1,7
Журавлина	4,2	3,14	1,34	36,6	1 076,0	0,56
Терен	8,3	3,2	2,59	31,2	373,0	1,1
Агрус	7,2	3,4	2,12	55,8	876,0	1,18
Суниці	7,6	1,3	5,85	104,6	1 978,0	1,35

Аналіз і зіставлення даних таблиці дає можливість охарактеризувати кожну культуру з точки зору відповідності вищезазначеним чинникам.

Так, оптимальному значенню глюкоацидометричного індексу з чотирьох досліджених культивованих сортів ягід не відповідає лише червона порічка (2,87), а для інших сортів він становить від 6,6 до 8,03. З дикорослих видів низькі значення цього індексу мають журавлина, терен, агрус, які й було виключено з подальших досліджень.

Досліджувані культивовані сорти та дикорослі види мають досить високий вміст і аскорбінової кислоти, і біофлавоноїдів. Причому, за незначними винятками, спостерігається кореляція між вмістом цих двох біокомпонентів для кожного виду рослин.

На думку науковців М. Головкиної та М. Новотельнова (1988), динамічна рівновага цієї системи може знаходитись у стійкому стані лише при певних концентраційних співвідношеннях флавонових сполук і аскорбінової кислоти. Зміна концентрації одного з компонентів рівноважної системи викликає зсув рівноваги в той чи той бік і призводить до ослаблення стабілізуючого чинника обох вітамінів стосовно один одного.

Детально вивчаючи вплив флавоноїдів на окислення аскорбінової кислоти, І. Давідек (1961) показав, що вони запобігають окисленню аскорбінової кислоти іонами металів. Механізм дії флавоноїдів полягає у блокуванні каталітичного впливу металів шляхом зв'язування їх у стабільні, нереакційноздатні комплекси. Флавоноїди сприяють економним витратам аскорбінової кислоти в живому організмі; загальновізною є їхня здатність зміцнювати стінки кровоносних судин і регулювати їхню проникність. Останніми дослідженнями доведено, що ефект впливу флавоноїдів на капіляри досягає максимальної інтенсивності при одночасному введенні аскорбінової кислоти.

Третій чинник, за яким оцінювали якість плодово-ягідної сировини, — вміст каротиноїдів. Загалом плоди і ягоди не можна віднести до багатих джерел каротиноїдів, окрім окремих видів шипшини, глоду, аронії чорноплідної, горобини, обліпихи. В монографії В. Петрової (1986) зазначено, що максимальну кількість каротинів містять цілком зрілі плоди, причому накопичення цієї групи БАВ відбувається нерівномірно — сформовані плоди мають певну їх концен-

трацію, потім вона дещо знижується і різко зростає на час повного дозрівання. За отриманими нами даними, найбільше каротиноїдів містять аронія чорноплідна (4,9 мг%), смородина чорна (3,8 мг%), вишня (2,4 мг%), калина й ожина.

Отже, за встановленими нами і визначеними показниками, предметами подальших досліджень є кісточкові (плоди вишні та калини); насіннячкові (плоди аронії чорноплідної); ягоди справжні (чорниці, смородина чорна); ягоди складні (малина, ожина, суниця). Цей перелік охоплює практично всі групи плодово-ягідних культур, тому розроблені в подальшому технології їх заморожування можна поширити й на інших представників відповідних груп.

Важливість біокомпонентів, яким ми надали пріоритетного значення як у складі свіжої сировини, так і отриманих з неї заморожених напівфабрикатів, підтверджується з'ясуванням їхньої ролі у функціонуванні організму людини.

Так, основні засвоювані вуглеводи досліджених нами культур — глюкоза, фруктоза, сахароза. Причому в загальній сумі цукрі переважають моносахариди: наприклад, у чорниці при загальному цукрі 8,0% частка сахарози складає до 0,6%, а в ожині загальний цукор представлено лише глюкозою та фруктозою (8,6%).

Це є важливою характеристикою плодово-ягідних культур: такий вуглеводний склад надає можливість рекомендувати їх як у свіжому, так і в замороженому вигляді хворим, ослабленим людям, особам похилого віку, дітям, оскільки організмові не потрібно витрачати енергію на розщеплення сахарози до простих цукрів, які безпосередньо надходять у кров.

Досліджені плоди і ягоди містять певні кількості органічних кислот — від 0,76% до 3,4%, що знову ж таки залишається властивим для кожного культурного сорту та дикорослих видів.

Відомо, що в плодах і ягодах переважають такі органічні кислоти: яблучна, лимонна, шавлева. В менших кількостях виявлено бурштинову, фумарову, винну, хінну, хлорогенову тощо. Всі ці кислоти надзвичайно важливі для нормального функціонування організму людини — у підтриманні кислотно-лужної рівноваги, у пригніченні розвитку шкідливих мікроорганізмів, у захисті організму від радіонуклідів уражень.

Та особливою увагою науковців користується бурштинова кислота рослин. І це не дивно. Діапазон її впливів надзвичайно широкий — вона стимулює діяльність нирок і кишечника, має протистресову, протизапальну, антиоксидантну дію. Бурштинова кислота використовується для лікування анемії різного походження, радикулітів, серцево-судинних захворювань.

На основі бурштинової кислоти українські та російські учені розробили ряд фармацевтичних препаратів і дієтичних добавок. Наприклад, в Україні розроблено добавку «Янтарин-Детокс», яка є регулятором обміну речовин в організмі. Завдяки синергічній дії бурштинової, глютамінової, фумароїдних кислот, нікотинаміду та солей кальцію досягається енергетична підтримка в організмі процесів дезінтоксикації та виведення чужорідних сполук. Добавка запобігає розвитку вільнорадикальних реакцій, захищаючи клітини організму від дії радіоактивного опромінення та ксенобіотиків; є ефективним імунокоректором. Долає всі симптоми астенії — підвищує працездатність, поліпшує пам'ять і концентрацію уваги, нормалізує настрій і сон. «Янтарин-Детокс»

необхідний в екологічно несприятливих умовах, він має антигіпоксичні та антиоксидантні властивості, поліпшує адаптаційні і компенсаторні можливості організму.

Лікарський засіб російських учених «Цитофлавін» є комбінацією бурштинової кислоти і невеликих добавок рибоксину, нікотинаміду, рибофлавіну. Цитофлавін відзначається антигіпоксичною дією за рахунок речовин, які входять до його складу і які включаються у клітинний метаболізм. Він активує окислювально-відновні ферменти, покращуючи тканинне дихання; відновлюючи активність ферментів антиоксидантного захисту, зменшує продукцію вільних радикалів; нормалізує біоелектричну активність головного мозку; позитивно впливає на показники неврологічного статусу, покращуючи таким чином якість життя людини.

Цілком реально очікувати більшості з цих ефектів і при використанні дикорослих та культивованих плодів у виробництві заморожених напівфабрикатів.

Аналіз даних вищенаведеної таблиці свідчить про багатий вітамінний склад плодово-ягідних матеріалів. Оскільки БАР рослин вивчено недостатньо, то всі отримані експериментальні результати роблять певний внесок у суму знань про невикористані поки що їхні потенційні можливості. Наприклад, цінність аронії науково доведена і не викликає жодних сумнівів — ще в 60-х роках минулого століття медики вивчали дію соку чорноплідної горобини на хворих гіпертонією і встановили поліпшення регулювання тонуусу судин, зниження артеріального тиску, покращення нервових процесів.

Дані вмісту аскорбінової кислоти у досліджених ягодах досить високі, особливо у чорній смородини, аронії чорноплідної, суниць, вишні. Звісно, ці результати значно скромніші, ніж для ягід шипшини (де виявлено від 1 531 до 3094 мг% аскорбінової кислоти), однак вони переважають обліпиху (12...45 мг%), терен (28,6...36,8 мг%), барбарис (20,2...28,4 мг%).

Відомо, що аскорбінова кислота міститься винятково в зелених рослинах і, як правило, відсутня у безхлорофільних формах. Умови, що сприяють фотосинтезу, одночасно стимулюють і накопичення аскорбінової кислоти. Не менш важливим чинником її біосинтезу є наявність необхідних вихідних речовин. У 1959 р. російський учений В. Девятнін на основі проведених досліджень висунув твердження, що попередниками в утворенні аскорбінової кислоти є сполуки, які мають подібну структурну будову: головним чином це монози та шестиатомні спирти.

Сучасні дослідження підтверджують справедливість і обґрунтованість теорії, розвитком якої є розуміння того, що механізм фізіологічного впливу і багатогранність терапевтичної дії поліфенольних сполук полягає в їхній взаємодії з аскорбіновою кислотою і безпосередньо пов'язаний з її властивостями. Зрозуміло, що найбільш цінними для харчових виробництв і отримання заморожених напівфабрикатів є ті види і сорти плодово-ягідних культур, які поєднують високі концентрації поліфенолів та аскорбінової кислоти — сполук, які діють синергічно і в складі харчових продуктів, і на рівні шлунково-кишкового тракту.

З точки зору біології та медицини повна характеристика рослинної сировини за вмістом капілярозміцнюючих сполук може бути дана лише за умови одночасної наявності в ній таких основних представників Р-активних сполук як безбарвні катехіни і лейкоантоціани, жовті флавоноїди та червоно-фіолетові антоціани.

Саме в аронії чорноплідній, в чорній смородині, вишні, чорниці Р-активний комплекс охоплює всі названі необхідні сполуки. Для порівняння: у шипшині, наприклад, містяться в переважаючій кількості лише дві групи: катехіни та флавоноїди.

Аналіз даних таблиці показує, що для більшості досліджених ягід високий рівень поліфенольних сполук збігається з С-вітамінною активністю: смородина чорної (1858 мг% та 234,6 мг%); аронії чорноплідної (2466 мг% та 129,4 мг%) тощо.

Загалом, багато дослідників зазначають, що за вмістом поліфенольних сполук названі ягоди переважають більшість інших культур. Тому вони й отримали широке визнання і народної, і офіційної медицини — передусім як високовітамінний засіб.

Не менший інтерес представляють досліджені ягоди і як джерело отримання біологічно активних концентратів та натуральних барвників. Наприклад, саме у зв'язку з вивченням біологічно активних речовин аронії чорноплідної постало питання про значення флавоноїдів у рослинних та тваринних організмах і перспективах розвитку їх отримання. Колектив дослідників під керівництвом Л. Шнаймана ще у 1963 р. розробив технологію комплексного перероблення аронії чорноплідної з отриманням соку, препарату біофлавоноїдів та антоціанового барвника у вигляді водної пасти і порошку. За цією технологією з 1 т ягід отримали 654 кг натурального соку із вмістом біофлавоноїдів 0,52%, 50 кг антоціанового барвника у вигляді пасти, що містила 3,38% ціанідину та 97 кг сухого препарату біофлавоноїдів із вмістом цільового компоненту 21,3%.

Нині, коли велике значення у збереженні здоров'я населення надається профілактиці захворювань, передусім серцево-судинних, надзвичайно важливим є пошук нових джерел, у тому числі нетрадиційних, та їх залучення до сфери харчових технологій. Головним чином це стосується рослинних матеріалів, які поєднують у своєму складі значні кількості аскорбінової кислоти та високий вміст поліфенольних сполук. До речі, науковці досі не дійшли єдиної думки стосовно оптимального співвідношення сполук С-вітамінної та Р-вітамінної активності, і в літературі трапляються такі рекомендації:

$$C : P = 1 : 1,5 \dots 6,0.$$

За всіма перерахованими критеріями ягоди аронії чорноплідної, смородина чорної, суниць, ожини та плоди вишні посідають пріоритетне місце серед високовітамінних сортів і повинні найбільш широко використовуватися у харчовій та фармацевтичній промисловості.

Порівняння даних таблиці показує, що синтез каротиноїдів (попередників вітаміну А) у рослинах проходить менш інтенсивно, ніж аскорбінової кислоти та поліфенолів. Каротиноїди представлені β -каротином та його ізомерами.

Ягоди та плоди містять також цілий ряд жовто-оранжево-червоних пігментів, до яких входять лікопін, ксантофіл, криптоксантин та інші, що теж мають А-вітамінну активність. Співвідношення між β -каротином та загальним вмістом каротиноїдів у рослинній сировині відзначається великою різноманітністю, хоча при цьому простежується одна закономірність — у загальній масі каротиноїдів на β -каротин припадає найбільша частка. За деякими літературними даними вона складає від 50 до 75% від суми каротиноїдів (їх на сьогодні виявлено понад 300).

В організмі людини вітамін А відіграє поліфункціональну роль. При добовій потребі цього вітаміну 2...3 мг (4...6 мг β -каротину) достатньо невеликої кількості плодів і ягід, аби забезпечити потребу організму в цих біологічно активних речовинах.

На основі виконаних нами досліджень [8] виявлено, що у рекомендованих до заморожування плодово-ягідних культурах зберігається до 90 % аскорбінової кислоти (при оптимальних умовах проведення процесу), тим часом як за ДЕСТ 29187 гарантований рівень вітаміну С, наприклад у заморожених ягодах чорної смородини, має становити 75 мг% при вихідній концентрації вітаміну у свіжій сировині 200 мг%, тобто ступінь збереження аскорбінової кислоти становить 37,5%.

Загалом, для характеристики харчової і особливо біологічної цінності заморожених плодів і ягід показників, регламентованих ДЕСТ 29187 (вміст вуглеводів, вітаміну С, ніацину, каротиноїдів), явно недостатньо. На сьогодні більшість основних представників комплексу біологічно активних речовин плодово-ягідних культур та їх перетворення при заморожуванні досить добре вивчено, чому присвячено значну кількість і наших праць. Це дає підстави сформулювати науково обґрунтовані критерії вибору плодово-ягідних культур, найбільш придатних до заморожування з гарантованою якістю отриманих напівфабрикатів, їхніми належними органолептичними показниками та підвищеною біологічною цінністю.

Висновки

Високоякісні заморожені продукти можна отримати лише з високоякісної сировини, а зберегти у готовій продукції увесь вітамінний комплекс дає можливість сучасна технологія, що ґрунтується на інноваційних підходах у техніці й технології заморожування, а також на принципах здорового харчування. Якість фруктів і ягід залежить від виду, сорту, умов вирощування та збирання врожаю, транспортування і зберігання сировини.

Більшість перспективних видів плодово-ягідних матеріалів, рекомендованих для заморожування, було визначено вченими СРСР ще в 50-і роки минулого століття і перевірено при промисловому заморожуванні сировини на підприємствах Головхолодпрому, Головконсерву. На жаль, наступні десятиліття характеризувались зниженням уваги до випуску замороженої продукції, і тому сьогодні дослідники мають вирішувати більшість питань заново. Це стосується і вибору сировини, найбільш придатної до заморожування та зберігання. Доводиться заново вивчати біохімічний склад різних

культур, оскільки дані, наведені в літературі 50—70-х років минулого століття, значною мірою відрізняються від сьогоднішніх.

На основі виконаних досліджень встановлено, що головним критерієм вибору плодово-ягідної сировини для заморожування є комплекс біологічно активних речовин, який характеризує повноту харчової та біологічної цінності і сировини, і готової продукції. В цьому комплексі першочергова увага надається глюкоацидометричному індексові як співвідношенню вмісту загальних цукрів і кислот; якісному та кількісному вмістові і співвідношенню аскорбінової кислоти й біофлавоноїдів; вмістові каротиноїдів, який регламентується згідно з ДЕСТ 29187 у швидкозаморожених плодах та ягодах. Інші критерії вибору характеризують важливу кріопротекторну роль моно- та дисахаридів (як складників біокомплексу плодів та ягід) у стабілізації і функціональній інтеграції внутрішньоклітинних макромолекул і мембранних структур при заморожуванні плодово-ягідної сировини; підвищення біологічної цінності окремих компонентів сировини при холодовій адаптації.

Література

1. Бурмакин А.Г. Промышленное замораживание плодов и овощей / А.Г. Бурмакин. — Москва : Пищепромиздат, 1986. — 150 с.
2. Influencia del proceso de congelacion sobre la texture del esparrago blanco. Efecto del escalado y la velocidad de congelacion / M.T. Jancher, J.R. Hermida, G. Cano, F. Torralbo // Alimentaria. — 1993. — 30, # 247. — P. 51—57.
3. Плотникова Т.В. Экспертиза свежих плодов и овощей / Т.В. Плотникова, Т.В. Ларина, В.М. Позняковский. — Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 2001. — 302 с.
4. Гром И.И. Дары природы / И.И. Гром, Н.Д. Шушенская. — Москва : Медицина, 1993. — 120 с.
5. Ильина С.И. Двенадцать месяцев здоровья / С.И. Ильина. — Киев : Логос, 2000. — 320 с.
6. Лифлянский В.Г. Фрукты и ягоды в лечении, косметике, кулинарии. Полная энциклопедия / В.Г. Лифлянский, А.Г. Сушанский. — Санкт-Петербург : ИД «Весь», 2001. — 384 с.
7. Цапалова Э.И. Экспертиза дикорастущих растений / Э.И. Цапалова и др. — Киев : А. С. К., 2005. — 242 с.
8. Сімахіна Г.О. Низькі температури у технологіях оздоровчих продуктів / Г.О. Сімахіна, Н.В. Науменко. — Київ : Видавництво «Сталь», 2011. — 363 с.

FEATURES OF THE USE OF PROTEIN PREPARATIONS IN THE STRUCTURE OF RESTRUCTURED HAM PRODUCTS

V. Zhuk, I. Shevchenko, O. Topchii

National University of Food Technologies

Y. Kryzhova

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Key words:

Protein

Fat

Emulsion

Stability

Ingredients

Mixtures

Article history:

Received 16.05.2018

Received in revised form
05.06.2018

Accepted 19.06.2018

Corresponding author:

O. Topchii

E-mail:

oksanatopchii@ukr.net

ABSTRACT

The urgency of the use of animal proteins is due to the considerable advantages of combining meat raw materials with them, which allows to balance the protein component of meat products and increase their biological value, bringing them closer to the needs of the organism. Simulation of the properties of raw materials with low functional and technological characteristics is possible due to the introduction of protein-fat emulsions (PFE) into its composition, which stabilize the structure of meat systems and supply the action of meat proteins in the composition of products.

The article substantiates the possibility of using PFE in the recipe of restructured ham products in order to stabilize functional and technological properties of meat systems and increase their nutritional and biological value by balancing the amino acid and fatty acid composition. Model specimens of PFE were developed using milk proteins - sodium caseinate DairiCo and buttermilk, Vepro 75 PSC blood plasma protein, turkey skin, pork and turkey fats and water. The technological functions of the selected protein ingredients were investigated and their positive influence on qualitative indices of restructured ham products was established. It is proved that the best functional and technological properties are PFE, which includes a mixture of animal proteins in the ratio: 1% of proteins of blood plasma Vepro 75 PSC and 1% mixture of milk proteins (70% caseinat sodium and oil 30%). On the basis of the principle of balancing fatty-acid composition, the ratio of turkey fats and pork fats was computed as a part of PFE (67% of turkey fats and 33% of pork fats) and their rational quantity was established. The developed composition of PFE positively affects the formation of qualitative indicators of restructured ham products and promotes the improvement of functional properties of meat raw materials with low technological characteristics.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІЛКОВИХ ПРЕПАРАТІВ У СКЛАДІ РЕСТРУКТУРОВАНИХ ШИНКОВИХ ВИРОБІВ

В.О. Жук, І.І. Шевченко, О.А. Топчій

Національний університет харчових технологій

Ю.П. Крижова

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Актуальність використання тваринних білків зумовлена перевагами комбінування з ними м'ясної сировини, що дає змогу збалансувати білкову складову м'ясних продуктів і підвищити їхню біологічну цінність, наблизивши до потреб організму. Моделювання властивостей сировини з низькими функціонально-технологічними характеристиками є можливим за рахунок введення до її складу білково-жирових емульсій (БЖЕ), що стабілізують структуру м'ясних систем і доповнюють дію м'ясних білків у складі виробів.

У статті обґрунтовано можливість використання БЖЕ у рецептурі реструктурованих шинкових виробів з метою стабілізації функціонально-технологічних властивостей м'ясних систем і підвищення їхньої харчової та біологічної цінності шляхом збалансування амінокислотного й жирнокислотного складу. Модельні зразки БЖЕ були розроблені з використанням молочних білків — казеїнату натрію «DairiCo» та маслянки, білка плазми крові Verpro 75 PSC, індичої шкурки, свинячого та індичого жирів і води. Досліджено технологічні функції обраних білкових інгредієнтів і встановлено їхній позитивний вплив на якісні показники реструктурованих шинкових виробів. Доведено, що найкращими функціонально-технологічними властивостями володіє БЖЕ, до складу якої входить суміш тваринних білків у співвідношенні 1% білків плазми крові Verpro 75 PSC та 1% суміш молочних білків (казеїнат натрію — 70%, маслянка — 30%). За принципом збалансування жирнокислотного складу розраховано співвідношення індичого й свинячого жирів у складі БЖЕ (67% індичого та 33% свинячого) і встановлено їх раціональну кількість.

Розроблений склад БЖЕ позитивно впливає на формування якісних показників реструктурованих шинкових виробів і сприяє підвищенню функціональних властивостей м'ясної сировини з низькими технологічними характеристиками.

Ключові слова: білок, жир, емульсія, стабільність, інгредієнти, суміші.

Постановка проблеми. Сучасні принципи розробки рецептури м'ясних виробів ґрунтуються на виборі певних видів сировини і такого їх співвідношення, яке б забезпечувало досягнення потрібної (прогнозованої) якості готових продуктів, включаючи кількісний вміст і якісний склад харчових речовин, наявність певних органолептичних показників, споживчих і технологічних характеристик. При цьому одночасно вибрані компоненти рецептури повинні відповідати другій, не менш важливій, вимозі: мати прийнятні функціонально-технологічні властивості, максимальну їх сумісність або взаємокомпенсацію, що забезпечує в процесі перероблення сировини отримання стабільних м'ясних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом поступово зростає інтерес виробників м'ясної продукції до застосування білків тваринного походження, що виділяються з м'ясної та молочної сировини. Це білкові препарати, які виробляються на основі плазми крові, та білки, які виробляються з колагеновмісної сировини і містять колаген, еластин, а також молочні білки, що отримують з вторинних продуктів переробки молока: казеїнати, білки сироватки та маслянки [1—3]. Молочні білкові компоненти природно поєднуються з м'ясною сировиною, є хорошими емульгаторами, стабілізаторами структури та за своїми функціонально-технологічними властивостями наближаються до м'язових білків. Сучасні технології отримання казеїнатів методом екструзії дають змогу покращити їх функціонально-технологічні властивості. Завдяки майже повній відсутності лактози, кальцію та високим функціональним властивостям казеїнат натрію можна використовувати також як емульгатор при виробництві м'ясопродуктів.

У м'ясних емульсіях при формуванні мембран навколо часток жиру молекула казеїну доповнює дію солерозчинних міофібрилярних білків, стабілізуючих глобули жиру в процесі подрібнення. Дуже важливим є те, що, будучи сильним емульгатором, казеїн здатний утворювати мембрану на поверхні жирових глобул без участі міозину. Стабілізація глобул жиру в емульсійних м'ясних системах при внесенні казеїнату натрію, найімовірніше, досягається за рахунок як незалежної, так і сумісної дії молочних і м'ясних білків.

Маслянка — це плазма молочних вершків, яку отримують під час перероблення їх на масло. Маслянка є джерелом високоцінного білка, який містить такі амінокислоти з ліпотропними властивостями, як метіонін, цистин тощо, але в менших кількостях.

Аналіз результатів попередньо проведених досліджень підтвердив, що найкращими функціонально-технологічними властивостями володіє суміш молочних білків у такому співвідношенні: казеїнат натрію 70% та маслянка 30% [4]. Високі функціонально-технологічні властивості запропонованої композиції молочних білків обумовлені також наявністю в складі маслянки значної кількості фосфоліпідів, що володіють високою емульгуючою здатністю. На молекулярному рівні молочні білки зв'язують воду за рахунок утворення водневих зв'язків у середині гідратованого білка, що сприяє підвищенню щільності продукту.

Водорозчинні білки, такі як плазма крові, завдяки наявності в них фібриногену, є повноцінними, і відрізняються від гемоглобіну більш високим вмістом таких незамінних амінокислот, як триптофан, метіонін, і вмістом ізолейцину, який відсутній у складі гемоглобіну [1—3].

Білковий препарат плазми крові Верпо 75 PSC за функціонально-технологічними властивостями не поступається сполучнотканинним білкам. Так, альбуміни легко взаємодіють з іншими білками, можуть бути зв'язані з ліпідами і вуглеводами, мають високу водозв'язуючу і піноутворюючу здатність. Глобуліни — хороші емульгатори. Фібриноген має виражену гелеутворюючу здатність: він переходить у фібрин під впливом ряду факторів (зсув рН до ізоелектричної точки, введення іонів Ca^+ в плазму) й утворює просторовий каркас. Усі білки плазми характеризуються доброю розчинністю, і, як наслідок, високою водозв'язуючою та емульгуючою здатністю: при нагріванні

вони утворюють гелі, причому міцність гелів і їх водозв'язуюча здатність залежать від концентрації білків у системі, величини рН, наявності солей, температури і тривалості нагрівання [4—6].

Користь свинячого жиру полягає в тому, що він містить особливо важливі для організму людини вітаміни, зокрема провітамін А, лінолеву кислоту та набагато більшу кількість незамінних жирних кислот, ніж у значній частині інших твердих жирів, невисокий вміст холестерину.

Жир індичий — відмінний продукт. Він легко засвоюється, плавиться при низькій температурі, має приємний запах ті смак. Порівняно з іншими видами тваринних жирів, індичий жир містить рекордну кількість вітамінів групи Е, а також D. Проте при внесенні жирів безпосередньо у фаршеву емульсію не в складі БЖЕ, вони обумовлюють появу в готовому продукті таких дефектів консистенції, як мазеподібність, липкість [7].

Найбільш раціональним шляхом використання додаткових джерел тваринного білка та жировмісної сировини в складі м'ясних виробів є впровадження у виробництво білково-жирових емульсій (БЖЕ). Використання БЖЕ дає змогу не тільки комбінувати рецептурний склад реструктурованих шинкових виробів на основі ефекту взаємного збагачення, але й сприяє підвищенню їх соковитості та ніжності за рахунок внесення жиру. Крім того, в складі БЖЕ жир краще засвоюється організмом людини.

П.А. Ребіндером встановлено, що найбільш важливим для збереження стабільності одержуваних емульсій, особливо концентрованих, є так званий структурно-механічний бар'єр, коли міжфазна сорбційна оболонка структурується і її структурна в'язкість при малих градієнтах швидкості у багато разів перевищує в'язкість дисперсійного середовища. Відомо, що розчин кухонної солі викликає швидке розшарування емульсії й укрупнення жирових кульок при контакті з розсоллом. Проте у харчовій промисловості вибір емульгаторів обмежений, тому до них, крім володіння здатністю знижувати поверхневу енергію, висуваються вимоги з точки зору споживчих властивостей.

Мета дослідження: використовуючи можливості математичного моделювання, спрогнозувати склад і вивчити властивості БЖЕ відповідно до технологічних потреб та існуючих медико-біологічних вимог.

Матеріали і методи. Матеріали дослідження — рецептурні композиції для виготовлення білково-жирових емульсій з суміші білків плазми крові Верго 75 PSC, казеїнату натрію, маслянки та індичого і свинячого жирів.

Методи досліджень — органолептичні, хімічні, фізико-хімічні, загальноприйняті та спеціальні, виконані з використанням сучасних приладів і інформаційних технологій.

Розробку раціонального складу емульсії здійснювали методом комп'ютерної оптимізації на основі хімічного складу інгредієнтів, що рекомендуються до складу БЖЕ. Як функцію цілі було обрано жируотримуючу здатність, яка є критерієм стабільності утримання жиру в м'ясних емульсіях.

Жирнокислотний склад визначали згідно з ДСТУ ISO 5509-2002 «Жири та олії тваринні і рослинні». Визначення жирних кислот здійснювали на газовому хроматографі виробництва Hewlett-Packard HP6890 із полум'яно-

іонізаційним детектором, інжектор S/S з виділенням потоків, колонка Sp2380, довжина 100 м, внутрішній діаметр 0,25 мм, товщина покриття 0,2 мкм.

Результати і обговорення. При вирішенні питань, пов'язаних зі створенням науково-обґрунтованих підходів до удосконалення існуючих технологій шинкових виробів в оболонці з використанням БЖЕ та з метою моделювання їх складу, в т. ч. відповідно до існуючих медико-біологічних вимог, було знайдено оптимальне співвідношення свинячого та індичого жирів — 33:67.

Дослідження жирнокислотного складу ліпідів та оцінка їх збалансованості показали, що переважаючими жирними кислотами в суміші з насичених жирних кислот є пальмітинова і стеаринова, з мононенасичених — олеїнова, а з поліненасичених — лінолева. Проте цінність жирового компоненту характеризується не тільки абсолютним вмістом окремих кислот, але і їхнім співвідношенням. Так, співвідношення суми ненасичених і насичених кислот у ліпідах суміші свинячого й індичого жирів становить 66,42:28,99 проти рекомендованого 70:30 [8].

Жирнокислотний склад суміші жирів повністю задовольняє добову потребу за кількістю ω -6 та частково за кількістю ω -3. Встановлено, що розрахована жирова суміш з індичим і свинячим жиром має фізіологічно сприятливу для організму людини температуру застигання.

Зниження температури плавлення жирової суміші, порівняно з температурою плавлення свинячого жиру, за рахунок індичого буде сприяти збільшенню ступеня доступності впливу ферментів шлунково-кишкового тракту і підвищенню швидкості її засвоєння.

У наш час існують різні рецептури і способи приготування білково-жирових емульсій. Проте їх застосування обмежене через складну технологію приготування і введення в сировину, а також малою стійкістю БЖЕ в процесі зберігання і при взаємодії з розсоллом.

Сутність холодного способу приготування розробленої емульсії (рис. 1) полягає в тому, що в кутер додають воду і казеїнат натрію, маслянку, плазму крові та гідратують протягом 5 хвилин. Жирову сировину кутеруєть окремо 3—5 хв, після чого також додають у кутер.

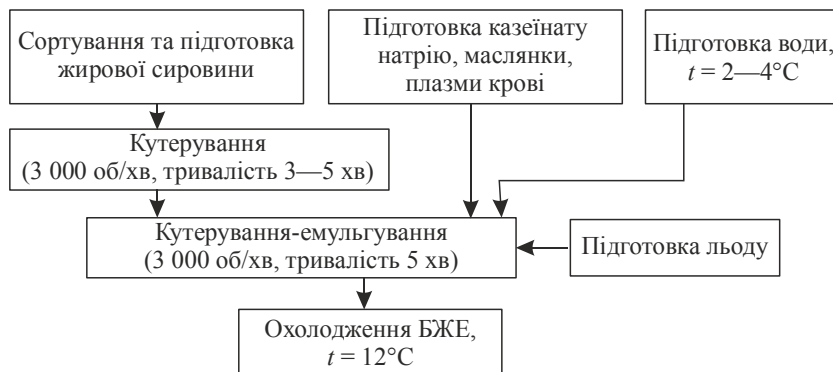


Рис. 1. Технологічна схема приготування емульсії холодним способом

Якщо за рецептурою БЖЕ передбачено використання свинячої вареної шкурки або індичої шкурки, її вносять на заключному етапі і кутеруєть ще

5—6 хвилин. Максимальна температура готової емульсії не повинна перевищувати 15—18°C. Для зниження температури частину води вносять у вигляді льоду з метою отримання стабільної емульсії. В готову емульсію можна внести сіль і нітрит натрію. Процес завершується розливанням емульсії у ємкості товщиною шару 10 см з подальшим зберіганням в умовах низьких температур від 0 до 3°C. Рецептурний склад розроблених білково-жирових емульсій з сумішшю молочних білків представлено в табл. 1.

Жири, що використовуються для виготовлення БЖЕ, не повинні бути прогірклими, їх бактеріальне обсіменіння повинно бути мінімальним. Зазвичай, ці жири не підлягають ретельному обробленню або охолодженню, тому вміст бактерій у них достатньо високий. Але, незважаючи на їх невисоку цінність, в мікробіологічному відношенні їх необхідно обробляти як високоякісну сировину. Оптимально допустимою є загальна кількість бактерій 10^2 — 10^4 КУО/г продукту [7].

Таблиця 1. Рецептурний склад розроблених білково-жирових емульсій з сумішшю молочних білків

Найменування компонентів	Вміст складових БЖЕ, %				
	БЖЕ 1 (контроль)	БЖЕ 2	БЖЕ 3	БЖЕ 4	БЖЕ 5
Жир свинячий	43	—	—	—	—
Жирова суміш: жир свинячий 33% + жир індичий 67%	—	44	44	44	44
Вода питна	43	44	44	44	44
Шкурка свиняча варена	14	—	—	—	—
Суміш білків: плазма крові Верго 75 PSC 1%, казеїнат натрію 1%	—	—	2	—	—
Суміш білків (плазма крові Верго 75 PSC 1%, молочні білки 1% казеїнат натрію 70%, сироватка 30%)	—	—	—	2	—
Суміш білків (плазма крові Верго 75 PSC 1%, молочні білки 1% (казеїнат натрію 70%, маслянка 30%)	—	—	—	—	2
Стабілізатор білковий з індичої шкурки	—	12	10	10	10
Всього	100	100	100	100	100

При підборі рецептурних компонентів білково-жирової емульсії важливо враховувати їхні технологічні функції та вплив на якість готового продукту (табл. 2).

Таблиця 2. Функціонально-технологічні показники БЖЕ

Рецептури емульсій	Вологоутримувальна здатність, % (ВУЗ)	Жирутримувальна здатність, % (ЖУЗ)	Стабільність емульсії, % (СЕ)
БЖЕ 1 (контроль)	49,0±2,1	59,8±2,5	47,5±1,9
БЖЕ 2	49,4±2,2	61,4±2,8	47,7±2,0
БЖЕ 3	50,6±2,4	62,9±2,7	52,4±2,4
БЖЕ 4	65,8±2,6	62,5±2,2	62,7±2,7
БЖЕ 5	65,9±2,3	62,6±2,2	62,4±2,9

Аналіз результатів досліджень свідчить про кращі функціонально-технологічні показники БЖЕ, виготовлених з використанням суміші білків: плазма крові Верго 75 PSC — 1%, молочні білки — 1% (казеїнат натрію — 70%, маслянка — 30%). Це можна пояснити тим, що при введенні в плазму крові неплазмових білків (казеїнату натрію, маслянки) суттєво збільшується як міцність гелів, так і їх водо- та жиропоглинаюча здатність після термооброблення.

Враховуючи те, що в складі жирової суміші БЖЕ переважають жирні кислоти, з мононенасичених — олеїнова, а з поліненасичених — лінолева, важливим є вивчення динаміки гідролітичних та окиснювальних змін ліпідів за температури зберігання (2±2)°С. Зміни ліпідів при зберіганні дослідних продуктів є причиною появи в них сторонніх присмаків. Вільні жирні кислоти (ВЖК), що утворюються в результаті гідролізу ліпідів, підлягають окисненню, утворюючи пероксидні та карбонільні сполуки та каталізують розпад білкових речовин. Критичне значення місту ВЖК у системі характеризується збільшенням швидкості їх окиснення відносно швидкості накопичення. Цей період зберігання БЖЕ може бути охарактеризований як зона ризику, одночасно з'являється сторонній присмак і погіршення текстури БЖЕ.

З метою запобігання накопичення вторинних продуктів окиснення ліпідів доцільно виявити «зону ризику» для розробленого складу БЖЕ. Динаміка гідролітичних та окиснювальних змін ліпідів дослідних і контрольних зразків БЖЕ при зберіганні наведена в табл. 3.

Аналіз результатів дослідження змін якості БЖЕ показав, що під час зберігання їх санітарно значимі мікробіологічні показники не перевищили допустимий рівень. Проте в процесі зберігання від 24 год до 32 год відмічалось погіршення текстури БЖЕ та накопичення небажаних речовин. Експериментально встановлено критичне значення концентрації вільних жирних кислот ($C_{ВЖК}$) у БЖЕ, що становить у дослідних зразка не більше 1,5 мг КОН/г.

Вміст пероксидів на кінець досліду становить від 0,120 до 0,270 ммоль активного кисню. За величиною кислотного числа обґрунтовано граничний термін зберігання БЖЕ до двох діб [7].

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники БЖЕ різних термінів зберігання за температури 2±2°С (n = 3; P ≥ 95)

Зразки	Зберігання, год				
	12	24	36	48	60
1	2	3	4	5	6
Кислотне число, мг КОН					
БЖЕ 1 (контроль)	0,51	0,64	0,98	1,17	1,40
БЖЕ 2	0,54	0,73	1,02	1,26	1,46
БЖЕ 3	0,53	0,75	1,05	1,25	1,45
БЖЕ 4	0,54	0,74	1,04	1,26	1,48
БЖЕ 5	0,54	0,75	1,03	1,24	1,47
Пероксидне число, ммоль ½ O / кг					
БЖЕ 1 (контроль)	0,000	0,007	0,010	0,036	0,120
БЖЕ 2	0,000	0,007	0,011	0,040	0,129
БЖЕ 3	0,000	0,007	0,012	0,042	0,130
БЖЕ 4	0,000	0,007	0,012	0,062	0,240
БЖЕ 5	0,000	0,009	0,012	0,086	0,270

Встановлено, що характер змін $C_{ВЖК}$ у БЖЕ не залежить від температури зберігання, а також від виду молочних білків, що вносяться. Проте зміна текстури БЖЕ здатна викликати руйнування коагуляційної структури емульсії, що може призвести до збільшення кількості вологи, яка може відокремитися під час теплового оброблення м'ясних виробів.

Висновки

1. Раціональне співвідношення індичого та свинячого жирів у складі БЖЕ становить 67:33. Так, співвідношення суми ненасичених і насичених кислот у ліпідах суміші свинячого й індичого жирів становить 66,42:28,99 проти рекомендованого 70:30.

2. Встановлено, що плазма крові Vergo 75 PSC — 1% та суміш молочних білків — 1% (казеїнат натрію — 70%, маслянка — 30%) завдяки емульгуючим властивостям запобігають втратам жиру у вільному стані при термічному обробленні й утворенню бульйонно-жирових напливів.

3. Тривалість зберігання БЖЕ при низьких плюсових температурах не повинна перевищувати двох діб.

Література

1. *Іванов С.В.* Исследование качественных показателей сырья мясоперерабатывающей отрасли Украины / С.В. Иванов, И.И. Кишенько, Ю.П. Крыжова // *Maisto chemija ir technologija. Mokslo darbai (Food chemistry and technology. Proceedings) Kauno technologijos universiteto maisto institutas.* — 2013. — Т. 47. — #. 1. — Р. 35—42.

2. *Семенова А.А.* Влияние структурообразователей растительного происхождения на качество копчено-вареных продуктов из свинины / А.А. Семенова, Т.Г. Кузнецова, Е.К. Туниева // *Мясная индустрия.* — 2009. — № 1. — С. 34—38.

3. *Семенова А.А.* К вопросу определения эффективных доз животного белка в рассолах для производства копчено-вареных продуктов из свинины / А.А. Семенова, Т.Г. Кузнецова, Е.К. Туниева // *Все о мясе.* — 2008. — № 5. — С. 28—31.

4. *Семенова А.А.* Исследование микроструктуры и качества копчено-вареных продуктов при введении различных доз высокомолекулярных структурообразователей / А.А. Семенова, Т.Г. Кузнецов, Е.К. Туниева // *Материалы Всероссийской конференции.* — Углич, 2008. — С. 265—267.

5. *Тартэ Р.* Ингредиенты в производстве мясных изделий. Свойства, функциональность, применен / Р. Тартэ, ред.-сост. — Пер. с англ. — Санкт-Петербург : ИД Профессия, 2015. — 464 с.

6. *Фейнер Г.* Мясные продукты. Научные основы, технологии, практические рекомендации / Г. Фейнер; пер. с англ. Н.В. Магды. — Санкт-Петербург : Профессия, 2010. — 720 с.

7. ГОСТ 25292. «Жиры животные топленые пищевые». Технические условия, 1982. — 7 с.

8. *Кишенько І.І.* Особливості використання білково-жирової емульсії в технології реструктурованих шинок / І.І. Кишенько, Ю.П. Крижова, В.О. Жук // *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.* — 2017. — № 75, Том 19. — С. 97 — 101.

OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF MANUFACTURING FORMATED POTATOES CHIPS

A. Kovtun, V. Kovbasa, O. Seidykh

National University of Food Technologies

Key words:

Chips
Potato grains
Bran
Squeezed pumpkin seeds
Regression equation
Optimization

Article history:

Received 15.05.2018
Received in revised form
08.06.2018
Accepted 15.06.2018

Corresponding author:

A. Kovtun
E-mail:
kovtunav@ukr.net

ABSTRACT

The article is devoted to the development of a regression model of optimal parameters for the production of molded potato chips due to the requirements of nutritiology. Potato grits, rye bran, barley, squeezed pumpkin seeds were used to develop the technology of molded potato chips. The processing of the results was carried out by the method of a complete factor experiment, which gave the opportunity to describe mathematically the investigated process in some local area of the factor space, which lies around the selected point.

Three factors were taken for the development of the regression equation: X_1 — is the degree of cutting of bran, mm; X_2 — temperature of baking-drying, °C; X_3 — quantity of added water, ml.

To verify the significance of the regression coefficients, additional parallel experiments were performed to determine the reproducibility variance. Therefore, in each point of the factor space a serie of three experiments was conducted. The homogeneity of the variance was checked by the Cochran criterion and compared to the table values.

The statistical processing of experimental data consisted of calculating the coefficients of the regression equation and checking their significance. The founded coefficients of the regression equation were evaluated for statistical significance. The assessment was conducted according to Student's criterion. The obtained regression equation was checked for the adequacy of the investigated object, that is, its ability to adequately describe the surface of the response. The adequacy of the model was checked by Fischer's criterion. As a result of the experiment, regression equations were obtained in coded and natural form. On the basis of the obtained dependences graphic interpretation of mathematical model was carried out as isosurfaces of review.

Application of methods of mathematical modeling allowed to obtain the parameters of production of molded potato chips with high nutritional value with given structural and mechanical parameters that will affect the strength of the final product.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ФОРМОВАНИХ КАРТОПЛЯНИХ ЧИПСІВ

А.В. Ковтун, В.М. Ковбаса, О.Л. Сєдих

Національний університет харчових технологій

Стаття присвячена розробці регресійної моделі оптимальних параметрів виробництва формованих картопляних чипсів, що відповідають вимогам нутриціології. Для розроблення технології формованих картопляних чипсів використовували картопляну крупку, висівки жита, ячменю, жмих гарбузового насіння. Обробку результатів здійснювали методом повного факторного експерименту, який дав можливість математично описати досліджуваний процес у певній локальній області факторного простору, що лежить навколо обраної точки.

Для розроблення рівняння регресії було взято три фактори, що впливають на структурно-механічні показники (міцність) чипсів: X_1 — ступінь подрібнення висівок, мкм; X_2 — температура випікання-висушування, °С; X_3 — кількість доданої води, мл.

Для перевірки значущості коефіцієнтів регресії проводили додаткові паралельні дослідження для визначення дисперсії відтворюваності, тому в кожній точці факторного простору проводилася серія із трьох дослідів. Однорідність дисперсії перевірялась за критерієм Кохрена та порівнювалась з табличним значенням.

Статистична обробка експериментальних даних полягала в обчисленні коефіцієнтів рівняння регресії та перевірки їхньої значимості. Знайдені коефіцієнти рівняння регресії оцінювали на статистичну значимість. Оцінка проводилася за критерієм Стьюдента. Отримане рівняння регресії було перевірено на адекватність досліджуваного об'єкта, тобто спроможність його в достатній мірі описувати поверхню відгуку. Адекватність моделі перевіряли за критерієм Фішера. В результаті експерименту були отримані рівняння регресії в кодованому та натуральному вигляді. На підставі одержаних залежностей здійснена графічна інтерпретація математичної моделі у вигляді ізоповрхонь відгуку.

Застосування методів математичного моделювання дало змогу отримати параметри виробництва формованих картопляних чипсів підвищеної харчової цінності із заданими структурно-механічними показниками, що впливають на міцність кінцевого продукту.

Ключові слова: чипси, картопляна крупка, висівки, жмих гарбузового насіння, рівняння регресії, оптимізація.

Постановка проблеми. Останнім часом усе більше уваги приділяється питанню фізіологічно повноцінного харчування населення та безпечності харчових продуктів. Конкуренція на споживчому ринку постійно зростає,

тому вимагає підвищення якості продуктів, що зумовлює науковців постійно вдосконалювати їх рецептурний склад. Проблема розробки продуктів функціонального призначення, що містять у необхідній кількості мікро- та макронутрієнти, вітаміни, харчові волокна, життєво необхідні для заповнення дефіциту есенціальних речовин, є актуальною особливо для продуктів швидкого харчування, а саме: формованих картопляних чипсів.

Сьогодні, як правило, перш ніж запустити виробництво нового продукту, розробляється його рецептура. Розробка та вдосконалення рецептур нових видів продуктів пов'язані з дослідженням співвідношення вмісту окремих компонентів у готовому продукті. В ході вирішення цієї проблеми сукупність вимог до якості продукції формується у вигляді набору обмежень, які стосуються кількісного складу сировини та її характеристик. Отож побудова математичної моделі для визначення впливу вмісту та характеристик інгредієнтів на якість готового продукту і встановлення на її основі раціональних співвідношень, що забезпечать задані показники якості, є актуальним завданням. Це дасть змогу отримати продукт з високими органолептичними показниками та розширити асортимент ринку чипсів [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що чипси містять у своєму складі підвищений вміст крохмалю і фритюрного жиру, які при надмірному споживанні можуть спричинити ризик шлунково-кишкових, серцево-судинних захворювань тощо. Одним із шляхів вирішення вищезазначеної проблеми є розробка технології формованих картопляних чипсів з підвищеною харчовою цінністю та без фритюрного жиру.

Виробництво формованих картопляних чипсів на ринку України тільки зароджується, оскільки основна сировина — картопляна крупка, надходить до України з Білорусі та Польщі. Діючими торговельними марками на ринку України є «Золотисті» та «KartoFan», які пропонують широкий асортимент картопляних формованих чипсів з різними смаковими властивостями, проте з низькою харчовою цінністю [2].

Для підвищення харчової цінності формованих картопляних чипсів практичний інтерес представляє використання відходів із сільськогосподарської сировини: висівок жита, ячменю та жмиху гарбузового насіння.

Сучасні нутриціологи та дієтологи наголошують на необхідності споживання природних фізіологічно функціональних продуктів, що здатні запобігати різним захворюванням. Багатий інгредієнтний склад цих продуктів доповнюватиме харчовий раціон, сприятиме покращенню функціонування життєво важливих систем організму. Результати останніх досліджень доводять ефективність застосування математичного моделювання у розробленні рецептур з наперед заданими вимогами, що дасть змогу отримати продукти високої якості.

Метою дослідження є розроблення рецептур формованих картопляних чипсів з частковою заміною картопляної крупки та повною заміною крохмалю висівками жита, ячменя та жмихом гарбузового насіння. Це надасть можливість покращити структурно-механічні властивості, підвищити харчову цінність готового продукту та, ймовірно, зменшити негативний вплив канцеро-

генних речовин на організм людини, оскільки формовані картопляні чипси будуть випікатися і висушуватися без фритюрного жиру [3].

Матеріали і методи досліджень. Об'єкт дослідження — формовані картопляні чипси з висівками жита, ячменю та жмихом гарбузового насіння.

Технологічний процес виробництва формованих картопляних чипсів складається з внесення відповідної кількості картопляної крупки, висівок, жмиху, солі, води, їх замішування, формування та випікання-висушування. Часткова заміна картопляної крупки та повна заміна крохмалю на рослинну сировину підвищить харчову цінність готових виробів [4].

Розв'язання задачі та побудови плану експерименту здійснювали у два етапи:

- побудова математичної моделі, що буде відтворювати залежності між змінними, що досліджуються, і структурно-механічними властивостями готового продукту;

- знаходження фракційного складу висівок, кількості доданої води та температури випікання-висушування, що забезпечує максимальне наближення значення структурно-механічного показника готового продукту до бажаних значень.

Результати і обговорення. Визначення раціональних значень співвідношення компонентів з метою часткової заміни картопляної крупки та крохмалю на висівки й жмих гарбуза є складною технологічною задачею, тому її вирішення проведено на основі математичного моделювання [5].

Для оцінки якості готового продукту за структурно-механічними показниками (міцність) був обраний вектор Y .

Для моделювання й оптимізації процесу виготовлення чипсів були проведені експериментальні дослідження. Для обробки результатів був застосований метод повного факторного експерименту (ПФЕ). При плануванні за схемою ПФЕ реалізуються всі можливі комбінації факторів на всіх обраних для дослідження рівнях. Для дворівневого ПФЕ необхідно провести 2^k дослідів. Рівні факторів представляють собою границі досліджуваної області за обраним параметром (мінімальне і максимальне значення фактора). ПФЕ дає можливість математично описати досліджуваний процес у певній локальній області факторного простору, яка лежить навколо вибраної точки й отримати математичний опис процесу у вигляді поліному n -степеня, тобто відрізком ряду Тейлора.

Для розроблення рівняння регресії було взято три фактори, що впливають на структурно-механічні показники (міцність) чипсів:

X_1 — ступінь подрібнення висівок, мкм;

X_2 — температура випікання-висушування, °С;

X_3 — кількість доданої води, мл.

Фракційний склад висівок і жмиху визначали просіюванням на наборі сит з розмірами отворів 810—250 мкм, температурний режим випікання-висушування підтримували в діапазоні 100—160°С, а кількість води для приготування прийнятної консистенції напівфабрикату від 2,10—2,65 мл. на 1г сухої суміші. Значення обраних рівнів факторів варіювання наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Значення рівнів факторів та інтервал варіювання

Досліджувані фактори	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
	нижній	верхній	нульовий	
X_1 — ступінь подрібнення висівок, мкм	250	810	530	280
X_2 — температура випікання-висушування, °С	100	160	130	30
X_3 — кількість доданої води, мл	2,10	3,20	2,65	0,55

Рівняння регресії оцінки структурно-механічних показників чипсів від ступеня подрібнення висівок, мкм; температури випікання-висушування, °С; кількості доданої води, мл, буде мати вигляд:

$$Y(X_1, X_2, X_3) = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_1 X_2 + b_5 X_1 X_3 + b_6 X_2 X_3 + b_7 X_1 X_2 X_3. \quad (1)$$

Таблиця 2. Розширена матриця планування повного факторного експерименту 2³

№ досліду	Рівні факторів у кодованому вигляді			Рівні факторів у натуральному вигляді			Y_{cp}	Повторності
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3		
1	-1	-1	-1	250	100	2,10	2,3	2,5; 2,2; 2,3
2	+1	-1	-1	810	100	2,10	4,5	4,0; 5,0; 4,5
3	-1	+1	-1	250	160	2,10	8,5	8,0; 9,0; 8,5
4	+1	+1	-1	810	160	2,10	8,8	8,5; 8,8; 9,0
5	-1	-1	+1	250	100	3,20	6,8	6,6; 6,8; 7,0
6	+1	-1	+1	810	100	3,20	5,8	5,5; 6,0; 5,8
7	-1	+1	+1	250	160	3,20	9,8	10,0; 9,5; 9,8
8	+1	+1	+1	810	160	3,20	9,9	9,8; 10,0; 10,0

Для перевірки значущості коефіцієнтів регресії проводили додаткові паралельні дослідження для визначення дисперсії відтворюваності. Тому в кожній точці факторного простору проводилася серія з трьох дослідів.

При перевірці однорідності дисперсій за критерієм Кохрена було отримано розрахункове значення коефіцієнта Кохрена 0.326, а табличне значення цього коефіцієнта — 0,5157 для прийнятого рівня значущості $\alpha = 5\%$. Це означає, що є можливість проводити подальший розрахунок коефіцієнтів.

Коефіцієнти рівняння регресії визначалися за формулами:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i; \quad (2)$$

$$b_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} y_i, \quad (3)$$

де X_1, X_2, X_3 — фактори; b_0 — коефіцієнт, що характеризує вільний член рівняння; b_1, b_2, b_3 — коефіцієнти, що характеризують лінійні ефекти; b_4, b_5, b_6, b_7 — коефіцієнти, що характеризують ефекти взаємодії.

Статистична обробка експериментальних даних полягала в обчисленні коефіцієнтів рівняння регресії, перевірці їхньої значимості [6].

Оскільки матриця повного факторного експерименту є діагональною матрицею, то коефіцієнти регресії некорельовані між собою. Тому є можливість перевіряти значимість кожного коефіцієнта за критерієм Стьюдента, при цьому виключення з рівняння регресії (1) незначного коефіцієнта не позначиться на інших коефіцієнтах. Величини коефіцієнтів рівняння регресії характеризують внесок кожного фактора в величину Y .

Розрахувавши коефіцієнти, отримали таке рівняння регресії:

$$Y = 7,046 + 0,196X_1 + 2,196X_2 + 1,021X_3 - 0,087X_1X_2 - 0,413X_1X_3 - 0,412X_2X_3 + 0,387X_1X_2X_3. \quad (4)$$

Знайдені коефіцієнти рівняння регресії оцінювали на статистичну значимість. Оцінка проводилася за критерієм Стьюдента. Розрахункові значення коефіцієнта Стьюдента (t_k) для кожного коефіцієнта рівняння регресії надані в табл. 3.

Таблиця 3. Розрахункові значення коефіцієнтів рівняння регресії

	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7
t_k	111,501	3,099	34,749	16,155	1,385	6,528	6,528	6,132

Табличне значення коефіцієнта Стьюдента дорівнює 2,12 при рівні статистичної значущості $\alpha = 5\%$ і числі степенів свободи 16. Згідно з даними табл. 3 рівняння регресії з урахуванням значимості коефіцієнтів за критерієм Стьюдента буде мати вигляд:

$$Y = 7,046 + 0,196X_1 + 2,196X_2 + 1,021X_3 - 0,413X_1X_3 - 0,412X_2X_3 + 0,387X_1X_2X_3. \quad (5)$$

Отримане рівняння регресії було перевірено на адекватність досліджуваного об'єкта, тобто спроможність його в достатній мірі описувати поверхню відгуку (Y).

Адекватність моделі перевіряли за критерієм Фішера:

$$F_p = \frac{S_{ad}}{S_b}, \quad (6)$$

де

$$S_{ad} = \frac{m}{N-L} \sum_{i=1}^N (y_i - Y_i)^2, \quad (7)$$

де N — кількість дослідів; L — кількість значимих коефіцієнтів в рівнянні регресії; m — кількість паралельних дослідів;

$$S_b = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S\{y_i\}, \quad (8)$$

де S_b — дисперсія відтворюваності;

$$S\{y_i\} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2, \quad (9)$$

де $S\{y_i\}$ — дисперсія паралельних дослідів.

Розрахункове значення критерію Фішера $F_p = 1,917$ для рівняння регресії (5), а табличне $F_{tab} = 2,4$ при рівні значущості $\alpha = 5\%$ і числі ступенів свободи 16.

Отже, рівняння регресії (5), отримане в результаті експерименту, адекватне досліджуваному об'єкту.

Рівняння регресії буде мати вигляд:

- у кодованій формі:

$$Y = 7,046 + 0,196X_1 + 2,196X_2 + 1,021X_3 - 0,413X_1X_3 - 0,412X_2X_3 + 0,387X_1X_2X_3; \quad (10)$$

- у натуральній формі:

$$Y = -35,423 + 0,037X_1 + 0,257X_2 + 12,295X_3 - 0,0002X_1X_2 + 0,014X_1X_3 - 0,069X_2X_3 + 0,00008X_1X_2X_3. \quad (11)$$

Графічне зображення рівняння (11) у вигляді поверхні відгуку і ліній рівня при фіксованому значенні ступені подрібнення висівок $X_1 = 530$ мкм представлено на рисунку.

Оптимізація технологічного процесу виробництва формованих картопляних чипсів показала, що максимальне значення структурно-механічних властивостей, а саме: міцність $Y = 9,24$ досягається при сталому ступені подрібнення висівок $X_1 = 530$ мкм, температурі випікання-висушування $X_2 = 157^\circ\text{—}160^\circ$ і кількості доданої води $X_3 = 2,43\text{—}2,65$ мл на 1 г суміші.

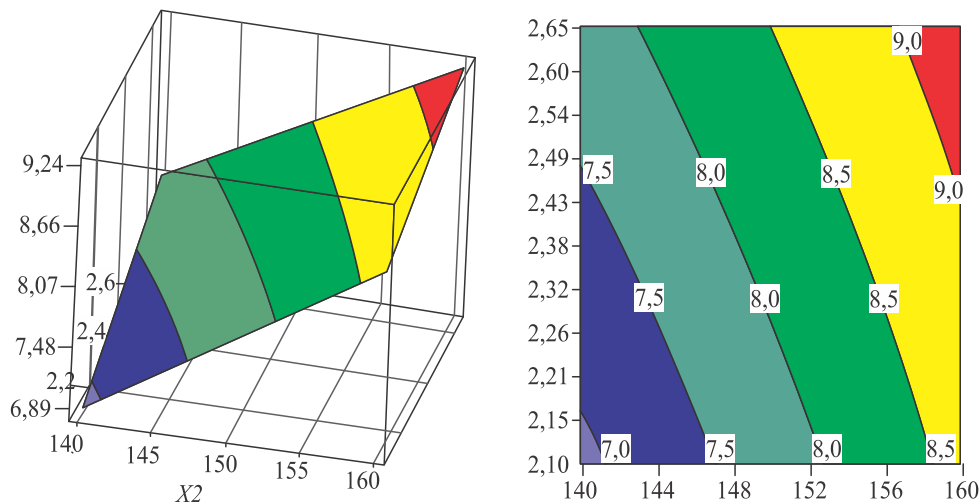


Рис. Графічне зображення рівняння у вигляді поверхні відгуку

Висновки

1. Побудовано регресійну модель технологічного процесу виробництва формованих картопляних чипсів. Встановлено співвідношення основних показників, що впливають на структурно-механічні показники, що дасть змогу отримати формовані картопляні чипси з оптимальними структурно-механічними показниками.

2. Розроблена рецептура формованих картопляних чипсів може застосовуватися на підприємствах харчоконцентратної промисловості, оскільки для її реалізації не потрібуються жодних додаткових засобів.

Література

1. *Сирохман І.В.* Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення: навч. посіб. [для студ. вищ. навчал. закл.] / І.В. Сирохман, В.М. Завгородня. — Київ : Центр учбової літератури, 2009. — С. 544.

2. *Лисогор О.А.* Сировина для виробництва картопляних чипсів / О.А. Лисогор, В.М. Ковбаса, Т.М. Купріянова // Збірник наукових праць «Продовольчі ресурси». Серія: Технічні науки. — 2014. — № 3 — С. 40—43.

3. *Kovalenko O.* The use of stabilized fruit fat in the production of potato chips Food and Environment Safety / O. Kovalenko, V. Kovbasa, I. Radzievska // Food and Environment Safety. — 2016. — P. 249 — 254.

4. Мир картофеля [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.aviko.ru>.

5. *Запотоцька О.В.* Комп'ютерна підтримка розробки рецептур для продуктів високо-температурної екструзії / О.В. Запотоцька, О.Л. Седих, В.М. Ковбаса // Science and Education a New Dimension. — 2013. — № 2 — С. 203—207.

6. *Магомедов Г.О.* Исследование оптимальных параметров замеса сбивного теста на основе муки из цельносомолотого зерна ржи, пшеницы и амаранта / Г.О. Магомедов, Т.А. Шевякова, Ю.А. Чернышева, Е.А. Мазина // Материалы III Международной научно-практической интернет-конференции. — Орел : УНПК, 2013. — С. 165—167.

GRANULATED BRAN'S THERMOPHYSICAL CHARACTERISTICS AND DRYING MATHEMATICAL MODELS

O. Shapovalenko, O. Yevtushenko, V. Pochep

National University of Food Technologies

Key words:

*Thermophysical characteristics
Approximation equation
Bran drying*

Article history:

Received 18.05.2018
Received in revised form
04.06.2018
Accepted 19.06.2018

Corresponding author:

O. Yevtushenko
E-mail:
yevtushenko.o.o@gmail.com

ABSTRACT

The article presents information about determination of granulated wheat bran's thermophysical characteristics (thermal conductivity, heat capacity and temperature conductivity) and mathematical models of their drying.

It is determined that granulated wheat bran's thermal conductivity and heat capacity grow from 0,862 to 1,016 W/(m·K) and from 661 to 1215 kJ/(kg·K) with increasing temperature from 20 to 60°C respectively (humidity content of 10.0%). The same dynamics is observed for humidity of 15.0% and 20.0%. However, the temperature conductivity of granular wheat bran decreases with increasing temperature from $20 \cdot 10^{-7}$ to $12,9 \cdot 10^{-7}$ m²/s at a humidity of 10.0%, which corresponds to the description of capillary-porous bodies thermophysical characteristics.

There are diagrams and curves of drying of granules and drying of speed. For them, it was found that granules' humidity content decrease by 0.6...1.2% when cooled for 10 minutes at an air temperature of 10...20°C and its speed of 0.6 m/s, which does not corresponds to the requirements of normative documents. Therefore, it is expedient to use a coolant with a temperature of 70...80°C when drying granules, using water as a softener.

An equation of linear, logarithmic, polynomial, degree-sial and exponential approximation for the corresponding granule drying curves is shown in the article. Polynomial equations had the greatest approximative reliability in the mathematical description of drying curves and speed of drying. The following quadratic polynomials were determined for the drying curves with certainty about 99%:

$$y = 0.0309x^2 + 0.3434x + 1.105 \quad (d = 7.7 \text{ mm}, t = 10^\circ\text{C}),$$

$$y = 0.0329x^2 - 0.3657x + 1.19 \quad (d = 7.7 \text{ mm}, t = 20^\circ\text{C}),$$

$$y = 0.0493x^2 - 0.5027x + 1.372 \quad (d = 9.7 \text{ mm}, t = 10^\circ\text{C}),$$

$$y = 0.0479x^2 - 0.5024x + 1.436 \quad (d = 9.7 \text{ mm}, t = 20^\circ\text{C}).$$

Estimated heat energy consumption for cooling pellets after press is 13508.5 MJ/ton, and for their manufacture — 94.5 MJ/ton.

ТЕПЛОФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРАНУЛЬОВАНИХ ВИСІВОК І МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ СУШІННЯ

О.І. Шаповаленко, О.О. Євтушенко, В.А. Почеп

Національний університет харчових технологій

У статті визначено теплофізичні характеристики (теплопровідності, теплоємності й температуропровідності) гранульованих пшеничних висівків і розроблено математичні моделі їх сушіння.

З'ясовано, що теплопровідність і теплоємність зразка гранульованих пшеничних висівків зростає при збільшенні температури з 20 до 60°C від 0,862 до 1,016 Вт/(м·К) та з 661 до 1215 кДж/(кг·К) відповідно при вологості 10,0%. Така ж динаміка спостерігається і для вологості 15,0% та 20,0%. Однак температуропровідність гранульованих пшеничних висівків знижується із зростанням температури з $20 \cdot 10^{-7}$ до $12,9 \cdot 10^{-7}$ м²/с при вологості 10,0%, що відповідає опису ТФХ капілярно-пористих тіл.

Представлені графіки кривих сушіння гранул і кривих швидкості їх сушіння. За ними встановлено, що зниження вологовмісту гранул при їх охолодженні протягом 10 хв при температурі повітря 10...20°C і його швидкості 0,6 м/с становить 0,6...1,2%, що не відповідає вимогам нормативних документів. Тому доцільним є використання теплоносія з температурою 70...80°C при сушінні гранул, виготовлених з використанням як пластифікатора питної води.

Наведено рівняння, які відповідали лінійній, логарифмічній, поліноміальній, степеневій та експоненціальній апроксимації для відповідних кривих сушіння гранул. При розрахунку рівнянь математичного опису кривих сушіння і кривих швидкості сушіння гранул найбільшу апроксиматичну достовірність мали поліноміальні рівняння. З достовірністю близько 99% визначено такі квадратичні поліноми для кривих швидкості сушіння: $y = 0,0309x^2 - 0,3434x + 1,105$ ($d = 7,7$ мм, $t = 10^\circ\text{C}$), $y = 0,0329x^2 - 0,3657x + 1,19$ ($d = 7,7$ мм, $t = 20^\circ\text{C}$), $y = 0,0493x^2 - 0,5027x + 1,372$ ($d = 9,7$ мм, $t = 10^\circ\text{C}$), $y = 0,0479x^2 - 0,5024x + 1,436$ ($d = 9,7$ мм, $t = 20^\circ\text{C}$).

Також наведено розрахунок витрати теплової енергії на охолодження гранул після преса, що становив 13 508,5 МДж/т гранул, а на їх виготовлення — 94,5 МДж/т гранул.

Ключові слова: теплофізичні характеристики, рівняння апроксимації, сушіння висівків.

Постановка проблеми. Для обґрунтування раціональних режимів тепло-масообмінних процесів, що відбуваються при нагріванні та сушінні продуктів переробки зерна, визначають теплофізичні характеристики (ТФХ) [1].

Основними теплофізичними характеристиками є:

- теплопровідність (λ), яка характеризує здатність тіла проводити тепло і чисельно дорівнює кількості тепла, що проходить в одиницю часу через

одиницю площі ізотермічної поверхні при температурному градієнті ΔT , що дорівнює одиниці;

- температуропровідність (α), яка характеризує швидкість вирівнювання температури в різних точках температурного поля тіла $\alpha = \lambda / (\rho \cdot c)$ [2].

- питома теплоємність ($\rho \cdot c$) продукту є складною функцією його вологості і температури, де ρ — щільність, а c — питома теплоємність.

Зерно та продукти його переробки мають дисперсну структуру, яка відрізняється за фракціями залежно від розміру часток, між якими знаходиться повітря або інші газоподібні компоненти. Тому в дисперсних матеріалах можна визначити лише ефективні значення ТФХ. Для дисперсних видів сировини і готової продукції різниця в значеннях ТФХ, які отримані різними дослідниками і різними методами, може досягати десятків відсотків. Це пов'язано з тим, що на значення ТФХ впливає походження і природа речовини, оскільки розміри й розташування квазічастинок на молекулярному рівні мають різний характер для одного і того ж виду зразків, але виготовлених в різних умовах.

Крім того, теплопровідність, температуропровідність і питома теплоємність дисперсних продуктів залежить від їх температури, вологості та характеру зв'язку води з матеріалом, крупності часток, об'ємної маси, густини, пористості тощо [2]. Тому визначення ТФХ є актуальним питанням для визначення показників якості кожної нової партії продукції.

Питаннями водо- чи паротеплової обробки, сушіння й охолодження вологих продуктів і матеріалів, у тому числі і гранульованих, а також факторами, які впливають на процес ВТО, інтенсивність сушіння та охолодження продуктів і емпіричними рівняннями для проведення розрахунків щодо режимів зневоднення різних матеріалів, аналізом їх кривих сушіння і швидкості сушіння займалися як вітчизняні, так і зарубіжні дослідники.

Методи розрахунку були перенесені на зневоднення гранульованих продуктів, які отримані як при вологому способі гранулювання, так і при сухому методі.

Для інтенсифікації процесу сушіння необхідним є додаткове введення в систему енергії, яка витрачається на підтримання перехідних явищ. Перетворення форм енергії в інші і в теплову відбувається без втрат, за винятком теплової енергії, яка згідно з другим законом термодинаміки перетворюється в інші форми лише частково. Оскільки тепла енергія на сьогодні залишається основним першоджерелом енергії, то слід дотримуватися мінімальних її втрат, викликаних енергетичними перетвореннями [3]. При цьому найбільша частка втрат теплоти зерносушильних агрегатів припадає на відпрацьовані робочі гази і може перевищувати витрати фазових перетворень води в сировині, яка сушиться [4].

Однак при проведенні процесу зневоднення будь-якого матеріалу неможливо передбачити характер його проходження, якщо при цьому відбувається змінення методу, режиму або виду продукту. Якщо відбувається змінення хоча б одного з перелічених вище факторів, то виникає необхідність у проведенні складних і тривалих дослідів. Існуюча методологічна база узагальнення кривих сушіння дає змогу використовувати їх при проведенні

дослідів зі зневоднення й охолодження гранульованих матеріалів, хоча при цьому в повній мірі не використовується весь потенціал програмного комп'ютерного забезпечення.

Мета дослідження: визначити ТФХ висівок пшеничних гранульованих, виготовлених у виробничих умовах млинзаводу на грануляторі з діаметром отворів матриці 7,7 та 9,7 мм, дослідити зміну показника достовірності апроксимації (R^2) для різних рівнянь, які описують криві сушіння та швидкості сушіння цих гранул, а також розрахувати витрати теплової енергії на технологічній лінії гранулювання при використанні пропарювання продукту.

Матеріали і методи. ТФХ гранульованих висівок як дисперсних матеріалів можна визначити за допомогою спеціального обладнання, принцип дії якого заснований на комплексному теплотричному способі колориметра з направленим транзитом тепла.

У лабораторних умовах для проведення досліджень гранули діаметром 4,0 мм, які виготовляли на грануляторі італійського виробництва PSI Shultz продуктивністю 400 кг/год, підсушували до вологості 10,0% або зволожували водою до 20,0% (на загальну масу). Температуру зразка гранульованих висівок змінювали з 20°C до 60°C.

Дослідження з визначення ТФХ гранульованих пшеничних висівок проводили на лабораторній установці кафедри теплотехніки НУХТ. На експериментальній установці теплопровідність (λ) визначали за методом пласкої пластини. Включення термостатів на різні температури викликало транзит тепла крізь зразок матеріалу від нагрівача до холодильника, про що сигналізувала рівність потоків тепла, які входили в зразок і виходили із зразка матеріалу.

Таким же чином виконується ряд перехідних режимів і за їх результатами проводили розрахунки об'ємної теплоємності (c_p), а питому теплоємність (c) розраховували за формулою:

$$c = \frac{c_p}{\rho}, \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К}), \quad (1)$$

де ρ — щільність матеріалу, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Температуропровідність (α) зразка матеріалу розраховували для середньої температури перехідного режиму за формулою:

$$\alpha = \lambda_1 + \frac{\lambda_2}{2c_p}, \text{ м}^2/\text{с}. \quad (2)$$

Дослідження із сушіння гранульованих висівок при їх охолодженні проводили з метою визначення можливостей зневоднення продукту, виготовленому з використанням води як пластифікатора процесу.

Для побудови кривих сушіння гранул можна використовувати узагальнене рівняння кінетики сушіння або узагальнену криву сушіння гранульованих комбікормів і висівок.

При проведенні досліджень з кінетики сушіння гранул при їх охолодженні використовували узагальнену криву сушіння і визначили координати вологовмісту при температурі агента сушіння від 10 до 20°C при експозиції процесу 10 хв та будували криві сушіння та швидкості сушіння гранульованих висівок при різних значеннях часу (рис. 1, 2). Подальші визначення математичних

формул, які описують ці процеси, були здійснені за допомогою побудови ліній тренду засобами Microsoft Office Excel.

Для гранулювання кормової суміші на основі висівок з використанням як пластифікатора пари розрахунок витрати теплової енергії на різних етапах технологічного процесу проводили відповідно до «Інструкції № 9-1-85...» [5].

Визначення витрат теплової енергії при гранулюванні на 1 тонну висівок визначали за формулою (3):

$$q_{\text{гр}} = K_T \left(0,384 + \frac{0,616W}{100} \right) \cdot (t_2 - t_1), \text{ тис. ккал / т висівок}, \quad (3)$$

де $K_T = 1,2$ — коефіцієнт, який враховує теплові втрати; W — вологість висівок до преса гранулятора, %; t_1 і t_2 — температура висівок до і після пропарювання (кондиціонування) в змішувачі преса гранулятора, °С.

Витрати теплової енергії на підігрів зовнішнього повітря до 5 °С при охолодженні 1 тонни гранульованих висівок визначали за формулою (4):

$$q_{\text{ох}} = \frac{c \cdot (5 - t_{\text{ср,оп}}) \cdot L}{P}, \text{ тис. ккал / т гранул}, \quad (4)$$

де c — теплоємність зовнішнього повітря, ккал/(м³ · °С); 5 — температура підігрітого повітря для охолодження гранул, °С; $t_{\text{ср, о}}$ — середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С; L — витрати повітря на охолодження гранул, м³/год; P — продуктивність охолоджувача, т/год.

Результати і обговорення. Після обробки експериментальних даних отримали теплофізичні характеристики (ТФХ) гранул, які наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Теплофізичні характеристики гранульованих пшеничних висівок

Вологість, %	Температура, °С	Теплопровідність, Вт/(м·К)	Теплоємність, кДж/(кг·К)	Температуро-провідність, $\alpha \cdot 10^{-7}$, м ² /с
10,0	20	0,862	661	20
	30	0,901	740	18,7
	40	0,939	978	14,8
	60	1,016	1215	12,9
15,0	20	1,083	816	20,4
	30	1,149	935	18,9
	40	1,214	1133	16,5
	60	1,346	1410	14,7
20,0	20	1,304	972	20,6
	30	1,397	1130	19,0
	40	1,490	1289	17,8
	60	1,676	1606	16,0

Аналізуючи результати, наведені в табл. 1, можна відзначити, що із збільшенням температури з 20 до 60°С для зразків гранульованих пшеничних висівок при постійній їх вологості маємо такі закономірності для ТФХ:

- теплопровідність зростає від 0,862 до 1,016 Вт/(м · К) при вологості 10,0%; від 1,083 до 1,346 Вт/(м · К) — при вологості 15,0%; від 1,304 до 1,676 Вт/(м · К) — при вологості 20,0%.

- теплоємність зразка гранульованих пшеничних висівок зростає з 661 до 1215 кДж/(кг · К) при вологості 10,0%; з 816 до 1410 кДж/(кг · К) — при

вологості 15,0%; з 972 до 1606 кДж/(кг · К) — при вологості 20,0% за такої ж величини збільшення температури з 20 до 60°C.

- температуропровідність гранульованих пшеничних висівок знижується із зростанням температури з $20 \cdot 10^{-7}$ до $12,9 \cdot 10^{-7}$ м²/с при вологості 10,0%, з $20,4 \cdot 10^{-7}$ до $14,7 \cdot 10^{-7}$ м²/с — при вологості 15,0%, з $20,6 \cdot 10^{-7}$ до $16,0 \cdot 10^{-7}$ м²/с — при вологості 20,0%.

Криві сушіння гранульованих пшеничних висівок при охолодженні залежно від зміни їхнього діаметра з 7,7 до 9,7 мм та при температурі повітря 10 та 20°C показано на рис. 1.

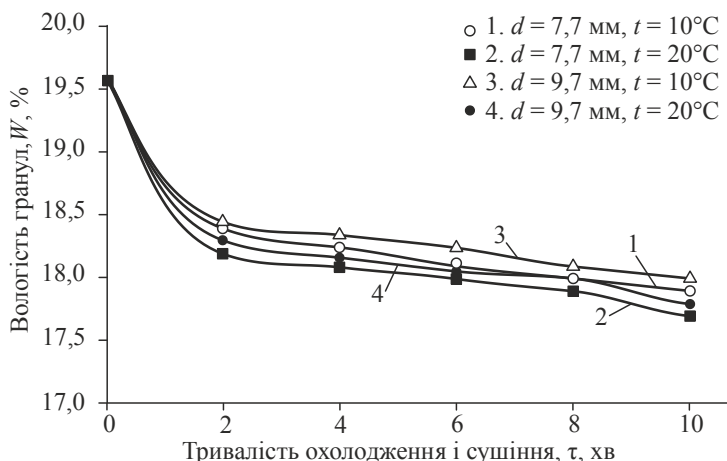


Рис. 1. Криві сушіння гранульованих пшеничних висівок при їх охолодженні ($V = 0,6$ м/с)

За допомогою програмного забезпечення для відповідних кривих сушіння гранул (рис. 1) були визначені рівняння, які відповідали лінійній, логарифмічній, поліноміальній, степеневій та експоненціальній апроксимації. Результати обчислень наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Математичний опис кривих сушіння гранульованих висівок

Апроксимація	Рівняння	Достовірність апроксимації, R^2
1	2	3
1. $d = 7,7$ мм, $t = 10^\circ\text{C}$		
Лінійна	$y = -0,2814x + 19,36$ (5)	0,7076
Логарифмічна	$y = -0,8909\text{Ln}(x) + 19,352$ (6)	0,8895
Поліноміальна	$y = -0,0472x^3 + 0,5976x^2 - 2,4909x + 21,5$ (7)	0,9788
Степенева	$y = 19,35x^{-0,0476}$ (8)	0,8958
Експоненціальна	$y = 19,362e^{-0,0151x}$ (9)	0,7170
2. $d = 7,7$ мм, $t = 20^\circ\text{C}$		
Лінійна	$y = -0,3x + 19,3$ (10)	0,6745
Логарифмічна	$y = -0,9541\text{Ln}(x) + 19,296$ (11)	0,8560

1	2	3
Поліноміальна	$y = -0,0648x^3 + 0,7877x^2 - 3,1046x + 21,933$ (12)	0,9746
Степенева	$y = 19,293x^{-0,0512}$ (13)	0,8625
Експоненціальна	$y = 19,3e^{-0,0161x}$ (14)	0,6844
3. $d = 9,7\text{мм}, t = 10^\circ\text{C}$		
Лінійна	$y = -0,2614x + 19,373$ (15)	0,7048
Логарифмічна	$y = -0,8251\text{Ln}(x) + 19,363$ (16)	0,8808
Поліноміальна	$y = -0,0477x^3 + 0,5909x^2 - 2,4043x + 21,417$ (17)	0,9705
Степенева	$y = 19,362x^{-0,0439}$ (18)	0,8865
Експоненціальна	$y = 19,375e^{-0,014x}$ (19)	0,7137
4. $d = 9,7\text{мм}, t = 20^\circ\text{C}$		
Лінійна	$y = -0,2863x + 19,322$ (20)	0,6807
Логарифмічна	$y = -0,9108\text{Ln}(x) + 19,319$ (21)	0,8644
Поліноміальна	$y = -0,0594x^3 + 0,7281x^2 - 2,8982x + 21,79$ (22)	0,9808
Степенева	$y = 19,316x^{-0,0487}$ (23)	0,8707
Експоненціальна	$y = 19,323e^{-0,0154x}$ (24)	0,6901

Аналіз отриманих рівнянь (табл. 2) показав, що найбільша достовірність апроксимації на рівні 97,05—98,08% спостерігається для поліноміальних функцій, логарифмічна та ступенева функції отримали середню достовірність апроксимації на рівні 85,60—89,58%, а низька достовірність апроксимації на рівні 67,45—71,70% характерна для лінійної й експоненціальної функцій.

Криві швидкості сушіння гранульованих пшеничних висівків при охолодженні залежно від зміни їх діаметра з 7,7 до 9,7 мм та при температурі повітря 10 та 20°C показано на рис. 2.

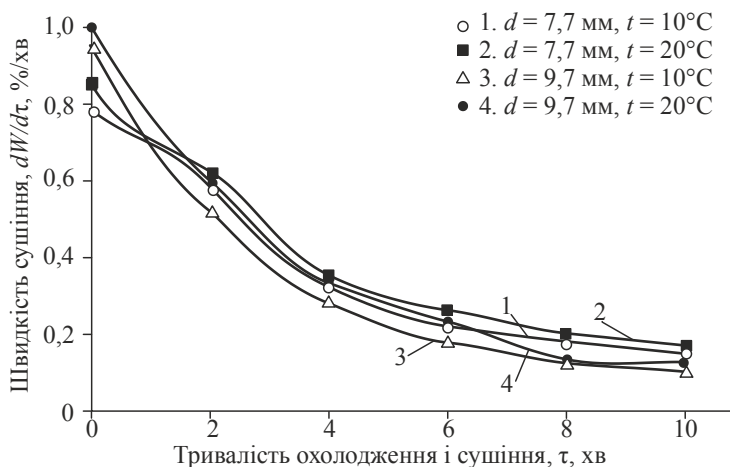


Рис. 2. Криві швидкості сушіння гранульованих пшеничних висівків при їх охолодженні ($V = 0,6$ м/с)

За допомогою програмного забезпечення для відповідних кривих швидкості сушіння висівкових гранул (рис. 2) були визначені рівняння, які відповідали різноступеневій поліноміальній апроксимації, оскільки вона мала найвищу достовірність апроксимації (табл. 2). Результати обчислень наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Математичний опис кривих швидкості сушіння гранул

Степінь	Рівняння	Достовірність апроксимації, R ²
<i>d = 7,7 мм, t = 10°C</i>		
Другий	$y = 0,0309x^2 - 0,3434x + 1,105$ (25)	0,9902
Третій	$y = 0,0005x^3 + 0,026x^2 - 0,3287x + 1,0933$ (26)	0,9902
Четвертий	$y = -0,0056x^4 + 0,0792x^3 - 0,3492x^2 + 0,3688x + 0,6883$ (27)	0,9983
П'ятий	$y = 0,0031x^5 - 0,0596x^4 + 0,4321x^3 - 1,4104x^2 + 1,8048x + 0,01$ (28)	1
<i>d = 7,7 мм, t = 20°C</i>		
Другий	$y = 0,0329x^2 - 0,3657x + 1,19$ (29)	0,9922
Третій	$y = -0,0009x^3 + 0,0426x^2 - 0,3951x + 1,2133$ (30)	0,9923
Четвертий	$y = -0,0046x^4 + 0,0632x^3 - 0,2632x^2 + 0,1733x + 0,8833$ (31)	0,9971
П'ятий	$y = 0,0043x^5 - 0,0804x^4 + 0,5592x^3 - 1,7546x^2 + 2,1915x - 0,07$ (32)	1
<i>d = 9,7 мм, t = 10°C</i>		
Другий	$y = 0,0493x^2 - 0,5027x + 1,372$ (33)	0,9868
Третій	$y = -0,0104x^3 + 0,1582x^2 - 0,8315x + 1,6333$ (34)	0,9999
Четвертий	$y = 0,0004x^4 - 0,0162x^3 + 0,186x^2 - 0,8831x + 1,6633$ (35)	0,9999
П'ятий	$y = 0,0008x^5 - 0,0142x^4 + 0,0792x^3 - 0,1008x^2 - 0,495x + 1,48$ (36)	1
<i>d = 9,7 мм, t = 20°C</i>		
Другий	$y = 0,0479x^2 - 0,5024x + 1,436$ (37)	0,9940
Третій	$y = -0,0061x^3 + 0,112x^2 - 0,6962x + 1,59$ (38)	0,9982
Четвертий	$y = 0,0012x^4 - 0,0236x^3 + 0,1954x^2 - 0,8512x + 1,68$ (39)	0,9984
П'ятий	$y = 0,004x^5 - 0,0687x^4 + 0,4342x^3 - 1,1812x^2 + 1,0118x + 0,8$ (40)	1

Аналіз результатів, наведених у табл. 3, дав можливість виявити декілька закономірностей. Було встановлено, що для гранул діаметром 7,7 мм поліноми в другому і третьому ступенях за достовірністю апроксимації є ідентичними і лише для температури 20°C відрізняються всього на 0,01%. Натомість для гранул діаметром 9,7 мм поліноми в третьому і четвертому ступенях за

достовірністю апроксимації мали аналогічну спорідненість і лише для температури 20°C відрізняються всього на 0,02 %. Для всіх зразків найвищу достовірність апроксимації $R^2 = 1$ мали поліноми в п'ятому ступені.

Враховуючи, що на борошномельних заводах при гранулюванні висівок переважно не додають такі поживні компоненти, як меляса, жир, фосфатидний концентрат, то розрахунки щодо витрати теплової енергії на їх підготовку не проводили.

Прийняті параметри при визначенні витрат теплової енергії на гранулювання 1 тонни висівок: вологість висівок до преса гранулятора (14,0%), температура висівок до пропарювання $t_1 = 20^\circ\text{C}$, після пропарювання в змішувачі преса гранулятора — $t_2 = 60^\circ\text{C}$, $K_T = 1,2$:

$$q_{\text{гр}} = 1,2 \cdot (0,384 + (0,616 \cdot 14 / 100)) \cdot (60 - 20) = 1,2 \cdot 0,47 \cdot 40 = \\ = 22,57 \cdot 10^3 \text{ ккал/т} = 94,48 \text{ МДж/т.}$$

Прийняті параметри при визначенні витрати теплової енергії на підігрів зовнішнього повітря до 5°C при охолодженні 1 тонни гранульованих висівок: теплоємність повітря 0,31 ккал/(м³ · °C), $t_{\text{сер.о}} = -1,1^\circ\text{C}$, витрати повітря на охолодження гранул 14400 м³/год, продуктивність охолоджувача 8,5 т/год:

$$q_{\text{ох}} = 0,31 \cdot (5 - (-1,1)) \cdot 14400 / 8,5 = 3204 \cdot 10^3 \text{ ккал/т} = 13414 \text{ МДж/т.}$$

Загальні витрати теплової енергії на гранулювання й охолодження 1 тонни висівок становитимуть:

$$q_3 = q_{\text{гр}} + q_{\text{ох}} = 94,5 + 13414 = 13508,5 \text{ МДж/т.}$$

Висновки

1. За результатами визначення ТФХ гранульованих пшеничних висівок встановлено, що теплопровідність зростає при зміні вологості з 10,0 до 20,0% від 0,862 до 1,304 Вт/(м·К) за температури 20 °C та від 1,016 до 1,676 Вт/(м·К) за температури 60°C; теплоємність — від 661 до 972 кДж/(кг·К) за температури 20°C та від 1215 до 1606 кДж/(кг·К) за температури 60°C; а температуропровідність гранульованих пшеничних висівок знижується при зміні вологості з 10,0 до 20,0% з $20 \cdot 10^{-7}$ до $20,6 \cdot 10^{-7}$ м²/с за температури 20°C та від $12,9 \cdot 10^{-7}$ до $16,0 \cdot 10^{-7}$ м²/с за температури 60°C.

2. Аналіз кривих сушіння (рис. 1) і швидкості сушіння гранул при їх охолодженні (рис. 2) свідчить про те, що процес зневоднення гранул відбувається у другому періоді сушіння при спадній її швидкості. Зниження вологовмісту гранул при їх охолодженні протягом 10 хв при температурі повітря 10...20°C і його швидкості 0,6 м/с становить 0,6...1,2%, що не відповідає вимогам нормативних документів. Тому доцільним є використання теплоносія з температурою 70...80°C при сушінні гранул, виготовлених з використанням води як пластифікатора процесу гранулювання або гранулювати висівки з використанням пари тиском 0,2—0,3МПа з подальшим охолодженням гранул.

4. Найбільша достовірність апроксимації спостерігається для поліноміальних рівнянь, які описують як криві сушіння (97,05—98,08%), так і криві

швидкості сушіння. При підвищенні поліному до п'ятого ступеня розрахункова достовірність апроксимації становила 100 %.

3. Витрати теплової енергії на лінії гранулювання висівок мають значний розрив, оскільки на охолодження гранул після преса (13508,5 МДж/т гранул) витрачається майже в 143 рази більше теплової енергії порівняно з їх виготовленням (94,5 МДж/т гранул).

Література

1. Янюк Т.І. Удосконалення технології преміксів з використанням пшеничних зародків : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.02 / НУХТ. — Київ, 2002. — 19 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/7471>.

2. Гинзбург А.С. Теплофизические характеристики пищевых продуктов [Текст] / А.С. Гинзбург, М.А. Громов, Г.И. Красовская. — Москва: Пищевая промышленность, 1980. — 288 с.

3. Соколенко А.І. Режимні способи інтенсифікації масообміну [Електронний ресурс] / А.І. Соколенко, О.Ю. Шевченко, О.С. Марценюк // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2016. — Т. 22. — № 2. — С. 151—163. — Режим доступу : <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/23383>.

4. Гапонюк І.І. Теплообмін двофазових середовищ за однакових градієнтів вологи й температури [Електронний ресурс] / І.І. Гапонюк // Харчова промисловість. — 2017. — № 22. — С. 169—177. — Режим доступу: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/26423>.

5. Лысенко Э.Н. Инструкция № 9-1-85 по нормированию расхода тепловой энергии на предприятиях мукомольно-крупяной и комбикормовой промышленности [Текст] / Э.Н. Лысенко, М.А. Мащенко. — Москва : ЦНИИТЭИ Минзага, 1985. — 72 с.

USING OF PROTEIN-CONTAINING PLANT GREEN MASS SEMI-PRODUCTS IN THE RECIPES OF CULINARY PRODUCTS

L. Solodko

National University of Food Technologies

Key words:

Proteinaceous half-products
Culinary products
Plant green mass
Amino acids composition

Article history:

Received 10.05.2018
Received in revised form 30.05.2018
Accepted 14.06.2018

Corresponding author:

L. Solodko
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The possibility of using proteinaceous semi-products from the green mass of plants in recipes of combined culinary products, which combines raw materials of animal and vegetable origin: stuffed cabbages with rice and meat and buckwheat puddings with cheese is considered in the article. The dried protein-containing semi-products from the green mass of plants is a valuable food raw material, rich in physiologically functional food ingredients: proteins (20 - 25%), fiber, mineral compounds, some vitamins and substances with antioxidant activity. All data based on the literary sources and own researches. The rational dosage of protein-containing semi-finished products in the manufacture of culinary products, which comprise: 3,0...3,3% and 10...11,5% to the weight of semi-finished products for stuffed cabbages and buckwheat puddings respectively was substantiated. Amino acid composition was determined for developed combined culinary products in comparison with control samples. The results have shown the presence of all essential amino acids. The amino acid scores for eight key essential amino acids, frequently deficient in mixed human diet, and essential amino acid index were calculated according to FAO standards for essential amino acids. Therefore, the results suggested that combined investigated culinary products are appropriate for use in balanced diets.

It has been shown that the introduction of protein-containing semi-products from the green mass of plants to the designed recipes contributes to the increase of the biological value of culinary products and provides additional functional properties. The consumption of the developed combined culinary products provide daily need of men in vitamin C — by 19.5...39,5%, β -carotene — by 28...67,6%, in calcium — by 10.1...23,9%, in flavonoids — by 32.6...56,3% and proteins in average by 27,6...46,5%. The results of researching of organoleptic, physical and chemical parameters of the developed products confirm the expediency of using protein semi-products from the green mass of agricultural and wild plants in the recipes of combined culinary products.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-26

ВИКОРИСТАННЯ БІЛОКВІСНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ РОСЛИН У РЕЦЕПТУРАХ КУЛІНАРНИХ ВИРОБІВ

Л.М. Солодко

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто можливість використання білкових напівфабрикатів із зеленої маси рослин у рецептурах комбінованих кулінарних виробів, в яких поєднано сировину тваринного та рослинного походження: голубців з рисом і м'ясом та крупеника гречаного з сиром. Висушені білоквісні напівфабрикати із зеленої маси рослин є цінною харчовою сировиною, багатою на фізіологічно функціональні харчові інгредієнти: білки (20—25%), харчові волокна, мінеральні сполуки, низку вітамінів і речовин з антиоксидантною активністю.

На основі літературних даних і власних досліджень обґрунтовано раціональні дозування білоквісних напівфабрикатів при виготовленні кулінарних виробів, які складають: 3,0...3,3% та 10...11,5% до маси напівфабрикату для голубців і крупеника відповідно. Визначено амінокислотний склад білків розроблених комбінованих кулінарних виробів порівняно з контрольними зразками. Результати показали наявність усіх незамінних амінокислот. Відповідно до стандартів ФАО були розраховані амінокислотний скор і коефіцієнти для восьми ключових незамінних амінокислот, що часто є дефіцитними в харчуванні людини. Результати дослідження підтвердили доцільність використання комбінованих кулінарних виробів у збалансованому харчуванні.

Показано, що введення білоквісних напівфабрикатів із зеленої маси рослин до проєктованих рецептур сприяє підвищенню біологічної цінності кулінарної продукції та надає додаткові функціональні властивості. Споживання розроблених комбінованих кулінарних виробів забезпечує добову потребу людини у вітаміні С — на 19,5...39,5%, β-каротині — на 28...67,6%, у кальцію — на 10,1...23,9%, у флавоноїдах — на 32,6...56,3% та білках у середньому на 27,6...46,5%. Досліджені органолептичні та фізико-хімічні показники розробленої продукції підтверджують доцільність використання білкових напівфабрикатів із зеленої маси сільськогосподарських і дикорослих рослин — цукрового буряка, портулаку городнього, черемші в рецептурах комбінованих кулінарних виробів.

Ключові слова: білоквісні напівфабрикати, кулінарні вироби, зелена маса, амінокислотний склад.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку науки про харчування до збалансованості та повноцінності складу харчових продуктів висувається низка вимог: необхідним і обов'язковим є повне забезпечення потреб організму не лише в енергії, есенціальних, мікро- і макронутрієнтах, але і в необхідних харчових волокнах і мінорних нехарчових біологічно активних компонентах їжі. Ці вимоги лежать в основі концепції оптимального харчу-

вання. Саме таке харчування спроможне запобігти розвиткові хронічних неінфекційних захворювань [1]. В Україні у 2017 р. оновлено «Норми фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії», де вперше введено норми споживання мінерних і біологічно активних речовин їжі із встановленою фізіологічною дією на організм (для дорослого населення) [2].

Харчування більшості українців можна охарактеризувати як нераціональне, розбалансоване, полідефіцитне. Це зумовлено низькою купівельною спроможністю населення, а також недостатніми знаннями та низьким рівнем культури харчування, шкідливими звичками, несприятливими екологічними умовами. В раціоні спостерігається дефіцит продуктів тваринного походження (молоко, м'ясо, риба, яйця), свіжої рослинної їжі (фрукти, овочі та інші рослини) і надлишок споживання тваринних жирів, хлібобулочних і борошняних виробів. У зв'язку з цим одним із важливих завдань учених-технологів є збагачення харчових продуктів есенціальними речовинами [3].

Сьогодні перспективним напрямом досліджень і технологічних розробок є продукція для закладів ресторанного господарства. Так, важливу роль у раціоні харчування відіграють різноманітні кулінарні вироби, в яких поєднано сировину тваринного та рослинного походження — це крупеники, макароники, фрикадельки, голубці, запіканки тощо. Існує низка технологій, що забезпечують виготовлення вказаних продуктів із максимальним збереженням корисних властивостей вихідної сировини. При цьому питання збалансованості та біологічної повноцінності вищезгаданої кулінарної продукції залишається невирішеним, адже загальновідомо, що недоліком традиційних м'ясо-рослинних кулінарних виробів є їх низька біологічна цінність через низький вміст вітамінів антиоксидантного ряду, біофлавоноїдів та мінеральних речовин, а також незбалансованість амінокислотного складу. Також відомо, що всі види м'ясної сировини взагалі позбавлені або містять у незначній кількості такі необхідні функціональні інгредієнти, як харчові волокна, які сприяють прискореному виведенню з організму різноманітних канцерогенних і токсичних речовин [4; 5].

З іншого боку, продукти на зерновій основі є джерелом основних нутрієнтів, в тому числі білків, складних вуглеводів, клітковини, вітамінів групи В та мінеральних речовин. Але при цьому рослинні білки зернових і продуктів їхньої переробки незбалансовані за складом, у зв'язку з чим монокомпонентні страви з них мають невисокі споживчі властивості. Аналізуючи амінокислотний склад сумарних білків різних злакових культур із точки зору складу ідеального білка, необхідно відмітити, що всі вони, за винятком вівса, бідні на лізин, зокрема амінокислотний скор за лізином складає 45% для манної крупи, 68% для рисової та 76% для гречаної, а за винятком рису і сорго — ізолейцином. Білки кукурудзи містять недостатню кількість триптофану (0,6%). Амінокислотний скор за треоніном для вищезгаданих манної, рисової та гречаної круп складає 76, 86 та 79 % відповідно. Тому під час розробки технології виробництва страв на основі злакової сировини їхня біологічна цінність може бути відрегульована шляхом комбінування компо-

зиції та внесенням до рецептури компонентів-збагачувачів з високим вмістом лімітуючих амінокислот.

Тож найбільш перспективним шляхом вирішення проблеми збалансованості та біологічної повноцінності вищезгаданої кулінарної продукції є створення багатокомпонентних виробів регульованого складу на основі комбінування сировини тваринного і рослинного походження.

Світовий і вітчизняний досвід свідчить про перспективність виробництва кулінарних виробів оздоровчої дії завдяки збагаченню їх натуральними білоквмісними добавками рослинного походження, наприклад, напівфабрикатами із зеленої маси рослин (в сухому, пастоподібному, пюреподібному вигляді). Окрім збалансованого за амінокислотним складом білка, вони містять у своєму складі низку функціональних інгредієнтів, які практично відсутні в продуктах тваринного походження: харчові волокна, ефірні олії, дубильні та ароматичні речовини, органічні кислоти, фітонциди, вітамін С, β -каротин тощо[4; 6—8].

Мета дослідження: розроблення рецептур нових видів комбінованих кулінарних виробів, вивчення властивостей і поєднувальності компонентів, зокрема сировини тваринного і рослинного походження, а також якості отриманих виробів.

Матеріали і методи. Матеріалами для проведення досліджень є напівфабрикати, отримані із зеленої маси сільськогосподарських і дикорослих рослин, рецептури нових видів кулінарних виробів. Як контрольні зразки використано традиційні рецептури [9]: контроль № 1 — голубці з рисом і м'ясним фаршем; контроль № 2 — крупеник з крупи гречаної.

Визначення фізико-хімічних та органолептичних показників проводилося за загальноприйнятими методиками[10].

Результати і обговорення. На основі літературних даних і власних досліджень з'ясовано, що використання білковмісних напівфабрикатів із зеленої маси рослин під час приготування комбінованих кулінарних виробів є одним із перспективних шляхів їх застосування як комплексних збагачувачів.

Білоквмісний напівфабрикат із зеленої маси рослин (БВН 3М) є продуктом, отриманим після низькотемпературного висушування зеленої маси цукрових (або столових буряків), портулаку городнього та черемші з подальшим змішуванням їх у певних співвідношеннях і помелом до розмірів часток 40—80 мкм. Отримана суміш являє собою дрібнодисперсний порошок яскравого зеленого кольору з часниковим запахом і присмаком та може використовуватись як збагачувач-емульгатор. За своїм хімічним складом БВН 3М містить близько 20—25% білків, збалансованих за вмістом незамінних амінокислот, легкозасвоюваних вуглеводів — до 20%, клітковини — близько 8%, а також органічні кислоти, мінеральні речовини, вітаміни, біофлавоноїди, аскорбінову кислоту, хлорофіли та каротиноїди, завдяки чому здатний виконувати роль імуномодулятора та антиокислювача, сприяти виведенню з організму радіонуклідів і важких металів та, як наслідок, надавати продуктам оздоровчо-профілактичних властивостей. Крім цього, використання у складі суміші листя черемші, що має достатньо виражені бактерицидні властивості,

сприяє збереженню мікробіологічної безпеки продуктів, що нею збагачені, в процесі зберігання[11].

Методом комп'ютерного проектування з урахуванням нових теоретичних розробок у моделюванні амінокислотного складу харчових продуктів [12] розроблено рецептури комбінованих кулінарних виробів, наведені в табл. 1. Як натуральний білоквмісний збагачувач використано композиції порошкоподібних БВН із листя цукрового буряку, портулаку та черемші у співвідношенні 3,2:1:2,5 (рецептура № 1) або БВН із листя цукрових буряків і черемші у співвідношенні 9:1(рецептура № 2).

Таблиця 1. Рецептури комбінованих кулінарних виробів

Найменування компонента	Вміст компонента, % до маси виробу			
	Контроль № 1	Рецептура № 1	Контроль № 2	Рецептура № 2
Капуста свіжа	53,0	49,0—49,5	—	—
Яловичина (котлетне м'ясо)	33,0	27,5—28,0	—	—
Сир кисломолочний	—	—	25,0	20,0—21,0
Крупа рисова	4,5	4,20—4,25	—	—
Крупа гречана	—	—	24,6	23,0—24,0
Яйця	—	—	1,67	3,1—3,25
Сметана	—	—	1,67	0,85—0,90
Цибуля ріпчаста	7,4	6,8—6,9	—	—
БВН ЗМ	—	3,3—3,5	—	10,0—11,5
Маргарин столовий	2,1	1,90—1,95	1,66	1,0—1,10
Сухарі панірувальні	—	—	1,66	0,95=1,0
Сіль харчова	—	0,40—0,45	—	0,75—0,80
Цукор	—	—	3,33	—
Перець чорний мелений	—	0,04—0,05	—	0,10—0,15
Вода для відновлення	—	5,82—6,86	40,0	37,5—39,0

Результатом розв'язку оптимізаційної задачі стали варіанти рецептури (табл. 1), у яких передбачено внесення білоквмісного збагачувача у кількості 3,1...3,3% та 10,0...11,5% до маси готового виробу для голубців і крупеника відповідно.

У табл. 2 наведено результати визначення амінокислотного складу білків розроблених комбінованих кулінарних виробів порівняно з контрольними зразками.

Таблиця 2. Аналіз збалансованості амінокислотного складу білків у комбінованих кулінарних виробках

1	Зразки рецептур			
	Контроль № 1	Рецептура № 1	Контроль № 2	Рецептура № 2
2	3	4	5	
Вміст амінокислот, г/100 г білку (амінокислотний скор, %)				
Лейцин	7,66 (109)	7,62 (109)	10,49 (150)	8,04 (115)
Ізолейцин	4,24 (106)	4,24 (106)	5,74 (143)	4,90 (122)

1	2	3	4	5
Метіонін+цистин	3,73 (106)	3,70 (106)	3,21 (92)	3,61 (103)
Лізін	7,92 (144)	7,65 (139)	8,17 (149)	7,86 (143)
Фенілаланін+тирозин	8,06 (134)	8,19 (137)	5,96 (99)	7,83 (130)
Треонін	4,23 (106)	4,25 (106)	4,62 (116)	4,82 (120)
Валін	5,47 (109)	5,41 (108)	5,82 (116)	5,37 (107)
Триптофан	1,11 (111)	1,11 (111)	1,13 (113)	1,30 (130)
Коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу (U)				
U , %	0,90	0,90	0,73	0,91
Коефіцієнт надлишковості незамінних амінокислот ($\sigma_{\text{над}}$)				
$\sigma_{\text{над}}$, %	4,10	3,89	13,26	4,34

Аналіз збалансованості амінокислотного складу білків у розроблених кулінарних виробих засвідчив, що у випадку комбінування рослинної та тваринної сировини в рецептурі № 1 зберігається значення коефіцієнта утилітарності, а коефіцієнт надлишковості незамінних амінокислот навіть незначно зменшується на 0,20...0,21% порівняно з контрольним зразком. Це дає змогу лише дещо зменшувати використання цінної тваринної сировини без погіршення біологічної цінності білкової складової кулінарної продукції. Збільшення в рецептурі вмісту білоквмісного напівфабрикату із зеленої маси призводить до погіршення біологічної цінності білкової складової кулінарного виробу. В рецептурі № 2 (крупеник із гречаної крупи) завдяки комбінації рослинної й тваринної сировини вдалося отримати збалансований амінокислотний склад розробленого кулінарного виробу та у 3 рази зменшити коефіцієнт надлишковості незамінних амінокислот.

Вивчено органолептичні показники якості готових комбінованих кулінарних виробів (табл. 3). Встановлено, що отримані за рецептурою № 1 кулінарні вироби, збагачені БВН, характеризуються більш високими органолептичними показниками порівняно з контрольним зразком за рахунок соковитості й гарної консистенції. Це можна пояснити так: з літературних джерел відомо, що наявність органічних кислот, якими багатий БВН із зеленої маси рослин, прискорює процес протеолізу білків м'яса, при цьому відбувається накопичення фізіологічно активних пептидів, змінюється молекулярна маса білка, збільшується його засвоюваність організмом людини. Також у результаті створення кислого середовища, коли значення рН знаходиться нижче за ізоелектричну точку основних білків м'язової тканини, зростає соковитість м'ясного фаршу, збільшується набухання колагену в кислому середовищі, знижується температура його денатурації, прискорюється процес перетворення в глютин, що сприяє підвищенню ніжності готового виробу [13]. У випадку використання рецептури № 2 отримано принципово новий смак крупеника гречаного порівняно із контрольним зразком. Це відбулося за рахунок заміни в традиційній рецептурі цукру на сіль і спеції з одночасним наданням крупенику пікантного часникового присмаку та аромату завдяки використанню черемші у складі збагачувача із зеленої маси рослин. Загалом, шляхом отримання якісної продукції з новими органолептичними показниками можна вирішити питання розширення асортименту комбінованих кулінарних виробів.

Таблиця 3. Органолептична оцінка розроблених круп'яних кулінарних виробів

Показники якості		Найменування кулінарного виробу	
		Голубці з рисом і м'ясом	Крупеник гречаний із сиром
Зовнішній вигляд	Характеристика	Форма циліндрична, поверхня капусти — без пошкоджень	Рівномірно підсмажена скоринка
	Оцінка, бали	5,0	5,0
Вигляд на розрізі	характеристика	фарш добре перемішаний із вкрапленнями частинок цибулі та зелені	Видно сир із вкрапленнями зелені
	Оцінка, бали	5,0	5,0
Смак	Характеристика	Соковитий, властивий вихідним компонентам	Властивий вихідним компонентам
	Оцінка, бали	4,8	4,9
Запах	Характеристика	Пряний з ароматом часнику	Пряний з ароматом часнику
	Оцінка, бали	4,7	4,9
Колір	Характеристика	Насичений зелений на розрізі	Сіро-коричневий з салатовими вкрапленнями
	Оцінка, бали	5,0	4,7
Консистенція	Характеристика	У готовому вигляді соковита, нерозсипчаста	М'яка, нерозсипчаста, з хрусткою скоринкою
	Оцінка, бали	5,0	5,0

У табл. 4 наведено якісні показники комбінованих кулінарних виробів. Слід відмітити, що в результаті внесення до рецептури білоквісних напівфабрикатів із зеленої маси рослин можна не тільки забезпечити високу біологічну цінність харчових систем за рахунок комплементарності амінокислотного складу компонентів рослинного і тваринного походження, але й збільшити загальний вміст повноцінного білка (на 0,15...3,7%) з одночасним наданням продукції функціональних властивостей за рахунок збагачення її біологічно активними речовинами.

Таблиця 4. Фізико-хімічні показники якості комбінованих кулінарних виробів

Показник якості	Контроль № 1	Рецептура № 1	Контроль № 2	Рецептура № 2
Масова частка вологи, %	70,3	71,2	55,9	57,1
Масова частка білку, %	7,9	8,05	8,8	12,51
Масова частка жиру, %	3,0	2,9	9,8	7,11
Масова частка вуглеводів, %	17,2	18,5	21,1	26,47
Енергетична цінність, ккал	127,4	132,3	207,8	234,5
Вміст вітаміну С, мг%	1,4	6,5	0,24	10,6
Вміст кальцію, мг%	27,20	46,7	61,0	101,1
Вміст заліза, мг%	1,4	2,7	2,3	3,77
Вміст β-каротину, мг%	0,4	0,6	0,1	1,3
Вміст флавоноїдів, мг/100г	5,6	33,8	6,2	54,1

У табл. 5 проілюстровано ступінь забезпечення в основних фізіологічно функціональних інгредієнтах при вживанні однієї порції на добу розроблених кулінарних виробів дорослим населенням згідно з чинними нормами [2].

Таблиця 5. Рівень забезпечення добової потреби у фізіологічно функціональних інгредієнтах при вживанні однієї порції (П) кулінарних виробів

Найменування інгредієнта	Рекомендований рівень споживання	Задоволення добової потреби, %			
		Голубці з рисом і м'ясом (П — 240 г)		Крупеник гречаний (П — 260 г)	
		контроль	розроблений	контроль	розроблений
Білок	70 г	23,7—27,1	24,2—27,6	28,6—32,7	40,7—46,5
Кальцій	1100—1200 мг	5,4—5,7	9,3—10,1	13,2—14,4	21,91—23,9
Залізо	15—17 мг	19,8—22,4	38,1—43,2	35,2—39,9	57,7—65,3
Вітамін С	70—80 мг	4,2—4,8	19,5—22,3	0,8—0,9	34,5—39,5
В-каротин	5 мг	19,2	28	6	67,6
Флавоноїди	250 мг	5,4	32,6	6,5	56,3

Аналіз даних табл. 5 свідчить про загальне зростання ступеня забезпечення в основних фізіологічно функціональних інгредієнтах при вживанні однієї порції на добу розроблених кулінарних виробів порівняно з традиційними. Варто відмітити, що, зважаючи на ступінь забезпечення білком і залізом при вживанні однієї порції на добу традиційних кулінарних виробів, їх можна віднести до функціональних. Внесення до проєктованих рецептур білоквмісних напівфабрикатів із зеленої маси рослин дає змогу покращити цей показник. Так, за рівнем забезпечення добової потреби в білку маємо незначне зростання (лише на 0,5%) для голубців з рисом і м'ясом, а для крупеника гречаного цей показник збільшується на 12,1...13,8%; за рівнем забезпечення добової потреби в залізі спостерігаємо зростання цього показника на 18,3...20,8% та 22,5...25,4% відповідно. Позитивним виявився той факт, що вироби, отримані за традиційними рецептурами, не мали достатнього для функціональних рівня інших фізіологічно функціональних інгредієнтів таких, як кальцій (для голубців), вітамін С, β-каротин (для крупеника), флавоноїди. У нових виробів за рівнем забезпечення добової потреби в цих інгредієнтах спостерігаємо зростання досліджуваного показника для голубців і крупеника відповідно: по кальцію — в 1,8 та 1,65 раза; по вітаміну С — у 4,6 та 44,2 раза; по β-каротину — у 1,5 та 11,3 раза; по флавоноїдах — у 6 та 8,7 раза. Тож із цих позицій можна стверджувати, що внесення до проєктованих рецептур білоквмісних напівфабрикатів із зеленої маси рослин надає комбінованим кулінарним виробам додаткових функціональних властивостей.

Висновки

Під час розробки технології виробництва кулінарних виробів на основі комбінованої сировини їхня біологічна цінність може бути відрегульована шляхом отримання оптимального співвідношення та внесенням до рецептури компонентів-збагачувачів з високим вмістом лімітуючих амінокислот.

Створення комбінованих кулінарних виробів дасть змогу забезпечити населення доступним продуктом поліфункціональної дії та розширити асортимент кулінарної продукції.

Література

1. Філіпп'єва О. А. Рациональное харчування студентської молоді як складова здоров'я / О.А. Філіпп'єва // Наукові праці. Педагогіка. — 2012. — № 27. — С. 108—110.

2. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 03 вересня 2017 року № 1073 «Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 02 жовтня 2017 року за № 1206/31074. — Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17/page#n14>.
3. Дружинин П.В. Основы нутрициологии / П.В. Дружинин, Л.Ф. Новиков. — Москва : Высшая школа, 2010. — 150 с.
4. Пасічний В.М. Харчова цінність та функціонально-технологічні характеристики тваринної і рослинної сировини, що визначають якість м'ясопродуктів / В.М. Пасічний // М'ясний бізнес. — 2009. — № 5. — С. 82—84.
5. Пересічний М.І. Технологія продукції громадського харчування з використанням біологічно-активних добавок. Монографія / М.І. Пересічний, М.Ф. Кравченко, П.О. Карпенко. — Київ : КНТЕУ, 2003. — 322 с.
6. Евдокимова О.В. Инновационные технологии в разработке и продвижении на потребительский рынок функциональных продуктов питания [Текст] / О.В. Евдокимова, Е.В. Саватеев. — Под ред. Т.Н. Ивановой : монография. — Орел : ОГТУ, 2008. — 247 с.
7. Gupta S. Analysis of nutrient and antinutrient content of underutilized green leafy vegetables / S. Gupta, J.A. Lakshmi, M.N. Manjunath, J. Prakash // LWT Food Sci Technol. 2005. — V 38. — P. 339—345.
8. Пресеков А.Ю. Научные основы производства продуктов питания: Учебное пособие / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. — Кемерово, 2005. — 234 с.
9. Голунова Л.Е. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. — Санкт-Петербург : Профи-информ, 2005. — 866 с.
10. Скурихин И.М. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / И.М. Скурихин, В.А. Тутельян. — Москва : Брандер-Медицина, 1998. — 380 с.
11. Патент UA 108159 МПК7 А 23 L 1/025, А 23 J 3/14, А 23 L 1/305. Спосіб отримання протеїновмісного збагачувача поліфункціональної дії з зеленої маси рослин. / Г.О. Сімахіна, Л.М. Солодко ; опубл. 25.03.2015р., Бюл. №6/2015.
12. Сімахіна Г.О. Вдосконалення теорії моделювання амінокислотного складу напівфабрикатів із зеленої маси рослин / Г.О. Сімахіна, В.С. Гуць, Л.М. Солодко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2017. — Том 23, № 4. — С. 244—251.
13. Филонова О.В. Использование листа ревеня в производстве мясных полуфабрикатов // Актуальные проблемы технологии живых систем: Матер. междунар. научн.-техн. конференции молодых ученых. — Владивосток, 2005. — С. 151—153.

THE RESEARCH OF ORGANOLEPTIC AND PHYSICO-CHEMICAL INDICATORS OF MARSHMALLOW IN EDIBLE COATING WITH FRUIT POWDERS

V. Kalmazan, A. Chorna

National University of Food Technologies

Key words:

*Marshmallow
Edible coating
Fruit powders
Preservation of freshness
Biodegradable packing*

Article history:

Received 14.05.2018
Received in revised form
01.06.2018
Accepted 13.06.2018

Corresponding author:

A. Chorna

E-mail:

Anastasia_chernaya@-
ukr.net

ABSTRACT

This article presents experimental studies of the advisability of using edible coating as a way of preventing the formation of marshmallow and the possibility of replacing synthetic packaging (full or partial) with biodegradable. Based on the organoleptic, physico-chemical properties (moisture content) and changes in the mass of the samples during storage feasibility and necessity of using edible coating for marshmallow were proved. An edible coating consists of starch, gelatin, glycerol and water (solvent). In order to expand the range of marshmallow, fruit powders (lemon, strawberry and blueberries) were added to the edible coating. The 5-point scale for the organoleptic assessment of the quality of the studied samples of marshmallow was developed. An additional indicator was chewiness, since the edible coating should not be felt when eating marshmallow. The ranking method determined the coefficients of weight of each indicator in the overall organoleptic evaluation. The organoleptic assessment of the quality of marshmallow samples showed that the edible coating does not change organoleptic parameters.

When storing samples during month, humidity of marshmallow without packaging decreased by 44%, and marshmallow with edible coating — by 30%. It has been established that during this period the weight of the product without packaging decreased by 6,3%, edible coating reduced their weight by 4,3%. It saves its properties better during storage with edible cooking with the addition of lemon powder, and the worst sample was with the addition of strawberry. Probably high losses of mass were caused by insufficient dense layers of application of edible coating. It is advisable to state that edible coating contributes to preserving freshness of marshmallow and is an alternative replacement (partial or full) of synthetic packaging.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ І ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗЕФІРУ В ЇСТІВНОМУ ПОКРИТТІ З ФРУКТОВИМИ ПОРОШКАМИ

В.Б. Калмазан, А.І. Чорна

Національний університет харчових технологій

У статті наведено експериментальні дослідження доцільності використання їстівного покриття як засобу запобігання черствінню зефіру та можливості заміни синтетичного пакування (повної або часткової) на біодеградабельне. На основі органолептичних, фізико-хімічних показників (масової частки вологи) та зміни маси досліджуваних зразків під час зберігання доведено доцільність і необхідність використання їстівного покриття для зефіру. Розроблено їстівне покриття, яке складається з крохмалю, желатину, гліцерину та води (розчинник). З метою розширення асортименту зефіру в їстівне покриття додавали фруктові порошки (лимон, полуниця та чорниця). Запропоновано 5-бальову шкалу для органолептичної оцінки якості досліджуваних зразків зефіру. Додатковим показником введено розжовуваність, оскільки їстівне покриття не має відчуватися під час споживання зефіру. Методом ранжування визначено коефіцієнти вагомості кожного показника в загальній органолептичній оцінці. Органолептична оцінка якості досліджуваних зразків зефіру показала, що розроблене їстівне покриття не змінює органолептичні показники.

Через місяць зберігання зразків вологість зефіру без упаковки зменшилась на 44%, а зефіру з їстівним покриттям — на 30%. Встановлено, що під час зберігання зефіру протягом місяця маса продукту без упаковки зменшується на 6,3%, маса зефіру з їстівним покриттям — на 4,3%. Найкраще зберігає свої властивості під час зберігання зефір з їстівним покриттям з додаванням лимонного порошку, найгірше — з додаванням полуничного. Можливо, більші втрати маси були зумовлені недостатньо щільним шаром нанесення їстівного покриття. Отже, доцільно стверджувати, що їстівне покриття сприяє збереженню свіжості зефіру і є альтернативною заміною (частковою або повною) синтетичного пакування.

Ключові слова: зефір, їстівне покриття, фруктові порошки, збереження свіжості, біодеградабельне пакування.

Постановка проблеми. Зефір — це вид цукристих кондитерських виробів, отриманий збиванням фруктово-ягідного пюре з цукром і яєчним білком, з додаванням у цю суміш будь-якого з формоутворюючих (драглеутворюючих) наповнювачів: пектину, агарового сиропу, желатинової (мармеладної) маси [1]. Як добавки під час виробництва зефіру застосовуються харчові кислоти, есенції, барвники [2].

Завдяки вмісту вуглеводів зефір в обмежених кількостях сприяє розумовій діяльності, а харчові волокна допомагають травленню, спосіб його приготування дає змогу зберегти живими більшість корисних речовин [3].

Зефір має щільну піноподібну структуру, для правильного його зберігання краще вибирати прохолодне місце без доступу світла, якщо він не розпакований, а відкритий — перекласти у вакуумний контейнер. Таким чином він може зберігатися до 1,5 місяця.

Перспективним напрямком у харчовій промисловості є використання харчових покриттів (плівок) з метою збереження харчової цінності продукту. Ще в давні часи у Стародавньому Китаї у XII ст. використовували харчову упаковку (віск) для збереження вологості та пружності товару. У XV ст. в Європі така технологія отримала спеціальну назву — лардінг — покриття фруктів та овочів шаром воску або сала, що запобігало усиханню продуктів. В Японії застосовували плівку, яку називали йуба — отримували кип'ятінням соєвого молока з метою поліпшення зовнішнього вигляду та збереження якості харчових продуктів. Перший патент на створення харчової упаковки було видано у США у XIX ст., коли запропонували загортати м'ясні продукти в желатинову оболонку.

На сьогодні основними плівкоутворюючими компонентами у складі їстівної упаковки є білки, жири, вуглеводи тощо. За харчовою цінністю їх умовно розділяють на засвоювані (на основі білків, жирів, вуглеводів) та незасвоювані (на основі восків, парафінів, камедей тощо) [4].

Більшість кондитерських виробів, наприклад, цукерки вимагають нанесення їстівного покриття, щоб запобігти злипанню, поглинанню вологості, а для шоколаду та інших ліпидовмісних кондитерських виробів — втрати масла. Цукерки часто покриваються кондитерською глазур'ю, шелаком або воском. Цукерки, покриті покриттям на основі кукурудзяного крохмалю та пластифікатора, залишаються сухими навіть в умовах, що викликають поверхневу липкість. Покриття на основі кукурудзяного крохмалю, у складі якого є етанол, підсихає швидше, ніж кондитерська глазур, і може бути маркованим як комбіноване білкове покриття [5].

Їстівна упаковка відіграє важливу роль під час зберігання, транспортування та збуту харчових продуктів. Актуальним є вивчення плівкоутворюючих покриттів, що створюють модифіковане середовище, обмежуючи перенесення газів, а також є бар'єром для передачі ароматичних сполук, запобігають розвитку гнильної мікрофлори та перенесенню вологості [6; 7].

Мета статті: для визначення можливості заміни синтетичного пакування на біодеградабельне дослідити зефір з розробленим їстівним покриттям.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження були компоненти їстівного покриття та фруктові порошки для його збагачення. Для розширення асортименту зефіру в їстівне покриття додавали фруктові порошки.

У ході експериментального дослідження аналізували зефір «Школярик» ТМ «Жако» (контрольний зразок), виготовлений за ДСТУ ГОСТ 6441-2003 «Вироби кондитерські пастильні. Загальні технічні умови», та зефір з розробленим їстівним покриттям без добавок і з фруктовими порошками (виробник «Diana Naturals»): лимон, полуниця та чорниця.

Їстівне покриття готували розчиненням плівкоутворювачів (крохмаль і желатин), пластифікатора (гліцерин) та розчинника (води) під час нагрівання на магнітній мішалці. Наносили готове їстівне покриття пензлем на всю поверхню зефіру та досліджували органолептичні показники за ДСТУ ГОСТ 6441-2003

«Вироби кондитерські пастильні. Загальні технічні умови» та фізико-хімічні показники (масову частку вологи) рефрактометричним методом за ДСТУ 4910:2008 «Вироби кондитерські. Методи визначення масових часток вологи та сухих речовин», а також зміну маси харчового продукту під час зберігання зважуванням досліджуваних зразків протягом місяця.

Для оцінки органолептичних властивостей зефіру з їстівним покриттям розроблено 5-бальову шкалу. Методом ранжування було визначено коефіцієнти вагомості кожного показника в загальній органолептичній оцінці, що наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Бальова оцінка якості зефіру

Показник	Коефіцієнт вагомості	Бали	Характеристика
Зовнішній вигляд: форма	0,1	5	Властива даному виду виробу, правильна, не м'ята, не розпливчата
		4	Правильна, з легкими притисками
		3	Злегка прим'ята і розпливчата
		2	Розпливчата, з боковими випливами
		1	Неправильної форми, розпливчата, прим'ята
Поверхня	0,1	5	Без грубого затвердіння на бічних гранях, гладка або злегка шорохувата
		4	Гладка, шорохувата
		3	Гладка, з незначною зморшкуватістю
		2	Зморшкувата, помітне затвердіння на гранях
		1	Дуже тверда на бічних гранях
Колір	0,1	5	Рівномірний, білий із керовим відтінком
		4	Повністю білий
		3	Нерівномірний колір з керовим відтінком
		2	Нерівномірний колір з жовтим відтінком
		1	Нерівномірний колір з сіруватим відтінком
Структура	0,1	5	Рівномірна, еластична, не липка на дотик, дрібнопориста
		4	Рівномірна, еластична, дрібнопориста
		3	Рівномірна, нееластична, дрібнопориста
		2	Рівномірна, з великими порами
		1	Рівномірна, нееластична, трішки липка на дотик
Смак і запах	0,2	5	Характерний зефіру, добре виражений
		4	Виражений, характерний зефіру
		3	Недостатньо виражений, характерний зефіру
		2	Невиражений
		1	Невластивий, неприємний, сторонній
Консистенція	0,1	5	М'яка, легко піддатлива до розламування
		4	Злегка затяжна, піддатлива до розламування
		3	Злегка затяжна, ледь піддатлива до розламування
		2	М'яка, під час розламування середина виробу мокра
		1	Занадто м'яка, середина під час розламування мокра
Розжовуваність	0,3	5	Добре розжовується
		4	Розжовується з невеликим зусиллям
		3	Жорсткувата при розжовуванні
		2	Жорстка
		1	Важко розжовується

Результати і обговорення. Їстівне покриття являє собою тонкий шар їстівного матеріалу, утвореного у вигляді покриття на харчовому продукті. Було розроблено їстівне покриття, яке складається з крохмалю, желатину та гліцерину. Вибір компонентів, які сформували їстівну плівку, обумовлений легкістю технологічного аспекту й органолептичним властивостями (нейтральний смак і запах, прозорість покриття, розжовуваність). Желатинове покриття зберігає краще вологу, ніж крохмаль, який здатен піддаватися ретроградації [8]. Поєднання желатину та крохмалю в основі їстівного покриття зумовлене тим, що желатин під час охолодження утворює желе, що унеможливує подальше нанесення такого покриття на кондитерські вироби. Додавання желатину значно підвищує механічну міцність, розчинність у воді, паропроникність і товщину плівки. Всі обрані складові харчового покриття є доступними та безпечними [9].

Їстівне покриття не повинне змінювати органолептичні показники зефіру. Проведено дегустацію на базі кафедри експертизи харчових продуктів Національного університету харчових технологій. Результати зведених дегустаційних оцінок і розрахунок загального показника якості їстівних покриттів наведено у табл. 2.

Таблиця 2. Зведені дегустаційні оцінки органолептичної оцінки якості досліджуваних зразків зефіру

Зразок	Форма	Поверхня	Колір	Структура	Смак і запах	Консистенція	Розжовуваність	Узагальнений показник якості
	Коефіцієнт вагомості							
	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	
Зразок в упаковці	4,8±0,1	4,8±0,1	4,9± 0,1	5,0±0,2	5,0±0,2	4,8±0,1	4,8±0,1	4,87
Зразок без порошку	4,8±0,1	4,8±0,1	4,9± 0,1	5,0±0,2	5,0±0,2	4,8±0,1	4,9±0,1	4,90
Зразок 1	4,8±0,1	4,9±0,1	5,0± 0,1	5,0±0,2	5,0±0,2	4,8±0,1	4,9±0,1	4,92
Зразок 2	4,8±0,1	4,9±0,1	4,9± 0,1	5,0±0,2	5,0±0,2	4,8±0,2	4,9±0,1	4,91
Зразок 3	4,8±0,1	4,8±0,1	5,0± 0,1	5,0±0,2	5,0±0,2	4,8±0,2	4,9±0,1	4,91

Примітка: Зразок 1 — зефір з чорничним порошком, зразок 2 — зефір з полуничним порошком, зразок 3 — зефір з лимонним порошком.

Органолептична оцінка якості досліджуваних зразків зефіру показала, що розроблене їстівне покриття не змінює органолептичні показники.

Досліджено зміну фізико-хімічних показників шляхом визначення зміни масової частки вологи в зефірі під час зберігання, оскільки процеси десорбції є процесами, які призводять до виділення вологи та усихання зефіру. Результати зміни масової частки вологи зразків зефіру під час зберігання наведено на рис. 1.

Відповідно до рис. 1 у зефірі без упаковки швидко зменшується вологість порівняно із зефіром з їстівним покриттям, у якому вона зменшується значно повільніше. Вологість зефіру в упаковці та їстівному покритті практично однакові. Через місяць зберігання зразків вологість зефіру без упаковки

зменшилась на 44%, а зефіру з їстівним покриттям — на 30%. Отже, їстівне покриття має бар'єрні властивості, що сприяє більш тривалому збереженню зефіру.

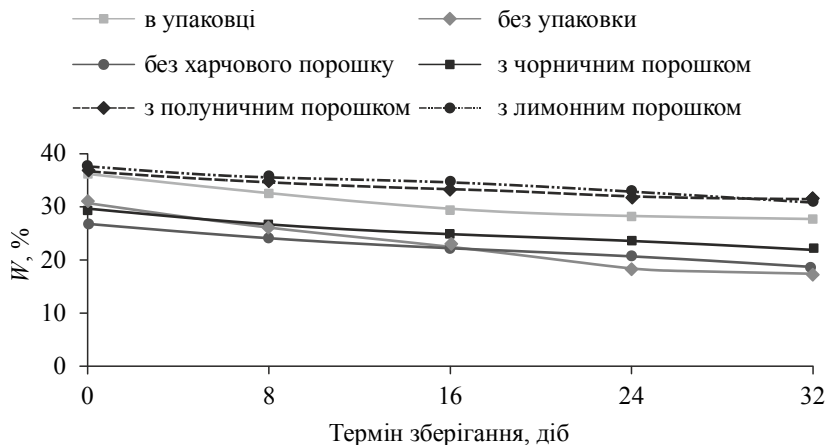


Рис. 1. Зміна масової частки вологи зразків зефіру під час зберігання

Досліджено зміну маси зразків зефіру під час зберігання. Результати наведено на рис. 2.

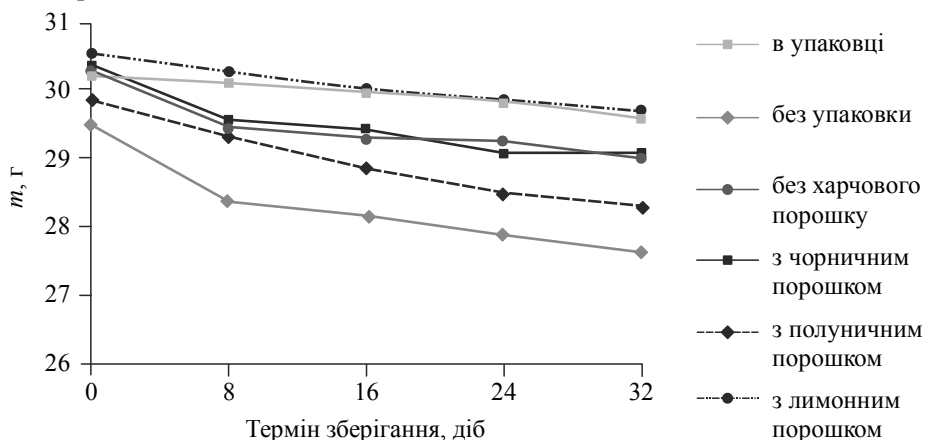


Рис. 2. Зміна маси зразків зефіру впродовж зберігання

Встановлено, що під час зберігання зефіру протягом місяця маса продукту без упаковки зменшується на 6,3%, зефір з їстівним покриттям зменшив свою масу на 4,3%. Найгірше зберігає свої властивості зефір без упаковки, що зумовлено відкритим доступом повітря до харчового продукту, найкраще — зефір з їстівним покриттям з лимонним порошком. Згідно з результатами досліджень, можна припустити, що їстівне покриття та зберігання продукту в упаковці ідентичні за значеннями, а зефір з їстівним покриттям без додавання порошку та з чорничним порошком мають подібні результати відхилення маси. Проте зефір з додаванням полуничного порошку не призначений для тривалого збереження.

Висновки

Отже, їстівні плівки та покриття, що застосовуються для харчових продуктів, є ефективними матеріалами для збільшення терміну зберігання продукції. При цьому мікробіологічні, органолептичні, фізико-хімічні показники та споживні характеристики майже не змінюються. У їстівних плівкоутворюючих покриттях найбільш важливими властивостями є їх мікробіологічна стабільність, адгезія, когезія, змочуваність, розчинність, прозорість, механічні властивості, проникність для водяної пари та газів.

У результаті досліджень маса і масова частка вологи зефіру зменшується більше без упаковки, ніж з їстівним покриттям. Найкраще зберігає свої властивості зефір з їстівним покриттям з додаванням лимонного порошку, найгірше — зефір з їстівним покриттям з додаванням полуничного порошку. Можливо, більші втрати маси були зумовлені недостатньо щільним шаром нанесення їстівного покриття. Враховуючи вищесказане, можна стверджувати, що їстівне покриття сприяє збереженню свіжості зефіру і є альтернативною заміною (частковою або повною) синтетичного пакування.

Література

1. Ассортимент пастильних виробів [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://studfiles.net/preview/5424431/page:3/>.
2. Фруктово-ягідні кондитерські вироби [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://studfiles.net/preview/5193694/page:13/>.
3. Зефір [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://fullukrmed.ru/tizne/15774-zefir.html>.
4. *Pavlat A.E.* Edible Films and Coating: Why, What and How? / A.E. Pavlat, W. Orts // Edible Films and Coatings for Food Applications / M. Embuscado, K.C. Huber. — Springer, 2009. — P. 1. — С. 1—25.
5. Edible coatings and films to improve food quality / J.M. Krochta, E.A. Baldwin, M.N. Carriedo. — CRC Reprint, 2002. — P. 97—98.
6. *Снежко А.Г.* Новые упаковочные материалы и перспективы их использования / А.Г. Снежко, А.В. Федотова, Е.А. Евстафьева // Пищевая индустрия. — 2008. — № 8. — С. 20—21.
7. *Perez-Gago M.B.* Protein-Based Films and Coatings Gennadios / M.B. Perez-Gago, J.M. Krochta. — CRC Press, Boca Raton, FL, 2002. — P. 159—180.
8. Товарознавство кондитерських виробів [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://pidruchniki.com/12700917/>.
9. Гліцерин [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://sistema-optimum.chezukrayina.business-guide.com.ua/products/unit?pid=212265>.

**RESEARCH OF REGULARITIES
IN EXTRACTIVE SYSTEMS USING CROWN EATERS****O. Kronikovskii, D. Terechuk, V. Fomenko, O. Kronikovska***National University of Food Technologies***Key words:**

Crown ethers
Polyethers
Extraction
Metals
Complexation

Article history:

Received 15.05.2018
Received in revised form
07.06.2018
Accepted 18.06.2018

Corresponding author:

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

ABSTRACT

This article reviewed the complex formation of a number of metal cations with macrocyclic polyethers in water and some non-water solvents. The formation of cationic complexes of metals with crown ethers in water solutions is complicated by the rather pronounced ability of polar water molecules to solvate cations of metals. During the complexation, the central metal ion should be, at least, partially dehydrated to enter the polyether cavity. To reduce the hydration that is competing with the complexation process it may be used replacing water with low solvent solvents with low solvation energy.

The values of the stability constants of these complexes have been calculated and analyzed. The influence of the chemical nature of the solvent on the mechanism of complex formation and stability of complexes have been established.

Complex compounds of metals with crown ethers in water or organic solvents, taken separately, are rarely used in analytical practice. The most promising is the use of crown ethers as extractants for the selective extraction of metals from the water phase into organic to separate them.

Extraction in the analysis is one of the most common methods of separating the mixture of elements and their concentration before the final definition. In order to solve this problem, high-level reagents are needed, among which macrocyclic polyethers can be classified, especially since in some cases the selectivity of complex reactions of metal ions with macrocyclic ligands in extraction is increasing.

The possibility of selective extraction of certain cations of metals in the form of multi-ligand complexes with polyether and corresponding protons from the aqueous phase to organic have been shown and proved in the article. The factors influencing the selectivity of extraction have been deeply analyzed, all the conclusions on the expediency of the use of certain reagents and solvents for the development of methods of extraction separation and extraction of metals in the form of complexes with crown-ethers have been made.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ В ЕКСТРАКЦІЙНИХ СИСТЕМАХ З ВИКОРИСТАННЯМ КРАУН-ЕТЕРІВ

О.І. Кроніковський, Д.О. Терещук, В.В. Фоменко, О.П. Кроніковська
Національний університет харчових технологій

У статті досліджено комплексоутворення ряду катіонів металів з макроциклічними поліетерами у воді та деяких неводних розчинниках. Утворення катіонних комплексів металів з краун-етерами у водних розчинах ускладнюється досить вираженою здатністю полярних молекул води сольватувати катіони металів. При комплексоутворенні центральний йон металу повинен бути принаймні частково дегідратований для входження в порожнину поліетеру. Зменшити конкуруючу з процесом комплексоутворення гідратацію можливо шляхом заміни води малополярними розчинниками з низькою енергією сольватації.

Розраховано та проаналізовано значення констант стійкості комплексів. Встановлено вплив хімічної природи розчинника на механізм комплексоутворення та стійкість комплексів.

Комплексні сполуки металів з краун-етерами у воді чи органічних розчинниках, взятих окремо, мало використовуються в аналітичній практиці. Найбільш перспективним є використання краун-етерів як екстрагентів для вибіркового вилучення металів з водної фази в органічну з метою їх розділення

Екстракція в аналізі є одним з найбільш поширених методів розділення сумішей елементів і їх концентрування перед заключним визначенням. Для вирішення цього завдання необхідні перш за все високовибіркові реагенти, до числа яких можна віднести макроциклічні поліетери, тим паче, що в деяких випадках вибірковість реакцій комплексоутворення йонів металів з макроциклічними лігандами при екстракції зростає.

Показана та обґрунтована можливість селективного вилучення певних катіонів металів у вигляді різнолігандних комплексів з поліетерами і відповідними протийонами з водної фази в органічну. Проаналізовано фактори, що впливають на селективність екстракції, та зроблено висновки про доцільність використання тих чи інших реагентів і розчинників для розробки методик екстракційного розділення та вилучення металів у вигляді комплексів з краун-етерами.

Ключові слова: краун-етери, поліетери, екстракція, метали, комплексоутворення.

Постановка проблеми. Для розробки ефективних методик розділення та визначення катіонів металів в об'єктах навколишнього середовища досить часто використовується рідинна екстракція. Селективність екстракції значною мірою залежить від правильності підбору реагентів, розчинників та умов проведення процесу. Досить селективними реагентами при вилученні ряду

металів зарекомендували себе макроциклічні краун-етери, тому дослідження закономірностей у таких екстракційних системах є досить актуальним.

Мета статті полягає в дослідженні та аналізі факторів, що впливають на комплексоутворення катіонів металів з макроциклічними поліетерами у воді та органічних розчинниках для встановлення можливості підвищення селективності екстракції цих комплексів з відповідними протийонами при вилученні і розділенні металів.

Викладення основних результатів дослідження. Утворення катіонних комплексів металів з краун-етерами у водних розчинах ускладнюється досить вираженою здатністю полярних молекул води сольватувати катіони металів. При комплексоутворенні центральний йон металу повинен бути принаймні частково дегідратований для входження в порожнину поліетеру. Зменшити конкуруючу з процесом комплексоутворення гідратацію можливо шляхом заміни води малополярними розчинниками з низькою енергією сольватації [1].

Так, метанол несуттєво впливає на координування катіона металу краун-етерами, оскільки є значно слабкішим, ніж вода, сольватуєчим середовищем. Це зумовлює утворення більш стійких комплексів, значення констант стійкості ($K_{ст}$) яких на 3—4 порядки перевищують ті ж значення, отримані для водних розчинів (табл. 1).

Таблиця 1. Логарифми констант стійкості комплексів металів з краун-етерами складу 1:1 у воді/метанолі

Краун-етер	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Rb ⁺	Cs ⁺	Ag ⁺	Pt ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Sr ²⁺	Ba ²⁺	Pb ²⁺
15C5		0,70	0,74	0,62	0,80	0,94	1,23 3,00	1,71		1,95	1,71	1,85
B15C5		0,40	0,38									
C15C5	< 1	0,3	0,6									
18C6		0,80 4,32	2,03 6,10	1,56	0,99 4,62	1,50	2,27	1,23	<0,5	2,72	3,87	4,72
DC18C6 (ізом.А)	0,6	1,6 4,08	2,18 6,01	1,52	1,25 4,61	2,36	2,44 5,20	1,33		3,24	3,57	4,95
DC18C6 (ізом.В)		1,4 3,68	1,78 5,38	0,87	0,9 3,49	1,59	1,83 5,20	0,80		2,64	3,27	4,43
C18C6	<0,7	0,8 4,09	1,90 5,89		0,8 4,30	1,8		1,1				
B18C6			2,0 5,20				1,24 4,60				3,7	
DB18C6		1,2 4,36	1,7 5,00	1,1	0,83 3,55	1,4	1,5 4,00	0,3		1,0	1,95	1,89

Залежність між $\lg K_{ст}$ та співвідношенням розміру порожнини краун-етера з діаметром катіону лишається такою ж, як і для 14—18-членних краун-етерів у водних розчинах [2].

Вплив замісників у 18-членному краун-кільці на величину $\lg K_{ст}$ незначний, але може залежати від природи катіона. Наприклад, значення $\lg K_{ст}$ комплексів K⁺ та Cs⁺ з дициклогексил-18-краун-6 більші, ніж з дибензо-18-краун-6, а для Na⁺ спостерігається зворотна залежність [2].

Вплив хімічної природи інших розчинників на стійкість комплексів видно з табл. 2.

Таблиця 2. Логарифми констант стійкості комплексів металів з краун-етерами складу 1:1 у різних розчинниках

Краун-етер	Розчинник	Na ⁺	K ⁺	Rb ⁺	Cs ⁺	Pt ⁺
18C6	Вода	0,8	2,03	1,56	0,99	2,27
	Вода:Метанол (7:3)	2,76	4,33	3,46	2,84	
	Метанол	4,32	6,10		4,62	
	Диметилсульфоксид				3,04	
	Диметилформамід				3,95	
	Пропіленкарбонат				4,17	
B18C6	Вода		2,0			4,60
	Метанол		5,20			
	Ацетон	4,72	5,1			
	Ацетонітрил	4,90	5,30	4,40	4,05	5,70
DB18C6	Вода	1,2	1,7	1,1	0,83	1,5
	Метанол	4,36	5,0		3,55	4,0
	Диметилсульфоксид	3,31	3,43	3,37	3,31	
	Диметилформамід	3,34	3,55	3,54	3,49	3,45
	Пропіленкарбонат	3,87	5,08	3,76	3,52	
	Ацетонітрил	5,0	4,70	3,70	3,50	4,90
	Ацетон	4,6			3,0	

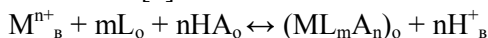
Як правило, при переході до неводних розчинників стійкість комплексів зростає. Це особливо помітно для малополярних розчинників з низькою сольватуючою здатністю. В деяких випадках природа розчинника впливає на селективність комплексоутворення. Так, для комплексів дибензо-18-краун-6 з лужними металами виявляється K⁺- вибірковість і стійкість у воді, метанолі, диметилсульфоксиді, диметилформаміді та пропіленкарбонаті змінюється в ряду K⁺ > Na⁺ > Rb⁺ > Cs⁺ [3].

Комплексні сполуки металів з краун-етерами у воді чи органічних розчинниках, взятих окремо, мало використовуються в аналітичній практиці. Найбільш перспективним є використання краун-етерів як екстрагентів для вибіркового вилучення металів з водної фази в органічну з метою їх розділення.

Екстракція в аналізі є одним з найбільш поширених методів розділення сумішей елементів і їх концентрування перед заключним визначенням. Для вирішення цього завдання необхідні перш за все високовибіркові реагенти, до числа яких можна віднести макроциклічні поліетери, тим паче, що в деяких випадках вибірковість реакцій комплексоутворення йонів металів з макроциклічними лігандами при екстракції зростає [4].

Якщо заряд катіонного комплексу MLⁿ⁺, що утворюється у водній фазі, нейтралізувати протийоном (наприклад, аніоном вихідної солі), то така йонна пара, завдяки гідрофобності краун-етера, може вилучатися органічними розчинниками. Вилучення найбільш ефективно для солей, що мають об'ємні і «м'які» аніони.

Утворення комплексів з краун-етерами та їх розподіл в органічну фазу можна описати такою схемою [5]:



або



Константи екстракції для цих процесів рівні, відповідно:

$$K^*_{ex} = [ML_mA_n]_o [H^+]^n_B / [M^{n+}]_B [L]_o^m [HA]_o^n$$

та

$$K_{ex} = [ML_mA_n]_o / [M^{n+}]_B [L]_o^m [A^-]_B^n$$

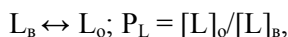
Константи K^*_{ex} та K_{ex} пов'язані між собою співвідношенням:

$$K_{ex} = K^*_{ex} / K_{ex(HA)}^n,$$

де

$$K_{ex(HA)} = [HA]_o / [H^+]_B [A^-]_B.$$

На екстракційні властивості систем з краун-етерами значною мірою впливає розподіл самих краун-етерів між водою та органічним розчинником. Процес розподілу краун-етерів між водною та органічною фазами при їх співіснуванні можна описати таким рівнянням:



де P_L — константа розподілу краун-етера, що характеризує екстракційну здатність розчинника стосовно розподілюваної речовини. Чим вище значення константи розподілу, тим краще при інших рівних умовах краун-етер переходить в органічну фазу. Для одних і тих же розчинників константи розподілу зростають зі збільшенням гідрофобності макроциклу, а при переході від одного розчинника до іншого P_L зростає зі збільшенням розчинності краун-етера в органічному розчиннику [6; 7].

Значний вплив на величини констант екстракції комплексів, що утворюються у водній фазі, має співвідношення між розмірами порожнини краун-етера та діаметром катіона металу. Залежно від природи катіона для полі-етерів з різними розмірами порожнини спостерігаються такі ряди зміни K_{ex} пікратів у системі бензен — вода (табл. 3):

Таблиця 3. Логарифми констант екстракції пікратів ряду металів краун-етерами

Краун-етер	Розчинник	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Rb ⁺	Cs ⁺	Ag ⁺	Ca ²⁺	Ba ²⁺	Sr ²⁺	Pb ²⁺
12C4	Бензен	0,77	0,95	0,57	0,29	0,21					
15C5	Бензен	1,29	3,90	2,58	2,14	1,90	4,45	3,71	5,19	5,69	6,45
B15C5	Бензен	1,26	3,29	1,93	1,44	1,08					
18C6	Бензен	1,92	3,39	5,97	5,43	4,38	4,44	7,02	9,71	9,71	11,74
	Хлороформ	3,53	4,29	6,11	5,77	5,28		7,81	8,86	9,34	
DB18C6	Бензен		2,21	4,65	3,75	3,07	3,6	4,00		5,37	7,15
	Хлороформ		2,1	4,7	4,2	3,2	3,3			4,9	6,6
DC18C6	Хлористий метилен		4,20	6,36							
DB24C8	Бензен	0,67	2,05	2,79	3,00	3,15	3,09	3,06	6,85	3,98	6,31

12C4:	$Cs^+ < Rb^+ < K^+ < Li^+ < Na^+$;
15C5:	$Li^+ < Cs^+ < Rb^+ < K^+ \ll Tl^+ < Na^+ < Ag^+$; $Ca^{2+} < Ba^{2+} < Sr^{2+} < Pb^{2+}$;
18C6:	$Li^+ \ll Na^+ < Cs^+ < Ag^+ < Rb^+ < K^+ < Tl^+$; $Ca^{2+} < Hg^{2+} < Sr^{2+} < Ba^{2+} \ll Pb^{2+}$;
24C8:	$Li^+ \ll Na^+ < K^+ < Rb^+ < Ag^+ < Cs^+ < Tl^+$; $Ca^{2+} < Sr^{2+} \ll Pb^{2+} \ll Ba^{2+}$.

Виходячи з відповідності розмірів порожнини краун-етера та діаметра катіона-комплексуювача, слід було очікувати, що найбільш високі значення K_{ex} спостерігатимуться для комплексів Li^+ з 12C4, Na^+ з 15C5, K^+ з 18C6 та Cs^+ з 24C8. Однак ця закономірність іноді порушується. Так, 12C4 краще вилучає Na^+ , а не Li^+ . Часто із закономірностей, побудованих на основі залежності значень K_{ex} від діаметра катіона, випадають йони Ag^+ і Tl^+ — серед однозарядних катіонів і катіони Pb^{2+} і Hg^{2+} — серед двозарядних [8].

Отже, кореляційні залежності між екстракційними властивостями краун-етерів і відповідністю розмірів порожнини краун-етера діаметра катіона-комплексуювача спостерігається лише у випадку жорстких катіонів лужних і лужноземельних металів.

Як правило, для внутрішньосферних комплексів металів з краун-етерами спостерігається гарна кореляція між стійкістю їх у воді та значеннями констант екстракції органічними розчинниками — чим вища стійкість комплексів у воді, тим легше вони переходять в органічну фазу (табл. 1 і 3). Хоча однозначної залежності не спостерігається. Так, для 15C5 найвищу K_{ex} маємо для Na^+ , хоча найбільш стійкий комплекс з 15C5 утворює Cs^+ [9]. Це, ймовірно, можна пояснити зміною будови гідратної оболонки катіона під час екстракції.

Значною перевагою використання краун-етерів як реагентів для екстракції катіонів металів відносно інших типів лігандів є їх висока вибірковість. Відомо, що селективність комплексоутворення має вирішальне значення для розділення близьких за властивостями елементів, і використання екстракції часто дає змогу підвищити ефективність такого розділення. Селективність комплексоутворення можна визначити за різницею значень логарифмів констант стійкості (екстракції) комплексів двох елементів:

$$\Delta \lg K = \lg K_1 - \lg K_2.$$

При переході до екстракції можна досягти більш високих значень $\Delta \lg K_{ex}$. Так, значення $\Delta \lg K_{ex}$ для комплексів K^+ та Na^+ з 15C5 рівне 0,04, з 18C6 — 1,23, а з DB18C6 — 0,5 (табл. 1). При екстракції ж пікратних комплексів цих металів бенzenом $\Delta \lg K_{ex}$ приймає, відповідно, такі значення: 1,32; 2,58; 2,44 (табл. 3).

Вибірковість вилучення металів при допомозі краун-етерів суттєво змінюється залежно від хімічної природи розчинника (табл. 3). Наприклад, при вилученні Na^+ та Cs^+ у вигляді комплексів з DB18C6 і дипікріл-амін-аніоном у хлороформ, нітробензен, хлористий метилен і хлорбензен помітна вибірковість спостерігається стосовно Cs^+ , в той же час як константи розподілу цих металів у пропіленкарбонат і нітрометан практично рівні між собою.

Вивчено [10] вплив йонної сили розчину на екстракцію йонних асоціатів металів з краун-етерами та органічними аніонами. Показано, що збільшення йонної сили (від 0 до 0,4 М LiCl) при екстракції пікрату калію за наявності 18C6 дихлорметаном призводить до зменшення K_{ex} на 0,5 порядку. Доведено, що концентраційні K_{ex} комплексів, які добре екстрагуються, отримані за умов малих значень йонної сили, в межах похибки експерименту збігаються з термодинамічними. Для сполук, що погано екстрагуються, значення термодинамічних констант екстракції, визначені при великих значеннях йонної сили, повинні бути дещо вищими за концентраційні.

Помітний вплив на селективність екстракції має будова ліганда. Наприклад, макроциклічні складні етери на основі 18C6 краще екстрагують йони Li^+ , ніж Na^+ , K^+ та NH_4^+ , хоча константи екстракції останніх з 18C6 значно вищі. Таке явище можна пояснити наявністю складноетерних груп, які забезпечують найбільш сильну взаємодію з йонами літію. Зі збільшенням розміру порожнини краун-етера K_{ex} йонів Rb^+ та Cs^+ зростають і практично дорівнюють K_{ex} літію, що зумовлено більшою відповідністю розмірів краун-кільця та йонів Rb^+ і Cs^+ . Серед лужноземельних металів найбільш ефективно макроциклічними складними етерами вилучається Ca^{2+} .

При введенні в ароматичний цикл DB18C6 електронегативних замісників комплексоутворююча здатність краун-етера різко знижується. В той же час наявність винільної групи практично не впливає на властивості ліганда, а введення в ароматичний цикл DB18C6 α -оксиалкільної групи дещо підвищує його екстракційну здатність. Це пояснюється здатністю спиртових груп сольватувати аніони пікринової кислоти.

Заміна одного чи кількох атомів Оксигену в кільці макроцикла на атоми Нітрогену, Сульфуру, Фосфору, Силіцію, Арсену та інших елементів веде до утворення гетерокраун-сполук, які суттєво відрізняються від оксигеновмісних аналогів вибірковістю комплексоутворення [11]. Такі краун-етери можуть бути ефективними реагентами для екстракції не лише йонів лужних і лужноземельних металів, а й перехідних та ряду інших елементів.

Висновки

Досліджено й проаналізовано закономірності в екстракційних системах з використанням макроциклічних краун-етерів. Розглянуто фактори, що впливають на стійкість утворюваних комплексів у воді та неводних розчинниках. Доведена можливість використання цих екстракційних систем для селективного розділення, вилучення та визначення ряду катіонів металів.

Література

1. Фегтле Ф. Химия комплексов «гость-хозяин» / Ф. Фегтле, Э.Вебер. — Москва : Мир, 1988. — 511 с.
2. Якшин В.В. Краун-эферы в экстракции и сорбции. I. Бромпроизводные бензо- и дибензокраун-эфиров в процессах сорбции элементов из кислых водных растворов / В.В. Якшин, О.М. Вилкова, С.М. Плужник-Гладырь, С.А. Котляр // Макрогетероциклы. — 2010. — Том 3 (2—3). — С. 114—120.
3. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. Методы химического анализа / Ю.А. Золотов. — Москва : Высшая школа, 2012. — 454 с.

4. *Абрамов А.А.* Экстракция катионов краун-эфирами / А.А. Абрамов // Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. — 2000. — Том 41, № 1. — С. 3—15.
5. *Якшин В.В.* Стереохимические особенности процессов экстракции краун-эфирами / В.В. Якшин // Химия и технология экстракции. — Москва : РХТУ, 2001. — Том 1. — С. 39—47.
6. *Сухан В.В.* Двухфазные экстракционные системы на основе ассоциатов трихлоруксусной кислоты с полиэфирами / В.В. Сухан, А.Ю. Назаренко, О.И. Крониковский // Украинский химический журнал. — 1989. — Том 55, № 11. — С. 1188—1191.
7. *Александров А.И.* Исследование структуры некоторых краун-эфиров в объемных образцах и пленках Ленгмюра-Блоджетт / А.И. Александров, А.В. Курносов, Т.В. Пашкова, О.Б. Аكوпова // Химия и химическая технология. — 2005. — Том 8, № 5. — С. 38—43.
8. *Назаренко А.Ю.* Экстракция карбоксилатов свинца в присутствии полиэфиров 18-краун-6 и ПЭГ-1500 / А.Ю. Назаренко, О.И. Крониковский, В.В. Сухан // Журнал неорганической химии. — 1987. — Том. 32, № 9. — С. 2233—2237.
9. *Сапрыкин Ю.В.* Экстракция цезия краун-эфирами в различных средах/ Ю.В. Сапрыкин, А.М. Сафиулина, Э.П. Магомедбеков, И.Г. Тананаев // Успехи в химии и химической технологии. — 2011. — Том XXV, № 7. — С. 33—37.
10. *Сухан В.В.* Аналитическое применение экстракции металлов 18-краун-6 в присутствии трихлорацетат-иона / В.В. Сухан, О.И. Крониковский, А.Ю. Назаренко // Журнал аналитической химии. — 1988. — Том XLIV, № 11. — С. 1953—1958.
11. *Хираока М.* Краун-соединения / М. Хираока.— Москва : Мир, 1986. — 363 с.

OBTAINING AND STABILIZATION PROPERTIES OF NANOSIZED SILICA(IV) OXIDE HYDROPHOBIZED BY 50%

Y. Kashyrina, A. Muratov, O. Miroshnikov, A. Marinin, G. Sokolsky
National University of Food Technologies

Key words:

Pickering emulsion
Nanoparticles
Hydrophobic silica
Emulsions
Cream

Article history:

Received 16.05.2018
Received in revised form
08.06.2018
Accepted 19.06.2018

Corresponding author:

Y. Kashyrina

E-mail:

Yasya.loba@gmail.com

ABSTRACT

Emulsifiers are necessary components for preparation of important food and cosmetic emulsions. Among them prevalence was gained by solid emulsifiers, so-called Pickering's emulsifiers, and the phenomenon has received the name of Pickering's stabilization. The conditions of food and cosmetic emulsions' stabilization due to Pickering's effect on a number of model systems were studied checking possibilities of theoretical prediction of conditions of the most effective emulsions' stabilization. The model food and cosmetic emulsions with solid nanoparticles of silica, which received by heat treatment of the hydrophobic silicon dioxide at the different conditions have been considered.

The subject of research was conditions of emulsions' stabilization by Pickering's nanoparticles. Searching for new emulsifier was made due to such reasons: emulsifier has to be cheap (as it gives essential contribution to the general cost value of finished goods at insignificant their concentration), available, harmless and, certainly, effectively stabilize emulsion's systems, reducing liquid-liquid interphase boundary energy. We have chosen the modified silicon dioxide which is inexpensive, available material, that is manufactured in Ukraine (Orisil M-200) and which was previously thermally processed for the purpose of decrease of hydrophobic groups' part on the surface and increase its stabilizing action. Degree of hydrophobicity of surface was determined by differential thermal and thermogravimetric analysis, and emulsifier was got from initial hydrophobic silica in the muffle furnace at certain temperature. Determination of the sizes of emulsifier's initial sample and after calcining was carried out by the dynamic light scattering method (Malvern Zetasizer Nano ZS). It was established that the optimum temperature and time, at which emulsifier with the best stability action is formed, are as follows: 600°C and 1 hour, respectively.

ОТРИМАННЯ ТА СТАБІЛІЗАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОРОЗМІРНОГО СИЛІЦІЙ(IV) ОКСИДУ, ГІДРОФОБІЗОВАНОГО НА 50%

Я.О. Каширіна, О.С. Муратов, О.М. Мірошников, А.І. Маринін,
Г.В. Сокольський

Національний університет харчових технологій

Емульгатори є необхідною складовою приготування важливих харчових і косметичних емульсій. Серед них інтерес викликають тверді нанорозмірні емульгатори Пікерінга, а саме явище отримало назву стабілізації за Пікерінгом. У статті досліджено умови стабілізації харчових і косметичних емульсій за Пікерінгом на прикладах декількох модельних систем і перевірено можливості теоретичного передбачення умов найбільш ефективної стабілізації емульсій. Розглянуто модельні харчові та косметичні емульсії з введеними твердими наночастинками кремнезему, отриманих термічною обробкою гідрофобного кремнезему при різних режимах.

Предметом дослідження є умови стабілізації емульсій твердими наночастинками за Пікерінгом. Пошук нового емульгатора відбувався з огляду на такі міркування: емульгатор має бути недорогим (оскільки при незначній своїй концентрації він дає суттєвий внесок у загальну собівартість готової продукції), доступним, нешкідливим та, зрозуміло, ефективно стабілізувати емульсійні системи, зменшуючи поверхневий натяг на межі поділу фаз рідина-рідина. Нами був обраний гідрофобізований кремнезем, який є недорогим і доступним, виробляється в Україні (Орисил М-200), і який попередньо термічно обробили з метою зменшення частки гідрофобних груп на поверхні та збільшення його стабілізуючої дії. Контроль ступеня гідрофобності поверхні виконували методом дериватографії, а сам емульгатор отримувався прожарюванням вихідного гідрофобного кремнезему у муфельній печі при визначеній температурі. Визначення розмірів вихідного й термообробленого зразку проводилося методом динамічного розсіювання світла (Malvern Zetasizer Nano ZS). Встановлено, що оптимальна температура та час, при яких утворюється емульгатор з найкращою стабільністю готової емульсії, складає 600°C та 1 година відповідно.

Ключові слова: *емульсії Пікерінга, наночастинки, гідрофобізований кремнезем, емульсії, крем.*

Постановка проблеми. Емульгатори є одними з найпоширеніших добавок до харчових продуктів, які додають з метою створення й стабілізації емульсій та інших харчових дисперсних систем. Це стандартний інгредієнт майонезу та інших готових соусів, маргаринів і спредів, вершкового масла, шоколаду, морозива. Емульгатори визначають консистенцію харчового продукту, його пластичні властивості та в'язкість.

Кремнезем отримав поширення як засіб проти злежування порошків, наприклад, при виробництві сипучих приправ для снєків. До переваг слід віднести його низьку собівартість і фізіологічну інертність, тобто у нього

немає протипоказань щодо його дії на органи шлунково-кишкового тракту. Крім цього, кремнезем може використовуватися як твердий стабілізатор в емульсіях (явище стабілізації Пікерінга), проте найкращим чином після певного модифікування [1].

У попередньому нашому дослідженні [2] розглянуто математичну модель і харчові й косметичні системи, в яких відбувається стабілізація емульсій за Пікерінгом твердими наночастинками різної природи. Встановлено, що найбільшою стабілізуювальною здатністю характеризуються частинки SiO_2 , в яких 50% поверхні зайнято гідрофобними групами. Перевірити результати теоретичного моделювання [2] експериментально було завданням цієї статті, зокрема провести дослідження властивостей твердих емульгаторів з нанорозмірними частинками, здатності емульсій до стабілізації наночастинками, в тому числі частково гідрофобізованого аеросилу; оцінити можливості практичного використання одержаних результатів у технологіях харчових продуктів і косметичних засобів.

Мета статті: експериментально дослідити умови стабілізації харчових і косметичних емульсій за ефектом Пікерінга на прикладах декількох модельних систем і перевірити можливості теоретичного передбачення [2] умов найбільш ефективної стабілізації емульсій.

Матеріали і методи. Об'єктами дослідження були обрані модельні харчові та косметичні емульсії з введеними твердими наночастинками кремнеземів, отриманих термічною обробкою модифікованого кремнезему при різних режимах. Предметом дослідження є умови стабілізації емульсій твердими наночастинками за Пікерінгом.

В експериментальному дослідженні була використана льняна олія нерафінована та недезодорована першого холодного віджиму виробництва ТОВ «Агросільпром, Україна. Зразки гідрофобізованого Орисилу марки М-200 (ТУ 31695418-002-2003) витримували 1 годину на повітрі при температурах 200, 450, 600°C для видалення гідрофобних груп з поверхні. Одержані тверді зразки використовували для стабілізації емульсій. Маса речовини твердого емульгатора складала близько 80 мг на 40 мл емульсії. Для проведення термообробки та приготування емульсій залучали також гідрогель метилкремніевої кислоти «Ентеросгель» (ПрАТ «Креома-Фарм»).

Розмір і дзета-потенціал частинок визначали, використовуючи 1% суспензії порошку SiO_2 в олії льону. Усі зразки піддавалися ультразвуковій диспергації (протягом 5 хвилин). Розподіл за розмірами частинок і дзета-потенціал визначалися на приладі Malvern Nano Zetasizer ZS (Malvern Instruments Ltd., Великобританія) методом динамічного розсіювання світла (DLS). Відповідні параметри (в'язкість, показник поглинання та показник заломлення) були взяті з літератури. Для SiO_2 : коефіцієнт поглинання складає 0,1, показник заломлення 2,89; для води: в'язкість $1,0031 \cdot 10^{-4}$ Па·с, показник заломлення 1,33; для льняної олії: в'язкість $33,1 \cdot 10^{-4}$ Па·с, показник заломлення 1,48, густина 933 кг/м³ [3; 4]. Дзета-потенціал визначався електрофоретичною рухливістю частинок за рівнянням Смолуховського.

Готували зразки емульсії першого та другого типів зі співвідношеннями об'ємів рідких фаз вода-олія (1:1) та (1:3), відповідно, загальним об'ємом 40 мл.

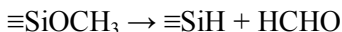
Використовували ультразвуковий метод диспергації на приладі BANDELIN UW 2070.

Деякі зразки аналізували методом ІЧ-спектроскопії для підтвердження гідрофобізації, яке здійснювали на інфрачервоному Фур'є спектрометрі ФСМ-1201 з комп'ютерним інтерфейсом, в області довжини хвиль 400—4000 см⁻¹. Зразки ретельно змішували з порошком КВг у співвідношенні 1:300 і пресували у прозорі таблетки — прямокутні пластинки розміром 5 · 26 мм². Термогравіметричні дослідження виконували на модернізованому в ІТТФ НАН України дериватографі Q-1000 виробництва фірми MOM (Угорщина). Умови проведення термічного аналізу: швидкість нагрівання зразка 7,36 К · хв⁻¹; температурний інтервал — від кімнатної до 1000°C; шкала ваг — 50 мг.

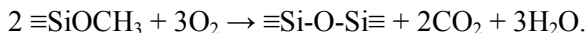
Підбір власної методики одержання емульсій за Пікерінгом виконували на основі даних [5; 6]. Метод отримання емульсій Пікерінга включав вибір певного співвідношення рідких фаз з однією концентрацією емульгатора, перемішування базовим гомогенізатором: ультразвуковим (потужністю 500 Вт протягом 2 хв) або механічним (6000 об. · хв⁻¹ протягом 60 с при 25°C) у послідовності, що визначалася кращою змочуваністю твердого емульгатора з однією з рідких фаз. Індекс стабільності отриманих емульсій Пікерінга визначався за зміною об'ємної частки фаз емульсії при відстоюванні протягом 30 хв, 4 діб і 2 тижнів. Тип емульсії перевірявся за допомогою крапельного тесту.

Результати і обговорення. *Термічна обробка Орисилу.* Гідрофобізований кремнезем знайшов широке застосування у фармацевті та інших галузях завдяки своїм унікальним властивостям щодо закріплення функціональних поверхневих груп різної природи. Нами обрано марку Орисил М-200 як оптимальну з точки зору розміру наночастинок і питомою поверхнею. Проведено термогравіметричне дослідження вихідного зразка Орисилу М-200 (рис. 1). За результатами аналізу кривої ДТА (рис. 1) видно, що спочатку відбуваються ендотермічні процеси десорбції води: фізично сорбованої (з ДТА-максимумом при 100°C), хімічно сорбованої (при 200°C). Інтенсивний максимум ендоефекту при 720°C з плечем при 590°C відповідає процесам деструкції за участю гідрофобних груп поверхні Орисилу з поступовим перетворенням силанольних груп у силоксанові при температурах 350—950°C. Аналіз ТГ і ДТГ залежностей показує відсутність чітко виражених ефектів, що, можливо, пов'язано з аморфізованістю матеріалу.

Відповідно до даних [7] щеплені метоксильні групи стійкі при нагріванні на повітрі до 170°C, а у вакуумі — до 430°C. При нагріванні до 600°C вони повільно розкладаються з утворенням силанових груп:



відповідно до [8], де автори спостерігали перехід від гідрофобного до гідрофільного стану. Це дало змогу зробити висновок про утворення на поверхні силанольних груп. На нашу думку, це може узгоджуватися з даними Г.В. Лісічкина за умови подальшого окиснення отриманої силанової групи киснем повітря. Отже, загальну реакцію такої термодеструкції поверхні гідрофобізованого кремнезему можна записати узагальненою формулою:



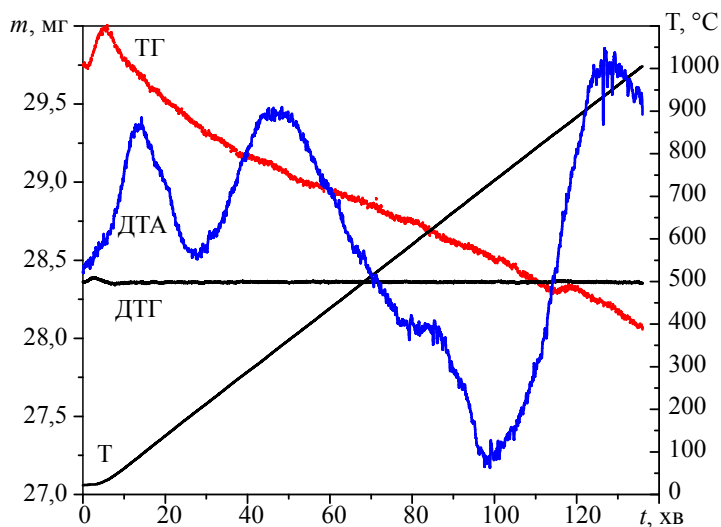


Рис. 1. Дериватограма вихідного зразку Орисилу М-200, швидкість нагрівання зразка $7,36 \text{ К} \cdot \text{хв}^{-1}$

Відповідно до результатів термогравіметричного аналізу при виборі режиму термообробки виходили з таких міркувань: нагрівання вихідного кремнезему при 200°C видаляє фізично сорбовану воду; при прожарюванні до 450°C силанольний покрив кремнезему значною мірою видаляється і концентрація поверхневих гідроксильних груп такого зразка знижується до $\sim 3 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2}$; концентрація поверхневих гідроксильних груп повністю гідроксильованого аморфного кремнезему становить $\sim 8 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2}$ [9; 10].

За даними термогравіметричного аналізу встановлено, що втрата маси за ефектом ДТА у діапазоні $350\text{—}950^\circ\text{C}$ (рис. 1) відповідає концентрації гідрофобних груп $1,19 \text{ ммоль} \cdot \text{г}^{-1}$.

Ураховуючи майже лінійний вигляд кривої ТГ в області температур $350\text{—}950^\circ\text{C}$, що відповідає перетворенням гідрофобних груп поверхні зразка, можна використати ефект ДТА для встановлення температури, де буде реалізовуватися ступінь гідрофобності в 50%, що має місце при температурі приблизно середини області розкладу на ТГ, тобто при 600°C .

Відповідно до ТУ У 24.1-31695418-002:2008, площа поверхні Орисилу М-200, заповненої цими групами, дорівнює $200 \text{ м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$, що, враховуючи вихідну концентрацію поверхневих груп, відповідає значенню $1,6 \text{ ммоль} \cdot \text{г}^{-1}$ та відрізняється від експериментальної у межах похибки. Таким чином, поверхня вихідного Орисилу повністю заповнена гідрофобними групами, і, як наслідок, для отримання необхідного 50%-гідрофільного кремнезему необхідно його нагріти до температури 600°C відповідно до рис. 1 і наших розрахунків.

Для перевірки цього припущення обирали три температури, при якій відпалювався зразок: 200 , 400 та 600°C протягом $0,5$ та 1 год. Час підбирався з метою підбору умов, коли взаємодіє весь об'єм матеріалу при його прожарюванні у печі.

Процес диспергації. Режим диспергації підбирали експериментальним шляхом. Варіювалися такі параметри, як час і потужність ультразвукової обробки. На підставі попередніх дослідів було обрано час 5 хв при потужності 80% з метою спостереження змін у стабільності емульсій, стабілізованих наночастинками кремнезему з різним ступенем гідрофобізації. Стабільність емульсій оцінювали в часі за розшаруванням її компонентів (рис. 2). З рис. 2 видно, що найменше розшарування та найкраща стабілізація характерні для зразка, термообробленого при 600°C протягом 1 години. Незначна відмінність зразка 3, ймовірно, пояснюється неповним видаленням фізично адсорбованої води та гідроксогруп водночас із частковою деструкцією гідрофобних груп, бо час обробки був мінімальним і складав 30 хв при 600°C.

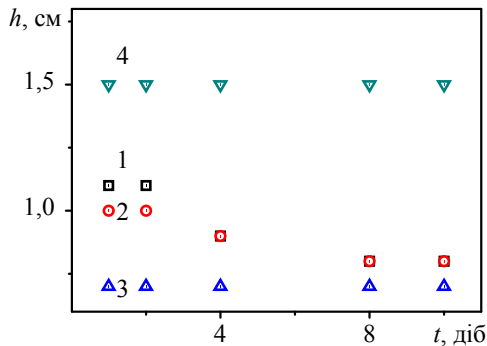


Рис. 2. Залежність висоти шару жирової фази прямої емульсії від часу: 1 — вихідний зразок М-200; 2 — термооброблені при 450°C; 3 — при 600°C (0,5 год); 4 — при 600°C (1 год)

Дослідження розміру частинок у льняній олії показало, що внаслідок відпалу вихідних гідрофобних зразків при 600°C спостерігається їх укрупнення (рис. 3—4), що може пояснюватися взаємодією не лише силанольних груп на одній поверхні, а й «зшиванням» між поверхневими групами, які належать до різних частинок, закріплюючи таким чином їх агрегацію. Спостерігається звуження розподілу за розміром після термообробки зразка Орисилу при 600°C.

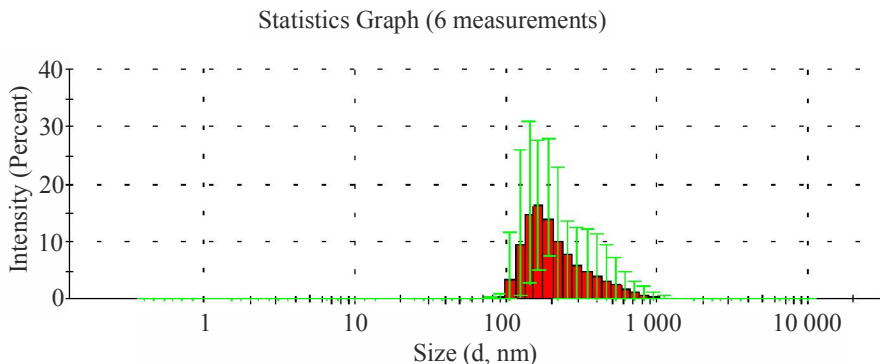


Рис. 3. Розподіл частинок за розмірами для вихідного Орисилу М-200, диспергованого у льняній олії

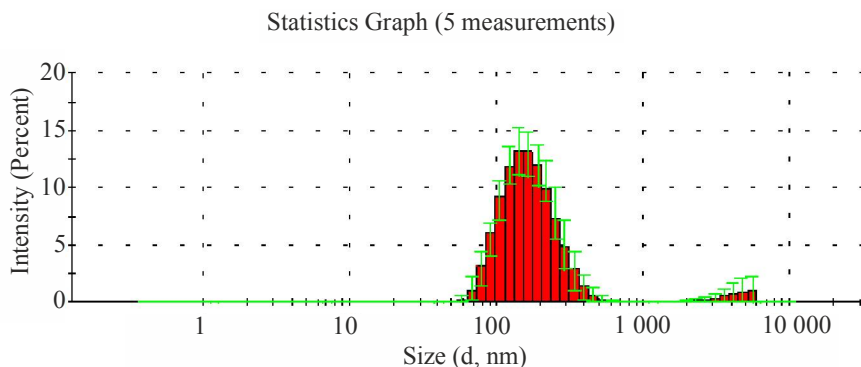


Рис. 4. Розподіл частинок за розмірами для термообробленого Орисилу М-200 при 600°C протягом 1 год, диспергованого у льняній олії

Гідрофобні та кислотно-основні властивості поверхні твердих наноматеріалів. ІЧ-спектроскопічне дослідження здійснювали для виявлення алкільних груп поверхні кремнезему та коливань різних типів води, в тому числі ОН-груп від силанольних груп на поверхні кремнезему. Результати ІЧ-спектроскопічного дослідження наведено на рис. 5—6.

Підтверджено наявність алкільних груп у досліджених зразках за валентними коливаннями зв'язку С—Н у діапазоні 2 800—3 000 cm^{-1} .

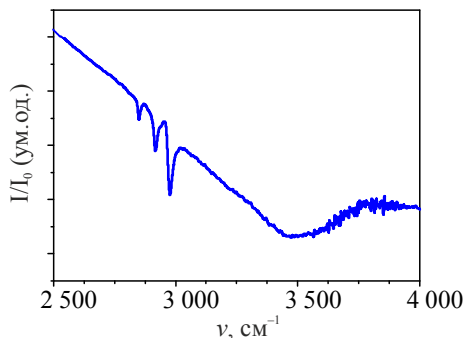


Рис. 5. ІЧ-спектр зразка «Ентеросгелю» у діапазоні 2500—4000 cm^{-1}

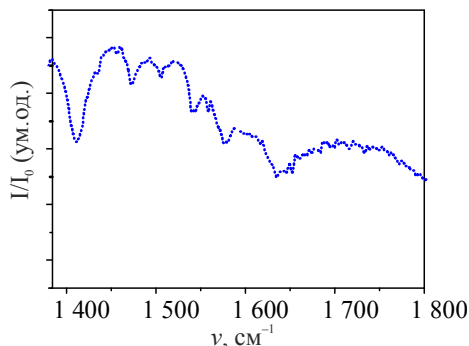


Рис. 6. ІЧ-спектр зразка «Ентеросгелю» у діапазоні 1380—1800 cm^{-1}

Практичне використання отриманого емульгатора у виробництві емульсійного крему. Запропонований емульгатор успішно використаний для розробки рецептури емульсійного крему з екстрактом *Amanita muscaria*, де як дисперсна фаза виступала соняшникова олія, дисперсійне середовище — дистильована вода. Підтвердження того, що емульсія є прямою, надав емульсійний тест, де під мікроскопом видно крапельки олії, що розподілені у забарвленій водорозчинним барвником воді. Рецептура запропонованого крему наведена в таблиці.

Таблиця. Рецептура оптимального емульсійного крему з екстрактом *Amanita muscaria*

Назва	Маса компонента в грамах	Вміст у %
1	2	3
Олія соняшникова	33,5	37,10

1	2	3
Віск бджолиний жовтий,соти	3,0	3,3
Екстракт <i>Amanita muscaria</i>	2,3	2,55
Вода дистильована	31,2	34,6
Парфум «Акація»	0,2	0,2
Какао масло	6,9	7,6
Кокосове масло	4,5	5,0
Розчин натрію тетраборату	0,4	0,4
Гідролізат протеїнів шовку	3,8	4,2
Кремнезем	1,8	2,0
Гліцерин	2,3	2,55
Барвник харчовий, блакитний	0,3	0,3
Запашка «Тирамісу»	0,1	0,1
Всього	90,3	100

Результати дослідів з отримання емульсійного крему показали, що утворилась однорідна емульсія, де було помітне забарвлення крапель водної фази, оскільки харчовий барвник краще розчинний у воді. Всі компоненти добре розчинились у відповідних фазах та утворили емульсію, яка не розшарувалась. Консистенція крему за органолептичними показниками відповідає вимогам до емульсійних кремів. Тож утворений емульсійний крем свідчить про коректність підібраних компонентів, та їх масових співвідношень між собою в заданій рецептурі. Оптимальний вміст кремнезему становить близько 2 г на 100 г продукту.

Висновки

1. Запропоновано використовувати для перевірки ефекту стабілізації емульсій за Пікерінгом наночастинки гідрофобізованого кремнезему Орисилу (М-200), відпалені при різних температурах. За нашими даними математичного моделювання 50% гідрофільний кремнезем має оптимальні властивості, що знайшло експериментальне підтвердження, враховуючи повне видалення органіки з поверхні кремнезему до 1000°C та найкращі параметри стабільності в зразка Орисилу М-200, відпаленого при 600°C.

2. Методом термогравіметрії обґрунтовано режим термообробки зразків Орисилу М-200, а методом динамічного розсіювання світла показано, що відпал закономірно призводить до спікання частинок, проте такий процес є несуттєвим і не погіршує стабілізаційні властивості кремнезему, підтверджено наявність алкільних груп у зразках твердого стабілізатора методом ІЧ спектроскопії.

3. Опрацьовано метод ультразвукової та механічної диспергації для одержання емульсії вода — льняна олія з використанням модифікованого кремнезему Орисилу марки М-200 як стабілізатора у порівнянні з системою без стабілізатора. Підтверджено, що найкращими стабілізувальними властивостями характеризується кремнезем, що попередньо відпалений при 600°C протягом 1 години з метою часткового зменшення гідрофобності поверхні.

Література

1. *Binks B.P.* Solid Wettability from Surface Energy Components: Relevance to Pickering Emulsions / B.P. Binks, J.H. Clint // *Langmuir*. — 2002. — V. 18, issue 4. — P. 1270—1273.
2. Mathematical modeling of Pickering emulsions stabilization process by solid nanoparticles / Y.Kashyrina, O. Muratov, G. Sokolskyi, O. Miroshnikov // *Ukrainian Food Journal*. — 2017. — № 6. — P. 524—533.
3. *Thomas A.* Fats and Fatty Oils / A. Thomas, B. Matthäus, H. Fiebig // *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. — Weinheim: Wiley-VCH, 2015. — P. 1—84.
4. *Shahidi F.* Bailey's Industrial Oil and Fat Products, 6th Edition / F. Shahidi. — Hoboken, N.J. : John Wiley & Sons, 2005. — 3687 с.
5. *Frelichowska J.* Pickering emulsions with bare silica / J. Frelichowska, M. Bolzinger, Y. Chevalier. // *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*. — 2009. — # 343. — P. 70—74.
6. *Ossenkamp G.C.* New Approaches to Surface-Alkoxyated Silica with Increased Hydrolytic Stability / G.C. Ossenkamp, T. Kemmitt, J.H. Johnston // *Chem. Mater.* — 2001. — # 13. — P. 3975—3980.
7. Химия привитых поверхностных соединений / Под ред. Г.В. Лисичкина. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 592 с.
8. Effect of solvent exchanging process on the preparation of the hydrophobic silica aerogels by ambient pressure drying method using sodium silicate precursor / A.P.Rao, A.V. Rao, G.M. Pajonk, P.M. Shewale. // *Journal of Materials Science*. — 2007. — # 42. — P. 8418—8425.
9. Получение прямых эмульсий, стабилизированных наночастицами SiO₂ / Д.А. Быданов, К.В. Паламарчук, М.Ю. Королева, Е.В. Юртов. // *Успехи в химии и химической технологии*. — 2015. — № 29. — С. 102—104.
10. *Zuravlev L.T.* Surface concentration of hydroxyl groups on amorphous silicas having different specific surface areas / L.T. Zuravlev, A.V. Kiselev // *International simposium: International union of pure and applied chemistry*. Butterworths. London. — 1969. — P. 155—160.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Наукові праці Національного університету харчових технологій» запрошує вас до публікації наукових праць.

До друку приймаються рукописи, які раніше не були опубліковані в друкованих та електронних виданнях. Автор, який подає матеріали до друку, зберігає за собою всі авторські права та надає відповідному виданню право першої публікації, дозволяючи розповсюджувати даний матеріал із зазначенням авторства й джерела первинної публікації, а також погоджується на розміщення її електронної версії на сайті Національної бібліотеки ім. В.І. Вернадського та у відкритому доступі в електронній мережі університету і на сайті журналу <http://journal.nuft.edu.ua>. Автор надає право редакційній колегії на рецензування та відхилення поданих для опублікування матеріалів. В одному номері може бути опублікована лише одна стаття автора (як власна, так і в 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 роздрукувань на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word). У тексті статті не повинно бути порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані. Обсяг статті має бути не менший 15 тис. знаків і не перевищувати 24 тис. знаків (як виняток, не більше 40 тис. знаків).

ПОСЛІДОВНІСТЬ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАТТІ

1. Індекс УДК.
2. Назва статті (англійською та українською мовами).
3. Ініціали та прізвища авторів англійською та українською мовами (не більше чотирьох авторів).
4. Анотація англійською та українською мовами (1 800 символів з пробілами). Анотація має містити коротку інформацію про мету, об'єкт та методику досліджень, основні результати й рекомендації щодо їх застосування.
5. Ключові слова (5—6 слів/ключових словосполучень англійською та українською мовами).
6. Структура текстової частини:
 - постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями;
 - аналіз останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор;
 - формулювання мети статті;
 - викладення основного матеріалу;
 - висновки і перспективи подальших наукових досліджень.
7. Після тексту статті в алфавітному або порядку цитування в тексті наводиться список літературних джерел (не менше п'яти джерел, не більше дванадцяти). Бібліографічні описи оформляються згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1:2006, ДСТУ ГОСТ 7.80:2007 і ДСТУ3582:2013. У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на наукові праці останніх років. Також слід обмежити посилання на власні публікації, оскільки це знижує наукову цінність статті та індекс цитування автора.