



2016

НАУКОВІ ПРАЦІ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 22 № 4

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

КИЇВ ✧ НУХТ ✧ 2016

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 # 13 of May, 2016

© NUFT, 2016

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 № 13 від 31 травня 2016 року

© НУХТ, 2016

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

Головний редактор Editor-in-Chief	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Анатолій Українець Anatoliy Ukrainets	
Заступник головного редактора Deputy chief editor	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Тетяна Мостенська Tatiana Mostenska	
Відповідальний секретар Accountable secretary	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Юрій Пенчук Yuriy Penchuk	

Члени редакційної колегії:

Анатолій Зайнчковський Anatoly Zainchkovskiy	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Анатолій Король Anatoly Korol	д-р фіз.-мат. 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
Анетта Зелінська Anetta Zielinska	д-р екон. наук, проф., Польща Ph. D. Hab., Prof., Wroclaw University of Economics, Poland
Брайан Мак Кенна Brian McKenna	д-р техн. наук, проф., Ірландія Ph. D. Hab., Prof., University College Dublin, Ireland
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 Чередниченко Galina Cherednichenko	канд. педагог. наук, доц., Україна Ph. D. As., 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
Єлизавета Костенко Jelyzaveta Kostenko	д-р хім. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Єлизавета Смірнова Jelyzaveta Smirnova	канд. філол. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Іван Малежик 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
Лариса Арсеньєва Larisa Arsenyeva	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Леонід Дегтярьов Leonid Dehtiarov	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Микола Прядко Mykola Pryiadko	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Михайло Мартиненко Michail Martynenko	д-р фіз.-мат. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Наталія Гусятинська Natalia Gusyatynska	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Бараненко Oleksandr Baranenko	д-р техн. наук, проф., Росія Ph. D. Hab., Prof., National Research University of Information Technologies, mechanics and optics, Russia
Олександр Бутнік-Сіверський Oleksandr Butnik-Siverskyi	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Карпов Oleksandr Karpov	д-р біол. 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
Олександр Полумбрик Oleksandr Polumbryk	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
Хууб Лелієвельд Huub Lelieveld	Нідерланди Ph. D. Hab., Prof., President of the Global Harmonization Initiatives, Netherlands

ЗМІСТ

Автоматизація та інформаційні технології

Пупена О.М., Міркевич Р.М., Полупан В.В. Використання віртуальних лабораторних робіт з дисципліни «Промислові мережі та інтеграційні технології»

Ладанюк А.П., Безуглов А.О. Підвищення якості регулювання технологічних об'єктів на основі нейронечітких методів

Лاپін М.В., Сідлецький В.М. Використання систем нечіткої логіки для динамічного управління потужністю парових котлоагрегатів

Рішан О.Й., Воронцов О.О. Пристрій для лінеаризації характеристик первинних вимірювальних перетворювачів

Луцька Н.М., Власенко Л.О., Циганенко В.В. Особливості моделювання систем керування технологічними об'єктами з невизначеностями

Біотехнологія і мікробіологія

Пирог Т.П., Павлюковець І.Ю., Савенко І.В. Особливості синтезу поверхнево-активних речовин *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 на пересмаженій соняшниковій олії

Економіка і соціальний розвиток

Жужукіна Н.І. Економічна безпека підприємств харчової промисловості в сучасних умовах

Макалендра Д.А., Білоусов Д.Ю., Лівар О.В., Кузьмін О.В. Розвиток готельної індустрії в Україні

Омельченко К.Ю. Вирішення основних проблем вирощування сої як шлях забезпечення продовольчої безпеки країни

Чорна Т.М., Слободян О.П., Нецадим Л.П., Засць В.А. Медико-соціальні наслідки аварії на Чорнобильській атомній електростанції

Менеджмент

і стратегічне управління

Тур О.В. Теоретичні основи стратегічного управління і здійснення стратегічного планування

Рибінцев В.О., Головань О.О., Маркова С.В. Вплив інструментів прямого маркетингу на лояльність клієнтів продуктової мережі супермаркетів

Репіч Т.А. Оптимізація роботи з клієнтами шляхом проведення XYZ-аналізу

Охорона праці і цивільний захист

Гуць В.С., Коваль О.А. Безпека атракціонів

Процеси і апарати харчових виробництв

Долінський А.А., Коник А.В., Радченко Н.Л., Целень Б.Я. Вплив адіабатичного закипання на водневий показник води

CONTENTS

Automation and Information Technologies

7 Pupena O., Mirkevych R., Polupan V. Using virtual laboratories for teaching the discipline "Industrial networks and integration technologies"

17 Ladanyuk A., Bezuhlov A. Improving the quality of technological objects control based on neuro-fuzzy methods

24 Lapin V., Sidletskiy V. Using fuzzy logic systems for dynamic power control of steam boilers

32 Rishan O., Vorontsov O. Device for linearization of characteristics of primary measuring converters

41 Lutska N., Vlasenko L., Tsyhanenko V. Features of modelling control systems of technological objects with uncertainties

Biotechnology and Microbiology

48 Pirog T., Pavliukovets I., Savenko I. Peculiarities of surfactants synthesis by *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 on refried sunflower oil

Enterprise Economy and Social Development

55 Zhuzhukina N. Economic security of food industry in modern conditions

61 Makalendra D., Bilousov D., Livar O., Kuzmin O. Development of hotel industry in Ukraine

76 Omelchenko K. Solving the basic problems of growing soy as a way to ensure food security

83 Chorna T., Slobodyan O., Neshchadym L., Zayets V. Medical and social consequences of the Chernobyl accident

Business Administration and Strategic Management

92 Tur O. Theoretical basis of strategic management and strategic planning performance

101 Rybintsev V., Holovan O., Markova S. Direct marketing instruments impact on grocery supermarket chain customer loyalty

110 Repich T. Optimization of customer service through XYZ-analysis

Occupational Health and Civil Protection

120 Goots V., Koval O. Safety of amusement rides

Processes and Equipment for Food Industries

128 Dolinsky A., Konyk A., Radchenko N., Tselen B. Influence of adiabatic boiling on water pH value

- Десик М.Г., Теличкун Ю.С., Литовченко І.М., Теличкун В.І. Математичне моделювання прогріву тістової заготовки циліндричної форми
Дубковецький І.В., Малезник І.Ф., Бурлака Т.В. Вплив швидкості теплоносія на основні тепломасообмінні параметри конвективно-терморадіаційного сушіння культивованих грибів
Єщенко О.А., Роман Т.О., Мазуренко О.Г. Експериментально-статистичне моделювання процесу сушіння шапинки і ніжки гриба шампінйона
- Тепло- і енергопостачання**
- Грабова Т.Л., Гапонич Л.С. Розробка ефективних і екологічно безпечних середовищ для високотемпературного охолодження
- Харчові технології**
- Стеценко Н.О., Сімахіна Г.О., Гойко І.Ю., Халасіна С.В. Дослідження антиоксидантних властивостей антоціанів як необхідних компонентів харчових продуктів в екстремальних умовах життєдіяльності
Пушка О.С., Гавриш А.В., Неміріч О.В., Іщенко Т.І. Технологічні властивості кулінарного напівфабрикату для пюреподібних перших страв
Фоміна І.М., Ізмайлова О.О. Зміна якості пшеничних зернових пластівців підвищеної біологічної цінності під час зберігання
Кравченко М.Ф., Ярошенко Н.Ю. Дослідження технологічних властивостей фітопорошків
Сильчук Т.А., Назар М.І. Аналіз впливу клітковини картоплі на основні процеси в тісті
Запаренко Г.В., Олійник С.Г., Самохвалова О.В., Артамонова М.В. Вивчення показників якості зернового пшеничного і полб'яного хліба під час зберігання
Хацкевич Ю.М., Щербакова Т.В., Селютіна Г.А. Застосування олій купажованих у виробництві майонезів
Головко М.П., Кузнецова Т.О., Головко Т.М., Скляр А.О. Вивчення комплексу гідроколоїдів і встановлення їх взаємного впливу на утворену структуру драглів
Хомич Г.П., Левченко Ю.В., Горобець О.М., Попова Н.В. Вторинні продукти переробки хеномелесу — джерело біологічно активних речовин
Святненко Р.С., Українець А.І., Маринін А.І., Кочубей-Литвиненко О.В. Вплив імпульсних електричних полів на склад і властивості незбираного молока
- 134 Desyk M., Telychkun Yu., Lytovchenko I., Telychkun V. Mathematical modelling of heating the dough pieces of cylindrical shape
141 Dubkovetskiy I., Malezhik I., Burlaka T. Influence of speed coolant on the main heat and mass transfer parameters of convective thermoradiation drying of cultivated mushrooms
149 Yeshchenko O., Roman T., Mazurenko A. Experimental and statistical modeling of the drying of hats and stems of champignons
- Heat and Electricity**
- 156 Grabova T., Haponych L. Development of effective and eco-friendly media for high-temperature cooling
- Food Technology**
- 167 Stetsenko N., Simakhina G., Goyko I., Khalapsina S. Research of antioxidant properties of anthocyanins as the perspective components for foodstuffs in extreme conditions of life activity
175 Pushka O., Gavrysh A., Nemirich A., Ishchenko T. Technological properties of a culinary semi-finished product for pureed soup
185 Fomina I., Izmailova O. Quality change of wheat cereals with increased bioavailability in the process of storage
192 Kravchenko M., Yaroshenko N. Research of technological properties of vegetable powders
199 Silchuk T., Nazar M. Effect of potato fiber on the main processes in the dough
205 Zaparenko A., Oliynyk S., Samokhvalova O., Artamonova M. Investigating quality indexes of grain wheat and emmer bread during its storage
214 Khatskevych Yu., Sherbakova T., Selyutina G. Use of blended oils in mayonnaise production
222 Golovko M., Kuznetsova T., Golovko T., Sklyar A. Studying the complex of hydrocolloids and establishing their mutual impact on the formed jelly structure
231 Khomich G., Levchenko Y., Horobets A., Popova N. Secondary processing products of chaenomeles as a source of biologically active substances
246 Svyatnenko R., Ukrainets A., Marynin A., Kochubei-Lytvynenko O. Effect of pulsed electric fields on the structure and properties of whole milk

USING VIRTUAL LABORATORIES FOR TEACHING THE DISCIPLINE “INDUSTRIAL NETWORKS AND INTEGRATION TECHNOLOGIES”

O. Pupena, R. Mirkevych, V. Polupan
National University of Food Technologies

Key words: <i>Distance education</i> <i>Automation</i> <i>Virtual laboratory</i> Article history: Received 01.03.2016 Received in revised form 02.04.2016 Accepted 15.04.2016 Corresponding author: O. Pupena E-mail: pupena_san@ukr.net	ABSTRACT The problem of traditional laboratories used for teaching the automation specialists and the approaches for creation remote and virtual laboratories are reviewed in this paper. The use of virtual laboratories at the Department of Integrated and Automated Control Systems of the National University of Food Technologies is presented. The requirements and variants are proposed for the laboratories used for teaching the discipline “Industrial Networks and Integration Technologies”. The results and experience of practical use of virtual laboratories in distance learning are presented.
---	---

ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ «ПРОМИСЛОВІ МЕРЕЖІ ТА ІНТЕГРАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

О.М. Пупена, Р.М. Міркевич, В.В. Полупан
Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто проблеми використання традиційних фізичних лабораторій при підготовці спеціалістів з автоматизації та проведено огляд підходів до побудови дистанційних і віртуальних лабораторій. Показано досвід використання віртуальних лабораторних робіт на кафедрі інтегрованих автоматизованих систем управління Національного університету харчових технологій. Наведено вимоги, запропоновано варіанти побудови лабораторних робіт з дисципліни «Промислові мережі та інтеграційні технології». Також представлено результати та досвід практичного використання віртуальних лабораторій під час дистанційного навчання студентів.

Ключові слова: дистанційна освіта, автоматизація, віртуальна лабораторія.

Постановка проблеми. Одним із ключових завдань практичної підготовки інженерів з автоматизації є усунення розбіжностей між класичними теоретичними курсами та реальною практикою. З розвитком інформаційних технологій великої популярності набуває дистанційне навчання з використа-

нням віртуальних лабораторних робіт, які частково або повністю замінюють, а в деяких випадках доповнюють фізичні лабораторії. У даній статті пропонуються альтернативні підходи при побудові віртуальних лабораторних робіт для підготовки ряду дисциплін бакалаврів з напрямку автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, а також описано практичний досвід використання цих підходів у дистанційному курсі. Запропоновані підходи є універсальними і не потребують фінансових затрат на обладнання чи програмне забезпечення, що значно спрощує їх використання.

Проблеми використання фізичних лабораторій для підготовки спеціалістів з автоматизації висвітлені в [1—7]. Крім того, використання класичних лабораторій практично неможливе в дистанційному навчанні, тому існує потреба в розробці нових підходів до побудови лабораторних робіт на базі технологій віртуалізації, які б доповнювали, а в деяких випадках були альтернативою класичним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З розвитком технологій ІТ та дистанційної освіти тема віртуальних і дистанційних лабораторних робіт стає все більш актуальною [2, 6, 7, 11]. Залежно від особливостей організації і доступу до них лабораторії можна віднести до таких типів [2]:

- фізичні локальні лабораторії (наявне фізичне обладнання і студенти фізично працюють з ним);
- фізичні віддалені (дистанційні) лабораторії;
- імітаційні локальні лабораторії;
- імітаційні дистанційні лабораторії;
- комбіновані лабораторії.

Фізичні дистанційні лабораторії надають доступ до реальної установки через ВЕБ-інтерфейс, а для спостереження використовуються відеокамери. Така практика дистанційного використання фізичних лабораторій на кафедрах автоматизації України нам не відома, але широко використовується в інших країнах світу [3]. Цей підхід вимагає суттєвого доукомплектування лабораторій для можливості дистанційного контролю та керування. Крім цього, дистанційні фізичні лабораторії не позбавлені всіх інших «фізичних» недоліків.

В імітаційних лабораторіях (також називаються віртуальними лабораторіями, або VLabs) вся інфраструктура, що потрібна для лабораторій, імітується на комп'ютерах з використанням спеціалізованого ПЗ (MatLab, LabView, Modelica тощо). Для створення середовищ віртуальних лабораторій може використовуватися загальне (наприклад, на базі ВЕБ) або спеціалізоване ПЗ. Локальні віртуальні лабораторні роботи проводяться індивідуально на одному комп'ютері, а дистанційні — на серверах, до яких є доступ через Інтернет.

Імітаційні лабораторії мають низку суттєвих переваг над фізичними:

- можуть бути доступними цілодобово, у будь-якому місці, без наявного спеціалізованого дорогого лабораторного обладнання;
- на них не діють обмеження, пов'язані з небезпечністю проведення експериментів, що надає можливість приводити установку навіть до «віртуального вибуху»;
- моделювання може проводитися в зменшеному або збільшеному масштабі часу відносно реального;

- експерименти можна зафіксувати або відтворити з ретроспективних даних;
- змінити віртуальні лабораторні установки можна у будь-який момент часу (як за необхідності адаптації, так і з метою її удосконалення);
- віртуальність дає змогу підготувати індивідуальні варіанти лабораторних робіт і зробити можливим самоперевірку результатів;

- можлива ігрова форма проведення робіт, наприклад, «квест»;

Серед недоліків можна виділити такі:

- потреба від викладача або його помічників ретельної підготовки та належних знань ІТ-технологій;

- необхідність використання спеціалізованого, часто дорогого ПЗ, не призначеного для спеціалістів з автоматизації;

- використання ідеалізованих моделей, які не повністю відповідають реальним установкам, що може спричинити втрату важливого досвіду або помилкове відпрацювання.

Опис підходів до побудови дистанційних і віртуальних робіт виходить за межі даної статті, вони належним чином розкриті в статтях [1—7, 11]. Економічні чинники сьогодення обмежують їх використання в українських навчальних закладах. Очевидно, найбільш практичним рішенням є використання 2D-моделювання в комплекті з відкритими ІТ-технологіями. Так, наприклад, на кафедрі ІАСУ Національного університету харчових технологій для ряду дисциплін («Технологічні вимірювання», «Технічні засоби автоматизації», «Автоматизація виробничих процесів») практикується використання віртуальних лабораторних робіт на базі моделей, побудованих з використанням технологій Adobe Flash. Нижче наведені підходи, які можуть бути використані для проведення лабораторних робіт, де потребуються мікропроцесорні засоби автоматизації.

Метою статті є розгляд проблеми використання традиційних фізичних лабораторій при підготовці спеціалістів з автоматизації та проведення огляду підходів до побудови дистанційних і віртуальних лабораторій.

Викладення основних результатів дослідження. При вивченні дисципліни «Промислові мережі та інтеграційні технології» оптимальним рішенням з точки зору відношення затрат та отриманого результату є використання імітаційних локальних лабораторних робіт. По-перше, такий підхід не потребує наявності серверу та спеціалізованого серверного ПЗ. По-друге, онлайн зв'язок є необхідним тільки для консультацій, здачі робіт і завантаження потрібного ПЗ. По-третє, у лабораторних роботах, як правило, використовується програмне забезпечення, з яким спеціалісти працюють у реальному виробництві і яке не призначене для використання як серверних додатків.

Проведення локальних, а не дистанційних лабораторних робіт, вимагає приведення робочих місць до єдиного сумісного формату. Враховуючи використання як робочих ПК студентами різноманітного апаратного забезпечення та операційних систем, це можливо тільки при організуванні віртуальних робочих машин. Як віртуальне середовище було вирішено використати Virtual Box, яке є повністю безкоштовною платформою. Окрім уніфікації робочих місць, віртуальні машини надали можливість організовувати віртуальні мережі, що необхідно для виконання лабораторних робіт.

Нетривіальним завданням стала заміна фізичних контролерів з Modbus серверами віртуальними засобами та імітування роботи об'єкта управління. Вибране рішення повинно було задовольнити виконання декількох умов: наявність у віртуальному пристрої інтегрованих Modbus серверів; робота віртуального засобу з послідовними портами комп'ютера та картою Ethernet; можливість різної адресації Slave та різного розміщення в пам'яті об'єктів Modbus (бажано); можливість імітування об'єкта управління для ефекту реальності лабораторної установки; можливість відображення стану віртуального об'єкта в графічному вигляді 2D-анімації (бажано).

Враховуючи фізичну відсутність COM-портів на більшості комп'ютерів, треба було вирішити проблему реалізації з'єднання між віртуальними пристроями через послідовні канали того ж ПК. Це було зроблено шляхом віртуалізації з'єднання за допомогою утиліти COM0COM [8], яка створює два віртуальні COM-порти, між якими імітується повнодуплексне з'єднання. Таке з'єднання не повністю імітує роботу фізичного обладнання, але достатнє для виконання обміну між прикладними програмами, використовуючи послідовний інтерфейс. На рис. 1 показаний приклад використання віртуального нуль-модемного з'єднання COM0COM на заміну фізичного.

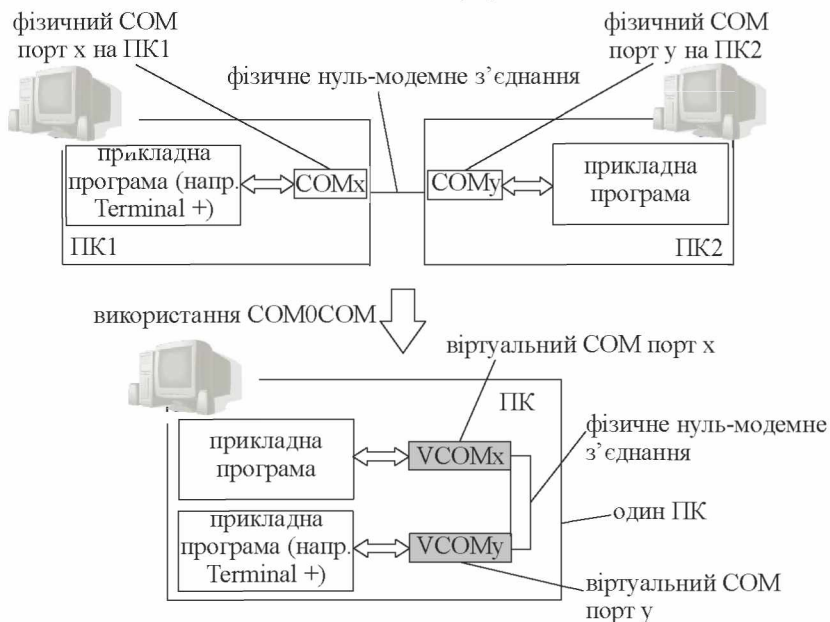


Рис. 1. Приклад використання віртуального нуль-модемного з'єднання COM0COM у порівнянні з фізичним

Як віртуальні ПЛК вибирався один із можливих варіантів: існуюче програмне забезпечення для імітації роботи Modbus Server; самописне програмне забезпечення, створене на базі універсальних середовищ програмування, програмні імітатори контролерів або Soft-PLC.

На ринку програмних продуктів існує доволі багато програм-утиліт Modbus Server [9], частина з яких є безкоштовними. Серед них найбільш

функціональною є Modbus PLC Simulator — прикладна програма для імітації роботи ПЛК з підтримкою протоколів Modbus RTU Slave, Modbus TCP Server а також деяких інших протоколів промислових мереж [10]. Дана утиліта надає можливість програмного імітування функціонування об'єкта за допомогою вбудованої підтримки VB/Java програмування. Однак для побудови графічного інтерфейсу імітованого об'єкта потребується додаткове програмне забезпечення HMI Modbus TCP Client, що не зовсім підходило для даної постановки задачі.

Найбільш гнучким способом побудови віртуальної лабораторної установки, в яку входить ПЛК та об'єкт керування, — є використання прикладних програм, написаних в універсальних середовищах програмування. Такий підхід потребує відмінних знань викладача в універсальних середовищах програмування, що значно ускладнює його використання, тому цей варіант теж було відкинуто.

Після аналізів доступних на ринку імітаторів ПЛК та Soft-PLC вибір був зроблений на користь середовища CoDeSys, що повністю відповідало поставленим вимогам, а саме:

- середовище розробки є безкоштовним;
- існує середовище виконання для платформи Windows (CodeSys Control Win), яке в демонстраційному режимі виконується 2 год, що цілком достатньо для проведення лабораторних робіт;
- підтримує комунікації через будь-які доступні на ПК порти, в тому числі через послідовні та через TCP/IP;
- має бібліотеки для підтримки Modbus TCP Client/Server, Modbus RTU Master/Slave;
- програмується на мовах МЕК 61131-3, зрозумілих для спеціаліста АСУТП;
- має вбудовані засоби анімації, що дозволяє будувати анімаційні екрани для віртуальної установки.

Викладач при створенні курсу користується середовищем розробки, а студент отримує готовий проект для середовища виконання софт-ПЛК. Наявність мов програмування робить цей підхід легким для використання у будь-якому ВНЗ.

Практика використання. Наведені вище підходи були апробовані в модулі дистанційної форми навчання у січні—лютому 2016 року в Національному університеті харчових технологій. Усього в дисципліні «Промислові мережі та інтеграційні технології» було проведено 7 лабораторних робіт.

На першій лабораторній роботі студенти інсталиювали на своїх комп'ютерах середовище VirtualBox та розгортали на них підготовлені образи віртуальних машин. Ця лабораторна робота мала дві цілі: підготувати робоче місце для наступних лабораторних робіт і ознайомитися з можливостями віртуальних машин, що є однією з важливих практичних навичок спеціалістів з автоматизації.

Друга лабораторна робота передбачала ознайомлення з фізичними інтерфейсами й асинхронним способом зв'язку. Перша частина роботи базується на віртуальному стенді, в якому студенти спостерігали за певними діями спеціаліста, що проводив підключення і тестування зв'язку. Дії спеціаліста записувалися на камеру, а саме: підключення, перевірка опору, напруги за допомогою тестера, конфігурування ПЗ. Результати дій треба було пояснити. У роботі були використані елементи ігрового «квесту», в якому з декількох

варіантів підключення студентам треба було вибрати єдиний вірний. Для цієї роботи все ще залишається проблематичним використання індивідуальності варіантів.

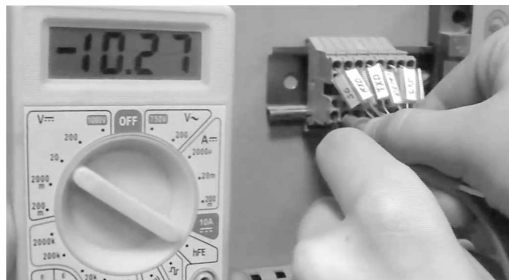


Рис. 2. Фрагмент кадру відеолaborаторної установки, на якому вимірюється напруга між контактами в інтерфейсі RS232

Метою другої частини лабораторної роботи було ознайомлення з принципами та засобами символічного обміну, а також утилітами роботи з COM-портом. У ній було використано програму імітування нуль-модемного з'єднання, а також дві різні безкоштовні утиліти роботи із COM-портами. У лабораторній роботі студентам необхідно було дізнатися в програми-бота (ASCII-BOT) необхідне завдання для розрахунку (рис. 3). ASCII-BOT був створений на базі CodeSys та виконувався в середовищі ControlWin. У програмі були закладені варіанти для кожного студента індивідуально, а звіти відображали його прізвище. Виконання роботи передбачало розуміння необхідності та правил побудови протоколу, оскільки спілкування відбувалося згідно з набором визначених символічних команд.

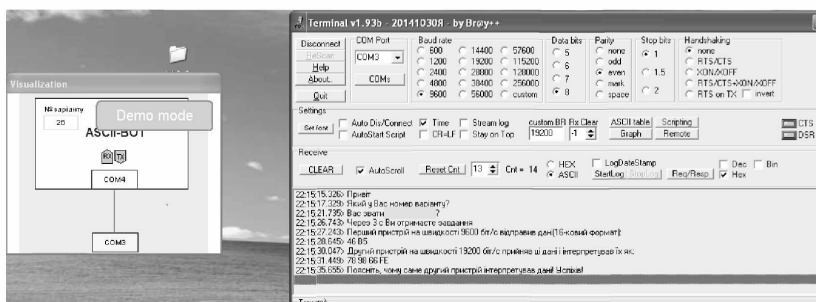


Рис. 3. Фрагмент копії екрана із зображенням ASCII-BOT та утиліти роботи з COM-портом

Третя лабораторна робота була присвячена протоколу та функціям Modbus. Мета роботи — закріпити знання й отримати навички роботи зі змінними Modbus; навчитися користуватися Modbus-клієнтами для доступу до пам'яті пристрою для читання й запису; використовувати корисні в професійній діяльності клієнтські та серверні утиліти. У кінці лабораторної роботи студенти, використовуючи свої знання, повинні були керувати віртуальною установкою і довести її до певного стану (рис. 4). Для створення установки

теж використовувався CodeSys Control Win. Для кожного студента був виділений окремий варіант, а звіт повинен був містити всі копії екрана, де вказувалося також його прізвище. Віртуальна установка організовує повноцінний доступ по послідовному порту та Modbus/TCP, що робить її повноцінним заміном пристрою з вбудованим Modbus Server.

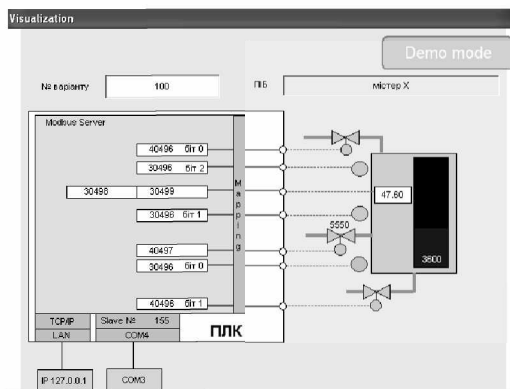


Рис. 4. Фрагмент копії екрана із зображенням віртуальної лабораторної установки

Четверта лабораторна робота була призначена для роботи студентів безпосередньо із кадрами Modbus RTU, що потрібно в професійній діяльності при створенні в розподілених системах управління та збору даних прикладних програм для ПЛК. Доступ по Modbus/RTU відбувався через послідовний порт, який віртуальним нуль-модемним з'єднанням з іншого боку був підключений до іншого СОМ-порта віртуальної машини. Для організації побудови кадрів та отримання відповідей використовувалися стандартні безкоштовні утиліти, наприклад, СОМ-Port Toolkit (рис. 5). Завдання студента полягало в тому, щоб, використовуючи дані утиліти, відправляти попередньо-заготовлені кадри на віртуальний пристрій, керуючи таким чином віртуальною установкою. Як звіт, окрім копій екрана із журналами відправлених та отриманих кадрів, студенти наводили таблиці з поясненням розшифрування цих кадрів.

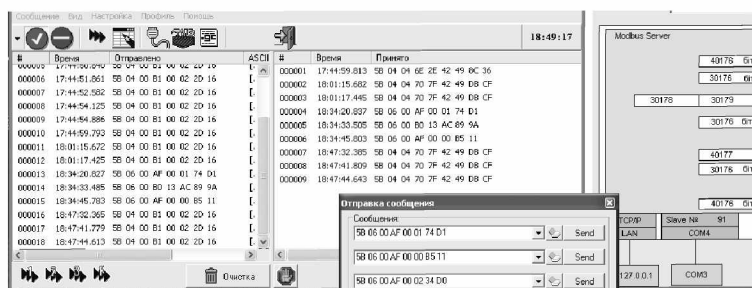


Рис. 5. Фрагмент копії екрана зі звіту для лабораторної роботи з використанням Modbus RTU

П'ята лабораторна робота аналогічна четвертій, але з використанням Modbus TCP/IP. Як утиліта для відправки й отримання TCP-пакетів використовується безкоштовна утиліта Packet Sender.

Завершувала модуль з практичним вивченням функціонування Modbus шоста лабораторна робота, в якій необхідно було організувати зв'язок віртуальної установи зі SCADA. У цій лабораторній роботі студенти робили реальні проекти для SCADA-програми і зв'язком з тією ж віртуальною установкою, що в попередніх лабораторних роботах. Враховуючи унікальність варіантів, викладач перевіряв виконання шляхом запуску проекту в себе на робочому місці.

Для отримання навичок і практичного закріплення матеріалу по основам Ethernet та TCP/IP використовувалися механізми віртуалізації мереж, віртуалізації машин і безкоштовні утиліти, зокрема для прослуховування (сніффінгу) — Wire Shark. У найближчому майбутньому планується використовувати віртуальні образи маршрутизаторів з відкритою прошивкою (наприклад, DD-Wrt), які можна завантажувати в віртуальне середовище VirtualBox. Це дасть змогу перевірити в роботі принципи маршрутизації, технології DHCP, NAT, Port Forwarding тощо.

Практика використання описаних лабораторних робіт, окрім наведених вище переваг і недоліків, дала змогу з'ясувати такі особливості:

1. Деякі з раніше пасивних в інших дисциплінах студентів проявили підвищену зацікавленість до виконання дистанційних лабораторних робіт.

2. Підтримка лабораторних робіт необхідними матеріалами на робочому місці (ведеолекції, конспекти лекцій), а також форуму спростили виконання лабораторних робіт. Це також сприяло використанню проблемно-орієнтованого підходу до навчання, при якому студент спочатку намагається зробити лабораторну роботу, а потім прослуховує й опрацьовує матеріали лекцій. У подальшому планується підсилити лабораторні роботи додатковими «проблемами» для максимального опрацювання матеріалу.

3. Студенти інтенсифікували свої навички в онлайн і у використанні ІТ-технологій. Використання різноманітних підходів при оформленні звітів показало, що сучасна молодь вже давно підготовлена до таких форм навчання.

4. У віртуальних лабораторних роботах вдалося зробити те, що не вдавалося у фізичних: перевірка різних варіантів підключень; індивідуалізація робочих місць; гнучка варіація часу, що дозволяє виконувати лабораторні роботи стільки часу, скільки потрібно.

5. Деякі приховані варіації надали можливість визначити, чи робив даний студент лабораторну роботу, чи переробив чужий звіт. Однак не виключено, що роботи за студентів могли робити їх колеги.

Висновки

Наш досвід показав, що віртуальні лабораторні роботи значно розширюють можливості онлайн та офлайн освіти і спрощують навчання. У даній статті розглянуто практичний досвід використання лабораторних робіт тільки в одній дисципліні, яка доволі важко піддається віртуалізації. Ряд дисциплін з підготовки спеціалістів основам програмування контролерів, розробки SCADA/HMI можуть використовувати ті самі підходи: віртуальні машини, віртуальні ПЛК, віртуальні установки. Для інших дисциплін, які базуються на апаратних технічних засобах автоматизації, слід використовувати інші підходи, які базуються на Flash-анімації, 3D-моделюванні тощо або їх комбінації.

Однак слід звернути увагу на те, що викладач не може перевірити автентичність виконання лабораторної роботи саме конкретним студентом. У

даному випадку він є тільки помічником і може перевірити лише правильність отриманих результатів. Це проблема всієї системи української освіти, в якій пріоритет має не отримання освіти, а саме диплома про освіту. Очевидно, що перевірка знань студента повинна проводитися в очному режимі, а лабораторні роботи використовуються для самопідготовки, проте під контролем викладача.

У подальшому для даної дисципліни планується поглибити зміст і розширити тематику лабораторних робіт. Зокрема, в планах є реалізація декількох варіантів лабораторного «квесту», додати лабораторні роботи з конфігурування маршрутизаторів, керування частотними перетворювачами, обміну між контролерами. Підходи, використані в даній лабораторній роботі, планується використовувати при викладанні дисциплін «Промислові контролери», «Людино-машинні інтерфейси», «Автоматизація виробництва (MES)».

Література

1. *Cooper M.* The Challenge of Practical Work in an eUniversity — Real, v#irtual and Remote Experiments / M. Cooper // *Proceedings of the Information Society Technologies Conference.* — 2000. — P. 6—8.
2. *Pereira C.* Control and Automation Engineering Education: Combining Physical, Remote and Virtual Labs / C. Pereira, S. Paladini, F.M. Schaf // *Systems, Signals and Devices (SSD).* — 2012. — # 9. — P. 1—10.
3. *Distance Learning Applied to Control Engineering Laboratories* / B. Atkan, C.A. Bohus, L.A. Crowl, M.H. Shor // *IEEE Transactions On Education.* — 1996. — # 39. — P. 320—326.
4. *Dougiamas M.* MOODLE: Using Learning Communities to Create an Open Source Course Management System / M. Dougiamas, P. Taylor // *Proceedings of the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications.* — 2003. — P. 171—178.
5. *Kouzes R.T.* Collaboratories: Doing Science on the Internet / R.T. Kouzes, J.D. Myers, W.A. Wulf // *IEEE Computer.* — 1996. — # 29. — P. 40—46.
6. *Hofstein.* The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty- First Century / Hofstein, V.N. Lunetta // *Science Education.* — 2004. — # 88. — P. 28—54.
7. *Ma J.* Hands-on, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review / J. Ma, J. Nickerson // *ACM Computing Surveys.* — 2006. — # 38. — P. 1—24.
8. *Null-modem emulator (com0com)* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://sourceforge.net/projects/com0com/?source=navbar>.
9. *Null-modem emulator (com0com)* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://sourceforge.net/projects/com0com/?source=navbar>.
10. *MODBUS PLC Simulator* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.plc-simulator.org/downloads>.
11. *Пупена О.* Розробка дистанційних курсів для підготовки спеціалістів з автоматизації технологічних процесів та виробництв з використанням віртуальних лабораторій [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.slideshare.net/pupenasan/ss-56253319>.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОМЫШЛЕННЫЕ СЕТИ И ИНТЕГРАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

О.Н. Пупена, Р.Н. Миркевич, В.В. Полупан

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассмотрены проблемы использования традиционных физических лабораторий при подготовке специалистов по автоматизации и проведен

обзор подходов к построению дистанционных и виртуальных лабораторий. Описан опыт использования виртуальных лабораторных работ на кафедре интегрированных автоматизированных систем управления Национального университета пищевых технологий. Приведены требования для создания лабораторных работ по дисциплине «Промышленные сети и интеграционные технологии». Также представлены результаты и опыт практического использования виртуальных лабораторий при дистанционном обучении студентов.

Ключевые слова: дистанционное образование, автоматизация, виртуальная лаборатория.

IMPROVING THE QUALITY OF TECHNOLOGICAL OBJECTS CONTROL BASED ON NEURO-FUZZY METHODS

A. Ladanyuk, A. Bezuhlov

National University of Food Technologies

Key words:

*Intellectual methods
Neuro-Fuzzy networks
Beet processing section
Optimization
Control modeling*

Article history:

Received 05.04.2016

Received in revised form
25.04.2016

Accepted 15.05.2016

Corresponding author:

A. Ladanyuk

E-mail:

ladanyuk@ukr.net

ABSTRACT

The method based on neuro-fuzzy logic is considered in the article. This method is aimed at increasing the quality control of beet processing unit. The analysis and estimation were performed for determining the possibility of using neuro-fuzzy methods for beet processing unit control. The temperature mode control of sloped diffusion unit was chosen as an object under investigation. Membership functions have been formed for chosen neuro-fuzzy network by using modeling data. This ANFIS network has been trained dynamics for controlling the temperature mode. Control effectiveness of neuro-fuzzy network was compared with the operation of optimally configured PID-controller. The results of operation of neuro-fuzzy networks presented in timetables of transients demonstrate better performance and efficiency of technological mode of sloped diffusion unit, which supports the further use of this approach and its development.

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ НЕЙРОНЕЧІТКИХ МЕТОДІВ

А.П. Ладанюк, А.О. Безуглов

Національний університет харчових технологій

У статті обраний метод побудовано на нейронечіткій логіці, що дасть змогу підвищити якість регулювання бурякопереробним відділенням. Аналіз та оцінка проведені для визначення можливості використання нейронечітких методів в управлінні бурякопереробним відділенням. Об'єктом дослідження обрано управління температурним режимом похилого дифузійного апарата. Для обраної нейронечіткої мережі сформовано функції належності на основі дослідних даних. Нейронечітка мережа ANFIS навчена динаміці для управління температурним режимом, ефективність управління нейронечіткої мережі порівнюється з роботою оптимально налаштованих ПІД регуляторів. Результати роботи нейронечіткої мережі за графіками перехідних процесів демонструють кращу швидкодію й ефективність управління технологічним режимом дифузійної установки, що підтверджує доцільність використання даного підходу в подальшому та його вдосконалення.

Ключові слова: інтелектуальні методи, нейронечіткі мережі, бурякопереробне відділення, оптимізація процесів, регулювання, моделювання.

Постановка проблеми. На прикладі бурякопереробного відділення цукрового заводу показана можливість підвищення якості й ефективності регулювання на основі сучасних підходів, зокрема нейронечітких методів. Бурякопереробне відділення займає особливе місце в структурі системи керування цукровим виробництвом, де формуються основні кількісні та якісні показники функціонування всього підприємства. В системах автоматизації, як правило, використовуються окремі одноконтурні системи та регулятори для стабілізації технологічних змінних (підтримання температури, витрати тощо). Для покращення показників функціонування технологічних комплексів необхідно враховувати взаємні зв'язки між окремими частинами бурякопереробного відділення: бурякорізками, транспортерами, дифузійними апаратами, збірниками тощо. З урахуванням інформаційних і ситуаційних невизначеностей у статті розглядається можливість використання нейронечітких мереж.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Бурякопереробне відділення включає системи автоматизації, в яких здійснюється одноконтурне управління з елементами оптимізації, а останнім часом використовуються системи підтримки прийняття рішень [1, 2]. В технічній літературі відомі праці, у яких розглядаються особливості проведення термодинамічних і гідромеханічних процесів у дифузійних установках, а в системах автоматизації використовуються класичні ПІ та ПІД регулятори. З огляду на останні дослідження й моделювання процесами управління цукрових заводів для відділень сокоочистки та випарювання за допомогою інтелектуальних методів виникла необхідність розробки складних інтелектуальних систем управління для відділення обробки цукрових буряків і дифузії.

Мета статті. Дослідити можливість підвищення ефективності систем автоматичного регулювання (САР) за допомогою використання нейронних нечітких мереж при керуванні бурякопереробними відділеннями цукрових заводів, провести аналіз технічної літератури для оцінки можливості використання нейронечітких методів автоматизації бурякопереробним відділенням.

Викладення основних результатів дослідження. Нейронечіткі мережі відносяться до інтелектуальних систем, що починають активно використовуватись у хімічній, нафтохімічній та інших галузях промисловості [3]. В харчовій промисловості використовуються складні технологічні об'єкти, в тому числі технологічні комплекси, що потребує розробки методології використання інтелектуальних систем керування, зокрема нейронечітких методів, які нададуть можливість врахувати складні внутрішні зв'язки й залежності виникнення збурень та існування невизначеностей.

В інтегрованих автоматизованих системах управління (ІАСУ) розв'язується комплекс задач на різних рівнях, в тому числі задача оптимізації, де критерієм оптимальності виступає економічність на верхньому рівні управління, питомі втрати цукру по стадіях технологічного комплексу, що залежить від багатьох технологічних факторів. Ці критерії мають техніко-економічний характер, а локальною метою автоматизації є ритмічність виробництва:

$$\min_{n \in U} K_s = \sum_{i=1}^m p_i |\Delta Q_i| \Delta t, \quad (1)$$

де ΔQ_i — відхилення продуктивності S — підсистеми технологічного комплексу за i -м продуктом; U — керувальні дії; p — коефіцієнт штрафу, що залежить від створення запасів у технологічних місткостях, від часу простоїв технологічного обладнання та систем управління; Δt — часовий інтервал.

На нижньому рівні при розв'язанні задачі оптимізації формуються клерувальні дії, які оптимізують досягнення визначеності керувальних змінних U , що оптимізують математичне сподівання критерію K_s :

$$\min M \{K_s(p_i, \Delta Q_i)\}, \quad (2)$$

з детермінованими

$$f_i(X, Z) \leq b_i \quad (3)$$

та ймовірнісними обмеженнями

$$P(\underline{a}_j \leq f_j \leq \bar{a}_j) \geq P_j, \quad (4)$$

де P_j — задані значення ймовірності; X, Z — вектори, відповідно, режимних параметрів і показників якості продукції.

Такий підхід дозволяє здійснювати оптимізацію окремих підсистем бурякопереробного відділення та системи в цілому. Були здійснені спроби реалізувати управління за допомогою нейронних радіально-базисних мереж. Отримані результати показали кращу якість управління порівняно з класичними регуляторами за визначеними параметрами [4]. Однак такі дослідження не враховували ряд факторів, які визначають (характеризують) бурякопереробне відділення як цілісну підсистему чи систему цукрового заводу, зважаючи на зв'язки між змінними та внутрішньо невизначені впливи, що не можуть бути явно регламентовані навіть можливостями й навчальними потужностями нейронних мереж.

Для розробки математичних моделей, які можна використовувати в системах автоматизації, необхідно врахувати складні тепломасообмінні та гідродинамічні процеси [4], однак складність математичної моделі об'єкта визначається рядом припущень. На противагу цьому застосовуються моделі представлень нейронечітких мереж, які можуть бути створені на основі математичних моделей, де динаміка їх функціонування за допомогою процесів навчання із реальними даними з виробництва (часовими рядами) збільшує їх адекватність і точність.

Для визначення вимог до показників якості виділяють параметри, які можна коригувати, проте в реальному часі ці параметри є невимірюваними. У похилих дифузійних установках такими є відбір дифузійного соку F , температурний режим T і час дифузії H_2 :

$$D_2 = f_{D_2}(F, H_2, T). \quad (5)$$

Особливістю цих параметрів є їх невимірюваність, тому для розрахунків застосовуємо нейронечіткі алгоритми, що не потребують чіткого математичного опису й однозначного опису взаємозв'язків між цими параметрами, які вони отримують із навчальних баз даних і послідовностей їх подання автоматичній системі. Це дозволило отримати рекомендації щодо управління з розрахованим ступенем істинності, що виглядає як зміна їх числових значень і

залежностей між ними [5]. Динамічні характеристики набору даних являють собою значну проблему для традиційних моделей на конекціоністській основі з точки зору наявності відповідної структури для моделювання процесу, а також реалізації алгоритму навчання, який може доповнюватися в режимі навчальних та експериментальних проходів. З цих причин традиційні для нейронних мереж алгоритми навчання, такі як навчання за зворотнім поширенням помилки, не є придатними.

На сьогодні відомо ряд стандартних структур нейронечітких мереж, які використовуються для різних цілей, наприклад, для оцінки процесу функціонування — мережа ANFIS (запропонована Р. Янгом у 1993 р.). В той же час у технічній літературі описується ряд інших мереж, які мають широкі функціональні можливості, так звані NEFCLASS (Р. Круз у 1995 р.), та Fuzzy Neural Network (FuNN) (Н.К. Касабов, Дж. Кім, М. Вотсон та А. Грей у 1996 р.) [6]. Характерною ознакою таких мереж є нечітка логіка у їх структурі, мережі NEFCLASS мають нечіткі нейрони всіх шарів, а структура мережі залежить від бази знань. Кількість нейронів, що обчислюють дані, зростає прямо пропорційно до кількості даних, що призводить до високих обчислювальних навантажень; мережі FuNN мають спеціально розроблену структуру, у якій елементи всіх шарів мережі виконують конкретні ввірені функції. Також функції належності таких нейронів змінюються випадковим чином, що не завжди надає можливість їх використання у задачах регулювання.

У даній статті розглянуто один із методів управління підсистемою теплообмінної частини похилого дифузійного апарата за допомогою адаптивної нейронної мережі з нечітким виводом (ANFIS). Технологічні об'єкти завжди розглядаються з різних точок зору: за призначенням, за особливістю процесу функціонування та за можливістю ефективного керування ним (задача оцінка стану об'єкта, діагностика, прогнозування та формування ефективних керувальних дій). Об'єктом дослідження обрано управління тепловим режимом дифузійного апарата на основі нейронечітких регуляторів. На рис. 1 представлена нейронечітка мережа управління температурою у першій температурній зоні похилого дифузійного апарата. Система має два входи і один вихід. У дослідженні для всіх теплообмінних зон були синтезовані аналогічні мережі.

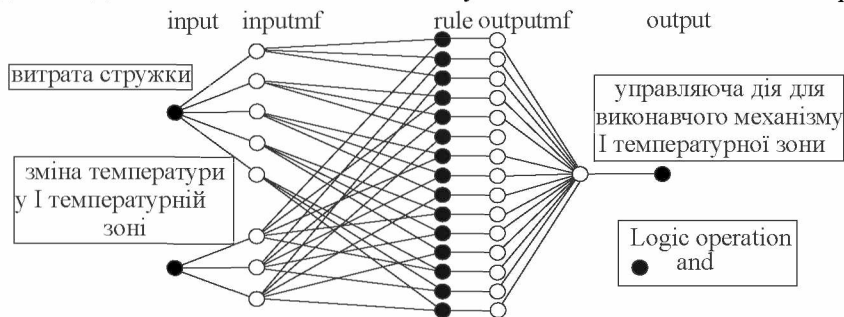


Рис. 1. Структура нейронечіткої мережі

Обрану систему навчили інверсійній динаміці об'єкта для отримання адекватного управління у стаціонарному режимі. Таким чином, було синтезовано регулятор для першої зони апарата. Для розробки адекватного управління, з

урахуванням можливих змін якості продукту на вході, завдяки обраному алгоритму нечіткого висновку Сугено, регулятор навчено послідовності експериментальних циклів з даними після підстановки в систему із заданими відповідними вихідними реакціями на вхідні дії.

Для оцінки якості даного регулятора після його навчання порівнюємо його із класичним регулятором. Для даного технологічного об'єкта було обрано ПІД регулятори з оптимальними параметрами для кожної із зон.

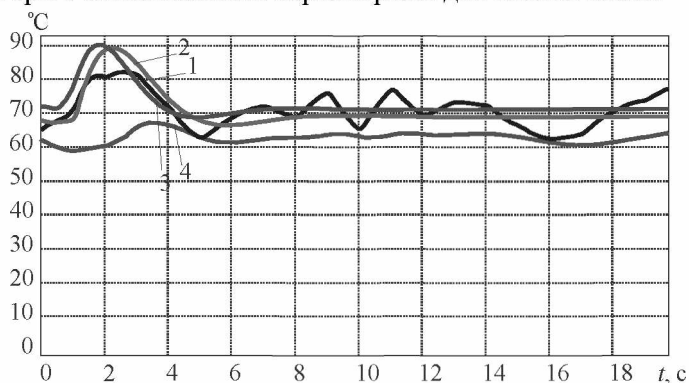


Рис. 2. Перехідні процеси з ПІД регулятором за управлінням;
I зона — 1, II зона — 2, III зона — 3, IV зона — 4

Рис. 2 відображає поведінку системи з ПІД регулятором при виникненні збурень різного характеру, що виводять з рівноваги частину системи. Таким збуренням може бути неоднорідність (буряки поганої якості) сировини. Регулювання призводить до надлишкових витрат тепла й продукції, що підвищує собівартість товару та його якість на виході.

Нейронечіткі мережі розробляються з урахування компенсації збурень і зміни завдання у дозволених режимом роботи дифузійного апарата межах. Мета його синтезу — управління режимом установки, мета високого рівня управління — мінімізація втрат сировинних та енергетичних ресурсів.

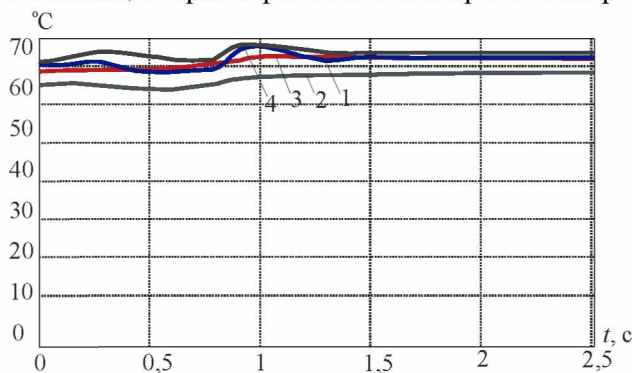


Рис. 3. Перехідні процеси у системі за допомогою
нейронечіткої мережі ANFIS; I зона — 1, II зона — 2, III зона — 3, IV зона — 4

Результат, відображений на рис. 3, та аналогічне моделювання для інших трьох теплообмінних зон дає змогу зробити два висновки:

- збурення не змінює жоден із режимів управління та не виводить зі стану рівноваги, до того ж очевидно, що динамічна й статична похибки знаходяться у відповідних якості управління межах;

- вхідні дані з великою кількістю відмінностей від навчальних не погіршують якості системи, досягається кращий астатизм і зменшується перерегулювання.

Для нейронечіткої системи середньоквадратичне відхилення (RMSE) становило при налагоджуванні системи $0,004618 (^{\circ}\text{C})^2$ при обробці Testing data та $0,003159 (^{\circ}\text{C})^2$ при обробці Cheking data, що відповідає необхідним умовам якості управління.

Для отримання якісних результатів вибрані трикутні функції належності для середніх значень параметрів (нижче норми, норма, вище норми — для витрати; та норма — для температури). Для крайніх значень цих параметрів були обрані функції належності S-виду, Z-виду для відображення повної приналежності відповідних параметрів, низької та високої витрати та, відповідно, температури, завдяки чому була зменшена середньоквадратична похибка відхилення параметрів для стохастичного процесу.

Проведені експерименти засвідчують переваги нейронечіткого регулювання за рахунок зменшеного часу виходу на усталене значення, менше порівняно з ПІД-регуляторами динамічної та середньоквадратичної похибки. Перевагами можна вважати можливості нейронечітких регуляторів в області адаптації до режимів пристроїв та урахування факторів неоднорідності вхідних параметрів. У той же час межі адекватності, відповідності задачі та її розв'язання мають бути одного рівня складності. Також відмітимо необхідність навчання та налаштування параметрів нейронечітких регуляторів, що може збільшити оперативний час розробки проекту.

Висновки

Створення інтелектуальних систем керування — актуальне завдання для покращення якості й ефективності функціонування технологічних об'єктів порівняно з класичними одноконтурними системами керування. Нейронечіткі мережі мають здатність до навчання, пристосованість, багаторежимність, тому можна розробити управління підсистемами, системами або технологічними рівнями цукрового заводу з якісно поліпшеними показниками. Розробка та дослідження нейронечітких систем управління сприяють розв'язанню широкого кола проблем, пов'язаних із внутрішніми зв'язками змінних при управлінні складними технологічними об'єктами, що представляють великий інтерес для промисловості в цілому.

Література

1. *Онищенко Ю.В.* Оптимальне управління технологічним комплексом бурякопереробного відділення / Ю.В. Онищенко, В.Д. Кишенько, А.П. Ладанюк // Наукові праці Українського державного університету харчових технологій. — Київ : УДУХТ, 2000. — С. 91—92.
2. *Пупена О.М.* Керування технологічним процесом як складною багатозв'язною системою / О.М. Пупена, В.М. Сідлецький // Наукові праці національного університету харчових технологій. — 2014. — Т. 20, № 5. — С. 17—27.
3. *Ковалюк Д.А.* Сравнение систем управления с различными типами регуляторов / Д.А. Ковалюк, О.А. Ковалюк // Наукові праці ВНТУ. — 2015. — № 1. — С. 1—7.

4. Кравчук А.Ф. Макрокинетическая модель последовательного процесса производства диффузионного сока / А.Ф. Кравчук // Сахар. — 2013. — № 8. — С. 44—49.

5. Ляшенко С.А. Моделирование интеллектуальной системы управления технологическими процессами сахарного производства / С.А. Ляшенко // Агротехника и энергообеспечение. — 2014. — № 3. — С. 6—14.

6. Abraham A. Beyond integrated neuro-fuzzy systems: reviews, prospects, perspectives and directions / Ajith Abraham // Brno University of Technology. — 2001. — # 6. — P. 367—371.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОНЕЧЕТКИХ МЕТОДОВ

А.П. Ладанюк, А.А. Безуглов

Национальный университет пищевых технологий

В статье выбран метод, построенный на нейронечеткой логике, что позволяет повысить качество регулирования свеклоперерабатывающим отделением. Проведены анализ и оценка для определения возможности использования нейронечетких методов в управлении свеклоперерабатывающим отделением. Объектом исследования избрано управление температурным режимом наклонного диффузионного аппарата. Для выбранной нейронечеткой сети сформированы функции принадлежности на основе опытных данных. Нейронечеткая сеть ANFIS обучена динамике для управления температурным режимом. Эффективность управления нейронечеткой сети сравнивается с работой оптимально настроенных ПИД-регуляторов. Результаты работы нейронечеткой сети по графикам переходных процессов демонстрируют лучшее быстроедействие и эффективность управления технологическим режимом диффузионной установки, что подтверждает целесообразность использования данного подхода в дальнейшем и его совершенствования.

Ключевые слова: интеллектуальные методы, нейронечеткие сети, свеклоперерабатывающее отделение, оптимизация процессов, регулирование, моделирование.

УДК 681.513.1

USING FUZZY LOGIC SYSTEMS FOR DYNAMIC POWER CONTROL OF STEAM BOILERS

V. Lapin, V. Sidletskiy

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
<i>Setpoint Controller Control Object Fuzzy Adaptive</i>	A method of dynamic power control of steam boilers at CHP of small power according to the current needs of consumers was studied. The methods of dynamic control of the power of boiler systems were analyzed using fuzzy logic and adaptive neural networks. One of the possible options for boiler capacity control is the use of fuzzy inference units (so-called fuzzy system). The control action is formed by consistency checking of fuzzy rules to the actual parameters of the system. Rules are created according to the operator's experience, which reflects his / her actions when changing the technology parameters.
Article history: Received 17.04.2016 Received in revised form 14.05.2016 Accepted 25.05.2016	
Corresponding author: V. Sidletskiy E-mail: vmsidletskiy@gmail.com	

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ДИНАМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПОТУЖНІСТЮ ПАРОВИХ КОТЛОАГРЕГАТІВ

М.В. Лапін, В.М. Сідлецький

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто спосіб динамічного управління потужністю парових котлоагрегатів на ТЕЦ невеликої потужності відповідно до поточних потреб споживачів, проаналізовано методи динамічного управління потужністю котлоагрегатів з використанням систем нечіткої логіки й адаптивних нейронечітких мереж. Для вирішення проблеми динамічної зміни навантаження на котлоагрегати ТЕЦ невеликої потужності запропоновано використовувати системи нечіткої логіки. Одним із можливих варіантів є блоки нечіткого висновку (так званої FUZZY системи) для керування потужністю котлоагрегата. Керуюча дія формується за рахунок перевірки на відповідність нечітких правил і дійсних значень параметрів системи. Створення правил відбувається згідно з досвідом оператора, тобто відтворює його дії при зміні параметрів.

Ключові слова: завдання, регулятор, керування, об'єкт, нечіткий, адаптивна.

Постановка проблеми. На промислових підприємствах останнім часом популярним є встановлення власних теплоелектроцентралей (ТЕЦ) невеликої потужності, так званих міні-ТЕЦ, що дозволяє підприємству економити кошти на купівлі електроенергії в постачальних компаній та отримувати для власних потреб пару й електроенергію, купуючи лише основне паливо (газ чи мазут). Сучасні котлоагрегати мають можливість змінювати власну потужність не за режимною картою, як це відбувалося в котлах старого покоління, а безпосередньо в системі керування, формуючи нове завдання.

ТЕЦ невеликої потужності [1] мають у своєму складі декілька парових котлоагрегатів (залежно від потужності), парову турбіну й електрогенератор. Системи автоматичного керування котлоагрегатами і турбогенератором функціонують незалежно одна від одної.

Мета статті. Розглянути спосіб динамічного управління потужністю парових котлоагрегатів на ТЕЦ невеликої потужності відповідно до поточних потреб споживачів, проаналізувати методи динамічного управління потужністю котлоагрегатів з використанням систем нечіткої логіки й адаптивних нейронечітких мереж.

Викладення основних результатів дослідження. Використання на промислових підприємствах власних електрогенеруючих установок на базі існуючих парових котелень дає змогу економити кошти на закупці електроенергії у комунальних підприємств і забезпечувати як потреби котельної в електроенергії, так і власну потребу в парі та гарячій воді.

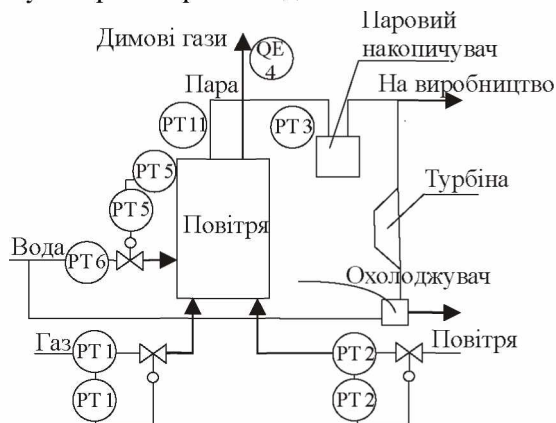


Рис. 1. Спрощена схема автоматизації парового котлоагрегата

Однак існує проблема економії газу, що використовується як паливо при виробленні пари. Системи автоматизованого керування котлоагрегатами працюють на стабілізацію параметрів для підтримання робочої потужності. На рис. 1 зображено спрощену схему автоматизації парового котлоагрегата в комплексі з турбінним електрогенератором. Система стабілізує й підтримує на заданому рівні основні параметри, необхідні для отримання пари заданих характеристик.

Керування потужністю котлоагрегата здійснюється диспетчерським шляхом. Оперативні дані (X_0) з виробництва про зміну витрати пари (x_1) та поточ-

ну споживану електричну потужність (x_2) надходять до диспетчера (на АРМ) чи оператора, який, у свою чергу, приймає рішення про зміну потужності відповідно до режимної карти (принцип управління зображено на рис. 2). Вплив на потужність котлоагрегата відбувається шляхом зміни завдань (Sp) регуляторам системи автоматичного керування (САК), що керує зміною витрати води (F_v), газу (F_g) та повітря ($F_{пов}$) на котел, згідно з режимним навантаженням, при цьому змінюється вихідна витрата пари ($F_{п}$) та, як наслідок, вироблена турбінним електрогенератором потужність електроенергії (Pe).

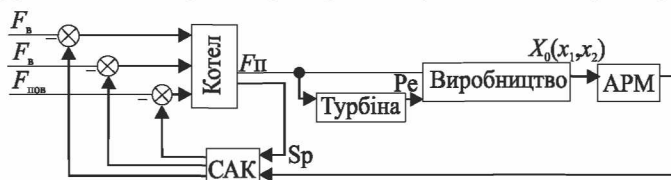


Рис. 2. Блок-схема структури управління робочою потужністю котлоагрегата

Пікові навантаження у відборі пари підприємством є динамічними і можуть бути різними в різні моменти часу (залежить від різних факторів виробництва), котлоагрегат при цьому працює в заданій потужності.

Аналогічно до динамічності зміни відбору пари змінюється також і відбір виробленої електроенергії на підприємстві. Залежно від реальних потреб і сумарної потужності роботи обладнання відбуваються коливання в відборі електроенергії. Під час роботи підприємства сумарне споживання електроенергії змінюється варіативно, при цих коливаннях потужність роботи електротурбіни не змінюється і залишається стабільною.

Потужність теплової турбіни електрогенератора безпосередньо залежить від витрати пари [2] на турбіну, що видно з формули:

$$Ne = \frac{G_k \cdot H_{д} + G_{від} \cdot H'_{д}}{3600} \cdot \eta_M^T \cdot \eta_r, \text{ кВт}, \quad (1)$$

де Ne — електрична потужність теплової турбіни; G_k — витрата пари на конденсатор, кг/год; $G_{від}$ — витрата пари на відбір, кг/год; $H_{д}$ — дійсний теплоперепад у частині високого тиску турбіни, кДж/кг; $H'_{д}$ — дійсний теплоперепад на турбіні, кДж/кг; η_M^T — механічний ККД турбіни; η_r — ККД генератора.

Таким чином, змінюючи витрату на відбір турбіни ($G_{від}$), можна впливати на потужність турбіни. Дана залежність дає змогу пов'язати потужність котлоагрегата з відбором пари. Зі зміною потужності змінюється витрата палива [3] на котлоагрегат, при максимальній вихідній витраті пари (9 т/год) витрата газу становить більше, ніж 703 м³/год.

Проаналізувавши всі фактори, що впливають на вихідну потужність котлоагрегата та витрату палива, можна стверджувати, що існуючі системи та підходи до автоматизації котелень не надають можливості впливати на потужність відповідно до поточних потреб споживачів.

Для вирішення проблеми динамічної зміни навантаження на котлоагрегати ТЕЦ невеликої потужності можливо використати системи нечіткої логіки [5]. Як один із можливих варіантів застосовуються блоки нечіткого висновку (так

званої FUZZY системи) для керування потужністю котлоагрегата. Керуюча дія в системі формується за рахунок перевірки на відповідність нечітких правил до дійсних значень параметрів системи. Розробка правил відбувається згідно з досвідом оператора, тобто відтворюються його дії при зміні параметрів. Процес отримання вихідної потужності котлоагрегата показано на структурній схемі на рис. 3.

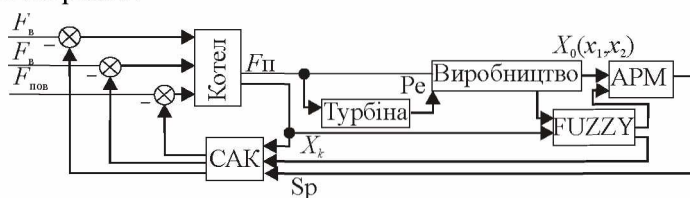


Рис. 3. Процедура отримання завдання на систему керування з використанням блоку нечіткого висновку

Оперативні дані (X_0) надходять на АРМ, де видається завдання на регулятори (Sp) відповідно до режимної карти, та на систему нечіткого висновку (FUZZY), яка видає на виході корегуючий сигнал (X_k), що вимірюється в межах 0—1, який подається на САК, де множиться на значення завдання згідно з режимом. Поточне завдання потужності буде змінюватися в межах 0—100 % залежно від заданого режимом.

Для вирішення проблеми керування потужністю котла можливе також використання адаптивної нейронечіткої мережі (ANFIS) [4]. У даному випадку система ускладнюється тим, що додається процедура навчання. Таким чином, окрім оперативних даних, у мережу завантажуються файл навчання, який містить архівні дані про споживану потужність і витрату пари на виробництво, а також дані про вихідну кількість пари з котлоагрегата за певний період часу.

На відміну від системи нечіткого висновку, де правила створюються з урахуванням досвіду оператора і можуть не враховувати деякі можливі комбінації, в ANFIS системі нечіткі правила створюються автоматично згідно з експериментальними даними, які завантажуються з розширенням *.dat і корегуються в процесі навчання системи.

Структура такого керування зображена на рис. 4.

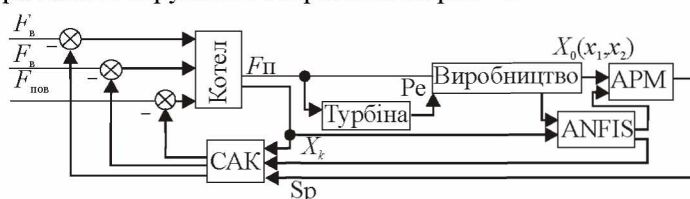


Рис. 4. Структура керування потужністю котла з використанням ANFIS системи

Виходом мережі (X_k) є сума вкладів усіх нечітких правил (y):

$$X_k = y_1 + y_2 + \dots + y_m, \quad (2)$$

де m — кількість правил у мережі.

Для початку в середовищі Matlab побудуємо блок нечіткого висновку і, провівши відповідні налаштування, завантажимо його в середовище simulink.

Адаптивна нейронечітка мережа створюється в ANFIS редакторі. Необхідні експериментальні дані оформлюються як файл з розширенням *.dat і завантажуються до редактора. Система самостійно формує правила, нейронну мережу та нечіткий блок. За експериментальними даними, провівши необхідну кількість циклів навчання мережі, експортуємо отриману мережу в середовище simulink для порівняння отриманих результатів.

Щоб перевірити працездатність створених блоків, побудуємо експериментальну модель у середовищі simulink. Як вихідні дані витрати приймається, що середнє споживання пари варіюється в межах 0—7 т/год, а споживання електроенергії — в межах 2000 кВт/год.

На рис. 5 зображено імітаційну модель з використанням класичного нечіткого модуля та навченого блоку адаптивної нейронечіткої мережі. Для імітації динаміки витрати пари та споживання електроенергії як вхідні джерела обрано генератори випадкових значень (оскільки пара витрачається в основному згідно з графіком, з можливим коливанням, то для прикладу приймемо, що витрата коливається в межах 0—7 т/год) та випадкову зміну споживання електроенергії в процесі роботи підприємства (для прикладу, коливання відбувається в межах 960—2100 кВт/год). Змодельовавши роботу блока, отримуємо результати перевірки працездатності.

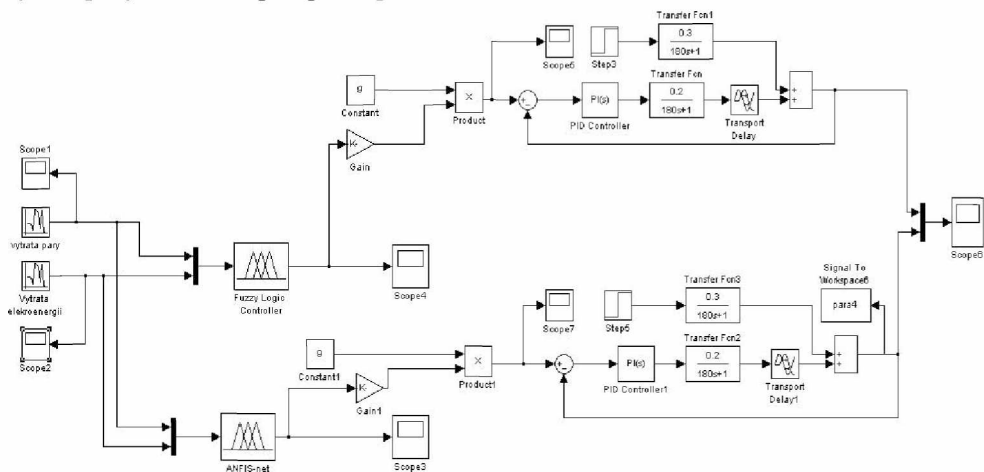


Рис. 5. Імітаційна модель перевірки працездатності блоків ANFIS і FUZZY систем

Вхідні дані надходять на нечіткі блоки, де проходить оцінка потужності відповідно до витрат пари й електроенергії. Вихідні значення блоків варіюються в діапазоні 0—1 і множаться на значення завдання регулятора. Таким чином завдання регулятора змінюється відповідно до заданої потужності котлоагрегата.

Об'єкт керування представлено у вигляді аперіодичної ланки із запізненням та одним збуренням, регулятор налаштовано відповідно до об'єкта керування. Щоб оцінити роботу двох блоків при однакових вхідних даних при дослідженні використано два однакових об'єкти з однаковими характеристиками. Як завдання використано значення потужності котлоагрегата [3] для

котлоагрегата ДКВР-6,5/13 при навантаженні 9 т/год. Для перегляду графіків, отриманих під час експерименту, використано елементи score.

Оскільки вихідне значення з нечітких блоків змінюється в діапазоні 0—100 (відповідно до відсотка потужності котла), то для отримання значень завдання в межах зміни параметрів у систему введено два множники на коефіцієнт 0,01. Таким чином, режимне завдання потужності котлоагрегата множиться на коефіцієнт з діапазону 0—1 відповідно до його зміни після аналізу даних.

На графіку (рис 6.) показано, що у визначений проміжок часу (800 робочих годин) витрата пари на виробництво змінювалася в межах 0—7 т/год.

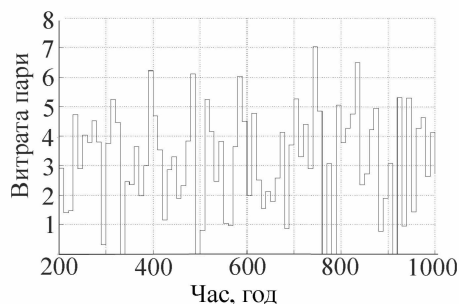


Рис. 6. Графік зміни витрати пари під час роботи, т/год

Графік зміни поточного споживання електроенергії під час роботи підприємства (рис. 7) ілюструє поточне споживання електроенергії підприємством за 800 робочих годин, потужність варіюється в межах 1880—2300 кВт/год. Характер зміни споживаної потужності є варіативним, оскільки під час роботи підприємства можливе включення/відключення різного типу агрегатів з різною споживаною потужністю з урахуванням поточних потреб і можливих позаштатних ситуацій.

Отримані результати (рис. 8) показують, що динамічно, зі зміною витрати пари й електроенергії, змінюється навантаження на роботу котлоагрегата у вигляді зміни завдання регуляторам.

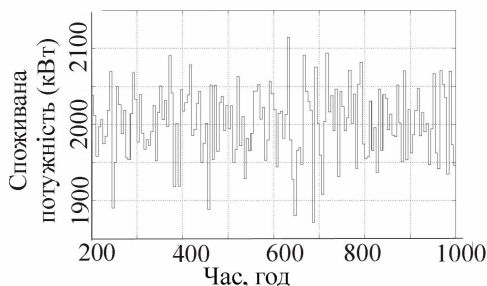


Рис. 7. Зміна поточного споживання електроенергії під час роботи підприємства, кВт/год

З рис. 8 видно, що система, оснащена адаптивним нейронечітким блоком (показано пунктирною лінією), більш чутливо реагує на зміну навантаження, оскільки в ній передбачено більше правил, що адаптовані під варіацію

вхідних даних. На графіку з робочого проміжку 200–800 год видно, що вихідна кількість пари на виході з котла варіюється в межах 1—7 т/год при заданих 9. У моменти, коли попит на пару низький, продуктивність падає практично до нуля, а наявний попит компенсується парою з проміжного накопичувача. У результаті досягається економія палива на котлоагрегаті.

У результаті порівняння результатів роботи нечіткого блоку й адаптивної нейронечіткої мережі (ANFIS) видно, що зі зміною споживання пари й електроенергії підприємством більш краще реагує на дані зміни блок ANFIS-мережі, який динамічно налаштовує необхідну для поточних потреб виробництва робочу потужність котлоагрегата.

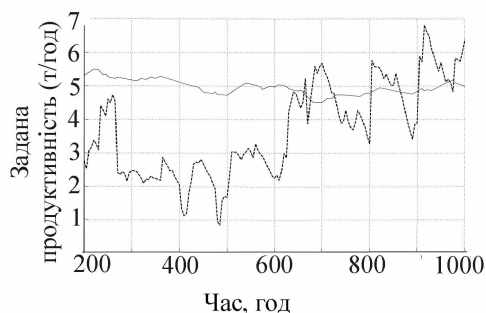


Рис. 8. Зміна витрати газу, отримана на виході блоків FUZZY і ANFIS

Висновки

Отже, більш простим з точки зору налаштування та створення є класичний модуль нечіткого керування, але його недоліком є те, що база правил складається виключно з досвіду керування об'єктом і може мати недоліки, які часто проявляються під час робочого процесу.

Кращим у цьому плані є модуль адаптивної нейронечіткої мережі системи, база правил якого складається автоматично і корегується під час навчання мережі. Недоліком є складність використання та необхідність періодичного перенавчання мережі відповідно до змін у технологічному процесі. Даний недолік вирішується програмним шляхом, дані для навчання мережі можуть братися з архівів підприємства або збиратися й оброблятися безпосередньо в робочому режимі.

Література

1. *Catalog of CHP Technologies Section 4. Technology Characterization* — Steam Turbines / Combined Heat and Power Partnership. — U.S Environmental Protection Agency, 2015. — 131 p.
2. Кириллин В.А. Техническая термодинамика: [учеб. для вузов] / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. — Москва: Изд. дом МЭИ, 2008. — 496 с.
3. Афанасьев В.А. Некоторые вопросы энергетического обследования котельной [текст] / В.А. Афанасьев, Н.Д. Денисов-Винский // Журнал «Новости теплоснабжения». — 2011. — № 11 (135). — 32 с.
4. Peifeng Niu, Guoqiang Li, Mizhe Zhang. Design Research of an Adaptive-Fuzzy-Neural Controller / Peifeng Niu, Guoqiang Li, Mizhe Zhang // Journal of Advances in Information Technology. — 2011. — # 2 (2). — P. 122—127.
5. Galzina V. Application of Fuzzy Logic in Boiler Control / V. Galzina, T. Saric, R. Lujic // Technical Gazette. — 2011. — # 15 (15). — P. 4—21.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

М.В. Лапин, В.М. Сидлецкий

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассмотрен способ динамического управления мощностью паровых котлоагрегатов на ТЭЦ небольшой мощности в соответствии с текущими потребностями потребителей, проанализированы методы динамического управления мощностью котлоагрегатов с использованием систем нечеткой логики и адаптивных нейронечетких сетей. Для решения проблемы динамического изменения нагрузки на котлоагрегаты ТЭЦ небольшой мощности предложено использовать системы нечеткой логики. Как один из возможных вариантов для управления мощностью котлоагрегата используются блоки нечеткого вывода (так называемой FUZZY системы). Управляющее действие формируется за счет проверки на соответствие нечетких правил и действительных значений параметров системы. Создание правил происходит в соответствии с опытом оператора, то есть воспроизводит его действия при изменении параметров.

Ключевые слова: задание, регулятор, управление, объект, нечёткий, адаптивный.

УДК 681.335 (088.8)

DEVICE FOR LINEARIZATION OF CHARACTERISTICS OF PRIMARY MEASURING CONVERTERS

O. Rishan, O. Vorontsov

National University of Food Technologies

Key words:

*Output signal linearization
Computer-integrated
regulation systems (CIRS)
Primary measuring
transformers (PMT)
Transformation
characteristics (TC)
RC-generator*

ABSTRACT

This article examines the output signal linearization method of primary measuring transformers with harmonic transformation characteristic in 0 to $\pi/2$ radian diapason and the device for the realization of the given method, which is based on transistor RC-generator. The linearization method and the device for its realization increase the general sensitivity and provide higher accuracy of analog signal transformation into digital code for primary measuring transformers.

Article history:

Received 14.04.2016

Received in revised form

02.05.2016

Accepted 21.05.2016

Corresponding author:

O. Rishan

E-mail:

npnuft@ukr.net

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЛІНЕАРИЗАЦІЇ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРВИННИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

О.Й. Рішан, О.О. Воронцов

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто спосіб лінеаризації вихідних сигналів первинних вимірювальних перетворювачів з гармонічною характеристикою перетворення в діапазоні від 0 до $\pi/2$ радіан і пристрій для його реалізації на основі транзисторного RC-генератора. Використання розглянутого способу лінеаризації та пристрою для його реалізації дозволяє підвищити загальну чутливість і точність перетворення аналогової інформації у цифровий код для первинних вимірювальних перетворювачів.

Ключові слова: лінеаризація вихідного сигналу, комп'ютерно-інтегровані системи управління (КІСУ), первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП), характеристика перетворення (ХП), RC-генератор.

Постановка проблеми. В склад нижнього рівня сучасних комп'ютерно-інтегрованих систем управління (КІСУ) входять первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП), метрологічні характеристики яких передусім забезпечують ефек-

тивність її функціонування. Обробка всієї інформації в КІСУ здійснюється у цифровій формі, а перетворення аналогових сигналів ПВП здійснює аналого-цифровий перетворювач (АЦП) мікропроцесорного контролера (МПК). У переважній більшості випадків характеристика перетворення (ХП) ПВП по діапазону вимірювання є нелінійною, при чому ХП може бути як із зростаючою чутливістю до кінця діапазону вимірювання, так і з чутливістю, що зменшується по діапазону. Наприклад, ХП ультразвукового інтерферонційного фазового рівнеміра на стоячій хвилі, у якого залежно від вихідного налаштування ХП може бути синусоїдальною, при якій чутливість зменшується по діапазону вимірювання, або косинусоїдальною, при якій чутливість зростає по діапазону вимірювання [4].

Оскільки АЦП МПК здійснює пропорційне перетворення аналогового сигналу у цифровий код, то ХП ПВП у цифровому коді є теж нелінійною. Нелінійність ХП збільшує основну похибку ПВП і для її зменшення необхідно або звужувати діапазон вимірювання ПВП, що не бажано, або ХП ПВП необхідно лінеаризувати [1, 2, 3, 4, 5, 6].

У більшості сучасних засобів вимірювання (ЗВ) лінеаризацію ХП ПВП здійснюють у цифровому коді в МПК, що знаходиться в ЗВ без зміни її чутливості, а отриману лінійну ХП ПВП знову перетворюють в аналоговий сигнал в цифро-аналогових перетворювачах (ЦАП) ЗВ для його передачі по лінії зв'язку в МПК КІСУ [6].

Для усунення додаткових перетворень сигналів і додаткового збільшення чутливості ЗВ доцільно проводити лінеаризацію ХП ПВП безпосередньо при її перетворенні у частотний сигнал [2, 3] і його передачу по лінії зв'язку у МПК КІСУ. Незважаючи на широке використання в сучасних перетворювачах, які здійснюють перетворення аналогових сигналів первинних вимірювальних перетворювачів (ПВП) у цифровий код, інтегральних мікросхем, в деяких випадках доцільно для цієї мети використовувати конденсаторний перетворювач напруги в частоту, що побудований за схемою транзисторного RC -генератора [3]. Такий генератор забезпечує перетворення аналогового вихідного сигналу ПВП по напрузі у частоту його релаксації по трьом незалежним каналам: пропорційне — по зміні швидкості заряду ємностей RC -генератора за рахунок зміни їх струму заряду по емітерним і базовим ланцюгам стабілізаторів струму та обернено пропорційне по регулюванню рівня заряду ємностей по напрузі [3]. В той же час генератор забезпечує глибоке регулювання частоти його релаксації по зазначеним каналам аналоговими вихідними сигналами від операційних підсилювачів, які обробляють сигнали ПВП до їх перетворення в частоту, тому що живлення самого RC -генератора здійснюється повною напругою живлення ($+U_{ж}$ та $-U_{ж}$) ОП.

У випадку одночасного використання каналів регулювання частоти RC -генератора по каналу зміни струму I заряду та по рівню заряду ємностей основне рівняння перетворення схеми [2] має вигляд:

$$F = \frac{I}{C \cdot U}, \quad (1)$$

де F — частота імпульсів на виході генератора; C — ємність конденсаторів; U — напруга рівня заряду конденсаторів.

У випадку одночасного використання каналів регулювання частоти RC -генератора за рахунок зміни струму заряду його ємностей по емітерним і базовим ланцюгам стабілізаторів струму можна здійснювати алгебраїчне додавання двох сигналів по цим входам за основним рівнянням його перетворення у вигляді:

$$F(h) = F_0 + a \cdot [\pm f(h) \mp \phi(h)], \quad (2)$$

де $F(h)$ — частота імпульсів на виході генератора; F_0 — початкова частота релаксації RC -генератора; a — коефіцієнт перетворення RC -генератора; $f(h)$ — сигнал ПВП, який підлягає перетворенню у частоту імпульсів; $\phi(h)$ — сигнал коригування характеристики перетворення ПВП для зменшення її нелінійності; h — фізичний параметр, який перетворюється у частотний сигнал.

Залежність (2) надає можливість реалізувати спосіб лінеаризації і побудувати на основі RC -генератора пристрій для лінеаризації аналогового сигналу ПВП з гармонічною характеристикою перетворення (ХП), не використовуючи при цьому додаткові операційні підсилювачі (ОП).

Мета статті. Розробка способу та пристрою для лінеаризації, який здатний лінеаризувати нелінійні аналогові сигнали ПВП з гармонічною ХП різних знаків зміни чутливості в діапазоні вимірювання від 0 до $\pi/2$ радіан у частоту імпульсів на його виході з одночасним зростанням загальної чутливості і з урахуванням точності перетворення.

Викладення основних результатів дослідження. Основні графічні залежності етапів розробленого способу лінеаризації вихідних сигналів ПВП з гармонічною ХП приведені на рис. 1 і рис. 2.

Суть способу ґрунтується, по-перше, на прямо пропорційному перетворенні гармонічного вхідного аналогового сигналу ПВП виду $f(h)$ (синусоїдального — рис. 1 або косинусоїдального — рис. 2) у частоту релаксації RC -генератора по каналу зміни швидкості заряду ємностей за рахунок зміни їх струму заряду по емітерним ланцюгам стабілізаторів струму й одночасному виробленні по діапазону вимірювання сигналу коригування виду $\phi(h) = \sqrt{1 - f^2(h)}$, який подається у канал керування базовими ланцюгами стабілізаторів струму заряду ємностей.

Але при цьому отриманий коригувальний сигнал $\phi(h)$ спочатку зміщують у координатах частотного перетворення на -1 , яка по модулю дорівнює сумі квадратів гармонічного сигналу, що лінеаризується, та сигналу коригування $\phi(h)$ для того, щоб коригувальний сигнал у точці початку діапазону, як і вхідний $f(h)$, теж дорівнював нулю, тобто отримати залежність $-1 + \phi(h)$. Для подальшого здійснення алгебраїчного додавання вхідного сигналу $f(h)$ з отриманою зміщеною характеристикою $-1 + \phi(h)$ останню інвертують і отримують залежність $1 - \phi(h)$. Результатом алгебраїчного додавання вхідного сигналу $f(h)$ та сигналу $1 - \phi(h)$ є початково лінеаризовані S -подібні ХП ПВП по залежності $1 + f(h) - \phi(h)$ (гілки 1а та 1б на рис. 1 для синусоїдального вхідного сигналу) виду:

$$1 + \sin(h) - \cos(h) \quad (3)$$

та (гілки 7a і 7б на рис.2) для вхідного сигналу у вигляді косинусоїди виду:

$$1 + \cos(h) - \sin(h). \quad (4)$$

Похибка нелінійності таких S-подібних ХП ПВП складає 2,1 % в діапазоні вимірювання фази h в межах від 0 до $\pi/2$ [1].

По-друге, для зменшення наведеної похибки нелінійності розроблений спосіб лінеаризації, при якому для лінеаризації синусоїдального вхідного сигналу від ПВП виробляються додаткові сигнали коригування $\sin(h + \pi/4) - \cos(h + \pi/4)$ на ділянці ХП в межах $0 \leq h \leq \pi/4$ та $2 + \sin(h - \pi/4) - \cos(h - \pi/4)$ в межах $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$, які алгебраїчно додаються до сигналу $1 + \sinh - \cosh$.

Оскільки знаки зміни чутливості S-подібної ХП $1 + \sinh - \cosh$ (гілки 1a та 1б на рис. 1) різні в діапазонах $0 \leq h \leq \pi/4$ та $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$, то нелінійність із зростаючою чутливістю в діапазоні $0 \leq h \leq \pi/4$ (гілка 1a на рис. 1) компенсується додатковим зміщенням залежності $1 + \sin(h) - \cos(h)$ (крива 1б на рис. 1), яка характеризується чутливістю, що зменшується по діапазону $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$, на $\pi/4$ (залежність 4 на рис. 1) по осі параметра h , що перетворюється, та на (-1) по осі ординат U з подальшим їх додаванням (результуюча залежність 3 на рис. 1).

Таким чином, без урахування початкової частоти F_0 релаксації RC-генератора по залежності (2) (остання може бути скомпенсована) при лінеаризації синусоїдальної ХП в діапазоні $0 \leq h \leq \pi/4$ частота на виході RC-генератора визначається залежністю:

$$F(h) = 1 + \sin(h) - \cos(h) + \sin(h + \pi/4) - \cos(h + \pi/3). \quad (5)$$

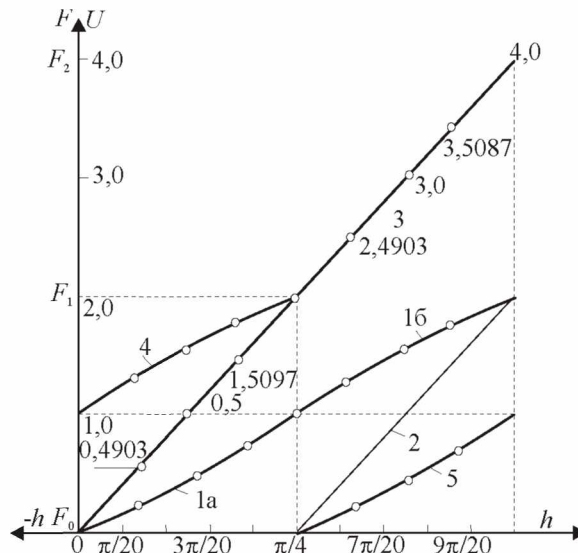


Рис. 1. Перетворення гармонічного вхідного аналогового сигналу ПВП синусоїдального виду $f(h)$

Лінеаризація цієї ж ХП в діапазоні $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$ (гілка 1б на рис. 1) здійснюється зсувом залежності $1 + \sin(h) - \cos(h)$ (гілка 1a на рис. 1), яка

характеризується чутливістю, що зростає по діапазону $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$, на $-\pi/4$ по осі параметра h , що перетворюється, (гілка 1а зміщена в бік упередження на $-\pi/4$ (залежність 5 на рис. 1) з подальшим їх додаванням її до гілки 1б та отриманням результуючої залежності 2 на рис. 1, і зміщенням останньої на дворазовий сигнал (+1) по осі ординат U (залежність 3 на рис. 1).

У цьому випадку в діапазоні $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$ частота на виході RC-генератора визначається залежністю:

$$F(h) = 3 + \sin(h) - \cos(h) + \sin(h - \pi/4) - \cos(h - \pi/4). \quad (6)$$

Після перетворення залежностей (5) і (6) отримуємо:

$$F(h) = 1 + 2,4142 \sin(h) - \cos(h) \quad (7)$$

для $0 \leq h \leq \pi/4$;

$$F(h) = 3 + \sin(h) - 2,4142 \cos(h) \quad (8)$$

для $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$.

Лінеаризація вхідних косинусоїдальних аналогових сигналів здійснюється за аналогією. Для зменшення похибки нелінійності виробляються додаткові коригуючі сигнали $\cos(h - \pi/4) - \sin(h - \pi/4)$ на ділянці ХП в межах $0 \leq h \leq \pi/4$ та $\cos(h + \pi/4) - \sin(h + \pi/4)$ в межах $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$, які алгебраїчно додаються до сигналу $1 + \cos(h) - \sin(h)$.

Нелінійність залежності $1 + \cos(h) - \sin(h)$ із чутливістю, що зменшується в діапазоні $0 \leq h \leq \pi/4$ (гілка 7б на рис. 2), компенсується додатковим зміщенням цієї ж залежності в діапазоні $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$ (гілка 7а на рис. 2), яка характеризується чутливістю, що збільшується по діапазону, на $\pi/4$ (залежність 9 на рис. 2) по осі параметра h з подальшим її додаванням до гілки 7б та отриманням результуючої залежності 6 і її зміщенням на дворазовий сигнал (+2) по осі ординат U (результуюча залежність 8 на рис. 2).

Частота на виході RC-генератора в діапазоні $0 \leq h \leq \pi/4$ в цьому випадку визначається залежністю:

$$F(h) = 3 + \cos(h) - \sin(h) + \cos(h - \pi/4) - \sin(h - \pi/4). \quad (9)$$

Нелінійність залежності $1 + \cosh - \sinh$ із чутливістю, що зростає в діапазоні $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$ (гілка 7а на рис. 2) компенсується додатковим зміщенням цієї ж залежності в діапазоні $0 \leq h \leq \pi/4$ (крива 7б на рис. 2), яка характеризується чутливістю, що зменшується по діапазону, на $\pi/4$ (залежність 10 на рис. 2) по осі параметра h , що перетворюється, та на (-1) по осі ординат U з подальшим їх додаванням (результуюча залежність 8 на рис. 2).

Частота на виході RC-генератора при лінеаризації ХП у вигляді косинусоїди в діапазоні $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$ визначається залежністю:

$$F(h) = 1 + \cos(h) - \sin(h) + \cos(h + \pi/4) - \sin(h + \pi/4). \quad (10)$$

Після перетворення залежностей (9) та (10) вони мають вигляд:

$$F(h) = 3 + \cos(h) - 2,4142 \sin(h) \quad (11)$$

для $0 \leq h \leq \pi/4$;

$$F(h) = 1 + 2,4142 \cos(h) - \sin(h) \quad (12)$$

для $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$.

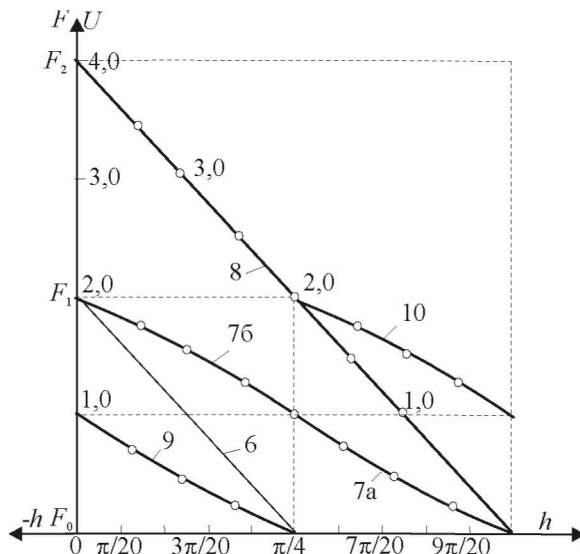


Рис. 2. Перетворення гармонічного вхідного аналогового сигналу ПВП косинусоїдального виду $f(h)$

Розрахунок вихідних лінеаризованих ХП ПВП і значень похибок нелінійності при лінеаризації синусоїди по залежностям (7) і (8) та лінеаризації косинусоїди по залежностям (11) і (12) для діапазону від 0 до $\pi/2$ радіан приведений у табл. 1.

Таблиця 1. Розрахунок вихідних лінеаризованих ХП ПВП і значень похибок нелінійності

Параметр		0	$\frac{\pi}{20}$	$\frac{\pi}{10}$	$\frac{3\pi}{20}$	$\frac{\pi}{5}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{3\pi}{10}$	$\frac{7\pi}{20}$	$\frac{2\pi}{5}$	$\frac{9\pi}{20}$	$\frac{\pi}{2}$
Основні залежності												
Лінеаризація сигналу ПВП синусоїдального виду												
$f(h) = \sin(h)$	0	0,1564	0,3090	0,4540	0,5878	0,7071	0,8090	0,8910	0,9511	0,9877	1,0	
$1 + f(h) - \varphi(h)$	0	0,1687	0,3579	0,5630	0,7788	1,0	1,2212	1,4370	1,6421	1,8313	2,0	
$1 + 2,4142 \sin(h) - \cos(h)$	0	0,3899	0,7949	1,2050	1,6100	2,0	-	-	-	-	-	
$3 + \sinh - 2,4142 \cosh$	-	-	-	-	-	2,0	2,3899	2,7949	3,2050	3,6100	4,0	
Ідеальна ХП	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	
Нелінійність, %	0	-0,250	-0,127	+0,125	+0,250	0	-0,250	-0,125	+0,127	+0,250	0	
Лінеаризація сигналу ПВП косинусоїдального виду												
$\varphi(h) = \cos(h)$	1,0	0,9877	0,9511	0,8910	0,8090	0,7071	0,5878	0,4540	0,3090	0,1564	0	
$1 + f(h) - \varphi(h)$	2,0	1,8313	1,6421	1,4370	1,2212	1,0	0,7788	0,5630	0,3579	0,1687	0	
$3 + \cos(h) - 2,4142 \sin(h)$	4,0	3,6100	3,2050	2,7949	2,3899	2,0	-	-	-	-	-	
$1 + 2,4142 \cos(h) - \sin(h)$	-	-	-	-	-	2,0	1,6100	1,2050	0,7949	0,3899	0	
Ідеальна ХП	4,0	3,6	3,2	2,8	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8	0,4	0	
Нелінійність, %	0	+0,250	+0,127	-0,125	-0,250	0	+0,250	+0,125	-0,127	-0,250	0	

Принципова блок-схема розробленого і дослідженого пристрою, що реалізує розглянутий спосіб лінеаризації, приведена на рис. 3.

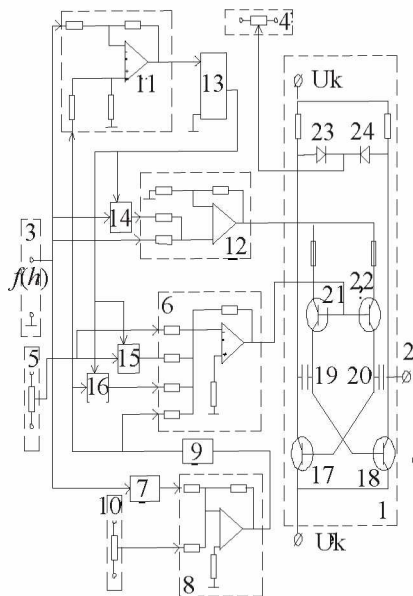


Рис. 3. Принципова блок-схема пристрою для лінеаризації

На рис. 3 позначені: RC -генератора 1, частотний вихід 2 якого є виходом пристрою; підсилювальні елементи 17 і 18 генератора, що інвертують його фазу; накопичувальні конденсатори 19 і 20; елементи 21 та 22, що задають струм заряду конденсаторів; фіксуючі діоди 23 та 24; вхід пристрою 3; регульовані джерела 4, 5 та 10 опорної напруги; блок 7 піднесення сигналу в квадратичний степінь; блок 9 добування квадратного кореня; операційні підсилювачі 6, 8, 11 та 12 алгебраїчного додавання аналогових сигналів, компаратор 13 та ключові елементи 14, 15 і 16.

Пристрій працює таким чином: задають початкове значення напруги на фіксуючі діоди 23 та 24 від регульованого джерела 4 опорної напруги, від значення якої залежить початкова частота F_0 релаксації RC -генератора 1 по залежності (1), яка відповідає значенню параметра $h = 0$. Під дією аналогового сигналу $f(h)$ від ПВП, що надходить на вхід 3 і поступає через операційний підсилювач 12 на емітерні ланцюги стабілізаторів 21 та 22 струму, частота на виході 2 генератора 1 змінюється на величину, що пропорційна вхідному сигналу відносно частоти F_0 . Ланцюг коригування, що складається із блоків 7—10, випрацьовує сигнал $\phi(h) = \sqrt{1 - f^2(h)}$, який надходить через операційний підсилювач 6 у канал регулювання частоти релаксації генератора по базовим ланцюгам стабілізаторів 21 та 22 струму, що спричиняє додаткове зростання частоти на виході генератора 1. При цьому блоками 7—10 випра-

цьовуються перші сигнали коригування $-1 + \phi(h) : \cos(h) - 1$ при лінеаризації синусоїди та $\sin(h) - 1$ при лінеаризації косинусоїди.

Сумісна дія вхідного сигналу й сигналу коригування формує частотну характеристику генератора 1 стосовно частоти F_0 виду (3) (гілки 1а та 1б на рис. 1) при лінеаризації синусоїди та виду (4) (гілки 7а та 7б на рис. 2) при лінеаризації косинусоїди.

Одночасно вхідний сигнал і сигнал коригування від блоку 9 через операційний підсилювач 11 надходять на компаратор 13, який керує ключовими елементами 14, 15 і 16.

У діапазоні $0 \leq h \leq \pi/4$ складова сигналу коригування (косинусоїда) більша за синусоїду і на виході підсилювача 11 встановлюється напруга із знаком мінус, тобто нижча за напругу нуля загальної шини. Відповідно, на виході компаратора 13 устанавлюється логічний нуль, чому відповідає нормально закритий стан ключа 14 і нормально відкритий стан ключів 15 та 16. У цьому випадку до базових ланцюгів-стабілізаторів 21 та 22 струму генератора 1 через підсилювач 6 підключаються одиночний сигнал від джерела 5 опорної напруги, а через підсилювач 12 підключаються додаткова частина вхідного сигналу $1,4142\sin(h)$, а їх одночасна дія приводить до залежності вихідної частоти генератора 1 по залежності (7), що еквівалентно виразу (5).

У діапазоні вимірювання $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$, навпаки, вхідна складова сигналу виду синусоїда більша за складову сигналу коригування (косинусоїди), напруга на виході підсилювача 11 встановлюється із знаком плюс, на виході компаратора 13 устанавлюється логічна одиниця, яка змінює стан ключів 14, 15 і 16 на протилежний. При цьому на вхід емітерних ланцюгів стабілізаторів 21 та 22 струму генератора 1 через підсилювача 12 підключаються тільки вхідний синусоїдальний сигнал, а через підсилювач 6 підключаються додатково сигнал $1,4142\cos(h)$ і двократний одиночний сигнал, що дорівнює сумі квадратів вхідного сигналу та сигналу блока 9. Частота виходу генератора 1 в цьому діапазоні змінюється по залежності (8), що еквівалентно виразу (7).

При $h = \pi/4$ сигнал на виході компаратора постійно переходить із стану нуля в одиницю і навпаки, але частота на виході генератора 1 дорівнює F_1 .

При лінеаризації вхідного сигналу у вигляді косинусоїди з блоку 9 знімають синусоїдальний. Для забезпечення режиму лінеаризації по залежностям (11) та (12) вхідні сигнали підсилювача 11 міняють місцями, чим досягається спрацьовування компаратора 13 у діапазоні $0 \leq h \leq \pi/4$ і його повернення в нульовий стан при $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$.

Лінеаризація по залежностям (7), (8) і (11), (12) суттєво спрощується (зникає необхідність використання блоку піднесення сигналу в квадратичний степінь та блоку добування квадратного кореня), якщо в ПВП, вихідний сигнал якого лінеаризується, є можливість одночасно з вхідним сигналом $f(h)$ отримати сигнал коригування $\phi(h)$, наприклад, розміщенням у ПВП ультразвукового інтерференційного рівнеміра додаткового ультразвукового перетворювача, який зміщений у просторі стосовно вимірювального перетворювача на $\pi/2$ радіан [4].

Висновки

Експериментальні розрахунки, наведені в табл. 1, та дослідження пристрою в складі ультразвукового рівнеміра, ПВП якого реалізує інтерференційний фазовий метод вимірювання на стоячій хвилі, показали, що розглянутий пристрій дозволяє знизити похибку нелінійності ХП ПВП до 0,25 % в діапазоні вимірювання від 0 до $\pi/2$ радіан.

Література

1. *Пристрій для лінеаризації нелінійних характеристик* / О.Й. Рішан, В.С. Денисенко // Науково-технічна інформація. — 2016. — № 3 (67). — С. 45—48.
2. *Первинні вимірювальні перетворювачі з частотною лінеаризацією характеристик перетворення* / О.Й. Рішан // Materiály X mezinárodní vědecko-praktická conference «Vědecký průmysl evropského kontinentu»; Praga: 2014. — С. 102—104.
3. *Універсальний функціональний перетворювач для лінеаризації характеристик перетворення первинних вимірювальних перетворювачів* / О.Й. Рішан, О.О. Пономаренко, Ю.Д. Захарчук // Науково-технічна інформація. — 2014. — № 3. — С. 54—56.
4. *Дослідження основних параметрів ультразвукових інтерференційних рівнемірів на стоячій хвилі* / О.Й.Рішан, Ю.М. Бородкіна // Науково-технічна інформація. — 2012. — № 1. — С. 56—59.
5. *Способи зниження методичної похибки нелінійності ультразвукових інтерференційних методів контролю рівня рідин* / О.Й. Рішан, В.О. Христенко // Науково-технічна інформація. — 2011. — №4. — С. 54—56.
6. *Контрольно-измерительные приборы* : Каталог FI 01 / Siemens AG. — 2013. — 1025 с.

ПРИБОР ДЛЯ ЛИНЕАРИЗАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРВИЧНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

А.И. Ришан, А.А. Воронцов

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассматривается способ линеаризации выходных сигналов первичных измерительных преобразователей с гармоничной характеристикой преобразования в диапазоне от 0 до $\pi/2$ радиан и прибор для его реализации на основе транзисторного RC-генератора. Использование рассмотренного способа линеаризации и прибора для его реализации позволяет повысить общую чувствительность и точность преобразования аналоговой информации в цифровой код для первичных измерительных преобразователей.

Ключевые слова: линеаризация выходного сигнала, компьютерно-интегрированные системы управления (КИСУ), первичные измерительные преобразователи (ПИП), характеристика преобразования (ХП), RC-генератор.

FEATURES OF MODELLING CONTROL SYSTEMS OF TECHNOLOGICAL OBJECTS WITH UNCERTAINTIES

N. Lutska, L. Vlasenko, V. Tsyhanenko
National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
<i>Parametric uncertainty</i> <i>Structural uncertainty</i> <i>Nonsmooth optimization</i> <i>Sensitivity</i> <i>Robustness</i>	This article presents the results of modelling a control system of a technological object having significant parametric and structural uncertainties. The task of synthesis of PI-controller, which parameters are calculated by minimizing H_∞ -norm properties of a system, was considered in this study. The parameters were determined by the method of nonsmooth optimization. The analysis of the quality of transition processes of the investigated control system was conducted regarding the change of objective and the disturbance at nominal and the worst-case parameters of the plant with PI-controllers, one of which has the settings calculated by minimizing the first half-period of oscillation for nominal plant, and another one has the settings calculated using the general criterion for robust synthesis.
Article history: Received 10.04.2016 Received in revised form 01.05.2016 Accepted 15.05.2016	
Corresponding author: N. Lutska E-mail: lutskaya@yandex.ru	

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ З НЕВИЗНАЧЕНОСТЯМИ

Н.М. Луцька, Л.О. Власенко, В.В. Циганенко
Національний університет харчових технологій

У статті отримано результати моделювання системи керування технологічним об'єктом із суттєвими параметричними та структурними невизначеностями. Розглянуто задачу синтезу ПІ-регулятора, параметри якого розраховані за мінімізацією H_∞ -норми замкненої системи. Пошук параметрів проводився за допомогою методу негладкої оптимізації. Проведено аналіз якості перехідних процесів досліджуваної системи керування відносно зміни завдання та відносно збурення при номінальних і найгірших комбінаціях невизначеностей об'єкта з ПІ-регуляторами, один з яких має параметри налаштування, розраховані за мінімізацією першого півперіоду коливань для номінального об'єкта, а другий — за загальним робастним критерієм синтезу.

Ключові слова: параметрична невизначеність, структурна невизначеність, негладка оптимізація, чутливість, робастність.

Постановка проблеми. При побудові ефективної системи керування проєктант оперує апріорною інформацією про властивості технологічного

об'єкта керування та апостеріорною інформацією, що отримана шляхом проведення доексплуатаційної низки дослідів на самому об'єкті при певних умовах його роботи. Як правило, на основі отриманої інформації будується наближена лінійна модель процесу, на основі якої, а також вимог до якості процесу керування, обирається структура та параметри регулятора [1].

Загальновідомо, що задача синтезу будь-якого регулятора зводиться до знаходження стабілізуючого регулятора, який би відповідав, окрім досягнення заданої стійкості і якості системи керування, ще й додатковим вимогам. Зазвичай структура регулятора задана заздалегідь і основною проблемою визначення його налаштувань.

Останнім часом активно розвиваються такі аналітичні теорії синтезу регуляторів: H_∞ -теорія, μ -синтез, l_1 -підхід тощо [2—5], що суттєво покращують роботу систем керування, але серйозною проблемою залишається синтез регуляторів, які задовольняють критерії якості. На практиці, як і раніше, використовують традиційні регулятори (П-, ПІ-, ПІД-регулятори), що зарекомендували себе як доступні та зрозумілі при вирішенні промислових завдань [6, 7].

Однак отримана система керування може виявитися чутливою до параметрів чи структури об'єкта, а також зміни навколишнього середовища, оскільки не враховуються невизначеності, при якій вона була синтезована. До таких невизначеностей належать: неточність апроксимації нелінійного об'єкта лінійними ланками; неточність ідентифікації параметрів моделі об'єкта, що обумовлюється умовами проведення дослідів у режимах, які лише наближені до робочих; нелінійні характеристики датчиків і виконавчих механізмів; зміна характеристик зовнішніх збурень і шумів у каналах вимірювання. Крім того, при постійній експлуатації технологічний об'єкт може змінити свої характеристики, а технічні засоби зношуються, що погіршує якість перехідних процесів, збільшує енергетичні витрати та спричиняє псування кінцевого продукту.

Об'єктом дослідження є система керування технологічним процесом, що має суттєві невизначеності як параметричного, так і структурного типів. У ході попередніх досліджень встановлено, що якість систем керування технологічними об'єктами із суттєвими невизначеностями незадовільна, а налаштування локального ПІ-регулятора потребують додаткових дій. Зважаючи на вищевикладене, метою дослідження є підвищення якості регулювання технологічним об'єктом, що функціонує в умовах параметричної та структурної невизначеностей, шляхом налаштування ПІ-регулятора за робастним критерієм.

Виклад основних результатів дослідження. Для того, щоб система мала робастні властивості, обирається H_∞ -критерій мінімізації замкненої системи, а налаштування робастного ПІ-регулятора розраховується за методом негладкої оптимізації (Nonsmooth multy-directional search). Переваги таких систем беззаперечні — проєктант системи керування особисто може обрати будь-яку структуру регулятора і розрахований регулятор має властивості робастності, адже синтезований за H_∞ -критерієм.

Одним із ефективних способів забезпечення робастних властивостей системи з одним входом-одним виходом є використання теорії чутливості, а також заснованого на цій теорії алгоритму loop shaping. Згідно з останнім, загальний робастний критерій синтезу для системи, що зображена на рис. 1, визначається так:

$$\left\| \begin{matrix} W_1(s)S(s) \\ W_2(s)R(s) \\ W_3(s)T(s) \end{matrix} \right\|_{\infty} \rightarrow \min_{K(s)}, \quad (1)$$

де $S(s)$ — передатна функція чутливості системи; $T(s)$ — функція додаткової чутливості та $K(s)$ — передатна функція регулятора; $L(s)$ та $R(s)$ — додаткові передатні функції, що визначаються за формулами:

$$\begin{aligned} L(s) &= G(s)K(s), S(s) = [I + L(s)]^{-1}; R(s) = K(s)[I + L(s)]^{-1}; \\ u &= R(s)r, T(s) = L(s)[I + L(s)]^{-1}. \end{aligned} \quad (2)$$

Так, в (1) перша складова критерію забезпечує мінімум параметричної чутливості, друга та третя — мінімум дестабілізуючих, відповідно, адитивної та мультиплікативної структурних невизначеностей. W_1, W_2, W_3 — вагові матриці, що визначають частотний діапазон впливу кожної із складових критерію (1). Даний критерій має назву *weighted mixed sensitivity* [2, 4].

На рис. 1 наведена структура синтезованої системи, де $r(t), u(t), e(t), d(t), y(t)$ — сигнали завдання, керування, розузгодження, збурення та вихідний сигнал відповідно; $G(q, s)$ — передатна функція об'єкта з параметричними невизначеностями q ; $K(s) = K_p + K_i/s$ — передатна функція ПІ-регулятора; Δ_1, Δ_2 — структурні невизначеності, представлені у вигляді лінійної динамічної системи (один вхід — один вихід) з обмеженнями: $\|\Delta_1\|_{\infty} \leq 1, \|\Delta_2\|_{\infty} \leq 1$.

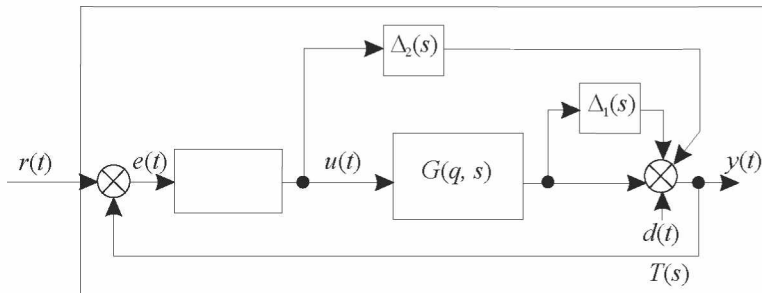


Рис. 1. Структурна схема системи керування

Однак при використанні алгоритму *loop shaping* за критерієм (1) порядок регулятора виявляється значно вищим за порядок об'єкта, тому пропонується використати критерій мінімізації (1) для знаходження параметрів ПІ-регулятора, використовуючи при цьому пошуковий алгоритм негладкої H_{∞} -оптимізації (Nonsmooth multy-directional search) [8—10].

Розглянемо об'єкт, математична модель якого описується аперіодичною ланкою першого порядку із запізнюванням:

$$G(s) = \frac{k_0}{Ts + 1} e^{-\tau s}. \quad (3)$$

При цьому розкладемо ланку запізнення в ряд Паде 2-го порядку, тоді математична модель об'єкта набуде такого вигляду:

$$G(s) = \frac{k_0(1 - s\tau/2)}{(Ts + 1)(1 + s\tau/2)}, \quad (4)$$

де k_0 , T та τ — визначені в певному діапазоні параметри об'єкта.

Моделювання проводилось у середовищі Matlab з використанням функцій пакета Control System Toolbox і Robust Control Toolbox шляхом програмування. Номінальні параметри об'єкта: $k_0=1$ [од. вх./од. вих.], $T=100$ [с], $\tau=10$ [с], які змінювались довільно в діапазоні $[-50\% \dots +50\%]$.

Розрахунок параметрів ПІ-регуляторів проводився з використанням функції systune, що реалізує алгоритм [8—10] за критеріями: мінімізації першого півперіоду коливань для номінального об'єкта (PI) та за загальним робастним критерієм (1) (PI-robust). Результати виконання програми наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Результати визначення оптимальних настройок регулятора

Вид регулятора	Настройки регулятора	
	K_p	K_i
PI	4,4	0,0381
PI-robust	8,08	0,0575

Перехідні процеси будувалися для номінального режиму системи та для найгірших комбінацій параметричних і структурних невизначеностей, що визначались за допомогою функції wcgain, яка входить у Worst-Case Analysis, з точки зору амплітудно-частотної характеристики системи.

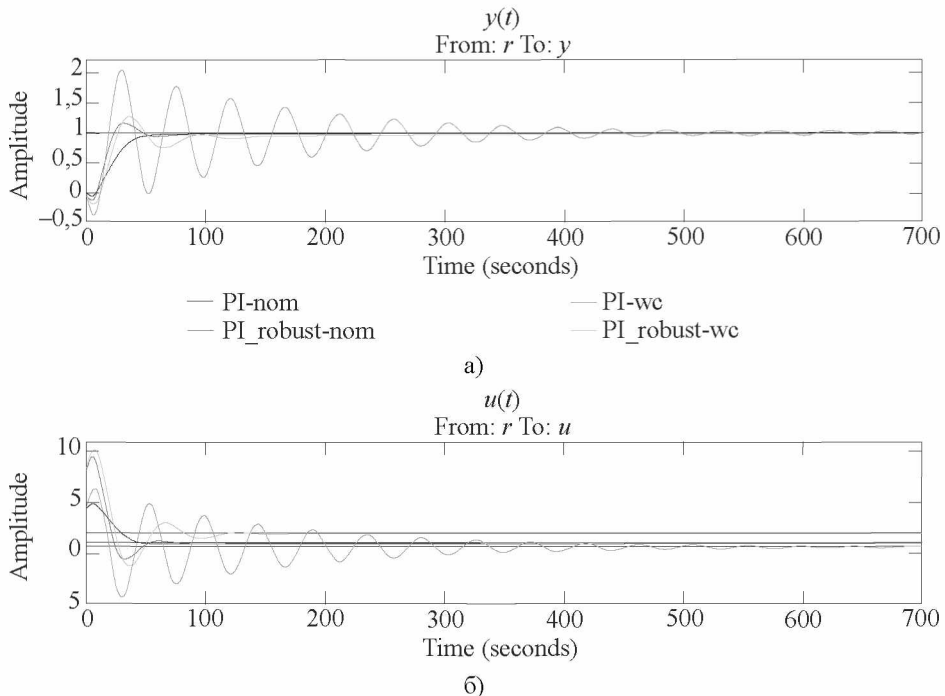


Рис. 2. Перехідні процеси відносно зміни ступінчатого сигналу завдання: а) зміна вихідного сигналу; б) зміна керування

На рис. 2—4 зображені перехідні процеси системи керування відносно зміни завдання та збурення при номінальних і найгірших комбінаціях невизначеностей системи з двома ПІ-регуляторами, перший з яких має настройки,

розраховані за мінімізацією першого півперіоду коливань для номінального об'єкта, а другий — за критерієм (1). Вид вхідного сигналу для рис. 2, 3 — одиничний стрибкоподібний, для рис. 4 — одиничний імпульсний.

З графіків на рис. 2 видно, що при зміні сигналу завдання для номінальної системи кращою є система з першим регулятором, однак при найгірших комбінаціях невизначеностей якість системи значно погіршується, що не спостерігається для другої системи. Наприклад, для рис. 2 у табл. 2 наведені порівняльні характеристики аналізу перехідних процесів для номінальної системи та системи з найгіршими комбінаціями невизначеностей (A_1 — динамічна похибка; $t_{\text{пн}}$ — час перехідного процесу; ψ — степінь затухання).

Таблиця 2. Порівняльні характеристики основних показників і критеріїв оцінки якості досліджуваних систем

Характеристика Стойкість	Стойкість	A_1	$t_{\text{пн}}$	ψ	$\int y(t)^2 dt$	$\int u(t)^2 dt$
<i>Для номінального режиму</i>						
PI	+	-	60 с	-	17,91	245,76
PI-robust	+	1,17	90 с	0,98	14,41	813,92
<i>Для найгірших комбінацій невизначеностей</i>						
PI	+	2,05	650 с	0,13	75,27	1835,8
PI-robust	+	1,28	250 с	0,95	21,94	1027,6

Якість перехідних процесів відносно зміни завдання з робастним регулятором гірша, що пояснюється використанням критерієм (1), який не враховує наявність збурень. Однак ресурс керування на рис. 3 для робастної системи значно менший.

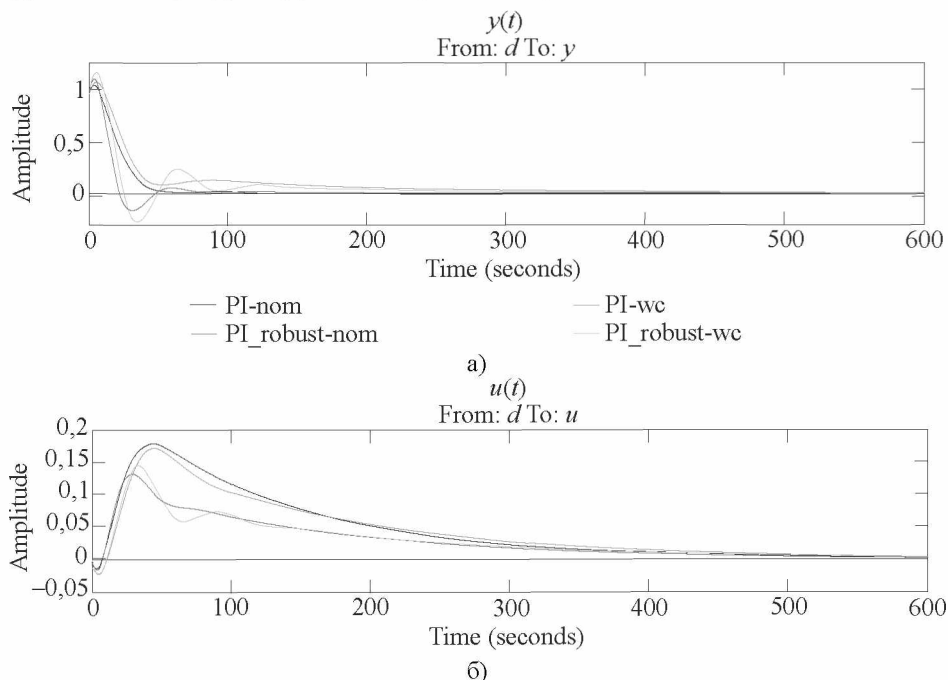


Рис. 3. Перехідні процеси відносно ступінчатого збурення: а) зміна вихідного сигналу;
б) зміна керування

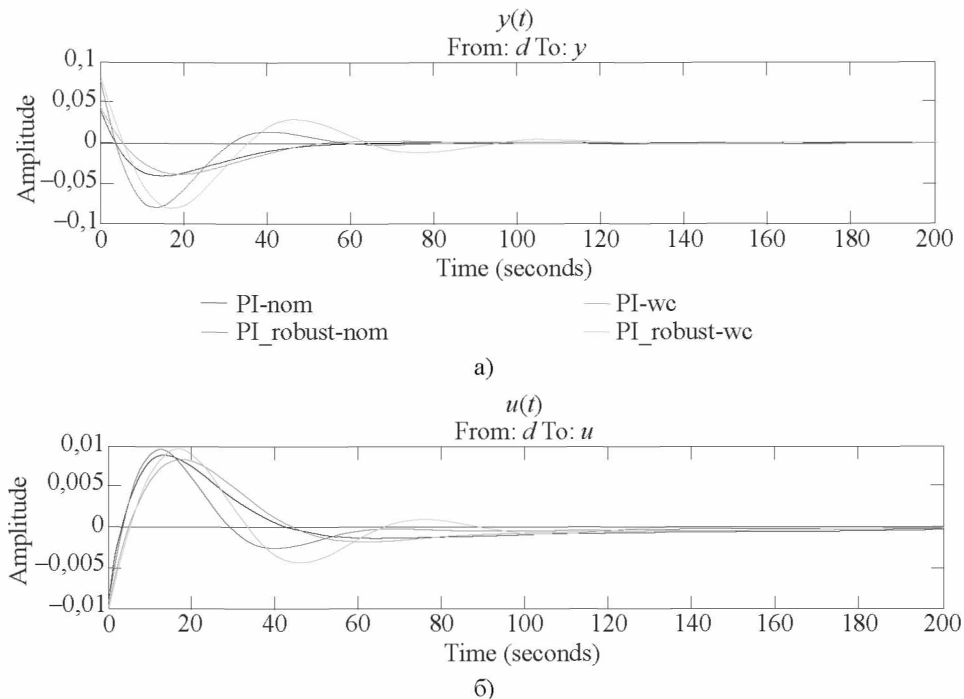


Рис. 4. Перехідні процеси відносно зміни імпульсного збурення: а) зміна вихідного сигналу; б) зміна керування

Висновки

Проведений аналіз перехідних процесів технологічного об'єкта з невизначеностями показав, що система залишається стійкою та відповідає заданій якості при найгірших комбінаціях невизначеностей. Використання робастних критеріїв для визначення налаштувань ПІ-регулятора покращує якість перехідних процесів лише для найгірших комбінацій невизначеностей, а критерій змішаної чутливості не враховує збурень, які завжди діють на технологічні об'єкти. Однак для технологічних об'єктів з одним входом — одним виходом, що має суттєві параметричні та структурні невизначеності, ефективним є застосування робастного ПІ-регулятора, параметри якого знайдені за алгоритмом негладкого H_∞ -синтезу.

Перспективним буде використання комбінованих робастних критеріїв, що враховують як сигнал завдання, так і збурення.

Література

1. Луцька Н. М. Розробка багатовимірних оптимальних регуляторів для випарної станції цукрового виробництва, що функціонує в умовах інтервальної невизначеності / Н.М. Луцька, Л.О. Власенко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — Київ: НУХТ, 2013. — № 52. — С. 48—61.
2. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5 т. / под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. — 2-е изд.; перераб. и доп. — Т.4: Теория оптимизации систем автоматического управления. — Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. — 744 с.

3. Поляк Б.Т. Робастная устойчивость и управление / Б.Т. Поляк, П.С. Щербаков. — Москва: Наука, 2002. — 303 с.
4. Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами: [монографія] / Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. — Київ: Видавництво «Ліра-К», 2015. — 288 с.
5. Gryczina E.N. Stability regions in the parameter space: D-decomposition revisited / E.N. Gryczina, B. T. Polyak // Automatica. — 2006. — Vol. 42, # 1. — P. 13—26.
6. Datta A. Structure and Synthesis of PID Controllers / A. Datta, M.T. Ho, S.P. Bhattacharyya. — London: Springer-Verlag, 2002. — 241 p.
7. Åström K.J. Advanced PID control / K.J. Åström, T. Hägglund. — Instrumentation, Systems, and Automation Society, Research Triangle Park. — NC, 2006. — 461 p.
8. Apkarian P. Controller Design via Nonsmooth Multi-Directional Search / P. Apkarian, D. Noll and D. Alazard // IFAC Conf. on System Structure and Control. — 2004. — Vol. 44, # 6. — P. 1923—1949.
9. Apkarian P. Nonsmooth optimization for multiband frequency domain control design / P. Apkarian, D. Noll // Automatica. — 2007. — Vol. 43, # 7. — P. 724—731. doi: 10.1016/j.automatica.2006.08.031.
10. Apkarian P. Nonsmooth H_∞ synthesis / P. Apkarian, D. Noll // IEEE Transactions on Automatic Control. — 2006. — Vol. 51, #1. — P. 71—86.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ С НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЯМИ

Н.Н. Луцкая, Л.А. Власенко, В.В. Цыганенко

Национальный университет пищевых технологий

В статье получены результаты моделирования системы управления технологическим объектом с существенными параметрическими и структурными неопределенностями. Рассматривается задача синтеза ПИ-регулятора, параметры которого определены по минимизации H_∞ -нормы замкнутой системы. Поиск параметров проводился при помощи метода негладкой оптимизации. Проведен анализ качества переходных процессов исследуемой системы управления относительно изменения задания и относительно возмущения при номинальных и наихудших комбинациях неопределенностей объекта с ПИ-регуляторами. У одного из них настройки рассчитаны по минимизации первого полупериода колебаний для номинального объекта, а у другого — по общему робастному критерию синтеза.

Ключевые слова: параметрическая неопределенность, структурная неопределенность, негладкая оптимизация, чувствительность, робастность.

PECULIARITIES OF SURFACTANTS SYNTHESIS BY *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMV B-7241 ON REFRIED SUNFLOWER OIL

T. Pirog, I. Pavliukovets, I. Savenko
National University of Food Technologies

Key words:

Acinetobacter calcoaceticus IMV B 7241
Waste (fried) sunflower oil
Way of preparing the inoculum
Surfactants

Article history:

Received 03.04.2016
Received in revised form 12.05.2016
Accepted 24.05.2016

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The dependence of surfactants synthesis by *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 on refried sunflower oil on the oil "quality" (waste after frying meat, french fries or peasant-style potatoes), the concentration and nature of the carbon source in the medium for the inoculum obtaining was established. The highest indices of surfactant synthesis on the all studied substrates were observed while inoculum grown on corresponding refried oil was used. The maximum concentration of surfactant (8.5 ± 0.42 and 7.9 ± 0.39 g/L) was achieved under cultivation of IMV B-7241 strain on waste oil after frying meat (4 %) and peasant-style potatoes (6 %), respectively. Using refried oils for the surfactants biosynthesis reduces the cost of the final product and allows to utilize toxic wastes.

ОСОБЛИВОСТІ СИНТЕЗУ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMV B-7241 НА ПЕРЕСМАЖЕНІЙ СОНЯШНИКОВІЙ ОЛІЇ

Т.П. Пирог, І.Ю. Павлюковець, І.В. Савенко
Національний університет харчових технологій

У статті встановлено залежність синтезу поверхнево-активних речовин (ПАР) *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 на пересмаженій соняшниковій олії від якості олії (відпрацьована після смаження м'яса, картоплі «фрі» або селянської), її концентрації та природи джерела вуглецю у середовищі для одержання інокуляту. Найвищі показники синтезу ПАР на всіх досліджуваних субстратах спостерігалися у разі використання посівного матеріалу, вирощеного на відповідній пересмаженій олії. Максимальна концентрація ПАР ($8,5 \pm 0,42$ і $7,9 \pm 0,39$ г/л) досягалася під час культивування штаму IMV B-7241 на відпрацьованій після смаження м'яса (4 %) і картоплі селянської (6 %) олії. Використання пересмажених олій для біосинтезу ПАР дасть змогу знизити собівартість кінцевого продукту й утилізувати токсичні відходи.

Ключові слова: *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241, відпрацьована соняшникова олія, спосіб підготовки інокуляту, поверхнево-активні речовини.

Постановка проблеми. Необхідність утилізації значної кількості так званих харчових відходів (food waste), які утворюються як у процесі переробки сільськогосподарської продукції, так і в домашніх господарствах є надзвичайно важливою проблемою сьогодення [1]. Щорічно тільки індустріальні країни Азії (Японія, Китай, Корея) генерують 357 млн т таких відходів, країни Європи — 205 млн тонн. Близько 38 % відходів, до яких належать і пересмажені рослинні олії, утворюється в процесі обробки харчових продуктів [2]. Одним із варіантів утилізації харчових відходів може бути екстракція з них і повторне використання практично цінних речовин (білків, полісахаридів, харчових волокон тощо) [2]. Останніми роками стала з'являтися інформація про використання пересмажених рослинних олій для одержання біодизелю [3].

Проте найпоширенішим і найефективнішим способом утилізації відпрацьованих олій є використання їх як субстратів у біотехнологічних процесах, зокрема для одержання мікробних поверхнево-активних речовин. У праці [4] зазначається, що на теперішній час близько 50 % літературних даних щодо біоконверсії промислових відходів у мікробні ПАР стосується біосинтезу цих продуктів на основі саме олієвмісних субстратів. Перевагою використання таких субстратів є не лише їхня низька вартість, а й те, що у більшості випадків немає необхідності внесення в поживне середовище додаткових компонентів або факторів росту, оскільки олієвмісна сировина містить значну кількість життєво важливих нутрієнтів.

Раніше [5] нами було встановлено можливість заміни рафінованої соняшникової олії на відпрацьовану після смаження картоплі та м'яса для синтезу поверхнево-активних речовин (ПАР) *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241. Слід зазначити, що пересмажена олія, утворювана в значних кількостях у закладах громадського харчування, є одним з найдешевих олієвмісних відходів [6, 7]. Після використання олія змінює свій склад і містить понад 30 % полярних сполук, що залежить від типу приготовленої страви, способу смаження та кратності використання олії [8].

У попередніх дослідженнях [1] для одержання ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на відпрацьованій олії використовували посівний матеріал, вирощений на рафінованій олії. У той же час відомо, що з метою скорочення тривалості лаг-фази в біотехнологічних процесах одержання інокуляту і цільового продукту доцільно здійснювати на середовищі з одним і тим самим джерелом вуглецю й енергії [9]. Однак не завжди пересмажена олія є якісним субстратом через наявність в її складі потенційних інгібіторів росту та синтезу мікробних метаболітів [8]. Так, показники синтезу мікробного полісахариду етаполану на відпрацьованій після смаження м'яса та картоплі олії були найвищими у разі вирощування інокуляту на рафінованій олії [10].

Мета статті. Дослідити можливість використання посівного матеріалу, вирощеного на пересмаженій (відпрацьованій) олії, для біосинтезу поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на цьому субстраті.

Матеріали і методи. Об'єктом досліджень був штам *Acinetobacter calcoaceticus* K-4, зареєстрований у Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного Національної академії наук України за номером IMB B-7241.

Штам *A. calcoaceticus* IMB B-7241 вирощували в рідкому поживному середовищі (г/л): $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ — 1,0; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; NaCl — 1,0; Na_2HPO_4 — 0,6; KH_2PO_4 — 0,14. У середовище додатково вносили дріжджовий автолізат — 0,5 % (об'ємна частка) і розчин мікроелементів — 0,1 % (об'ємна частка). Розчин мікроелементів містив (г/100 мл): $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 1,1; $\text{MnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ — 0,6; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ — 0,004; $\text{CoSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,03; H_3BO_3 — 0,006; KI — 0,0001; ЕДТА (трилон Б) — 0,5.

Як джерело вуглецю використовували рафіновану соняшникову олію «Стожар» (компанія Кернел, Київ), а також відпрацьовану після смаження картоплі та м'яса (мережа ресторанів швидкого харчування McDonald's Київ) олію у концентрації 4 і 6 % (об'ємна частка). У разі використання субстратів концентрацією 6 % вміст $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ у середовищі підвищували до 1,35 г/л.

Як посівний матеріал використовували культуру з експоненційної фази росту, вирощену на мелясі (0,5 % за вуглеводами), рафінованій або відпрацьованій соняшниковій олії (0,5 % об'ємна частка). Кількість посівного матеріалу (10^4 — 10^5 клітин/мл) становила 10 % від об'єму поживного середовища. Культивування здійснювали в колбах об'ємом 750 мл з 100 мл середовища на качалках (320 об/хв) при 28—30 °C упродовж 120 год.

Кількість синтезованих позаклітинних ПАР (г/л) встановлювали ваговим методом після екстракції із супернатанту культуральної рідини сумішшю Фолча (хлороформ і метанол, 2:1), як описано у [5]. Для одержання супернатанту культуральну рідину центрифугували при 5000 g упродовж 20 хв. Залишки соняшникової олії з культуральної рідини видаляли шляхом трікратної екстракції петролейним ефіром (співвідношення 1:1).

Індекс емульгування (E_{24} , %) нативної та розбавленої в 10 і 50 разів культуральної рідини аналізували з використанням як субстрату для емульгування рафінованої соняшникової олії: до 2 мл культуральної рідини додавали 2 мл олії й струшували упродовж 2 хв. Визначення індексу емульгування проводили через 24 год як величину відношення висоти шару емульсії до загальної висоти рідини в пробірці і виражали у відсотках.

Усі досліди проводили в трьох повторях, кількість паралельних визначень в експериментах становила 3—5. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали, як описано у [5]. Відмінності середніх показників вважали достовірними на рівні значимості $p < 0,05$.

Результати і обговорення. У табл. 1 наведено показники синтезу поверхнево-активних речовин за умов росту *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на відпрацьованій після смаження м'яса та картоплі олії з використанням посівного матеріалу, вирощеного на різних вуглецевих субстратах. Наведені результати підтверджують одержані раніше дані про те, що відпрацьована після смаження м'яса соняшникова олія є більш придатним субстратом для синтезу ПАР штамом IMB B-7241, ніж після смаження картоплі. Так, незалежно від природи джерела вуглецю у середовищі для одержання інокуляту (меляса, рафінована чи відповідна відпрацьована олія) концентрація ПАР та індекс емульгування культуральної рідини після вирощування *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на відпрацьованій після смаження м'яса олії були вищими, ніж аналогічні показники за умов росту бактерій на відпрацьованій після смаження картоплі олії (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив якості інокуляту на синтез ПАР за умов росту *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на відпрацьованій олії (4 %)

Джерело вуглецю у середовищі для одержання інокуляту	Відпрацьована олія у середовищі для біосинтезу ПАР	Концентрація ПАР, г/л	Індекс емульгування розбавленої у 50 разів культуральної рідини, %
Рафінована олія	після смаження картоплі	3,9±0,19	42
	після смаження м'яса	4,5±0,22	54
Меляса	після смаження картоплі	1,5±0,08	45
	після смаження м'яса	2,8±0,14	49
Відпрацьована після смаження картоплі олія	після смаження картоплі	5,0±0,25	50
Відпрацьована після смаження м'яса олія	після смаження м'яса	8,5±0,42	54

Примітка. При визначенні індексу емульгування похибка не перевищувала 5 %. У дослідженнях використовували відпрацьовану після смаження картоплі «фрі» олію.

Одержані результати можна пояснити таким чином: з літератури [8, 11] відомо, що у процесі смаження в олії відбуваються хімічні реакції окиснення, гідролізу, ізомеризації та полімеризації, в результаті яких утворюються вільні жирні кислоти, низькомолекулярні спирти, альдегіди, кетони, лактони, вуглеводні, моно- та дигліцериди, транс-ізомери тощо. Слід зауважити, що ступінь ненасиченості жирних кислот є основним фактором, що впливає на окиснювальну стабільність олії [11]. Рослинні олії з вищим вмістом поліненасичених жирних кислот (соняшникова, льняна) окиснюються швидше, ніж ті, що містять мононенасичені кислоти (оливкова), і саме у процесі смаження картоплі «фрі» у фритюрниці на соняшниковій олії утворюється найбільша кількість токсичних альдегідів [12], які можуть бути інгібіторами синтезу ПАР. Варто зазначити, що показники синтезу полісахариду етаполану на відпрацьованій після смаження картоплі були також нижчими, ніж на олії після смаження м'яса [11].

Враховуючи величезну кількість утворюваної пересмаженої олії, а також той факт, що викиди її в навколишнє середовище в Україні не регламентуються, стає зрозумілим, що для ефективного використання таких відходів, як субстрати у біотехнологічних процесах їх вміст у середовищі культивування продуцентів практично цінних мікробних метаболітів повинен бути якомога вищим, тому на наступному етапі концентрацію пересмаженої олії у середовищі вирощування *A. calcoaceticus* IMB B-7241 підвищували до 6 %. У цих дослідженнях посівний матеріал вирощували на відповідній відпрацьованій олії. Крім того, беручи до уваги літературні дані про те, що склад пересмаженої олії залежить від типу приготовленої страви, способу смаження та кратності використання олії [8], як субстрат для біосинтезу ПАР додатково до пересмажених олій, які використовували раніше, залучили відпрацьовану після смаження картоплі селянської олію (табл. 2).

Одержані експериментальні дані виявилися дещо неочікуваними. Так, концентрація ПАР, синтезованих штамом IMB B-7241 на середовищі з 6 %

відпрацьованої після смаження картоплі селянської олії була вищою, ніж за використання аналогічної концентрації відпрацьованій після смаження м'яса олії (7,9 і 6,5 г/л відповідно). Крім того, підвищення концентрації олії у середовищі культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241 до 6 % не супроводжувалося збільшенням показників синтезу ПАР, що можна пояснити наявністю вищих концентрацій токсичних для продуцента речовин за таких умов вирощування. Слід також зазначити, що наведені у табл. 2 результати підтверджують літературні дані про вплив технології приготування і типу страви на склад пересмаженої олії і свідчать про необхідність врахування якості відпрацьованої олії у процесі розробки тієї чи іншої біотехнології з використанням її як субстрату.

Таблиця 2. Синтез поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на відпрацьованій соняшниковій олії

Олія як субстрат	Концентрація олії у середовищі, %	ПАР, г/л
Рафінована	4	3,4±0,17
	6	3,5±0,17
Відпрацьована після смаження картоплі «фрі»	4	5,0±0,25
	6	3,8±0,19
Відпрацьована після смаження картоплі селянської	4	Н.в.
	6	7,9±0,39
Відпрацьована після смаження м'яса	4	8,5±0,42
	6	6,5±0,32

Примітки. Інокулят вирощували на відповідній відпрацьованій олії. Н.в. — не визначали.

Подальші експерименти показали, що індекс емульгування як нативної, так і розбавленої у 10 і 50 разів культуральної рідини після вирощування *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на відпрацьованій після смаження м'яса та картоплі селянської олії був дещо вищим, ніж на відпрацьованій після смаження картоплі «фрі» (50—64 і 49—56 % відповідно) (табл. 3).

Таблиця 3. Індекс емульгування культуральної рідини за умов росту *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на відпрацьованій олії (6 %)

Відпрацьована олія у середовищі культивування	Е ₂₄ (%) культуральної рідини		
	нативної	розведеної у 10 разів	розведеної у 50 разів
Після смаження картоплі «фрі»	56	51	49
Після смаження картоплі селянської	64	54	50
Після смаження м'яса	63	55	53

Примітка. При визначенні індексу емульгування похибка не перевищувала 5 %. Посівний матеріал вирощений на відповідній відпрацьованій олії.

Показники синтезу ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на пересмаженій олії є порівнянними з даними літератури. Так, у [13] досліджували синтез рамноліпідів у процесі вирощування *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145 на середовищі з пересмаженими харчовими оліями. За таких умов культивування

штам продукував 2,8—7,5 г/л ПАР. Інші дослідники показали, що *Bacillus pumilus* CCT2487 на середовищі з пересмаженою соняшниковою олією (5 %) синтезував 5,7 г/л ПАР [14]. У [15] досліджувався вплив різних концентрацій пересмаженої соняшникової олії (з ресторану швидкого харчування) на синтез ПАР штамом *P. aeruginosa* USM-AR2. У процесі культивування штаму в колбах на середовищі з 18,4 г/л олії концентрація ПАР становила 4,7 г/л. Підвищення концентрації пересмаженої олії до 27,6 г/л призводило до зниження в 1,2 раза кількості синтезованих ПАР.

Висновки

У результаті проведеного дослідження доведено можливість використання відпрацьованої після смаження картоплі і м'яса олії як субстрату для вирощування посівного матеріалу та біосинтезу поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* IMB B-7241. Перевагою відпрацьованих рослинних олій як субстратів для отримання практично цінних мікробних продуктів порівняно з іншими промисловими відходами, є те, що вони не вимагають попередньої обробки (на відміну, наприклад, від лігноцелюлозних комплексів, молочної сироватки, технічного гліцерину) і стерилізації, до того ж містять додаткові поживні речовини. Крім того, такі субстрати є надзвичайно дешевими і доступними у великих кількостях для використання в мікробних технологіях.

Заміна традиційних субстратів для біосинтезу ПАР відходами промислових виробництв дозволить знизити собівартість технології в кілька разів, а також утилізувати непотрібні відходи і вирішити проблему зберігання або знешкодження значної маси відходів, на що витрачається величезна кількість енергії і засобів.

Література

1. Pleissner D., Lin C. Valorisation of food waste in biotechnological processes // Sustainable Chemical Processes. — 2013. — Vol. 1. — doi:10.1186/2043-7129-1-21.
2. Baiano A. Recovery of biomolecules from food wastes — a review // Molecules. — 2014. — Vol. 19, # 9. — P. 14821—14842. doi: 10.3390/molecules190914821.
3. Hossain A., Aleissa M. Biodiesel fuel production from palm, sunflower waste cooking oil and fish byproduct waste as renewable energy and environmental recycling process // British Biotechnol. J. — 2016. — Vol. 10. — # 4. — P. 1—9. doi: 10.9734/BBJ/2016/22338.
4. Banat I.M., Satpute S.K., Cameotra S.S., Patil R., Nyayanit N.V. Cost effective technologies and renewable substrates for biosurfactants' production // Front. Microbiol. — 2014. — Vol. 5. — doi: 10.3389/fmicb.2014.00697.
5. Павлюковець І.Ю. Біоконверсія пересмаженої соняшникової олії в поверхнево-активні речовини *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 / І.Ю. Павлюковець, Т.П. Пирог // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2016. — Т. 22. — № 2. — С. 54—59.
6. Пирог Т.П. Біосинтез поверхнево-активних речовин на промислових відходах / Т.П. Пирог, А.П. Софілканич, А.Д. Конон, Н.А. Гриценко // Biotechnologia Acta. — 2014. — Vol. 7. — # 5. — P. 9—26.
7. Xia W.J., Luo Z.B., Dong H.P., Yu L., Cui Q.F., Bi Y.Q. Synthesis, characterization, and oil recovery application of biosurfactant produced by indigenous *Pseudomonas aeruginosa* WJ-1 using waste vegetable oils // Appl. Biochem. Biotechnol. — 2012. — Vol. 166, # 5. — P.1148—1166.

8. Zhang Q., Saleh A.S., Chen J., Shen Q. Chemical alterations taken place during deep-fat frying based on certain reaction products: A review // Chemistry and Physics of Lipids. — 2012. — Vol. 165, # 6. — P. 662—681.
9. Підгорський В.С. Інтенсифікація технологій мікробного синтезу / В.С. Підгорський, Г.О. Іутинська, Т.П. Пирог. — Київ: Наук. думка, 2010. — 328 с.
10. Івахнюк М. Вплив способу підготовки посівного матеріалу на синтез полісахариду етаполану на олієвмісних субстратах / М. Івахнюк, Т.П. Пирог // Наукові праці національного університету харчових технологій. — 2015. — Т. 21, № 5. — С. 17—21.
11. Bordin K., Kunitake M. T., Aracava K. K., Trindade C. S. F. Changes in food caused by deep fat frying — A review // Archivos Latinoamericanos de Nutrición. — 2013. — Vol. 63, # 1. — P. 5—13.
12. Guillén M. D., Uriarte P. S. Aldehydes contained in edible oils of a very different nature after prolonged heating at frying temperature: Presence of toxic oxygenated α, β unsaturated aldehydes // Food Chemistry. — 2012. — Vol. 131, # 3. — P. 915—926.
13. Wadekar S.D., Kale S.B., Lali A.M., Bhowmick D.N., Pratap A.P. Microbial synthesis of rhamnolipids by *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 10145) on waste frying oil as low cost carbon source // Prep. Biochem. Biotechnol. — 2012. — Vol. 42, # 4. — P. 249—266.
14. Oliveira J.G., Cruz C.H.G. Properties of a biosurfactant produced by *Bacillus pumilus* using vinasse and waste frying oil as alternative carbon sources // Brazilian Archives of Biology and Technology. — 2013. — Vol. 56, # 1. — P. 155—160.
15. Zainatul A.S., Yusof S.Z., Asshifa M.S. Fed-batch production of valuable biosurfactant, rhamnolipid, from waste cooking oil by indigenously isolate *Pseudomonas aeruginosa* USM-AR2 // Advances in Environmental Biology— 2014. — Vol. 8, # 14. — P. 33—38.

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* ИМВ В-7241 НА ПЕРЕЖАРЕННОМ ПОДСОЛНЕЧНОМ МАСЛЕ

Т.П. Пирог, И.Ю. Павлюковец, И.В. Савенко
 Национальный университет пищевых технологий

*В статье установлена зависимость синтеза поверхностно-активных веществ (ПАВ) *Acinetobacter calcoaceticus* ИМВ В-7241 на пережаренном подсолнечном масле от качества масла (отработанное после жарки мяса, картофеля «фри» или крестьянского), его концентрации и природы источника углерода в среде для получения инокулята. Наиболее высокие показатели синтеза ПАВ на всех исследуемых субстратах наблюдались при использовании посевного материала, выращенного на соответствующем пережаренном масле. Максимальная концентрация ПАВ ($8,5 \pm 0,42$ и $7,9 \pm 0,39$ г/л) достигалась при культивировании штамма ИМВ В-7241 на отработанном после жарки мяса (4 %) и картофеля крестьянского (6 %) масле. Использование пережаренных масел для биосинтеза ПАВ позволит снизить себестоимость конечного продукта и утилизировать токсичные отходы.*

Ключевые слова: *Acinetobacter calcoaceticus* ИМВ В-7241, отработанное подсолнечное масло, способ подготовки инокулята, поверхностно-активные вещества.

ECONOMIC SECURITY OF FOOD INDUSTRY IN MODERN CONDITIONS

N. Zhuzhukina

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
<i>Security</i> <i>Analysis of economic security</i> <i>Enterprise of agro-industrial complex</i> <i>Objects of economic security</i>	The notion of economic security is explained in the article. The objects of economic security are systematized according to the constituent elements of an enterprise. The existing approaches to the analysis of economic security are examined and the methods of strategic analysis are proposed as the basis for security diagnostics. The main threats for food industry enterprises are determined according to the proposed objects of economic security. These threats are as follows: during the process of capital formation the objects of economic security are the sources of capital formation (own, borrowed, involved) and the resources (fixed and working capital, labour); during the operation the subject of security is a manufacturing system (marketing, management and logistics); during the results formation the objects are production, revenue and profit. The list of threats shows that avoiding systemic crisis requires strategic analysis and planning, as well as the professionalism of a company management.
Article history: Received 07.04.2016 Received in revised form 25.04.2016 Accepted 18.05.2016	
Corresponding author: N. Zhuzhukina E-mail: zhuzhukina@ukr.net	

ЕКОНОМІЧНА БЕЗПЕКА ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Н.І. Жужукіна

Національний університет харчових технологій

У статті з'ясовано сутність поняття «економічна безпека підприємства», систематизовано об'єкти економічної безпеки відповідно до складових елементів функціонування підприємства. Розглянуто існуючі підходи до аналізу економічної безпеки та запропоновано використання методик стратегічного аналізу як базового для безпекової діагностики. Визначено основні загрози для підприємств харчової промисловості по запропонованим об'єктам економічної безпеки, а саме: в процесі формування капіталу об'єктами економічної безпеки є джерела його формування (власні, запозичені, залучені) та ресурси (основні та оборотні засоби, трудові ресурси); в процесі функціонування систем об'єктами безпеки є: виробнича система (системи маркетингу, менеджменту та логістична); в процесі формування результатів об'єкти — це продукція, дохід, прибуток. Наведений перелік загроз засвідчує, що уникнення кризового стану потребує системного стратегічного аналізу і планування та високого професіоналізму менеджменту підприємств.

Ключові слова: безпека, аналіз економічної безпеки, підприємства АПК, об'єкти економічної безпеки.

Постановка проблеми. Турбулентність подій політичного, економічного, суспільного характеру загострили проблему безпеки. Потреба у захисті відчувається і на свідомому, і на підсвідомому рівнях. За таких обставин суб'єкти підприємницької діяльності все частіше стають об'єктами різного роду загроз, тому об'єктивно сформувалась необхідність впровадження заходів захисту бізнесу, спрямованих на створення протидії таким загрозам.

Дослідженням проблеми економічної безпеки підприємств займалися такі вчені-економісти: Т.Т. Іванюта [2], К.В. Коваленко [3], Н.О. Лоханова [4], О.Ф. Новикова [6], В.П. Пономарьов [4], Р.В. Потоколенко [6] та ін. Однак теоретико-прикладні положення забезпечення економічної безпеки підприємства обґрунтовані та розроблені недостатньо.

Метою дослідження є визначення складових об'єктів економічної безпеки та загроз для підприємств харчової промисловості по цим об'єктам, а також розробка пропозицій щодо вдосконалення інструментарію діагностики економічної безпеки.

Виклад основних результатів дослідження. На основі аналізу існуючих наукових підходів зроблено висновок, що безпека підприємства — це стан об'єкта, при якому досягається усунення або мінімізація негативного впливу дестабілізуючих факторів (загроз) до прийнятого рівня, при якому забезпечується стабільне його функціонування, реалізація основних комерційних інтересів у даний час і в майбутньому [2].

З точки зору організації та інструментарію захисту можна виділити фізичну безпеку матеріальних цінностей, економічну та інформаційну безпеку.

Фізична безпека матеріальних цінностей — це захист від можливих витрат унаслідок розкрадання нерухомості, обладнання, виробничих запасів, продукції [4]. Інформаційна безпека — це захист конфіденційної інформації, запобігання її витоку, захист програмних продуктів [2]. Економічна безпека — це захист усіх складових діяльності підприємства економічними методами [4, 6].

При цьому серед економістів відсутня усталена точка зору на складові (об'єкти) економічної безпеки. З нашої точки зору, визначати склад об'єктів економічної безпеки доцільно за елементами процесу функціонування підприємства (рис.).

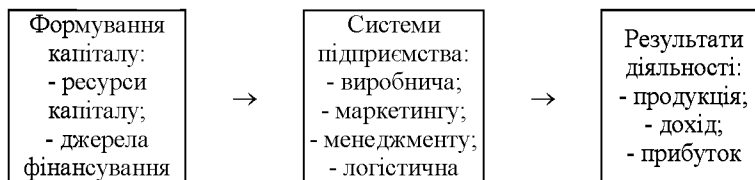


Рис. Схема функціонування підприємства

Таким чином, об'єктами економічної безпеки є:

- джерела формування капіталу: власні, запозичені, залучені;
- ресурси підприємства: основні та оборотні засоби, трудові ресурси;

- система маркетингу;
- товарні портфелі;
- виробнича система;
- система менеджменту;
- логістична система;
- фінансові результати: дохід, прибуток.

Аналіз та оцінку економічної безпеки доцільно виконувати у такій послідовності: виявлення внутрішніх і зовнішніх факторів, що визначають економічну безпеку підприємства (по кожному з вищезазначених об'єктів), аналіз і оцінка ступеня їх впливу та розробка комплексу заходів, спрямованих на формування економічної безпеки. Слід зазначити, що існують різні погляди вчених на підходи до оцінки економічної безпеки підприємства: прибутково-інвестиційний підхід; на основі аналізу фінансового стану підприємства; на основі методик діагностики банкрутства; ресурсно-функціональний підхід [2]. Кожна із цих методик зосереджується на обмеженому напрямку діяльності підприємства або на фінансових показниках як індикаторах рівня ліквідності, стабільності, платоспроможності, прибутковості, ділової активності. Результати апробації запропонованих методик аналізу в межах одного підприємства різні, іноді протилежні через відмінність та обмеженість обраних об'єктів економічної безпеки. Зважаючи на це, оцінку існуючих загроз слід проводити по всьому колу об'єктів (капітал, система, результати) та використовувати для цього традиційні методи стратегічного аналізу (SWOT, PEST), акцентуючи увагу саме на слабких сторонах і, відповідно, загрозах у діяльності підприємства. При цьому як базу для стратегічного аналізу можна використовувати всі випробувані методики аналізу: ресурсний, фінансовий, інвестиційний, конкурентних переваг тощо, не абсолютизуючи якийсь із них, тому що об'єктами аналізу при визначенні економічної безпеки повинні бути всі складові діяльності суб'єкта господарювання.

Рівень економічної безпеки підприємства залежить від того, наскільки ефективно її керівництво і наскільки спеціалісти будуть спроможні уникнути можливих загроз по всьому колу безпекових об'єктів, ліквідувати шкідливі наслідки окремих негативних складових зовнішнього і внутрішнього середовища.

Основні загрози для підприємств харчової промисловості згруповані за визначеними нами об'єктами економічної безпеки та наведені в таблиці.

До найбільш вагомих зовнішніх чинників впливу на стан підприємств галузей харчової промисловості, які знаходяться за межами країни, слід віднести геополітичну та макроекономічну ситуацію у світі, співвідношення валютних курсів, світову кон'юнктуру на продовольчі товари, рівень світових цін, зростаючі темпи альтернативного використання сільськогосподарської сировини (на біопаливо, на виробництво фарб тощо), зовнішньоторговельну політику уряду (сприяння вільній торгівлі і протекціоністі заходи), міжнародні і міждержавні угоди.

До внутрішніх чинників країни, які впливають на ситуацію, можна віднести купівельну спроможність населення; урегульованість питань власності; дохідність та інвестиційну привабливість галузей харчової промисловості; умови кредитування; техніко-технологічний рівень підприємств; вимоги щодо стан-

дартизації і сертифікації продукції, їх відповідність світовим підходам у цій царині; невідповідність споживачів до змін, що відбуваються в агротехнологіях, особливо щодо довгострокових наслідків генної трансформації, використання ГМО в продуктах харчування та в кормовиробництві; кадрове забезпечення підприємств галузі тощо.

Таблиця. Загрози для підприємств харчової промисловості по об'єктах економічної безпеки

Складові економічної діяльності підприємства	Складові економічної діяльності підприємства	Складові економічної діяльності підприємства
Капітал	Джерела формування	недоступність довгострокових позикових коштів; низький рівень інвестицій
	Основні засоби	високий рівень зносу основних засобів (вище 50 %); звуження можливостей реновації імпортом обладнання через девальвацію гривні
	Оборотні засоби	низька якість і обмежений асортимент сировини; накопичення дебіторської заборгованості; інфляційні процеси
	Трудові ресурси	низький рівень професіоналізму; невисокий рівень заробітної плати; застарілі системи мотивації і стимулювання
Системи	Виробнича	відсутність вітчизняного ринку новітніх харчових технологій і відповідного устаткування, які забезпечать вихід на європейський рівень виробництва; низька зацікавленість виробників у розробленні, впровадженні та виробництві сучасного асортименту харчової продукції; повільне впровадження міжнародних стандартів якості
	Маркетингу	звуження внутрішнього ринку через зниження платоспроможності населення; звуження зовнішніх ринків через їх реструктурування (закриття ринку Росії, поступове просування на нові ринки)
	Логістична	незбалансована структура запасів; відсутність або дороговартісність транспортних засобів для швидкої логістики
	Менеджменту	застарілі структури управління; відсутність сучасних інструментів менеджменту;
Результати	Продукція	незбалансована структура товарних портфелів; мала частка інноваційної продукції
	Фінансові результати	великий вплив зовнішніх факторів: податки, девальвація гривні, платоспроможність населення

Дієвим інструментом запобігання поглибленню кризових явищ і мінімізації загрози реалізації країнових ризиків є структурна перебудова економіки України. Структурні зрушення в економіці країни вимагають: перегляду товарної й географічної структури експорту; вирівнювання сальдо зовнішньоторговельного балансу; зваженої і продуманої монетарної та валютної політики; підтримки АПК і переробної промисловості; виваженої політики щодо енергозберігання; державної підтримки найменш захищених верств населення. На даному етапі економічного розвитку в агропромисловому комплексі країни відбуваються динамічні інтеграційні процеси, які призводять до переструктуруванню ринку та появи мегаутворень. Вплив цих агрохолдингів на економічну безпеку АПК не є однозначним. З одного боку, саме вони динамічно розвиваються, виходять на міжнародні ринки, забезпечують конкурентоспроможність вітчизняних зернових та олійних культур. З іншого боку, концентрація капіталу призводить до монополізації та непрозорості аграрного сектору економіки. Підприємства малого й середнього бізнесу досить часто зустрічаються з проблемою незаконних дій з боку великих підприємств і підприємств-монополістів. Агресивні стратегії розвитку агрохолдингів, які проявилися в нарощуванні активів, земельних банків і, як наслідок, зростанні доходу, не завжди супроводжувалося позитивною динамікою прибутку. Але найбільшу загрозу становить сформований ними рентний сировинний тип економіки.

Зростання купівельної спроможності населення країн BRICS виявилось одним із чинників збільшення цін на світовому продовольчому ринку в 2014 р., однак в 2015 р. агротовари значно подешевшали. За даними Bloomberg Community, в 2015 р. пшениця та худоба на світових ринках подешевшала на 13 %, цукор — на 26 %. Це пов'язують з уповільненням розвитку Китаю і світової економіки в цілому, зниженням цін на нафту, енергоносії та відповідним зменшенням потреби виробництва біопалива із продовольчих культур. Разом з тим, за даними FAO, передбачається, що виробництво зернових культур до 2024 р. зросте на 14 % [1]. Вочевидь, що ці процеси становлять суттєву загрозу для країн з рентною сировинною економікою і тільки переструктурування економіки та виробництво продукції з високою доданою вартістю надають можливість уникнути економічної безпеки в аграрному секторі України.

Висновки

Запропоновані об'єкти економічної безпеки надали можливість визначити загрози в діяльності підприємств харчової промисловості по всім складовим функціонування суб'єктів господарювання. Наведений перелік загроз засвідчує, що уникнення кризового стану потребує системного стратегічного аналізу і планування та високого професіоналізму менеджменту підприємств.

Література

1. Баранова В. Новый кризис добьёт сырьевые страны / В. Баранова // Власть денег. — 2015. — № 9. — С. 14—15.
2. Іванюта Т.М. Особливості формування системи економічної безпеки на підприємствах харчової промисловості / Т.М. Іванюта // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2011. — № 41. — С. 63—67.

3. Коваленко К.В. Основні загрози економічній безпеці підприємств аграрного сектору регіону / К.В. Коваленко // Економіка аграрних підприємств: проблеми теорії та практики: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 10-річчю факультету економіки і менеджменту Полтавської державної аграрної академії, м. Полтава, 24—25 вересня 2008 року / під ред. І.І. Шупик, О.С. Песцової. — Полтава: ЧП Рибалка, 2008. — С. 41—53.

4. Козаченко А.В. Економічна безпека підприємства. Сутність і механізми забезпечення: монографія / А.В. Козаченко, В.П. Пономарьов, А.Н. Лещенко. — Київ: Видавництво «Лібра», 2003. — 280 с.

5. Лоханова Н.О. Система управління станом економічної безпеки підприємства: проблемні питання, концепція розвитку / Н. Лоханова // Економіст. — 2005. — № 2. — С. 52—56.

6. Новикова О.Ф. Економічна безпека: концептуальні визначення та механізми забезпечення / О.Ф. Новикова, Р.В. Покотиленко. Інститут економіки промисловості НАН України. — Донецьк: видавництво «Прима», 2006. — 408 с.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Н.И. Жужукина

Национальный университет пищевых технологий

В статье определена сущность понятия «экономическая безопасность предприятия», систематизированы объекты экономической безопасности в соответствии с составляющими элементами функционирования предприятия. Рассмотрены существующие подходы к анализу экономической безопасности и предложено использование методик стратегического анализа как базового инструмента для диагностики безопасности. Определены основные угрозы для предприятий пищевой промышленности по предложенным объектам экономической безопасности, а именно: в процессе формирования капитала субъектами экономической безопасности являются источники его формирования (собственные, заемные, привлеченные) и ресурсы (основные и оборотные средства, трудовые ресурсы); в процессе функционирования систем объектом безопасности является производственная система (системы маркетинга, менеджмента и логистики); в процессе формирования результатов объекты — это продукция, доход, прибыль. Приведенный перечень угроз свидетельствует, что для нивелирования кризисного состояния необходимы системный стратегический анализ и планирование, а также высокий профессионализм менеджмента предприятия.

Ключевые слова: *безопасность, анализ экономической безопасности, предприятия АПК, объекты экономической безопасности.*

УДК 338.488.2:640.4

DEVELOPMENT OF HOTEL INDUSTRY IN UKRAINE

D. Makalendra, D. Bilousov, O. Livar, O. Kuzmin

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
<i>Hotel industry</i> <i>Global market trends</i> <i>Collective</i> <i>accommodation facilities</i> Article history: Received 14.04.2016 Received in revised form 02.05.2016 Accepted 27.05.2016 Corresponding author: O. Kuzmin E-mail: kuzmin_ovl@ukr.net	The article analyzes and presents the materials determining the main directions and trends in the hotel industry of Ukraine based on the methods of system analysis and statistical methods of information processing and collection. We consider the marketing management in hotel and restaurant facilities, features and components of the hotel industry and its role in the total turnover of the tourism business. The need for the modern infrastructure of collective tourism market was emphasized. The concepts of strategy and operational and strategic marketing were detailed. Their impact on the tourism industry and society as a whole was analyzed.

РОЗВИТОК ГОТЕЛЬНОЇ ІНДУСТРІЇ В УКРАЇНІ

Д.А. Макалендра, Д.Ю. Білоусов, О.В. Лівар, О.В. Кузьмін

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано і представлено на основі методів системного аналізу, статистичних методів обробки та збору інформації матеріали, що визначають основні напрямки й тенденції розвитку готельної індустрії в Україні. Розглянуто питання управління маркетингом у готельно-ресторанних закладах, особливості і складові готельної індустрії, її роль у загальному обороті туристичного бізнесу, підкреслено необхідність створення сучасної інфраструктури ринку колективного туризму. Розкрито зміст понять «стратегія», «операційний маркетинг» і «стратегічний маркетинг», проаналізовано їх вплив на розвиток туристичної індустрії й суспільство в цілому.

Ключові слова: готельна індустрія, світовий ринок, тенденції розвитку, колективні засоби розміщення.

Постановка проблеми. На сьогодні розвиток ринку послуг пов'язаний з рівнем його насичення і конкуренцією, а також з концепцією управління: від орієнтації на виробництво, потім — на продукт/послугу, які пропонувані ринку, на активізацію збутової діяльності, нарешті — до орієнтації на споживача, його потреби, тобто на маркетинг, тому техніко-економічне обґрунтування ГРЗ неможливе без аналізу елементів маркетингу.

Під маркетингом розуміють аналіз і прогнозування ринкової ситуації з метою орієнтації виробництва і забезпечення кращих економічних умов реалізації продукції/послуг, який охоплює всі види діяльності людей, що пов'язані зі

збутом, вибором каналів реалізації, стимулюванням, рекламою, формуванням попиту, ринковими дослідженнями [1, 2, 3, 8].

Орієнтація на споживача як відмінна риса сучасного маркетингу узгоджується із таким його визначенням, як філософія бізнесу [1, 4, 9]. На наш погляд, тут підкреслюється висока соціальна значущість маркетингу і соціальна виправданість його цілей (надання споживачеві максимально широкого вибору, підвищення рівня споживання і якості життя, досягнення максимальної споживчої задоволеності).

Природно, що ГРЗ піклується про задоволення потреб цільового ринку в умовах його насиченості й жорсткої конкуренції при швидкозмінних ринкових обставинах і різносторонніх вимогах споживачів. Отже, в оцінці маркетингу як філософії бізнесу закладено зміну моральних критеріїв, етичних аспектів сучасного підприємництва [7, 10].

Управління маркетингом (або маркетинг-менеджмент) визначається як управлінська діяльність, пов'язана з плануванням, організацією, координацією, контролем, аудитом і стимулюванням заходів щодо інтенсифікації процесу прогресу попиту на товари й послуги, збільшення прибутків.

Управління маркетингом у ГРЗ — це досягнення маркетингових цілей, визначення можливостей ринку і ресурсів компанії, планування і ведення маркетингової діяльності, яка є необхідною для досягнення цілей організації. У зв'язку з цим управління маркетингом повинне проводитися в масштабі всієї організації і відповідати завданням для підприємства, а не обмежуватися лише рамками відділу маркетингу. Ефективні маркетингові рішення, які сприяють досягненню поставлених цілей, неодмінно повинні координуватися та інтегруватися з управлінням операціями надання послуг, а отже, з управлінням персоналом і фінансами [3, 5, 11].

Більш ефективним є часто використовуваний у рекламі прийом, коли конкретний ГРЗ та його послуги асоціативно пов'язуються з певною привабливою ситуацією або способом життя; бажання відвідати ГРЗ викликається нав'язуванням міфу про те, що даний ГРЗ надасть можливість якось наблизитися до ситуації загалом недосяжної.

Непередбачуваність є основною причиною виникнення стратегічного маркетингу. У поєднанні із «широкою перспективою» бачення майбутнього — це заперечення можливості та необхідності постановки довгострокових цілей. Задається якась загальна (політична) характеристика кінцевого стану, а конкретні цілі ставляться тільки тактично: проміжні, короткострокові, що дозволяє досягати їх в умовах непередбачуваності. Спосіб, правила вибору цілей у конкретних, наперед непередбачуваних ситуаціях, і засобів їх досягнення з числа можливих — це і є стратегія.

Стратегія — це сукупність певних принципів, але не сукупність дій або етапів певної діяльності. Стратегії охоплення ринку готельних послуг: стратегії концентрації (фокусування) ринку, функціональної спеціалізації, спеціалізації по споживачам, селективної спеціалізації, повного охоплення готельного ринку; стратегії розвитку ринку готельних послуг: стратегія лідерства за рахунок економії на витратах, диференціації, спеціалізації; існують також стратегії зростання, конкуренції, міжнародного розвитку.

Стратегічний маркетинг готельного комплексу — це передусім аналіз потреб фізичних осіб і організацій у готельних послугах. Роль стратегічного маркетингу готельного комплексу полягає в простеженні еволюції певного ринку готельних послуг, виявленні різних існуючих чи потенційних ринків або їх сегментів на основі аналізу потреб, що потребують задоволення. Операційний готельний маркетинг — це активний процес з короткостроковим горизонтом планування, направлений на вже існуючі ринки. Стратегічний готельний маркетинг виявляє незадоволені потреби і розробляє відповідно адаптовані готелі й послуги; операційний готельний маркетинг здійснює план дій, що призводить до створення і зростання попиту на ці готельні послуги [12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання розвитку готельної індустрії в Україні і світі досліджували такі вітчизняні та зарубіжні вчені: Х. Роглев, І. Калачова, Л. Нечаюк, Л. Шматько, М. Мальська, Ф. Котлер, Г. Круль, Дж. Мічеллі, О. Лойко, П. Пуцентейло, А. Сорокіна та інші.

Метою статті є визначення потреби у формуванні колективних засобів розміщення в Україні та розвитку туристичної індустрії для суспільства в цілому.

Викладення основних результатів дослідження. ГРЗ є однією із складових туристичної індустрії в Україні. Саме готельні підприємства виконують одну з найважливіших функцій у сфері обслуговування туристів: забезпечують їх сучасним житлом і необхідними послугами, тому що проживання та відповідне обслуговування суттєво впливають на рівень туристичного сервісу. Отже, готельна індустрія стає швидкозростаючим бізнесом, що приносить значні грошові надходження.

Проведення чемпіонату Європи у 2012 р. з футболу згідно з вимогами УЄФА також передбачало якісну та кількісну підготовку готельної інфраструктури як одну з трьох важливих компонентів, після спортивної та транспортної.

У табл. 1 представлено статистичні дані державної служби статистики України за кількістю колективних засобів розміщування та інших місць для тимчасового проживання в Україні, залежність кількості місць і кількості розміщених у 2011—2014 рр. [6].

Таблиця 1. Колективні засоби розміщування в Україні

Рік	Кількість колективних засобів розміщування			Кількість місць, тис.				Кількість розміщених, тис.			
	Усього	у тому числі		Усього	у тому числі в			Усього	у тому числі в		
		готелів і аналогічних засобів розміщування	спеціалізованих засобів розміщування		готелях і аналогічних засобах розміщування	спеціалізованих засобах розміщування			готелях і аналогічних засобах розміщування	спеціалізованих засобах розміщування	
2011	5882	3162	2720	567,3	154,2	413,1		7426,9	4656,8	2770,1	
2012	6041	3144	2897	583,4	162,8	420,6		7887,4	4983,9	2903,5	
2013	6411	3582	2829	586,6	179,1	407,5		8303,1	5467,8	2835,3	
2014	4572	2644	1928	406,0	135,5	270,5		5423,9	3814,2	1609,7	

Без урахування тимчасово окупованої території АР Крим, м. Севастополя та частини зони проведення АТО.

З табл. 1 видно, що при певній динаміці зростання колективних закладів у 2011—2014 рр. на 8 %, починаючи з 2014 р., спостерігається негативна динаміка за рахунок зменшення загальної кількості колективних закладів розміщування на 29 %, що пов'язано з тимчасовою окупацією території АР Крим та м. Севастополя, а також частини Луганської та Донецької областей як зони проведення антитерористичної операції.

Розвиток колективних засобів розміщування в Україні характеризується адаптацією реформованих підприємств цієї сфери до ринкового середовища, комплексним вирішенням актуальних проблем підвищення ефективності та конкурентоспроможності ринку готельних послуг.

При цьому є ряд об'єктивних причин, що впливають на ринок готельних послуг в Україні та на які вона сьогодні не може впливати.

За рахунок зменшення колективних закладів розміщування в Україні подальший розвиток готельного господарства вимагає підвищення конкурентоспроможності готельних підприємств на внутрішньому ринку, тому сьогодні неможливо розробити єдині пропозиції для всіх готельних підприємств, які забезпечили б гарантований успіх.

Рекомендації щодо удосконалення та розвитку готельного господарства найбільш доцільні для кожного конкретного ринку (міжнародного, внутрішнього, регіонального, місцевого), тому в сучасних умовах значної нерівномірності розвитку регіонів України необхідно особливу увагу приділяти розробці стратегій розвитку готельного господарства, спрямованих на підвищення конкурентоспроможності й економічної ефективності готельних комплексів, що й обумовило вибір мети дослідження.

Всесвітня туристична організація визначає засіб розміщення як будь-який об'єкт, що регулярно або епізодично надає туристам місця для ночівлі. Стандартна міжнародна класифікація засобів розміщення передбачає розподіл їх на дві великі групи — індивідуальні (особисте неосновне житло; кімнати, квартири та будинки, орендовані у приватних осіб чи в агентствах тощо) та колективні. До складу колективних відносяться готелі й аналогічні їм заклади, спеціалізовані та інші колективні засоби розміщення. На відміну від індивідуальних, усі вони повинні підлягати єдиному керівництву, приймати оплату за встановленими цінами та надавати певний комплекс послуг з обслуговування туристів.

Категорія «готелі» включає колективні засоби розміщення, що складаються з номерів, кількість яких перевищує певний мінімум. Дані заклади зобов'язані надавати різноманітні готельні послуги, необмежені обслуговуванням у номерах, щоденним заправлінням ліжок та прибиранням кімнат і санвузлів. Також ці заклади повинні бути згруповані в класи відповідно до переліку надаваних послуг і наявного устаткування.

До аналогічних засобів розміщення відносять ті, що складаються з номерів і надають обмежені готельні послуги, зокрема щоденне заправління ліжок, прибирання кімнат і санвузлів (наприклад, пансіонати, будинки відпочинку, мебльовані кімнати тощо).

Спеціалізовані засоби розміщення, за версією UNWTO, повинні мати єдине керівництво, надавати мінімум готельних послуг (крім щоденного заправління

ліжок), не обов'язково складатися з номерів, і, крім розміщення, виконувати ще певну функцію (наприклад, лікування, оздоровлювання, транспортування тощо). У даному випадку одиницею житла може служити палата санаторія, будинок спортивної бази, каюта судна, купе залізничного вагона тощо.

Інші колективні засоби розміщення передбачають наявність мінімуму послуг, до складу яких уже не входить щоденне прибирання кімнат і санвузлів. Дані заклади не обов'язково містять номери, а можуть мати окремі одиниці житлового типу або колективні спальні приміщення (комплекси будинків, організовані як житло; майданчики для кемпінгу, призначені для розташування наметів, автофургонів, автопричепів і будинків на колесах; стоянки морського та річкового транспорту в бухтах для малих суден, устатковані санітарно-технічними системами життєзабезпечування тощо).

Згідно з рекомендаціями UNWTO, в Україні створена нормативно-правова база з організації готельного бізнесу. Одним із документів, що регулюють діяльність засобів розміщення туристів, є «Порядок надання послуг з тимчасового розміщення (проживання)» [6], відповідно до якого між колективними й індивідуальними засобами розміщення України проведена чітка грань, у зв'язку з чим визначені правила їх функціонування (табл. 2).

Таблиця 2. Склад засобів розміщення туристів в Україні

Показники	Засоби розміщення	
	колективні	індивідуальні
Загальна кількість місць для ночівлі	10 місць і більше	Менш як 10 місць
Оплата	За встановленими цінами	Договірна плата або безкоштовно
Державна реєстрація	Юридична або фізична особа-суб'єкт підприємницької діяльності (СПД)	Реєстрація як СПД не потрібна
Фінансова звітність	Комплекст документів у повному обсязі для даного виду діяльності	Декларація про дохід, отриманий від надання послуг з тимчасового розміщення
Статистична звітність	Комплекст документів у повному обсязі для даного виду діяльності (форми №1-готель, №1-курорт)	Книга реєстрації, де зазначена інформація про паспортні дані, дату прибуття й від'їзду туриста, вартість наданих послуг тощо
Сертифікація	Послуги з тимчасового розміщення підлягають обов'язковій сертифікації стосовно безпеки для життя та здоров'я людей, захисту їх майна, охорони довкілля	

Таким чином, мірилом віднесення засобу розміщення до того або іншого виду служить показник кількості місць для обслуговування мешканців (10 осіб). У зв'язку з цим до категорії колективних відносяться засоби розміщення, що мають у наявності 10 місць і більше, власники яких зобов'язані пройти процедуру державної реєстрації як юридичні особи-СПД або фізичної особи-підприємця, здійснювати свою діяльність згідно з чинними нормативно-пра-

вовими актами у сфері туризму, приймати оплату за послуги на підставі встановлених цін, подавати у повному обсязі комплект документів фінансової та статистичної звітності відповідним державним органам.

Слід зазначити, що в Україні наразі має місце різнопланова класифікація засобів розміщення, запропонована як авторами наукових публікацій, так і відображена у нормативно-правових документах.

Наприклад, український учений О.О. Любіцева обґрунтовує розподіл сукупності засобів розміщення на основні й додаткові [1]. Вітчизняні дослідники П.Р. Пуцентейло та Н.В. Чорненко класифікують засоби розміщення за такими ознаками, як місце та географія розташування, стаціонарність, режим експлуатації, контингент споживачів, забезпечення клієнтів харчуванням, тривалість перебування туристів, цінова політика, рівень комфорту та умови розміщення, місткість номерного фонду (малі, середні, великі), функціональне призначення тощо [2, 3].

Об'єкти з надання послуг тимчасового проживання також досліджуються залежно від виду транспорту, що використовуються туристами (пристанційні засоби розміщення, притулки, мотелі, ротелі, флайтелі), за формою власності тощо [4].

На рис. 1—3 представлено діаграми за кількістю колективних засобів розміщення та інших місць для тимчасового проживання в Україні, а також кількості місць і кількості розміщених у 2011—2014 роках.

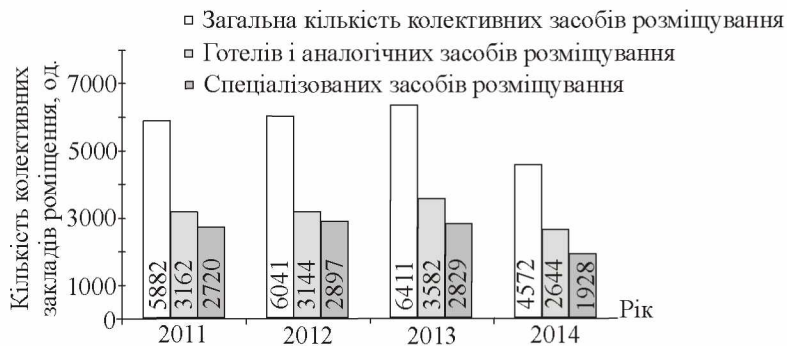


Рис. 1. Кількість колективних закладів розміщення в Україні

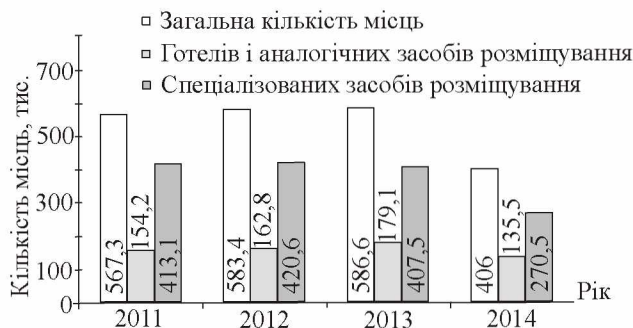


Рис. 2. Кількість місць у колективних закладах розміщення в Україні



Рис. 3. Кількість розміщених у колективних закладах розміщення в Україні

У цілому ж на основі виявлених і вказаних тенденцій у розвитку галузі готельного господарства в Україні, а також організаційно-економічних особливостей досліджуваних підприємств даної сфери окреслено особливості їх господарської діяльності, що впливають на особливості побудови систем бухгалтерського обліку та господарського контролю на таких підприємствах. Зокрема, до них належать:

1. Кооперація підприємствами готельного господарства різних видів діяльності для забезпечення комплексності надання готельних послуг, тобто готельному господарству притаманна концентрація обслуговуючих служб (більшість готелів устаткована басейнами, саунами, пральнями, автостоянками, барами, кафе, ресторанами), що під час побудови систем бухгалтерського обліку і контролю вимагає розвитку багатовекторності даних систем у напрямі врахування галузевих особливостей і специфіки кожного виду діяльності під час обрання порядку застосування елементів методу бухгалтерського обліку, а також охоплення контролем усіх видів господарської діяльності.

2. Придбання підприємствами готельного господарства ліцензії на провадження турагентської діяльності та сертифікація готельної діяльності, що, у свою чергу, спричиняє появу ліцензії як об'єкта в складі нематеріальних активів, а також статті витрат у вигляді амортизаційних відрахувань по ній.

3. Використання в діяльності підприємств готельного господарства елементів електронної комерції, зокрема, у частині бронювання номерів у готелі, та використання розрахункових інструментів за придбання пакетів готельних послуг, що призводить до необхідності забезпечення належного документального оформлення операцій з отримання грошових коштів та їх реєстрації для цілей оподаткування податком на додану вартість і врахування відповідних доходів для оподаткування прибутку.

4. Диференціація витрат і доходів за типами й складовими пакетами готельних послуг для встановлення окупності окремих пакетів і визначення можливості зміни складових пакетів для підвищення рентабельності діяльності підприємства готельного господарства. Це вимагає на основі отримання своєчасної облікової інформації про величину доходів і витрат проведення контрольних процедур щодо визначення рівня рентабельності як окремих пакетів готельних послуг, так і діяльності підприємства готельного господарства в цілому.

У табл. 3—4 представлено розподіл даних за двома групами: готелями й аналогічними засобами розміщення та спеціалізованими засобами розміщення в Україні в 2014 р. [6].

Таблиця 3. Розподіл готелів і аналогічних засобів розміщення в Україні в 2014 році

Загальна кількість готелів і аналогічних засобів розміщення, од.	Готелі, од.	Мотелі, од.	Хостели, од.	Кемпінги, од.	Агроготелі, од.	Гуртожитки для прийжджих, од.	Туристичні бази, гірські притулки, студентські літні табори, інші місця для тимчасового розмішування, од.
2644	1523	138	28	11	0	116	828

Як видно з табл. 3, найбільша частка припадає саме на готелі. Така тенденція демонструє особливості готельного господарства різних регіонів.

Як видно з табл. 4, найбільша кількість спеціалізованих засобів розміщення припадає на бази відпочинку та інші заклади відпочинку, крім туристичних баз.

Таблиця 4. Розподіл спеціалізованих засобів розміщення в Україні в 2014 році

Загальна кількість спеціалізованих засобів розміщення, од.	Санаторії, од.	Дитячі санаторії, од.	Пансіонати з лікуванням, од.	Дитячі заклади оздоровлення цілісної дії, дитячі центри, од.	Санаторії-профілакторії, од.	Бальнеологічні лікарні, грязелікарні, Бальнеогрязелікарні (включаючи дитячі), од.	Будинки відпочинку, од.	Пансіонати відпочинку, од.	Бази відпочинку, інші заклади відпочинку (крім турбаз), од.	Оздоровчі заклади 1-2 денного перебування
1928	187	117	16	18	118	3	17	73	1367	12

На рис. 4 представлено діаграму загального співвідношення колективних закладах розміщення в Україні в 2014 року. Так, частка готелів та аналогічних засобів розміщення у 2014 р. склала 42 % (2644 од.) від загальної кількості (4572 од.), а кількість спеціалізованих засобів розміщення — 58 % (1928 од.). На рис. 5 — діаграма готелів та аналогічних засобів розміщення в Україні в 2014 році.

На рис. 5—6 представлено діаграми загального співвідношення колективних закладах розміщення в Україні в 2014 р. за двома групами.

На основі рис. 4, 5 можна зробити висновок, що для готелів та аналогічних засобів розміщення в Україні у 2014 р. максимальне значення припадає на готелі — 1523 од. (57,6 %) від загальної кількості готелів і аналогічних засобів розміщення. Для спеціалізованих засобів розміщення в Україні в 2014 р. найбільше значення характерне для баз відпочинку та інших закладів відпочинку (крім турбаз) — 1367 од. (70,9 %).

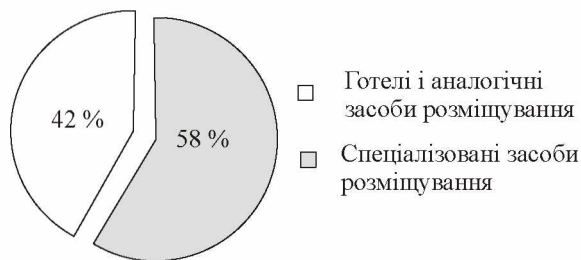


Рис. 4. Діаграма загального співвідношення колективних закладів розміщення в Україні в 2014 році



Рис. 5. Діаграма готелів і аналогічних засобів розміщення в Україні у 2014 році

На рис. 6 представлено дані про кількість структурних підрозділів сфери сервісу колективних засобів розміщення за типами засобів у 2014 році.

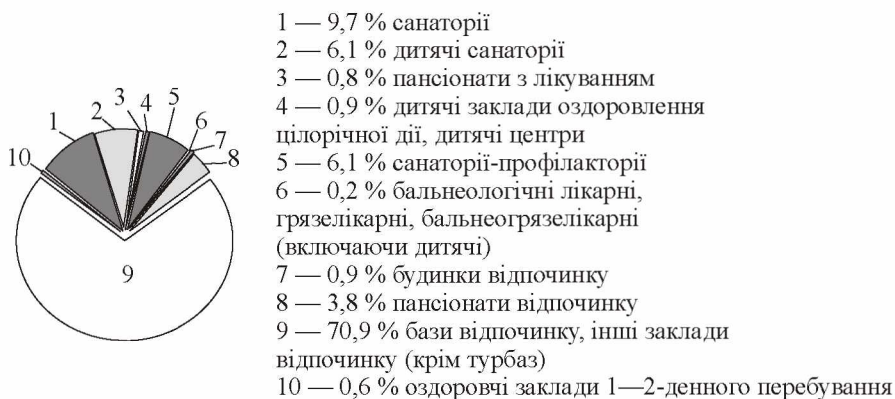


Рис. 6. Діаграма спеціалізованих засобів розміщення в Україні в 2014 році

Як видно з рис. 6, з розрахунку на загальну кількість колективних закладах розміщення в Україні в 2014 р. — 4572, загальна кількість структурних підрозділів сфери сервісу колективних засобів розміщення склала 4071 од. Тобто на один колективний заклад розміщення доводиться 0,89 структурних підрозділів сервісу колективних засобів розміщення. При цьому найбільша кількість із розрахунку на кількість структурних підрозділів припадає на заклади громадського харчування (ресторан, кафе, бар) — 975 од. (23,9 %) (рис. 7).

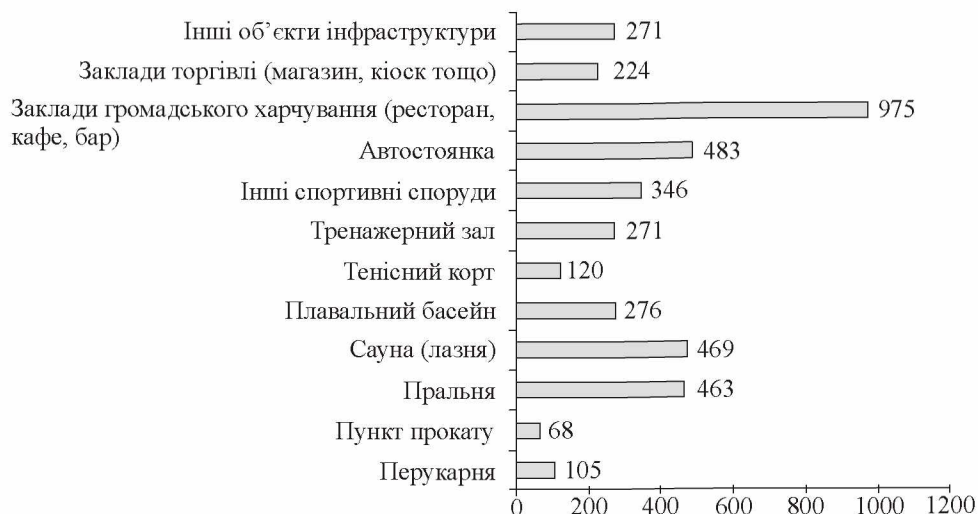


Рис. 7. Кількість структурних підрозділів сфери сервісу колективних засобів розміщування за типами засобів у 2014 р., од.

Як видно з рис. 7, найбільша кількість структурних підрозділів сфери сервісу колективних засобів розміщування припадає на заклади громадського харчування (ресторани, кафе і бари).

Слід зазначити, що в нормативно-правових актах, які регламентують готельну діяльність в Україні, існують певні суперечності. Наприклад, неузгодженість між формами статистичної звітності №1-готель «Звіт про роботу готелю» і №1-курорт «Звіт санаторно-курортного (оздоровчого) закладу» та національним стандартом ДСТУ 4527:2006 щодо визначення ємності і структури підприємств готельного господарства. Крім того, типологія засобів розміщення, представлена в ДСТУ 4527:2006, також відрізняється від міжнародної класифікації за UNWTO.

Так, за формою №1-готель звітують підприємства, узагальнені відомості про які потім подаються в різноманітні інстанції, у тому числі й міжнародні, як про готельну базу України. На наш погляд, цей звіт повинен відображати дані тільки про готелі й аналогічні їм заклади розміщення, однак, згідно з інструкцією [9], він містить інформацію про показники діяльності готелів, готельно-офісних центрів і мотелів (які є окремими типами готелів), туристичних баз (які є одним із типів аналогічних готелям закладів), кемпінгів, гірських притулків і гуртожитків (які відносяться до інших колективних закладів розміщення за методологією ДСТУ 4527:2006).

З іншого боку, згідно з українським законодавством, до категорії готелів відносяться санаторії (які за міжнародними нормами повинні включатися до складу спеціалізованих засобів розміщення, тому що виконують лікувальну функцію). Однак в Україні санаторії звітують не за формою №1-готель, а за формою №1-курорт разом з такими закладами, як пансіонати, будинки відпочинку і бази відпочинку (які є аналогічними готелям закладами), дитячі оздоровчі табори (спеціалізовані заклади) тощо.

Таким чином, в Україні немає чіткої структури ні для класифікації колективних засобів розміщення за групами, ні для врахування даних про їх діяльність за певними формами статистичної звітності, що суттєво видозмінює й звужує рамки існуючої готельної бази.

Статистичний огляд складу підприємств готельного господарства України представлено у табл. 5. Згідно з даними табл. 5, в Україні за період з 2005 р. по 2008 р. кількість засобів розміщення туристів збільшилася в 1,3 раза, що в абсолютному вираженні склало 363 одиниці нових або уведених в дію після реконструкції підприємств.

Таблиця 5. Структура готельної бази України за формою статистичної звітності №1-готель

Типи засобів розміщення	Од. вим.	Роки			
		2005	2006	2007	2008
Готелі	од.	788	807	812	838
	%	64,0	63,5	57,2	52,5
Мотелі	од.	17	15	19	25
	%	1,4	1,2	1,3	1,6
Готельно-офісні центри	од.	8	8	6	5
	%	0,6	0,6	0,4	0,3
Кемпінги	од.	6	4	9	8
	%	0,5	0,3	0,6	0,5
Молодіжні турбази і гірські притулки	од.	35	35	42	50
	%	2,8	2,8	3,0	3,1
Гуртожитки для приїжджих тощо	од.	378	400	532	669
	%	30,7	31,6	37,5	42,0
Усього	од.	1232	1269	1420	1595
	%	100,0	100,0	100,0	100,0

Проте слід мати на увазі, що у формі статистичної звітності №1-готель ураховуються не тільки готелі, але й інші колективні засоби розміщення (гуртожитки, кемпінги, гірські притулки), питома вага яких постійно зростає і становить уже майже половину готельного фонду України. Частка готелів, навпаки, зменшується в загальному обсязі підприємств, що звітують за формою №1-готель, — з 64 % у 2005 р. до 52,5 % у 2008 році.

За даними табл. 6, середній показник ємності у розрахунку на один готельний заклад становить 102 койко-місця, що вказує на перевагу в структурі засобів розміщення підприємств із середнім номерним фондом. Таким чином, у формах статистичної звітності не вистачає даних про малі готелі, багато яких з'явилося в Україні протягом останнього десятиріччя.

Середнє завантаження українських підприємств готельного типу катастрофічно падає: якщо ще у 2005 р. воно становило 33 %, то у 2008 р. зупинилося на позначці 24 %, що надто мало. Так, наприклад, за інформацією UNWTO, у країнах Європи рівень використання місткості готельних підприємств становить приблизно 60 %, а в інших регіонах світу він ще вищий: у Північній Америці — 65 %, Азії й Австралії — 70 %.

Таблиця 6. Основні показники функціонування готельних підприємств України за формою статистичної звітності №1-готель

Показники	Од. вим.	Роки				2008 р. у % до 2005 р.
		2005	2006	2007	2008	
Кількість підприємств, що враховуються за формою №1-готель	Од.	1232	1269	1420	1595	129,5
Одноразова місткість готельних підприємств	Місць	106048	110669	135199	161955	152,7
Середня місткість одного підприємства	Місць	86	87	95	102	118,6
Кількість місць у готельних підприємствах у розрахунку на 1 тис. місцевого населення	Місць	2,3	2,4	3,0	3,5	152,1
Коефіцієнт завантаження		0,33	0,31	0,29	0,24	72,7

Дослідження одноразової місткості готельної бази свідчить про її збільшення у 1,5 раза за розглянутий період часу. Так, на 1 січня 2009 року в Україні налічувалось близько 162 тис. койко-місць. Однак варто зазначити, що для порівняння загальної ємності засобів розміщення різних країн найчастіше використовується показник, що характеризує кількість готельних місць у розрахунку на 1 тис. місцевих жителів, середньоєвропейське значення якого складає 10. У провідних туристичних державах даний показник варіюється від 26 у Швейцарії й Іспанії до 55 у Греції. В Україні цей показник становить лише 3,5 (де готельні місця враховуються поряд із житлом у гуртожитках), що свідчить про явно недостатній розвиток ринку готельних послуг.



Рис. 8. Діаграма частки структурних підрозділів сфери сервісу колективних засобів розміщення за типами засобів у 2014 році

За оцінками фахівців, частка засобів розміщення України у світовій готельній базі становить лише 0,5 %. Проте слід відмітити, що у даному випадку йдеться тільки про ті підприємства, які звітують за формою №1-готель (тобто за винятком багатьох видів аналогічних закладів розміщення, що враховуються за формою №1-курорт). Таким чином, звіти про готельну базу України не відповідають дійсності, що підтверджується відомостями, опублікованими у статистичних щорічниках України.

Відповідно до проведеного дослідження деяких нормативно-правових актів чинного українського законодавства про засоби розміщення й аналізу статистичної інформації, доцільно запропонувати такі заходи:

- привести класифікацію засобів розміщення туристів у відповідність з міжнародними нормами. Насамперед це стосується національного стандарту України ДСТУ 4527:2006 «Послуги туристичні. Засоби розміщення. Терміни та визначення», в якому зазначена типологія готелів та інших об'єктів розміщення;

- удосконалити механізм подання статистичних звітів засобами розміщення — створити такі форми звітності, згідно з якими можна було б визначити реальні межі готельної бази, а також урахувати заклади тимчасового проживання, що відносяться до інших груп. Для цього необхідно розробити й впровадити на державному рівні статистичну звітність за формами №1-готель (винятково для готелів і аналогічних їм закладів), №1-курорт (винятково для санаторно-курортних і оздоровчих спеціалізованих установ), а також передбачити форми звітності для інших колективних та індивідуальних засобів розміщення.;

- посилити контроль за здійсненням готельної діяльності, наприклад, зобов'язати всіх суб'єктів господарювання, які мають намір займатися готельним бізнесом, придбати дозвіл на його провадження під час державної реєстрації, що значно полегшить їх облік.

Що стосується власників індивідуальних засобів розміщення, то ситуація дещо інша, оскільки вони не є суб'єктами підприємницької діяльності й, відповідно, не зареєстровані в органах місцевої державної адміністрації. Кращим заходом у цьому випадку може бути посилення контролю регіональних органів виконавчої влади за діяльністю подібних закладів тимчасового проживання. У зв'язку із цим на місцевому рівні необхідно прийняти пакет документів для нормалізації роботи в даному секторі.

Реалізація запропонованих заходів може допомогти вивести з тіні ті засоби розміщення, які не звітують перед органами статистики, у результаті чого неможливо визначити реальну ємність готельної бази України.

Висновки

Результати дослідження свідчать про те, що за останні декілька років через війсьні дії, складну політичну ситуацію й тимчасову окупацію території Автономної Республіки Крим та частини зони проведення АТО туристичний потік зменшився.

Проведений аналіз динаміки кількості готелів в Україні та світі, а також тенденції зміни готельного фонду дозволяють зробити висновок, що дана галузь економічної діяльності є перспективною сферою капіталовкладень, оскільки розвивається достатньо швидкими темпами, зумовлює рівень зайнятості у відповідних регіонах, створює матеріальну базу для розвитку туризму. Починаючи з 2005 р., середньорічні темпи зростання кількості готелів склали 6,4 %, а зростання готельного фонду складає 8,0 % на рік, що пов'язано з інвестиційною привабливістю підприємств готельного господарства, особливо у відомих туристичних зонах України з урахуванням їх природних, рекреаційних і кліматичних ресурсів.

Незважаючи на зростання кількості економічно активних підприємств у досліджуваній галузі, слід констатувати зниження іміджу держави на ринку готельних і туристичних послуг, спричинене неконкурентоспроможністю підприємств готельного господарства України порівняно із зарубіжними курортними й туристичними центрами в контексті співвідношення між якістю готельних послуг, що надаються, та ціновою політикою вітчизняних готелів (остання базується переважно не на реальних економічних розрахунках, а на загальних тенденціях зростання цін та ажіотажі з боку споживачів).

Вивчення особливостей діяльності підприємств готельного господарства України вказує на існування певних тенденцій у їх функціонуванні, зокрема: невідповідність якості готельних послуг ціновим пропозиціям щодо послуг підприємств готельного господарства; неорганізованість роботи структурних підрозділів готельного господарства, нерозвиненість транспортної й організаційної інфраструктури; нераціональне використання рекреаційного потенціалу, земельних і природних лікувальних ресурсів держави готельними комплексами, особливо у курортних зонах, незадовільний екологічний і санітарний стан територій, використовуваних підприємствами готельного господарства.

На основі вивчення організаційно-економічних особливостей діяльності підприємств готельного господарства окреслено особливості їх господарської діяльності, що впливають на особливості побудови систем бухгалтерського обліку та господарського контролю на таких підприємствах, зокрема: 1) кооперація різних видів діяльності для забезпечення комплексності надання готельних послуг; 2) придбання підприємствами готельного господарства ліцензії на провадження турагентської діяльності й сертифікація готельної діяльності; 3) використання в діяльності підприємств готельного господарства елементів електронної комерції; 4) диференціація витрат і доходів за типами та складовими пакетів готельних послуг. Перспективами подальшого наукового пошуку є вирішення проблем бухгалтерського обліку, аналізу і контролю господарських операцій підприємств готельного господарства з урахування встановлених галузевих особливостей їх господарської діяльності та з метою підвищення ефективності прийняття економічних рішень у системі управління готельним господарством.

Однією з головних передумов розвитку готельного господарства України є створення сприятливого інвестиційного клімату та пошук джерел фінансування для будівництва нових і реконструкції вже діючих підприємств.

Отже, ГРЗ мають можливість вибору декількох підходів до управління ринками готельних послуг і суб'єктами ринкових відносин. З одного боку, ГРЗ мають бути враховані всі вимоги клієнтів, потреби яких складаються не залежним від ГРЗ чином, він має лише задовольняти їх. З іншого, ГРЗ бере активну участь у створенні потреб і створює саме ті, які може і має намір задовольнити, тому питання про управління потребами шляхом впливу на самовизначення клієнта, на соціокультурні норми споживання послуг ГРЗ або шляхом пропозиції нових комбінацій існуючих потреб і норм споживання є надзвичайно важливим.

Література

1. Роглев Х.Й. Основы готельного менеджменту: навч. посібник / Х.Й. Роглев — Київ: Кондор, 2005. — 408 с.
2. Сорокина А.В. Организация обслуживания в гостиницах: учеб. пособ. / А.В. Сорокина. — Москва: Альфа-М, 2009. — 304 с.
3. Мичелли Дж.А. Ritz Carlton: золотой стандарт гостиничного бизнеса нового тысячелетия / Дж.А. Мичелли. — Москва: ООО «Издательство «Эксмо», 2009. — 320 с.
4. Пуцентайло П.Р. Економіка і організація туристично-готельного підприємництва: навч. посібник / П.Р. Пуцентайло. — Київ: ЦУЛ, 2007. — 300 с.
5. Нечаюк Л.І. Готельно-ресторанний бізнес : Менеджмент : навч. посібник / Л.І. Нечаюк. — Київ: Центр учбової літератури, 2009. — 344 с.
6. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
7. Тимохина Т.Л. Организация административно-хозяйственной службы гостиницы: учеб. пособие / Т.Л. Тимохина. — Москва: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. — 256 с.
8. ДСТУ 4268:2003. Послуги туристичні. Засоби розміщування. Загальні вимоги [Чинний від 2004-07-01]. — Київ: Держспоживстандарт України, 2004. — 9 с. — (Національний стандарт України).
9. Уокер Дж. Р. Управление гостеприимством. Вводный курс: учебник / Дж.Р. Уокер — Москва: Юнити-Дана, 2011. — 877 с.
10. Кононыхин С.В. Организация гостиничного и ресторанного хозяйства : учеб. пособие / С.В. Кононыхин. — Донецк: ДИТБ, 2003. — 209 с.
11. Котлер Ф. Маркетинг. Гостеприимство. Туризм: учебник / Ф. Котлер, Д. Боуэн, Дж. Мейкенз. — Москва: Юнити-Дана, 2007. — 1045 с.
12. Мальська М.П. Готельний бізнес: теорія та практика : підручник / М.П. Мальська. — Київ: Центр учбової літератури, 2012. — 472 с.

РАЗВИТИЕ ГОСТИНИЧНОЙ ИНДУСТРИИ В УКРАИНЕ

Д.А. Макалендра, Д.Ю. Белоусов, О.В. Ливар, О.В. Кузьмин

Национальный университет пищевых технологий

В статье проанализированы и представлены на основе методов системного анализа, статистических методов обработки и сбора информации материалы, определяющие основные направления и тенденции развития гостиничной индустрии в Украине. Рассмотрены вопросы управления маркетингом в гостинично-ресторанных заведениях, особенности и составляющие гостиничной индустрии, ее роль в общем обороте туристического бизнеса, подчеркивается необходимость создания современной инфраструктуры рынка коллективного туризма. Раскрыто понятие стратегии, операционного и стратегического маркетинга, проанализировано их влияние на развитие туристической индустрии и общество в целом.

Ключевые слова: *гостиничная индустрия, мировой рынок, тенденции развития, коллективные средства размещения.*

SOLVING THE BASIC PROBLEMS OF GROWING SOY AS A WAY TO ENSURE FOOD SECURITY

K. Omelchenko

National University of Food Technologies

Key words: <i>Soybean production</i> <i>Food safety</i> <i>Profitability</i> <i>Agriculture</i>	ABSTRACT The paper proposes to intensify the production of soy, because soy cultivation is profitable and favorable in terms of climate conditions in Ukraine. The dynamics of oil production in Ukraine and the urgency of cultivating this culture are demonstrated. The recommendations are given regarding the state support of the agricultural sector and crop rising by creating a favorable tax climate, as well as providing preferential credit and financial programs.
Article history: Received 07.04.2016 Received in revised form 04.05.2016 Accepted 19.05.2016	
Corresponding author: K. Omelchenko E-mail: npnuht@ukr.net	

ВИРІШЕННЯ ОСНОВНИХ ПРОБЛЕМ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЯК ШЛЯХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ КРАЇНИ

К.Ю. Омельченко

Національний університет харчових технологій

У статті запропоновано інтенсифікувати виробництво сої, оскільки її вирощування є рентабельним і кліматично сприятливим у нашій країні. Продемонстровано динаміку виробництва сої в Україні й обґрунтовано актуальність забезпечення розвитку вирощування саме цієї культури. Сформульовано рекомендації щодо підтримки державою аграрного сектору у сфері рослинництва шляхом створення сприятливого податкового клімату, забезпечення пільгових кредитних і фінансових програм.

Ключові слова: *соя, виробництво, продовольча безпека, прибутковість, сільське господарство.*

Постановка проблеми. Нині перед суспільством виникає ряд проблемних питань, які ставлять під сумнів його успішне й ефективне подальше існування. До них належать: економічні проблеми, проблеми безпеки країни, екологічні тощо. Однак можна стверджувати, що однією з найгостріших проблем є продовольча.

В умовах світової глобалізації задоволення людських потреб у продовольстві залишається вкрай актуальним. Статистика свідчить про постійне збільшення кількості населення планети. Про реальну та неминучу світову продовольчу кризу свідчить закінчення вичерпних копалин, зношування ґрунтів, загострення екологічних питань. Причинами такої негативної ситуації можуть бути різні нюанси, основний з яких чисельність населення у світі [1].

За останні десятиріччя темпи зростання чисельності населення в багатьох країнах світу випереджають темпи зростання виробництва сільськогосподарської продукції, особливо у сфері рослинництва, що вже призвело до гострої нестачі продуктів харчування в деяких країнах світу.

Наразі населення планети становить 6,82 млрд людей. Спираючись на прогнози вчених, у 2050 р. ця кількість може зрости до 9,2 мільярдів. За цей час площа продуктивних земель на душу населення має всі шанси скоротитися майже на третину. Як наслідок, людство опиниться на порозі глобальної продовольчої кризи. Особливо це стосується країн, що розвиваються, на які припадає переважна більшість населення планети, що недоїдає, та голодуючих. За даними ФАО (продовольча і сільськогосподарська організація під егідою ООН), у світі зараз близько півмільярда людей постійно голодують і вдвічі більше тих, які недоїдають. Звичайно, ця статистика є загальною для всіх країн світу, однак існують певні критерії, за якими держави об'єднувати досить складно, а саме: кількість родючих ґрунтів, показники родючості, клімат, сезонність тощо.

Якщо говорити про Україну, то результати досить невтішні, оскільки відбувається скорочення населення (табл. 1) [6].

Таблиця 1. Динаміка чисельності населення за 1989—2014 роки

Зростання	Київ, Закарпатська обл.
Скорочення до 5 %	Рівненська обл., Севастополь, Волинська, Івано-Франківська, Чернівецька обл., АР Крим
Скорочення від 5 до 10 %	Львівська, Тернопільська, Одеська обл.
Скорочення від 10 до 15 %	Київська, Миколаївська, Херсонська, Харківська, Хмельницька, Запорізька обл.
Скорочення від 15 до 20 %	Дніпропетровська, Вінницька, Полтавська, Черкаська, Житомирська, Донецька обл.
Скорочення більше 20 %	Кіровоградська, Сумська, Луганська, Чернігівська обл.

За офіційними даними Держкомстату, 1 січня 2015 року чисельність населення України становила 42 928,9 тис. осіб (у кордонах без окупованого Криму), втім ця цифра може бути неточною через недосконалість обліку, пов'язаного з подіями на Донбасі.

Як можна побачити із вищевикладеного, питання перенаселення для українців сьогодні не є актуальним, проте від загрози продовольчої кризи нас це не віддаляє. Цьому передують низка факторів. Так за даними Національного інституту стратегічних досліджень, за останнє десятиліття світові ціни на продовольчі продукти зросли майже вдвічі [3]. Об'єктивні причини світової тенденції підвищення цін на ринках агропродукції такі:

- існує негативна тенденція зменшення площ, придатних для обробітку сільськогосподарських культур;
- скорочення пропозиції аграрної сировини, пов'язане з несприятливими погодними умовами, засухами, стихійними лихами;
- збільшення обсягів вирощування зернових з метою вироблення біопалива;
- політична нестабільність і нестабільність на світових фінансових ринках у зв'язку з накопиченням бюджетних дефіцитів і загрозою виникнення дефолтів у деяких європейських країнах, що створює певний ризик для інвесторів;
- зростання вітчизняного експорту за рахунок збільшення споживання продуктів харчування в найбільш населених країнах світу — Індії та Китаї внаслідок стрімкого зростання економік цих країн, що супроводжується збільшенням доходів населення і споживчого попиту.

Ефективним шляхом врегулювання цих питань є підтримка і розвиток сільського господарства, особливо рослинництва. До того ж для виробництва треба обрати культуру, яка є стійкою до більшості кліматичних умов країни, врожайність якої є високою, а ціна значно вища за інші культури рослинництва.

Вирішення даної проблеми — інтенсифікація вирощування сої, що можна пояснити кількома причинами.

По-перше, соя — рослина родини бобових, з якої виробляється заміник тваринного білка. Зауважимо, що вміст протеїнів у сої досягає 45 %, що перевищує кількість протеїнів навіть у курячому м'ясі. Також соя служить сировиною для вироблення заміників молочних виробів, які рекомендуються людям, що страждають цукровим діабетом або непереносимістю молочного білка.

По-друге, вирощування сої — це один з перспективних напрямів, який в Україні тільки починає розвиватися і надає великі можливості для підприємців. Така діяльність, як бізнес добре підходить для початківців, оскільки не вимагає великих капіталовкладень, а рентабельність може досягати 150 %. Для малого бізнесу найбільш вигідна установка «соевих корів» — спеціальних апаратів, які переробляють сою в соєве молоко.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом питанням продовольчої безпеки приділяється все більше уваги. Особливо ця проблематика загострюється в умовах збільшення кількості населення в світі та на фоні вичерпності ресурсів. Питання продовольчої безпеки висвітлені у працях таких вчених та економістів, як: І. Черненко, В. Дарвай, О. Собкевич, О. Соскіна, Я. Жалко та інших.

Мета статті. Дослідження ринку сої в Україні, аналіз тенденцій її виробництва, виявлення додаткових резервів для її вирощування, які сприятимуть подоланню продовольчої кризи.

Виклад основних результатів дослідження. Загальновідомо, що Україна є аграрною державою з досить великою кількістю земельних угідь з високою родючістю. Аграрно-промисловий комплекс країни частково забезпечує наповнення державного та місцевих бюджетів, а також майже повністю задовольняє харчові й продовольчі потреби українців. Певна частина сільськогосподарських продуктів успішно експортується до європейських країн. Проте за таких умов питання забезпечення населення продуктами харчування

не втрачає своєї актуальності, оскільки для українців актуальною є не проблема виробництва, а скоріше проблема достатку.

Зрозуміло, що попит на певні сільськогосподарські продукти є різним. Відрізняються також обсяг виробництва (вирощування) даних продуктів, їх прибутковість, ціна зберігання, збирання, обробки, реалізації тощо. Буль-яка аграрна одиниця, яка займається подібною діяльністю, на початку виробничого процесу зважає на кожен із факторів впливу на кінцевий результат діяльності. Зазвичай, основними критеріями оцінки стають витрати на різних рівнях господарювання та сума чистого прибутку.

Для суб'єктів аграрного бізнесу, які зайняті саме у рослинництві, можна виділити декілька цікавих позицій, а саме: вирощування та реалізація соняшнику, кукурудзи, рису, ріпаку, пшениці. Проте, на думку переважної кількості фермерських господарств та аграрних підприємств, найцікавішою позицією є соя. Вищезгадана бобова культура знаходиться в центрі уваги світової аграрної науки та виробництва.

Виробництво цієї культури зросло до 263 млн т, тобто майже на 10,23 % за останні 50—55 років при зростанні чисельності населення в 2,2 раза [5]. Якщо ж аналізувати обсяги виробництва сої, то після кукурудзи, пшениці та рису вона займає четверте місце у світі.

Взагалі цю бобову культуру виробляють у близько 75 країнах світу, однак наша країна має певну перевагу за рахунок кліматичних особливостей. Україна за обсягами виробництва сої займає перше місце серед країн Європи, а у світовому рейтингу — восьме місце після таких країн, як Сполучені Штати Америки, Бразилія, Аргентина, Китай, Індія тощо.

Перспективи у нарощуванні виробництва сої є вагомими. Окрім кліматичних умов, можна виділити високу оптову та роздрібну ціну на продукт, можливість і здатність експортування, сприяння держави у підвищеному рівні повернення ПДВ, урожайність тощо. Наприклад, середня вартість сої за одну тонну в Україні сформувалася в діапазоні 8,5 тис. грн станом на серпень 2015 р. порівняно з ціною на пшеницю — в цілому близько 4 тис. грн.

Показники обсягів виробництва сої в Україні та світі наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Аналіз виробництва сої в Україні і світі

Країна	2003, млн т	2009, млн т	2010, млн т	2011, млн т	2012, млн т	2013, млн т	2014, млн т	2015, млн т	2003 до 2015, %
США	66,8	91,4	90,6	83,2	82,1	89,5	107,9	108,2	61,74
Бразилія	51	57,0	70	71	83,5	89	94,5	92,4	55,18
Аргентина	33	31,0	49,5	48,0	51,5	54,5	56,0	57,1	57,79
Китай	15,4	14,5	15,2	13,5	12,6	12,2	12,36	12,44	-23,8
Індія	6,8	10,2	9,6	11,0	11,5	11,8	10,5	9,3	73,12
Парагвай	3,9	3,9	7,5	6,4	7,8	9,0	8,5	8,9	43,82
Канада	2,3	3,5	4,3	4,2	4,9	5,2	6,1	6,8	33,82
Україна	0,24	1,04	1,67	2,3	2,4	2,8	3,9	4,2	57,14
Інші	7,4	9,61	9,9	10,9	11,7	12,9	15,2	16,2	45,7
Всього	186,8	222,1	258,3	251,5	268,0	286,9	313,1	315,46	59,22

Як можна побачити з табл. 2, обсяг виробництва сої у світі стабільно зростає, хоча існують певні коливання, наприклад, у 2010 р. виробництво цієї

масляної культури було вищим, ніж у наступному 2011 році. Проте подібні зниження мають хаотичний характер і на загальну тенденцію не впливають.

Окремо варто відмітити показники по Україні. Починаючи з 2003 р., обсяг виробництва соєвої культури зріс на 3,94 млн т. Це може означати, що країна не тільки успішно вирощує та реалізує бобовий продукт, а й має високий експортний потенціал.

Звичайно, останнім часом у зв'язку з нестабільністю валютних курсів експорт сої для українських підприємств буде більш бажаним, ніж продаж на внутрішньому ринку. Це, у свою чергу, може стати причиною збільшення поставок сої на зовнішні ринки. Варто зауважити, що сьогодні експортного мита немає. Тобто, за останні 5—6 місяців 2015 р. Україна експортувала сої на 257,83 тис. дол. США, соєвого масла — на 25,9 тис. дол. США, макухи — на 22,2 тис. дол. США [4].

Динаміку експорту сої в Україні за 2006—2015 рр. узагальнено в табл. 3.

Таблиця 3. Динаміка експорту сої, млн т

Роки	2006/ 2007	2007/ 2008	2008/ 2009	2009/ 2010	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015
Урожай	890	723	813	1044	1680	2264	2410	2774	3871
Експорт	417	190	280	263	990	1335	1326	1259	2200
Споживання, переробка	473	533	533	781	690	929	1084	1515	1672

Як можна побачити з табл. 3, в країні спостерігається збільшення інтересу до пиробництва та переробки соєвих бобів. Цей факт є закономірним, оскільки продукт має низку переваг порівняно з іншими культурами:

- високу рентабельність;
- постійний високий попит з боку внутрішнього та зовнішнього ринків;
- необхідність реабілітації земельних угідь і відновлення родючості після виснажливого вирощування соняшника, а також досить помірне виснаження ґрунту соєю;
- виведення нових, більш сильних, сортів сої та розробка більш досконалих технологій її обробітку.

Однак, навіть враховуючи всі переваги вирощування даної культури, існує низка складнощів, які не дають змоги розкрити весь потенціал даної культури на території країни. До них можна віднести такі:

1. Вести прибуткове фермерське господарство в секторі рослинництва можливо лише за умови наявності хоча б мінімального машинного парку (трактори, комбайни тощо). Нове устаткування коштує наразі дуже дорого, а старе потребує постійного ремонту та купівлі коштовних комплектуючих.

2. Вагомим фактором є володіння землею (паями), на яких можна здійснювати фермерську рослинницьку діяльність. Також існує варіант брати земельні ділянки в оренду, однак це спричиняє суттєві витрати з боку фермерів.

3. Стартовий капітал. Для започаткування подібної справи треба мати кошти на підготовку землі, посів, обробку культури до моменту її збирання та зберігання до моменту повторного посіву. Також сюди треба віднести сплату

податків, зборів, обов'язкових платежів, витрати на паливно-мастильні матеріали, заробітну плату тощо. Оскільки рослинне виробництво є сезонним, треба пройти весь виробничий цикл (до одного року), щоб отримати прибуток.

Альтернативою може стати кредитування, проте, за останніми даними, середня ставка кредиту для подібної групи становить 36 % річних за умови щомісячного погашення відсотків. На старті будь-якого господарювання такі умови можуть стати дуже ризикованими.

4. Нестабільність політичної ситуації в країні. За рахунок анексії Криму та складної ситуації на Донбасі кількість родючих земель і земель, на яких можна здійснювати фермерську діяльність, зменшилася. Також останнім часом існує жорстка статистика спалення ще незібраних врожаїв прямо на полях через певні розбіжності в політичних чи економічних питаннях.

5. Податкове законодавство. Це окреме, досить болісне питання для кожного аграрія. Даний сектор постійно страждає за рахунок дуже високих податків, жорстких строків та постійної зміни (поправки) тих чи інших ставок. До цього можна додати високі пені та штрафи, а також перевірки господарств тощо.

Висновки

Отже, вирощування сої може вирішити ряд складних питань, що пов'язані із забезпеченням продовольчої безпеки. Її виробництво є рентабельним і досить простим, також з цієї культури можна виробляти олію, борошно, білкові концентрати, ізоляти, соєве молоко, соєві аналоги м'яса тощо. Варто зауважити, що ціна на ці продукти є нижчою за ціну на подібні продукти іншого походження (олія соняшникова, м'ясо, борошно пшеничне тощо).

Практично всі порушені проблеми можуть бути вирішені завдяки державній підтримці. Для даного сектору просто необхідні реальні фінансові пільги, при чому як цінові (на паливо, мастило тощо), так і податкові. Необхідні також програми довгострокового кредитування (від 5 років) з помірними процентними ставками. Також актуальним буде запровадження програм з надання розстрочки для придбання комбайнів, тракторів чи коштовних комплектуючих.

Література

1. Бейбу Д. Глобальна продовольча криза: новий виклик на життєздатність сільського господарства [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://soskin.info/ea/2009/3-4/200914.htm>.
2. Дарвай В. Перспективне економічне програмування [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://minfin.com.ua/users/divicom/>.
3. Жаліло Я. Ризики світової продовольчої кризи та виклики для України [Електронний ресурс] / Я. Жаліло, О. Собкевич, В. Русан, А. Юрченко, І. Клименко, В. Скороход, І. Ус // Аналітична записка. Відділ секторальної економіки. — Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/401/>.
4. Сокольников Е. Украина на бобах [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://latifundist.com/spetsproekt/97-ukraina-na-bobah>.
5. Черненко І. Перспективы мирового рынка сои в 2015/16 МГ: сезон, близкий к рекордному / АПК-Информ: ИТОГИ №5 (11) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.agro-business.com.ua/ekonomichnyi-gektar/1635-stabilnyi-rynok-soi.html>.
6. Історична демографія України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>.

РЕШЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ ВЫРАЩИВАНИЯ СОИ КАК ПУТЬ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ

К.Ю. Омельченко

Национальный университет пищевых технологий

В статье предложено интенсифицировать производство сои, поскольку ее выращивание является рентабельным и климатически благоприятным в нашей стране. Продемонстрирована динамика производства сои в Украине и обоснована актуальность выращивания именно этой культуры. Сформулированы рекомендации по поддержке государством аграрного сектора в сфере растениеводства путем создания благоприятного налогового климата, обеспечения льготных кредитных и финансовых программ.

Ключевые слова: *соя, производство, продовольственная безопасность, доходность, сельское хозяйство.*

УДК 614.76:314

MEDICAL AND SOCIAL CONSEQUENCES OF THE CHERNOBYL ACCIDENT

T. Chorna

University of the State Fiscal Service of Ukraine

O. Slobodyan, L. Neshchadym, V. Zayets

National University of Food Technologies

Key words:

*Chernobyl accident
Radioactive
contamination
Population morbidity
Health consequences of
the accident
Social consequences of
the accident*

Article history:

Received 01.04.2016
Received in revised form
01.05.2016
Accepted 30.05.2016

Corresponding author:

T. Chorna

E-mail:

[npnuht@ukr.net](mailto:npuht@ukr.net)

ABSTRACT

The article shows the results of analysis of medical and social consequences of radioactive contamination in Ukraine as an effect of the Chernobyl nuclear power plant accident. The total area of contamination in Belarus, Ukraine and the Russian Federation was analyzed during the study. The main influence of ionizing radiation on the environment and impact on living organisms was described. The relation between the illnesses in Ukraine (population morbidity) over the past decade and the Chernobyl disaster were studied. The changes in the legal framework are studied that guarantee benefits for adults and children living in the territory assigned to the zone of enhanced radiation monitoring before January 1, 2015.

МЕДИКО-СОЦІАЛЬНІ НАСЛІДКИ АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АТОМНІЙ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Т.М. Чорна

Університет державної фіскальної служби України

О.П. Слободян, Л.П. Нещадим, В.А. Заєць

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати аналізу медико-соціальних наслідків радіоактивного забруднення території України внаслідок катастрофи на Чорнобильській атомній електростанції. У ході дослідження зазначеної теми проаналізовано загальну площу забруднення радіонуклідами території Білорусі, України та Російської Федерації, описано основні впливи іонізуючого випромінювання на навколишнє середовище, а також вплив на живі організми. Вивчено взаємозв'язок стану захворюваності населення України за останні десятиліття з Чорнобильською катастрофою, зміни законодавчої бази, що гарантує пільги постраждалим громадянам і дітям, які проживали на території, віднесений до зони посиленого радіоекологічного контролю до 1 січня 2015 року.

Ключові слова: аварія на ЧАЕС, радіоактивне забруднення, захворюваність населення, медичні наслідки аварії, соціальні наслідки аварії.

Постановка проблеми. Здоров'я населення є однією з найвищих цінностей кожної цивілізованої країни. Зазначений показник відображає соціально-економічне, екологічне, демографічне і санітарно-гігієнічне благополуччя в країні, виступає одним із соціальних індикаторів суспільного прогресу, важливим чинником, який впливає на якість та ефективність трудових ресурсів.

Аварія на ЧАЕС призвела до радіоактивного забруднення навколишнього середовища, яке значно перевищує допустимі рівні радіаційної безпеки. У звітах західних фахівців радіоактивно забрудненими офіційно визнаються 23 % території Білорусі, 5 % території України і 1,5 % — Російської Федерації [3]. За даними ДСНС України, внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС 95 % території України зазнало радіоактивного забруднення різного ступеня.

Основними наслідками аварії стали: радіоактивне забруднення складових частин екосистеми: літо-, гідро- і атмосфери, ґрунтового і рослинного покривів; вплив на живі організми; вилучення з народногосподарського використання значних територій і природних ресурсів. Найбільшого ж удару, наслідки якого неможливо оцінити в грошовому еквіваленті, аварія завдала здоров'ю українців. При цьому зазначена проблема стосується як сучасного, так і багатьох майбутніх поколінь.

Метою статті є аналіз медичних (ранніх та віддалених) і соціальних наслідків аварії на Чорнобильській атомній електростанції в Україні.

Виклад основних результатів дослідження. Дослідження наслідків аварії на Чорнобильській АЕС дозволяє виділити основні групи ризиків для здоров'я населення [7]:

1. Ризики, пов'язані з негативним впливом радіоактивного опромінення на здоров'я людей, зокрема: додаткове опромінення населення України радіонуклідами, що випали за межами зони відчуження; високі рівні забруднення радіонуклідами території в зоні відчуження; не повністю контрольований стан високоактивних радіоактивних відходів в об'єкті «Укриття»; не повністю контрольований стан радіоактивних відходів в пунктах захоронення і тимчасової локалізації радіоактивних відходів зони відчуження.

2. Ризики втрати здоров'я, пов'язані з економічними збитками для країни від аварії на ЧАЕС.

3. Суб'єктивні ризики, пов'язані з неадекватним сприйняттям людьми впливу наслідків аварії на здоров'я.

В цілому, наслідки аварії на ЧАЕС для здоров'я населення можна об'єднати в такі групи [4]:

1. Ранні — гостра променева хвороба; локальні ушкодження шкіри, ока; гематологічні, імунологічні, цитогенетичні порушення в учасників ліквідації наслідків аварії та населення.

2. Віддалені — зростання захворюваності на рак щитоподібної залози та лейкемію; підвищення частоти раків у ліквідаторів; окремих форм солідних раків у населення; зростання загальної смертності, смертності від судинної патології в учасників ліквідації наслідків аварії та евакуйованих; радіаційні катаракти.

Аналіз сучасного стану захворюваності населення в Україні за останні десятиліття свідчить про стійку тенденцію до зростання кількості новоутворень і вроджених аномалій (рис. 1). Наразі вченими отримано дані, які підтверджують, що Чорнобильська катастрофа та її наслідки стали чинником як прямої, так і опосередкованої дії іонізуючої радіації на організм людини, її органи і системи [4].

Підвищення частоти онкологічних і радіогенних непухлинних захворювань внаслідок Чорнобильської аварії, з урахуванням досвіду досліджень постраждалих унаслідок ядерних бомбардувань, прогнозується протягом 50 років після опромінення. Ці захворювання виступають і будуть в майбутньому основним фактором втрати працездатності та смертності.

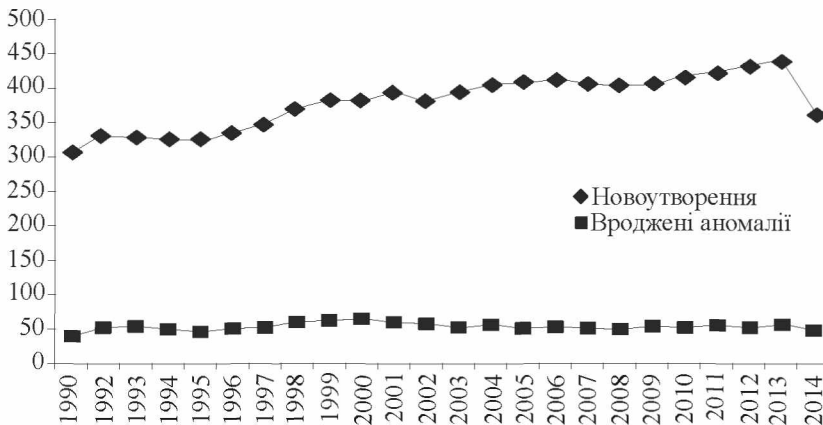


Рис. 1. Захворюваність населення, тис. осіб (у 2014 р. — без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини зони проведення антитерористичної операції) [1]

Серед осіб, що постраждали внаслідок аварії на Чорнобильській атомній станції, можна виділити такі категорії: 1) учасники ліквідації наслідків аварії, особливо особи, що брали участь у ліквідації наслідків аварії в 1986—1987 рр. у зоні евакуації і першочергового відселення; 2) особи, евакуйовані в 1986 р. і переселені протягом наступних 20 років із зон евакуації і першочергового відселення; 3) особи, що проживають на радіоактивно-забруднених територіях з різною щільністю забруднення ґрунту цезієм-137, стронцієм-90, плутонієм; 4) особи, народжені від опромінених батьків (ліквідаторів наслідків аварії на ЧАЕС, евакуйованих і переселених осіб).

До групи ризику також відносять осіб, опромінених на етапі внутрішньо-утробного розвитку й осіб, у яких опромінена щитоподібна залоза радіоізотопами йоду у віці 0—18 років на момент аварії.

За офіційною статистикою, станом на 1 січня 2016 року в Україні нараховується 1 млн 961 тис. 904 особи, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи, серед них: 210 тисяч 247 учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС; 1 млн 751 тис. 657 потерпілих від Чорнобильської катастрофи, у тому числі 418 тис. 777 потерпілих дітей [5].

Наразі в Україні спостерігається тенденція до швидкого зростання кількості людей, визнаних непрацездатними внаслідок Чорнобильської аварії, — від 200 осіб у 1991 р. до 64 500 у 1997 р. і 118 108 у 2014 році. Право на пільги, передбачені Законом України «Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи», мають 35 тис. 672 особи (дружини (чоловіки), опікуни дитини померлих громадян, смерть яких пов'язано з Чорнобильською катастрофою, та 3 тис. 317 громадян, які брали участь у ліквідації інших ядерних аварій, у ядерних випробуваннях, у військових навчаннях із застосуванням ядерної зброї) [5].

У 2016 р. Верховною Радою внесено уточнюючі зміни до деяких статей Закону України «Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи», що гарантують пільги постраждалим громадянам і дітям, які проживали на території, що до 1 січня 2015 року була віднесена до зони посиленого радіоекологічного контролю.

Зокрема, запроваджено щорічне медичне обстеження та лікування у спеціалізованих медичних закладах осіб, які народилися від учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС та евакуйованих із зони відчуження і після досягнення повноліття не були віднесені до категорій осіб, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи. Непрацездатним членам сім'ї, які були на утриманні годувальника, та дружині (чоловіку), що не одружилися вдруге, які втратили годувальника з числа учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС, віднесених до категорії 1, пенсія у зв'язку з втратою годувальника призначається незалежно від причинного зв'язку смерті з Чорнобильською катастрофою.

Поновлюються пенсійні виплати в повному розмірі, без урахування одержуваного заробітку (доходу) та незалежно від місця роботи, особам, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи. З 1 січня 2017 року будуть надаватися пільги щодо першочергового безоплатного надання санаторно-курортних путівок чи одержання компенсації вартості самостійного санаторно-курортного лікування громадянам, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи, які належать до категорії 2, а для категорії 3, 4 — за певних умов.

Діти, які постраждали від Чорнобильської катастрофи, матимуть право на:

- безплатне виховання (утримання) їх у державних та комунальних дошкільних навчальних закладах і надання щомісячної грошової допомоги, а також на безплатний проїзд у межах України на всіх видах транспорту;

- щомісячну виплату, батьки яких стали інвалідами I або II групи чи померли внаслідок Чорнобильської катастрофи;

- безплатне харчування у середніх загальноосвітніх, професійно-технічних навчальних закладів, розташованих на територіях радіоактивного забруднення, та зазначених навчальних закладів, розташованих на території, що до 1 січня 2015 року була зоною посиленого радіоекологічного контролю, які продовжують там навчання.

Крім того, зазначеним Законом розширюється перелік громадян, потерпілих унаслідок Чорнобильської катастрофи, яким надаються пільги з оплати житлово-комунальних послуг і здійснюються інші компенсаційні виплати.

За даними Міністерства охорони здоров'я України, в структурі поширеності хвороб серед дорослого населення, потерпілого внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, перше місце посідають хвороби системи кровообігу, на другому — хвороби органів травлення, на третьому — хвороби органів дихання (рис. 2).

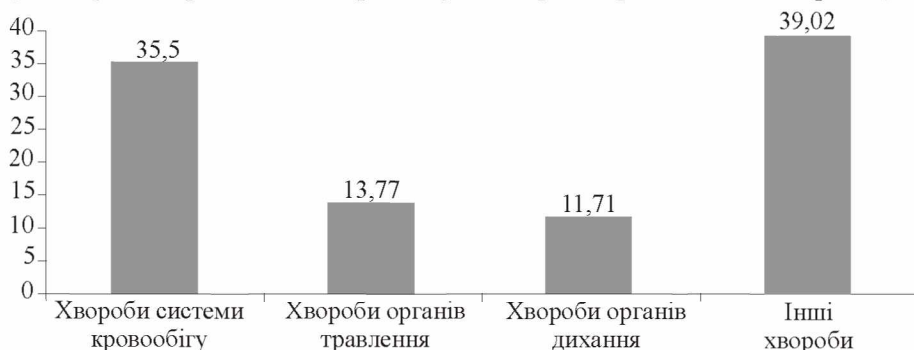


Рис. 2. Поширеність хвороб серед дорослого населення, потерпілого внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, станом на 2014 р., % [2]

У структурі первинної інвалідності серед дорослого потерпілого населення найбільша частка припадає на новоутворення — 71,69 %, хвороби системи кровообігу складають 20,50 %, хвороби нервової системи — 2,31 %, уроджені аномалії — 1,56 %, хвороби органів дихання — 1,32 %, ендокринної системи — 0,97 %, органів травлення — 0,70 %, розлади психіки та поведінки — 0,30 % (рис. 3).



Рис. 3. Структура первинної інвалідності серед дорослого потерпілого населення у 2014 р., % [2]

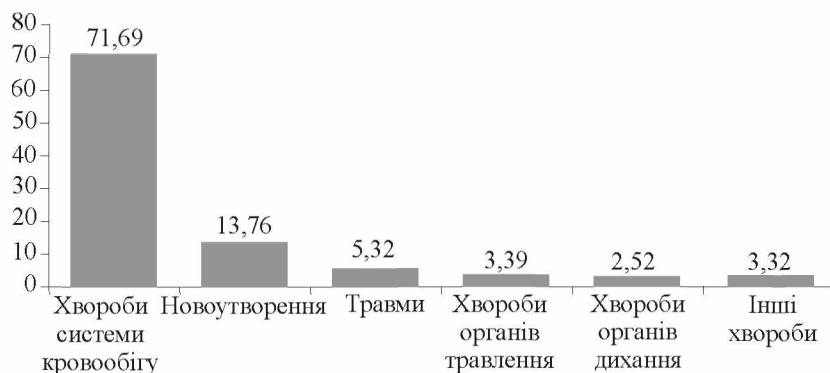


Рис. 4. Структура смертності дорослого потерпілого населення у 2014 р., % [2]

Слід зазначити, що смертність серед дорослого постраждалого населення щороку збільшується. Так, за період 2010—2014 рр. рівень смертності зріс на 4,73 %. У структурі смертності дорослого населення, постраждалого внаслідок аварії, хвороби системи кровообігу займають перше місце, далі йдуть новоутворення, травми, хвороби органів травлення та хвороби органів дихання (рис. 4).

Серед дитячого населення, постраждалого внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, навпаки, спостерігається зниження поширеності хвороб і захворюваності, проте зростає кількість новоутворень, у тому числі злоякісних, та уроджених аномалій. Зокрема, станом на 2014 р. на першому місці — хвороби органів дихання, на другому — хвороби ендокринної системи, на третьому — хвороби органів травлення (рис. 5). В числі уроджених аномалій (вад розвитку), деформацій і хромосомних порушень спостерігається зростання уроджених аномалій системи кровообігу, органів травлення, сечових органів та синдрому Дауна.

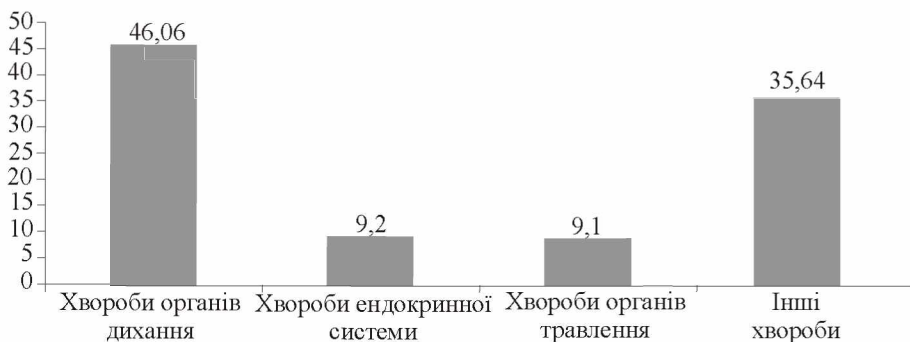


Рис. 5. Структура захворюваності дитячого населення, потерпілого внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, станом на 2014 р., % [2]

У цілому серед сукупності медичних наслідків радіоактивного забруднення території України можна виокремити такі основні групи: онкологічні захворювання та хвороби непухлинного характеру.

У постраждалих встановлено зростання частоти «ранніх» форм раків — лейкомії, раку щитовидної та молочної залози, а також зростання частоти пізніх форм солідних раків — раку легень і сечовидільних шляхів. Так, наприклад, частота захворювання на рак щитоподібної залози у дорослого населення за 1990—2011 рр. перевищує середні показники в Україні: у ліквідаторів — у 4,8 раза вища за очікуваний рівень, в евакуйованих із 30-кілометрової зони — у 4,1 раза, у мешканців радіоактивно забруднених територій — в 1,3 раза. Варто зазначити, що на території Житомирської, Київської, Рівненської, Черкаської та Чернігівської областей, які зазнали найбільшого забруднення, захворюваність на рак щитоподібної залози зростає утричі швидше порівняно з рештою території України (як у чоловіків, так і жінок).

Критичною є ситуація із дитячою захворюваністю на рак щитоподібної залози. Статистика свідчить [4], що впродовж 1986—1988 рр. частота таких захворювань становила 0,1 випадку на 100000 дітей України, в 1989 — 0,2, у

1990 р. — збільшилася до 0,4 випадку. Усі наступні роки кількість захворювань продовжувала зростати і в 2012 р. досягла 5,8 випадку на 100000 опромінених дітей України. Наразі число випадків раку щитоподібної залози в 33 рази перевищує дочорнобильський щорічний рівень (в 60,0 разів серед дітей і в 14,0 разів серед підлітків). На кінець 2014 р. лише в Україні було прооперовано 10600 дітей, які були опромінені в дитячому або підлітковому віці [5]. За прогнозами фахівців [4], зростання частоти раку щитоподібної залози буде фіксуватися ще приблизно 10—15 років.

Серед хвороб непухлинного характеру суттєва частка у структурі захворюваності та смертності постраждалих осіб припадає на хвороби системи кровообігу. Через 30 років після аварії на ЧАЕС значно зростає поширеність даного виду захворювань в осіб різного віку, часто спостерігається розвиток ускладнень, що призводять до ранньої інвалідності та смертності. Значна частина серед непухлинних захворювань також припадає на хвороби органів травлення, дихання, нервової системи і органів чуття, ендокринної, кістково-м'язової та сечостатевої систем [4, 5, 6].

Серед захворювань системи кровообігу переважають такі хвороби, як інсульт, інфаркт мозку, церебральний атеросклероз, гіпертонічна енцефалопатія, ішемічна хвороба серця та артеріальна гіпертензія. Варто зазначити, що розвиток хвороб системи кровообігу у значній мірі ускладнюється додатковим впливом комплексу нерадіаційних факторів, таких як несприятливі умови праці, емоційна перенапруга, фізичне перевантаження, нераціональне харчування, паління, надмірне споживання алкоголю, спадковість тощо.

На сучасному етапі особливої уваги потребують проблеми здоров'я дітей, підлітків, народжених від постраждалих осіб (учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС, евакуйованих). Частка здорових серед даної групи зменшується, збільшується кількість осіб з хронічними захворюваннями. В основному, це хвороби органів травлення, нервової системи, органів кровообігу.

Виявлено [4], що серед дітей, які народилися від батьків, евакуйованих у дитячому віці з м. Прип'яті і 30-кілометрової зони та дітей-мешканців 2—3 зон радіоактивного забруднення, батьки яких на час аварії були дітьми, проживали та проживають дотепер у цих населених пунктах кількість практично здорових за останні 5 років не перевищувала 10 %.

Варто зазначити, що за роки, які минули від моменту аварії на ЧАЕС, «чорнобильська» проблема перетворилась у соціальну. Окрім впливу на здоров'я, інші заходи, пов'язані з аварією, насамперед переселення, обмеження виробництва сільськогосподарської й промислової продукції радикально змінили уклад життя значної кількості людей. Суперечлива, приховувана інформація про оцінки можливих наслідків аварії стали додатковим травмуючим чинником. Офіційні обмеження щодо публікацій чорнобильських матеріалів було знято лише в 1989 році. У результаті суб'єктивне сприйняття можливих наслідків аварії в офіційних звітах набувало форми псевдодіагнозу «радіофобія» [3].

Міжнародні експерти серед гуманітарних аспектів радіаційних ризиків наразі виділяють такі [3]:

- соціально-психологічний рівень сприйняття інформації про радіаційний вплив;

- соціально-культурні особливості переселення.

Варто зазначити, що за час, який минув після аварії на Чорнобильській АЕС, радіаційний стан радіоактивно забруднених територій поліпшився. Цьому сприяли природні процеси та здійснені заходи із запобігання поширенню радіонуклідів за межі зони відчуження, подолання наслідків аварії у сільськогосподарському та лісгосподарському виробництві, проведення дезактиваційних робіт. Запроваджені заходи дозволили знизити рівні опромінення населення, яке проживає на відповідних територіях.

На сьогодні основна частина дози додаткового опромінення мешканців постраждалих внаслідок Чорнобильської катастрофи територій України обумовлена внутрішнім опроміненням, яке має місце внаслідок споживання радіоактивно забруднених продуктів харчування. Міжнародною громадською екологічною організацією Greenpeace проведено дослідження продуктів харчування в Україні на наявність у них радіонуклідів [6]. За даними організації, громадяни у постраждалих районах різними способами — через воду, ґрунт, деревину, продукти харчування — зазнають впливу високого рівня радіації. Згідно з результатами дослідження, в основному небезпеку становить цезій-137 та стронцій-90, які більшою мірою залишаються у лісах (у ягодах, грибах, деревині для опалення і для будівництва).

Міжнародні фахівці констатують, що нині Україна не має достатніх коштів для фінансування програм, необхідних для захисту населення, радіаційне опромінення людей, що живуть на забруднених територіях, ймовірно, зростатиме, а дози радіації, отримані малолітніми дітьми, впливатимуть на стан їхнього здоров'я ще десятиліттями.

Висновки

Таким чином, проведений аналіз дозволяє сформулювати основні медико-соціальні наслідки аварії на Чорнобильській атомній станції:

- зростання загальної смертності постраждалих від соматичної та психосоматичної патології;

- негативні демографічні зміни;

- «забутий Чорнобиль» (недостатнє фінансування медичних програм; недостатньо висока якість Державного реєстру України постраждалих унаслідок Чорнобильської катастрофи; згортання дозиметрії, радіаційного захисту на територіях з перевищенням річних лімітів доз опромінення; відсутність єдиної системи радіаційного захисту);

- проблема збереження здоров'я учасників робіт з перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему.

Враховуючи викладене вище, основними завданнями у сфері подолання медичних наслідків аварії на ЧАЕС на майбутнє є такі:

- державна підтримка вивчення радіаційних ефектів;

- розроблення заходів щодо підвищення ефективності науково обґрунтованого лікування захворювань, пов'язаних з радіоактивним опроміненням;

- розроблення профілактичних заходів, спрямованих на зменшення онкологічної й онкогематологічної захворюваності;

- диспансеризація і моніторинг порушень найбільш чутливих до радіаційного впливу органів і систем у віддалений період;
- експертиза зв'язку захворювань і стійкої втрати працездатності з впливом наслідків аварії та медична реабілітація постраждалого населення;
- супровід програм з вивчення медичних наслідків Чорнобильської катастрофи у віддаленому періоді, особливо на забруднених територіях;
- покращення медико-санітарної бази спеціалізованих лікувальних закладів, які постійно надають медичну допомогу постраждалим.

Література

1. *Офіційний сайт* Державної служби статистики України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
2. *Офіційний сайт* Міністерства охорони здоров'я України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.moz.gov.ua/ua/portal/>.
3. *Екологічні, медико-соціальні та гуманітарні наслідки аварії на Чорнобильській АЕС в оцінках міжнародної спільноти: висновки для України* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://old.niss.gov.ua/monitor/januar2009/2.htm>.
4. *Інформаційно-аналітичні матеріали з питань подолання наслідків чорнобильської катастрофи* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.amnu.gov.ua/news/1/323/n-formats-ino-anal-tichn-mater-ali-z-pitan-podolannya-nasl-dk-v-ornobilsko-katastrofi/>.
5. *Коваленко Н.* Жертви Чорнобіля і медичні наслідки радіації [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.radiosvoboda.mobi/a/27677731.html>.
6. *Миколюк О.* Хвороби і відлуння Чорнобіля [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://day.kyiv.ua/uk/article/cuspilstvo/hvoroby-i-vidlunnya-chornobylya>.
7. *Уроки Чернобыля: риски и небылицы* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://gazeta.zn.ua/ENVIRONMENT/uroki_chernobylya_riski_i_nebylitsy.html.

МЕДИКО-СОЦИАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Т.Н. Чорная

Университет государственной фискальной службы Украины

О.П. Слободян, Л.П. Нещадим, В.А. Заец

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены результаты анализа медико-социальных последствий радиоактивного загрязнения территории Украины, возникших вследствие катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции. В ходе исследования данной темы проанализирована общая площадь загрязнения радионуклидами территории Беларуси, Украины и Российской Федерации, описаны основные воздействия ионизирующего излучения на окружающую среду, а также влияние на живые организмы. Изучена взаимосвязь состояния заболеваемости населения Украины за последние десятилетия и Чернобыльской катастрофы, проанализированы изменения в законодательной базе, гарантирующие льготы пострадавшим гражданам и детям, проживающим на территории, отнесенной к зоне усиленного радиоэкологического контроля до 1 января 2015 года.

Ключевые слова: авария на ЧАЭС, радиоактивное загрязнение, заболеваемость населения, медицинские последствия аварии, социальные последствия аварии.

УДК 005.21

THEORETICAL BASIS OF STRATEGIC MANAGEMENT AND STRATEGIC PLANNING PERFORMANCE

O. Tur

National University of Food Technologies

Key words:

Strategy
Concepts of strategy
Strategic management
Concepts of strategic management
Company goals
Company effectiveness
Strategic planning

Article history:

Received 07.04.2016
Received in revised form 29.04.2016
Accepted 17.05.2016

Corresponding author:

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

ABSTRACT

Economic approaches to the definition of such notion as strategy, as well as two its main concepts (philosophical, institutional and management) are analyzed in the article. The economic essence of strategic management is scrutinized and approaches of different scholars towards its definition are systematized. Therefore, it gave us an ability to determine the necessity for further research and specification of the definition of strategic management according to the demands of present economic realia. Special attention is paid to the strategic planning and its peculiarities; its role and significance for domestic enterprises are estimated.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ І ЗДІЙСНЕННЯ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ

O.B. Тур

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано економічні підходи до визначення сутності стратегії і досліджено дві основні її концепції — філософську й організаційно-управлінську. Розглянуто економічну сутність стратегічного управління та систематизовано підходи науковців до його визначення, що, у свою чергу, дало змогу визначити необхідність подальших досліджень та уточнити зміст визначення стратегічного управління відповідно до вимог економічних реалій сьогодення. Акцентовано увагу на стратегічному плануванні та його особливостях, визначено його роль і значення для вітчизняних підприємств.

Ключові слова: *стратегія, концепції стратегії, стратегічне управління, концепції стратегічного управління, цілі підприємства, ефективність діяльності підприємства, стратегічне планування.*

Постановка проблеми. Українська економіка сьогодні вимагає формування сучасних стратегій управління підприємствами, які б надали можливість

забезпечити конкурентні переваги у перспективі. За останні роки зміни в зовнішньому середовищі бізнесу стали більш швидкими і все частіше залежать від політико-економічної ситуації в країні та геополітики в цілому. Як результат, підприємства зіштовхнулися з одними і тими ж проблемами: уповільнення росту, зниження рентабельності, скорочення експорту, втрата частки на ринку тощо. Особливо гостро ці проблеми для вітчизняних підприємств стали відчутні в 2014 р. з початку розвитку політичної кризи в Україні та ескалації відносин з Російською Федерацією, що призвело до обмеження експорту українських товарів на російські ринки.

В умовах сьогодення, враховуючи ситуацію, що склалась з основним покупцем української продукції харчової промисловості, підприємства змушені виходити на нові ринки або розширювати присутність на вже існуючих (країни Європейського Союзу, Південної Америки, Близького Сходу, Африки) та боротися за своїх покупців, конкуруючи зі світовими лідерами в різноманітних сферах діяльності. З огляду на це, актуальним стає розроблення та впровадження стратегій, які повинні відповідати умовам і правилам гри на міжнародних ринках. Для України одним із таких стратегічних напрямків повинен стати світовий ринок харчових продуктів. У той же час процес переорієнтації на ринки інших країн вимагає від підприємств чіткого плану розвитку — виваженої й обґрунтованої стратегії. Саме тому питання стратегічного розвитку та планування діяльності підприємств набувають особливої актуальності для українських підприємств. Адже нові часи потребують створення принципово нових стандартів організації і ведення успішного бізнесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретико-методичні й прикладні аспекти стратегічного планування підприємствами сформовані та проаналізовані в працях таких вітчизняних і зарубіжних вчених: Г. Азоева, Р. Акоффа, О. Алімова, О. Амоші, І. Ансоффа, О. Виханського, В. Герасимчук, О. Градова, Р. Гранта, Г. Дмитренко, Л. Довгань, І. Драгана, П. Друкера, К. Ендрюса, А. Заїнчковського, Є. Кузьміна, Д. Куїнна, Р. Майлза, Г. Мінцберга, В. Немцова, В. Пономаренка, М. Портера, Р. Румельта, М. Сичевського, К. Сноу, А. Стрікленда, Г. Тарасюк, А. Томпсона, Р. Фатхутдінова, А. Чендлера, Д. Шендела, З. Шершньової та ін. Проте специфічні умови господарювання вітчизняних підприємств і зміни умов зовнішнього середовища підприємств вимагають подальших досліджень у площині стратегічного планування підприємства.

Метою статті є дослідження підходів до стратегічного управління та здійснення стратегічного планування в сучасних умовах господарювання.

Виклад основних результатів дослідження. Керівники підприємств, які функціонують у ринкових умовах, переймаються перспективами розвитку своїх підприємств і галузей, у яких вони працюють, що, у свою чергу, передбачає розроблення стратегій управління підприємством. Слово «стратегія» походить від грецького «strategia» («stratus» — військо, «ago» — веду). Під стратегією розуміли мистецтво ведення військових дій, що полягало у підготовці і досягненні перемоги у війнах. З часом термін «стратегія» почали застосовувати в економіці. В сучасних економічних умовах стратегія — це генеральна комплексна програма дій, яка визначає пріоритетні для під-

приємства проблеми, його місію, головну мету та розподіл ресурсів для їх досягнення, формулює цілі та способи таким чином, щоб вказати підприємству певний напрям розвитку. За своїм змістом стратегія є довгостроковим плановим документом, результатом стратегічного планування [1, с. 312]. Стратегію також можна розглядати і як основну сполучну ланку між тим, що організація хоче досягти — її цілями, і лінією поведінки, обраної для досягнення цих цілей [2, с. 5].

У загальному вигляді стратегія може бути визначена як ефективна ділова концепція досягнення реальної конкурентної переваги, що здатна зберігатися тривалий час. Розробка стратегії повинна ґрунтуватися на глибокому розумінні ринку, оцінці позиції підприємства на ринку, усвідомленні своїх конкурентних переваг [2, с. 5].

У сучасній літературі існує дві основні концепції визначення стратегії — філософська та організаційно-управлінська.

Філософська концепція наголошує на загальному значенні стратегії для підприємства. У межах даної концепції стратегію можна розглядати як певну систему управлінських принципів, якими має керуватися організація, зокрема «позицію, спосіб життя, що не дає зупинитися на досягнутому, а орієнтує на постійний розвиток; інтегральну частину менеджменту, що дозволяє усвідомити майбутнє; процес мислення, «інтелектуальні вправи», які потребують спеціальної підготовки, навичок і процедур; відтворювану цінність (система цінностей) організації, що дає змогу досягти найкращих результатів активізацією діяльності всього персоналу» [3, с. 234—235].

У цьому контексті пропонується таке тлумачення означеного поняття: «Стратегія є найважливішим елементом самовизначення підприємства чи організації, тісно пов'язана з характеристиками та особливостями організаційної культури, має, як правило, усі її переваги й недоліки, дає змогу більш ґрунтовно формулювати соціальні стратегії загалом і елементи соціальних напрямків у стратегіях іншого типу» [3, с. 235].

Один із родоначальників у галузі стратегічного управління І. Ансофф трактує стратегію як один із декількох наборів правил для прийняття рішень щодо поведінки організації. Ці правила стосуються критеріїв результативності компанії, засобів і методів їх визначення, характеру взаємовідносин між окремими елементами внутрішнього та зовнішнього середовища. На відміну від оперативного управління, стратегія визначає лише загальні напрями щодо того, як буде розвиватись підприємство у майбутньому, і слугує основою для розробки конкретних довгострокових проєктів та пошуку перспективних можливостей, тобто це філософська концепція щодо діяльності підприємства [4; 5, с. 161].

З філософської точки зору стратегія — це:

- позиція, спосіб життя, що не дає зупинитися на досягнутому, а орієнтує на постійний розвиток;
- інтегральна частина менеджменту, що дозволяє усвідомити майбутнє;
- процес мислення, інтелектуальні вправи, які потребують спеціальної підготовки, навичок і процедур;

- відтворювана цінність, що дає змогу досягти найкращих результатів активізацією діяльності всього персоналу [6, с. 107].

Організаційно-управлінська концепція стратегії пов'язана з конкурентними діями, заходами та методами здійснення стратегічної діяльності на підприємстві.

Варто відзначити, що на даний час не існує загальноприйнятого визначення терміна «стратегія». На думку Г. Мінцберга: «...кожне визначення додає важливі елементи до нашого розуміння стратегії, спонукаючи нас ставити фундаментальні питання про організації та їхній розвиток узагалі...» [7, с. 26]. Наприклад, П. Друкер стверджує, що кожна організація має свою теорію бізнесу — допущення, на основі яких організація створюється і управляється.

Для цього треба мати чотири складові:

- припущення щодо середовища, в якому діє бізнес, місія і ключові компетенції повинні відповідати реальності;

- припущення у всіх трьох указаних площинах повинні відповідати одне одному;

- теорія бізнесу повинна бути відомою співробітникам самої організації;

- теорія бізнесу повинна регулярно піддаватися тестуванню [8].

Розглянуті підходи до визначення сутності стратегії показують, що має місце певна неоднозначність та невизначеність. Це є наслідком того, що:

- здебільшого фактичний процес розробки стратегій неузгоджений з процесом реалізації стратегії. Стратегія розробляється з орієнтацією діяльності організації на майбутнє, а її реалізація відбувається у поточному періоді;

- стратегія розглядається лише з позицій конкурентної боротьби, а не природних змін, які повинні відбуватися в діяльності підприємства у зв'язку зі змінами зовнішнього середовища;

- кожне конкретне підприємство повинно формувати власну стратегію, яка за змістом і характером реалізації може мати суттєві особливості та відмінності.

Отже, класичним визначенням стратегії є її розуміння як загального напрямку дій, яким визначає перспективний розвиток підприємства щодо досягнення конкурентних переваг та успіху діяльності. Крім того, в сучасних трактуваннях стратегії акцентується увага на таких особливостях, як тривалість дій застосування, як інструмент реакції на непередбачувані події в умовах конкуренції й активної взаємодії із зовнішнім оточенням, а також створенні унікальної позиції підприємства на ринку шляхом вибору видів діяльності, відмінних від конкурентів.

Формування і реалізація стратегій є складовою системи стратегічного управління, що являє собою динамічний процес аналізу, вибору стратегій, планування, забезпечення і реалізації розроблених організацією планів [9, с. 15]. Стратегічне управління — це одна із підсистем менеджменту організацій, що виконує велику кількість завдань стосовно стратегічного аналізу, розроблення, реалізації і контролю реалізації стратегії організації. Для більш конкретного розуміння терміна «стратегічне управління» у табл. 1 наведено й проаналізовано визначення цього поняття вітчизняними та зарубіжними авторами.

У ході досліджень виявлено, що стратегічне управління можна розглядати як динамічну сукупність взаємопов'язаних управлінських процесів.

Таблиця 1. Підходи науковців до визначення стратегічного управління, узагальнено автором

Автор	Визначення
І. Ансофф [4]	Стратегічне управління розглядає як діяльність, пов'язану з визначенням цілей і завдань організації та забезпеченням взаємовідносин між організацією й зовнішнім оточенням, що відповідає її внутрішнім можливостям і дозволяє залишатися сприйнятливою до зовнішніх вимог.
О.С. Віханський [10]	Стратегічне управління — це управління організацією, яке базується на людському капіталі, орієнтує виробничу діяльність на запити споживачів, гнучко реагує і здійснює своєчасні зміни в організації, надає можливість отримати конкурентні переваги, вижити у довготривалій перспективі.
С.Ю. Гончарова, І.П. Отенко [11]	Стратегічне управління — це реалізація концепції, в якій поєднуються цільовий та інтегральний підходи до діяльності підприємства, що надає можливість встановлювати цілі розвитку, порівнювати їх із наявними можливостями (потенціалом) підприємства та приводити їх у відповідність шляхом розробки та реалізації системи стратегій («стратегічного набору»).
О.А. Кириченко, І.В. Гіленко, С. Роголь, С.В. Сиротян, О. Немой [12]	Стратегічне управління — це управлінський процес підтримки відповідності між цілями підприємства й наявними в нього ресурсами в умовах постійної зміни ринку і правил державного регулювання.
С.М. Козьменко, Ф.І. Шпиг, І.В. Волошко [13]	Стратегічне управління — це вид управління, спрямований на формування бажаного економічного стану господарюючого суб'єкта в розглянутій сфері, досяжного в довгостроковій (але доступній для огляду) перспективі шляхом істотної зміни якісних характеристик його розвитку, що має необоротні або довгострокові наслідки.
Л.О. Примостка [14]	Стратегічне управління — це процес розроблення загальної концепції, яка є основою для прийняття ключових управлінських рішень щодо бажаного рівня прибутковості, допустимого ризику, методів ведення конкурентної боротьби, перспектив розширення діяльності.
А.А. Томпсон, А.Дж. Стрікланд [15]	Стратегічне управління — це безперервний процес розвитку компанії, визначення цілей, формування стратегії, здійснення стратегічного плану з оцінкою діяльності, реалізації і корекції стратегій.
Н.В. Хакімова, Л.Н. Родіонова [16]	Стратегічне управління — це процес, що включає постановку цілей, аналіз зовнішнього і внутрішнього середовищ, вивчення альтернатив розвитку, розробку стратегії, визначення необхідних ресурсів і підтримку взаємовідносин із зовнішнім середовищем і внутрішніх елементів, безперервний контроль за ходом виконання стратегії, оцінку результатів і план коригувальних дій
З.Є. Шершньова [3]	Стратегічне управління — це багатоплановий, формально-поведінковий управлінський процес, який допомагає формулювати та виконувати ефективні стратегії, що сприяють балансуванню відносин між організацією, включаючи її окремі частини, та зовнішнім середовищем, а також досягненню встановлених цілей.

Стратегічне управління можна розглядати як процес, який відбувається через проходження ряду послідовних етапів.

Першим етапом процесу стратегічного управління вважається аналіз середовища, оскільки він забезпечує основу як для визначення місії і цілей підприємства, так і для розробки стратегії.

Аналіз середовища передбачає вивчення як внутрішнього, так і зовнішнього середовища підприємства. Науковці-економісти М. Мескон, М. Альберт та Ф. Хедоурі в будь-якій організації виділяють такі внутрішні фактори: цілі, структура, завдання, технологія та люди (працівники). Фактори зовнішнього середовища, на думку дослідників, варто поділити на дві групи: прямої дії (безпосередньо впливають на діяльність підприємства) та непрямой дії (впливають через певні механізми та закономірності). Слід відзначити, що фактори непрямой дії можуть впливати через фактори прямої дії. До факторів прямої дії відносяться: постачальники, трудові ресурси, закони і органи державної влади, покупці та конкуренти. До факторів непрямой дії відносять: стан економіки, науково-технічний прогрес, соціально-культурні та політичні зміни, вплив групових інтересів і суттєві події для організації в іноземних країнах [17, с. 74—76].

Наступним етапом є визначення місії підприємства. Місія підприємства — це чітко визначена причина його існування. Місія деталізує статус підприємства, забезпечує напрямок та орієнтири для визначення цілей, стратегії, тактики й політики в досягненні запланованих результатів. Відомі представники американської школи менеджменту М. Мескон, М. Альберт та Ф. Хедоурі вважають, що політика підприємства «являє собою загальне керівництво для дій і прийняття рішення, яке полегшує досягнення цілей». Проте автори відносять політику до категорії тактичних важелів управління підприємством, яка формується на основі вже визначеної стратегії. У цьому контексті політика розглядається як своєрідний «кодекс законів», який визначає напрями дій для досягнення стратегічних цілей підприємства. Основне призначення політики — це запобігання прийняттю «короткозорих» (тобто ефективних лише в короткостроковому періоді) управлінських рішень і забезпечення постійності стратегічних цілей підприємства [5, с. 162]. Правильно визначена місія відіграє роль мотиватора для працівників підприємства, формує інтерес до нього з боку навколишнього середовища та полегшує формулювання стратегічних цілей підприємства, які мають деталізувати й уточнювати місію [17, с. 498].

Після визначення місії і цілей підприємства вибирається найбільш ефективна стратегія з наявних для діяльності організації у відповідних економічних умовах.

Реалізація стратегії, тобто проведення стратегічних змін (удосконалень) на підприємстві, які приводять його у стан готовності перетворення стратегії в реальність, є наступним етапом реалізації мети стратегічного управління. Досить часто підприємства не можуть реалізувати обрану стратегію. Це трапляється тоді, коли неправильно було проведено стратегічний аналіз і зроблено висновки, або відбулися непередбачувані зміни у зовнішньому середовищі, які не були своєчасно виявлені та враховані в адаптивній частині стратегії.

Процес реалізації стратегії потребує виняткової уваги й контролю. Ця функція здійснюється завдяки процесу оцінки і контролю виконання стратегії, який забезпечує:

- визначення того, що і за якими параметрами необхідно контролювати;
- оцінку стану контрольованих об'єктів відповідно до прийнятих стандартів або інших еталонних показників;
- з'ясування причин відхилень (якщо такі є);
- здійснення коригування.

Стратегічний контроль сфокусований на вирішенні такого питання: чи можна у подальшому реалізувати певну стратегію і чи будуть досягнуті у процесі її реалізації намічені результати. Коригування за наслідками стратегічного контролю може стосуватися як самої стратегії, так і стратегічних цілей підприємства [18, с. 501].

Процеси стратегічного управління поширюється на всі сфери діяльності господарюючого суб'єкта. Вони включають ряд управлінських рішень і дій, спрямованих на закріплення позицій фірми у різних галузях економіки та забезпечення максимальної економічної результативності в поточному й майбутніх періодах. Варто відзначити, що всі процеси стратегічного управління пов'язані логічно один із одним, кожний процес може змінювати інші, а також змінювати всю їх сукупність. Сукупність цих процесів логічно утворюють один цілісний механізм, в рамках якого існує стійкий зворотний зв'язок.

Ефективне стратегічне управління будь-якого господарюючого суб'єкта неможливе без стратегічного планування, яке представляє собою процес вибору цілей для організації і рішення про те, що необхідно зробити для їх досягнення [9, с. 142]. Стратегічне планування — процес здійснення сукупності систематизованих і взаємно узгоджених робіт із визначення довгострокових (на певний період) цілей та напрямів діяльності підприємства [1, с. 312]. Воно повинне співвідноситися з практикою поточного управління.

Процес стратегічного планування є інструментом, що допомагає у прийнятті управлінських рішень, забезпечує основу для управління всіма працівниками організації. Його завдання — забезпечити нововведення і зміни в організації в достатньому ступені [19, с. 118].

Українські вчені-економісти виділяють такі особливості стратегічного планування [20, с. 182—183; 21]: адекватність, суб'єктивність, цілісність, обґрунтованість:

1. Адаптивний характер означає, що стратегічне планування має бути досить гнучким, легко пристосовуватися до непередбачуваних змін зовнішніх чинників. Загальний стратегічний план потрібно розглядати як програму, яка керує діяльністю фірми протягом тривалого часу.

2. Суб'єктивний характер, що базується на припущеннях, думках, пов'язаних із певним ступенем невизначеності і ризику. Стратегічний план повинен бути підкріплений дослідженнями і фактичними даними. Для того, щоб ефективно конкурувати у світі бізнесу, підприємство повинно постійно займатися збором і аналізом великого обсягу інформації про ринок, в якому працює.

3. Стратегічний план повинен розроблятися з точки зору перспективи розвитку всієї організації, а не конкретного підрозділу.

4. Стратегічний план повинен бути підкріплений стратегічною базою даних.

Отже, стратегічне планування є ключовим елементом стратегічного управління для кожного підприємства. Стратегічне планування допомагає ефективніше управляти ресурсами підприємства. Для розроблення правильної стратегії потрібно дотримуватися всіх правил на кожному етапі. Кожен працівник підприємства повинен бути ознайомлений із стратегією його діяльності і прикласти максимум зусиль для її реалізації, а керівництво повинно стимулювати працівників для ефективнішого виконання стратегічних планів [20, с. 183].

Ефективність стратегічного планування вимірюється розміром внеску, який воно вносить у досягнення цілей і здійснення поставлених завдань за вирахуванням витрат і небажаних наслідків, що виникають при формуванні стратегічного плану і його виконання. Таким чином, стратегічний план може сприяти досягненню цілей підприємства, але бути при цьому високовитратним, а отже, малоефективним [21, с. 239], тому під час складання стратегічного плану потрібно знаходити баланс між витратами та результативністю.

Висновки

Отже, побудувати ефективну стратегію розвитку підприємства можна лише через використання двох підходів до визначення стратегії: філософського й організаційно-управлінського. Філософська концепція передбачає використання стратегічного мислення, яке спрямовує підприємство до постійного творчого пошуку, втілення новаторських ідей в усіх аспектах діяльності, тоді як організаційно-управлінський підхід дає змогу здійснювати ефективний процес планування і реалізації стратегії. Для підвищення ефективності процесу стратегічного планування повинні бути залучені всі конструктивні ідеї працівників, клієнтів, експертів щодо майбутніх напрямів розвитку підприємства, при цьому слід враховувати інтереси всього підприємства, а не окремої його частини.

Одним із найголовніших етапів стратегічного управління є стратегічне планування, оскільки воно забезпечує основу для всіх управлінських рішень, сприяє узгодженню діяльності окремих управлінських підрозділів та ефективному використанню ресурсів. Стратегічні плани підприємства повинні бути гнучкими й обґрунтованими.

Література

1. *Економіка підприємства*: підручник / За заг. ред. С.Ф. Покропивного. вид. 2-ге, перероб. та доп. — Київ: КНЕУ, 2001. — 528 с.
2. *Кайлюк С.М.* Стратегічний менеджмент: конспект лекцій (для студентів спеціальності 7.050 201 — «Менеджмент організацій») / С.М. Кайлюк. — Харків: ХНАМГ, 2006. — 80 с.
3. *Шершнєва З.Є.* Стратегічне управління: Підручник. — 2-ге вид., перероб. і доп. / З.Є. Шершнєва. — Київ: КНЕУ, 2004. — 699 с.
4. *Стратегическое управление* [Текст]: монографія / И. Ансофф; пер. Е.В. Леонтьева [и др.]; ред. Л.И. Евенко. — Москва: Экономика, 1989. — 520 с.
5. *Козак Л.В.* Філософська концепція стратегії підприємства як чинник формування стратегій позиціонування / Л.В. Козак // Наукові записки. Серія «Економіка». Фінансова система України. — Вип. 16. — С. 159—167.
6. *Калиніченко Ю.* Стратегічний розвиток підприємства: теоретичні та практичні аспекти / Ю. Калиніченко // Галицький економічний вісник. — 2010. — №4 (29). — С. 106—115.
7. *Minzberg H.* The Strategy Concept II: Another Look at Why Organizations Need Strategies / Henry Minzberg // California Management Rev. — 1987. — P. 25—32.
8. *Друкер П.* Задачи менеджмента в XXI веке: Пер. с англ. — Москва: Изд. Дом «Вильямс», 2000. — 272 с.
9. *Мізюк Б.М.* Стратегічне управління: підручник. — 2-ге вид., переробл. і доповн. / Б.М. Мізюк. — Львів: Магнолія плюс, 2006. — 392 с.
10. *Виханский О.С.* Менеджмент: учебник / О.С. Виханский, А.И. Наумов. — 3-е изд. — Москва: Гардарики, 2003. — 528 с.
11. *Гончарова С.Ю.* Стратегічне управління: навчальний посібник / С.Ю. Гончарова, І.П. Отенко. — Харків: Вид. ХДЕУ, 2004. — 172 с.

12. *Кириченко О.А.* Банківський менеджмент: навчальний посібник / О.А. Кириченко, І. В. Гіленко, С. Роголь, С. В. Сиротян, О. Немой. — Київ: Знання-Прес, 2002. — 438 с.
13. *Козьменко С. М.* Стратегічний менеджмент банку: навчальний посібник для вузів / С.М. Козьменко, Ф.І. Шпиг, І.В. Волошко. — Суми: Університетська книга, 2003. — 734 с.
14. *Примостка Л.О.* Управління банківськими ризиками: навч. посіб. / Л.О. Примостка, П.М. Чуб, Г.Т. Карчева та ін.; за заг. ред. д.е.н., проф. Л.О. Примостки. — Київ: КНЕУ, 2007. — 600 с.
15. *Томпсон А.А.* Стратегический менеджмент. Искусство разработки и реализации стратегии: учебник для вузов / А.А. Томпсон, А.Дж. Стрикленд; пер. с англ. Под ред. Л.Г. Зайцева, М.И. Соколовой. — Москва: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. — 576 с.
16. *Хакимова Н.В.* Управление деятельностью банковской системы / Н.В. Хакимова, Л.Н. Родионова // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». — 2006. — №2. — Режим доступа: URL: http://ogbus.ru/authors/Hakimova/Hakimova_1.pdf.
17. *Мескон М.* Основы менеджменту [Текст] / М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедори.; пер. з англ. Л. Евенко. — Москва: Дело, 2004. — 800 с.
18. *Гаркуша Н.М.* Моделі і методи прийняття рішень в аналізі та аудиті: навч. посіб. / Н.М. Гаркуша, О.В. Цуканова, О.О. Горошанська. — Київ: Знання, 2011. — 591 с.
19. *Гончарова С.Ю.* Стратегічне управління: навч. посібник / С.Ю. Гончарова, І.П. Отенко. — Харків: ХНЕУ, 2004. — 164 с.
20. *Малиновський Ю.В.* Особливості стратегічного планування розвитку підприємств України / Ю.В. Малиновський, О.О. Маслак // Науковий вісник НЛТУ України. — 2009. — Вип. 19.4. — С. 179—183.
21. *Блонська В.І.* Вдосконалення планування у стратегічному управлінні розвитком підприємства / В.І. Блонська, Р.Е. Гординський // Науковий вісник НЛТУ України. — 2008. — Вип. 18.1. — С. 237—242.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

А.В. Тур

Национальный университет пищевых технологий

В статье проанализированы экономические подходы к определению сущности стратегии и исследованы две основные ее концепции — философская и организационно-управленческая. Рассмотрена экономическая сущность стратегического управления и систематизированы подходы ученых к его определению, что, в свою очередь, позволило определить необходимость дальнейших исследований и уточнить содержание понятия стратегического управления в соответствии с требованиями экономических реалий. Акцентировано внимание на стратегическом планировании и его особенностях, определены его роль и значение для отечественных предприятий.

Ключевые слова: стратегия, концепции стратегии, стратегическое управление, концепции стратегического управления, цели предприятия, эффективность деятельности предприятия, стратегическое планирование.

УДК: 339.138:339.372.5(477)

DIRECT MARKETING INSTRUMENTS IMPACT ON GROCERY SUPERMARKET CHAIN CUSTOMER LOYALTY

V. Rybintsev

Zaporizhzhya Institute of Economy and Information Technology

O. Holovan, S. Markova

Zaporizhzhya National University

Key words:

*Direct marketing
Loyalty program
Customer
Supermarket chain
Respondent
Index of consumer
loyalty*

Article history:

Received 12.04.2016

Received in revised form
04.05.2016

Accepted 24.05.2016

Corresponding author:

V. Rybintsev

E-mail:

npuft@ukr.net

ABSTRACT

The article examines the impact of direct marketing instruments on "Silpo" supermarket chain customer loyalty. The results of a survey of customers that has been conducted using questionnaires are considered. The authors have calculated NPS index of consumer loyalty. To improve NPS-index "Silpo" supermarket chain has been offered to carry out surveys and set feedback from "critics" to identify the indicators they are dissatisfied. The results of the use of direct marketing instruments will improve service and increase customer loyalty to grocery supermarket chains in domestic and international markets.

ВПЛИВ ІНСТРУМЕНТІВ ПРЯМОГО МАРКЕТИНГУ НА ЛОЯЛЬНІСТЬ КЛІЄНТІВ ПРОДУКТОВОЇ МЕРЕЖІ СУПЕРМАРКЕТІВ

В.О. Рибінцев

Запорізький інститут економіки та інформаційних технологій

О.О. Головань, С.В. Маркова

Запорізький національний університет

У статті оцінено вплив інструментів прямого маркетингу на лояльність клієнтів супермаркетів продуктової мережі «Сільпо». Проаналізовано результати анкетного опитування покупців супермаркетів. Проведено розрахунок індексу споживчої лояльності NPS та запропоновано з метою позитивного впливу на NPS торговельної мережі «Сільпо» здійснювати періодичні опитування покупців супермаркетів і налагодити зворотній зв'язок з «критиками», щоб визначити показники, якими вони незадоволені при наданні послуги. Наведені результати використання інструментів прямого маркетингу дозволять покращити обслуговування і підвищити лояльність клієнтів до продуктових мереж на вітчизняному та міжнародному ринках.

Ключові слова: *прямий маркетинг, програма лояльності, клієнт, мережа супермаркетів, респондент, індекс споживчої лояльності.*

Постановка проблеми. Сьогодні в умовах політичної та економічної кризи залучення й утримання достатньої кількості клієнтів на насичених ринках є досить проблематичним і актуальним питанням для українських компаній. Одним із перспективних маркетингових інструментів в умовах зростаючої індивідуалізації попиту є програми лояльності, які спрямовані на оптимізацію взаємодії зі споживачами, а саме: побудову довгострокових відносин, утримання та заохочення споживачів на основі виявлення їх особистих потреб і створення індивідуальної пропозиції, збільшення їх задоволеності підприємством, товарами або послугами, які пропонуються.

Роздрібна торгівля традиційно є однією з найбільш динамічно зростаючих сфер української економіки. Проте в сучасних складних умовах з усіх господарюючих суб'єктів, що здійснюють діяльність у сфері роздрібної торгівлі, тільки мережеві торгові структури змогли утримати масштаби свого бізнесу на відносно стабільному рівні. Актуальність дослідження пов'язана з тим, що для подальшого успішного функціонування цього виду бізнесу необхідні нові, сучасні інструменти, методи й технології, які сприятимуть залученню клієнтів і підвищуватимуть рівень їх лояльності до компанії. Одним із таких видів інструментів є прямий маркетинг.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання ефективності використання прямого маркетингу при просуванні продукції широко висвітлюється у працях вітчизняних і зарубіжних вчених: Є. Ромата [1], Д. Берда [2], С.А. Бутчера [3], Р. Муліна [4] та ін. Традиційно науковці розглядають можливості та переваги прямого маркетингу для розв'язання широкого спектра завдань порівняно з іншими складовими маркетингових комунікацій; форми прямого звернення та їх особливості; основні умови, за яких заходи прямого маркетингу є успішними для комунікатора.

Проблема поведінки споживачів та умови перетворення їх на лояльних висвітлені у працях багатьох вчених, серед яких необхідно зазначити Д. Аакера [5], Дж. Хофмейра [6], Ф.Ф. Райхельда, Т. Тіла [7], П. Гембла [8] та ін. Теоретичні й практичні підходи до процесу формування програм лояльності й окремі аспекти управління ними на підприємствах розглянуті такими вітчизняними вченими, як М.М. Іваннікова [9], К.В. Гурджиян [10].

Разом з тим, більшість українських продуктових торговельних мереж приділяють недостатньо уваги формуванню лояльних відносин зі споживачами, обмежуючись лише оптимізацією товарного асортименту, створенням комфортних умов у торговельному залі та пропозицією дисконтних карток для постійних клієнтів. Як правило, при розробці програм лояльності увага акцентується тільки на матеріальній складовій лояльності без урахування емоційної складової, яка є основою прихильності клієнта до магазину. У зв'язку з цим виникає необхідність дослідження впливу інструментів прямого маркетингу на лояльність клієнтів продуктової мережі супермаркетів.

Метою статті є виявлення найбільш ефективних з точки зору формування лояльності клієнтів до магазину інструментів прямого маркетингу на основі опитування покупців продуктової мережі супермаркетів «Сільпо».

Викладення основних результатів дослідження. В сучасних складних умовах лояльність є одним із найважливіших чинників стабільної й ефективної роботи організації. Лояльними покупцями є ті покупці, які в результаті споживання послуги отримали позитивний досвід, протягом значного періоду часу залишаються вірними компанії, практично не звертаючись до конкурентів, і, крім того, часто стають її промоутерами і залучають для компанії нових споживачів.

Залучати й утримувати клієнтів торговельним мережам допомагає розуміння, чому покупець обрав саме цей супермаркет. Окрім такого аспекту, як асортимент-ціна, ключовими факторами, що впливають на вибір покупцями магазину, є висока кваліфікація та ввічливість персоналу, швидкість та якість обслуговування, зручний графік роботи, наявність програми лояльності або дисконтної програми для постійних покупців.

Торговельна мережа продовольчо-промислових супермаркетів «Сільпо» належить торговельній корпорації Fozzy Group, яка є лідером українського ринку роздрібною торгівлі з понад 600 торговельними точками на всій території країни та більше 35000 найменувань товарів. На відміну від багатьох конкурентів, мережа «Сільпо» активно використовує різні інструменти прямого маркетингу, а саме:

1. Програму лояльності «Власний рахунок», спеціальні пропозиції, сервіс «Скарбничка» тощо.

У рамках дії програми «Власний рахунок» її учасники накопичують бали, які можуть бути використані згодом. Спеціальні пропозиції, які пропонує мережа «Сільпо», примножують бали на рахунку постійного клієнта. До спеціальних пропозицій відносять:

- пропозиції з особливими умовами від «Власного рахунку», які надають можливість отримувати в декілька разів більше балів за кожну покупку в супермаркеті «Сільпо». Такими пропозиціями мережа висловлює свою подяку найціннішим покупцям, які останнім часом купували в магазинах більше за інших. Пропозиції з особливими умовами надсилаються разом із сертифікатом, роблять покупки більш приємними та допомагають значно збільшити наступний бонус;

- квартальні спеціальні пропозиції, які створюються, враховуючи вподобання клієнтів, та надсилаються щосезону разом із сертифікатом. Ці пропозиції також збільшують наступний бонус;

- пропозиції до дня народження, які «Власний рахунок» готує до особливого свята клієнта. Ці пропозиції покращують настрій і збільшують винагороду постійного покупця;

- пропозиції, які видаються на касі разом із чеком, пропонують спеціальні умови на товари, що можуть зацікавити покупця тощо.

Для зручності клієнтів у супермаркетах «Сільпо» діє сервіс «Скарбничка». Сервіс дає змогу накопичувати дрібну решту в сумі до 1 грн на «Власний рахунок» клієнта у вигляді балів (1 копія = 1 бал). Завдяки цьому сервісу можна робити покупки швидше, не чекаючи решти на касі.

2. Директ-мейл маркетинг використовується у вигляді щоквартальної адресної поштової розсилки сертифікатів з бонусами і спеціальних пропозицій до дня народження постійних клієнтів.

3. Телефон-маркетинг у вигляді безкоштовної телефонної гарячої лінії, за допомогою якої клієнти можуть висловити свої зауваження, пропозиції або

отримати відповідь на питання. Більш того, у приміщенні більшості супермаркетів мережі встановлений телефон, за допомогою якого клієнт, знявши слухавку, майже миттєво зв'язується з оператором.

4. Internet-маркетинг. Щоб зробити участь постійних клієнтів у програмі «Власний рахунок» більш зручною, мережа пропонує скористатися «Персональною сторінкою» учасника програми, яка в будь-який час дозволяє швидко зареєструватися у програмі, заповнивши реєстраційну форму он-лайн; оперативно отримувати інформацію про розмір квартального бонусу (винагороду), спеціальні й електронні пропозиції, інші акції, в яких клієнт бере участь; коригувати персональні дані та легко відновлювати втрачену картку; ознайомитись із цікавими порадами з кулінарії тощо. Для постійних клієнтів мережа «Сільпо» використовує пряму адресну електронну розсилку інформації про пропозиції акції «Ціна тижня», новинки власного імпорту, кулінарний журнал «Fresco» тощо. Для оцінки впливу інструментів прямого маркетингу на лояльність клієнтів супермаркетів продуктової мережі «Сільпо» було проведено опитування покупців за допомогою анкети. Участь в опитуванні брали 80 респондентів. Вибірка презентувала доросле міське населення м. Запоріжжя (Україна) віком від 18 до 65 років. 24 % респондентів склали чоловіки і 76 % — жінки. Респондентами були представники малозабезпечених груп населення, які дуже уважно обирають магазини для здійснення покупок, а саме: студенти, пенсіонери, бюджетні працівники.

Результати опитування показали, що приблизно 64 % респондентів хоча б раз на тиждень відвідують супермаркет мережі «Сільпо». Інші відповіді були такі: «Раз на місяць», «Один раз в два місяці», «За необхідністю», «Дуже рідко» тощо. Деякі респонденти скаржилися, що в районі їх мешкання немає супермаркету «Сільпо». Частота відвідування респондентами супермаркетів «Сільпо» наведена на рис. 1.



Рис. 1. Частота відвідування респондентами супермаркетів мережі «Сільпо»

Учасниками програми лояльності «Власний рахунок» є 56 % респондентів (10 % від загальної кількості чоловіків і 46 % жінок). Серед учасників програми лояльності 37,5 % опитаних визначили, що члени їхніх сімей користуються також «брелоками» для накопичення білів на спільний «Власний рахунок». Майже всі учасники програми одержують винагороду у вигляді сертифікату з бонусом і спеціальними пропозиціями; 12,5 % учасників програми користуються електронними пропозиціями, які діють на касі автоматично.

Як основну причину того, що вони не є учасниками програми «Власний рахунок», 74,3 % респондентів зазначили той факт, що вони не є постійними покупцями супермаркетів «Сільпо»; 11 % опитуваних не бажають надавати свої персональні дані; 11 % не вважають, що, ставши учасником програми, отримають з цього вигоду для себе; інші — не володіють інформацією або не думали над цим.

Вартість щоквартального бонусу постійному клієнту визначається вартістю покупок із розрахунку 100 балів = 1 гривня. Питання в анкеті, що стосувалося середнього розміру щоквартального бонусу респондента, надало можливість отримати інформацію про те, скільки коштів у середньому на квартал витрачають постійні клієнти в супермаркетах мережі «Сільпо» (рис. 2).

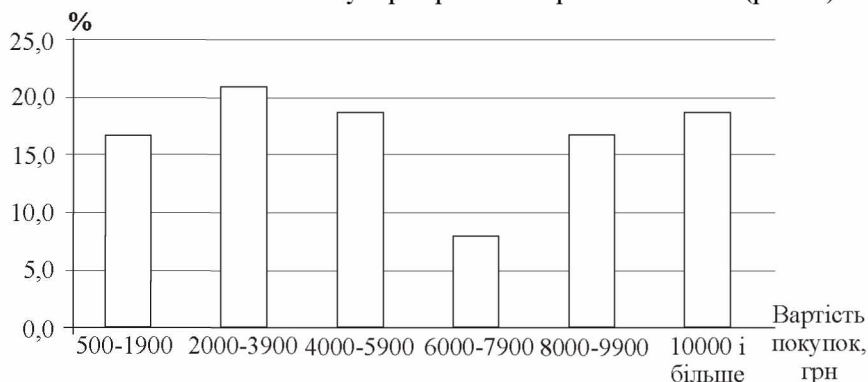


Рис. 2. Середня квартальна вартість покупок респондентів, які є учасниками програми лояльності «Власний рахунок»

73 % респондентів-учасників програми лояльності зазначили, що вони намагаються повністю використовувати спеціальні пропозиції, які надаються їм особисто при покупці певних категорій товару з урахуванням їх уподобань, для збільшення наступного бонусу. Таким чином, можна стверджувати, що спеціальні пропозиції, які надаються мережею «Сільпо» постійним клієнтам, стимулюють їх збільшувати обсяги покупок. Що стосується поздоровлень постійних клієнтів з днем народження (шляхом розсилання листів поштою) та надання спеціальної пропозиції з цієї нагоди, то майже всі постійні клієнти схвалюють таке ставлення з боку торговельної мережі і тільки 15,6 % респондентів зазначили, що не звертають на це увагу (рис. 3).

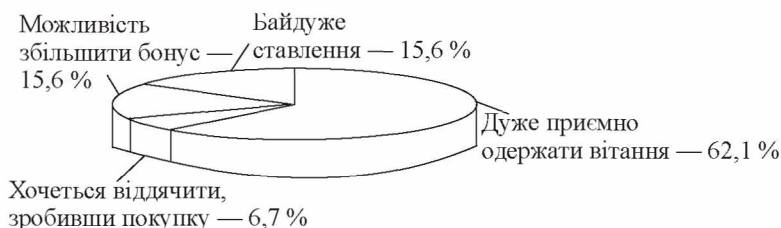


Рис. 3. Ставлення респондентів до спеціальної пропозиції до дня народження

Найбільш зручними формами інформування про акції в супермаркетах «Сільпо» респонденти вважають рекламу в торговельному залі та на вітрині

магазину (36,3 %). Одержувати інформацію у вигляді SMS на мобільний телефон згодні 22,5 % респондентів, а на електронну пошту — тільки 16,3 % (рис. 4).

Тільки 8,75 % респондентам довелося користуватися телефоном «гарячої лінії» торговельної мережі «Сільпо». Причинами звернення до call-центру респонденти назвали неотримання поштою сертифікату з бонусом; заміну брелока та бажання отримати роботу в супермаркеті мережі. В усіх випадках звернення до оператора допомогло вирішити проблему і респонденти залишились задоволеними.

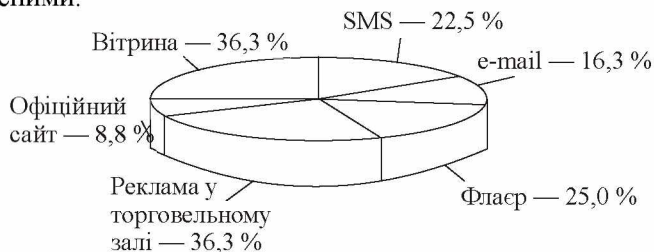


Рис. 4. Найбільш зручна для респондентів форма інформування про акції у мережі «Сільпо»

Як виявило дослідження, покупці супермаркетів «Сільпо» звертають увагу на унікальну інформацію у фіскальному чеку під назвою «Передбачення для Вас». На відміну від інших супермаркетів, у кожному фіскальному чеку, який отримує покупець на касі супермаркету «Сільпо», пропонується передбачення для нього у вигляді поради, побажання, гумористичної фрази на зразок: час для чогось нового; допомагайте іншим; не мовчіть, коли є що сказати; міцне здоров'я — це багатство; добрі слова все налагодять тощо.

48,8 % усіх, хто брав участь в опитуванні, зазначили, що вони читають інформацію «Передбачення для Вас» кожного разу при отриманні чеку; 35 % респондентів читають її час від часу і тільки 12,5 % опитаних не цікавляться цією інформацією. На основі цих даних можна зробити висновок, що такі індивідуальні позитивні передбачення та побажання покращують емоційний стан покупців, які здійснили покупки в магазині, та сприяють підвищенню лояльності до мережі.

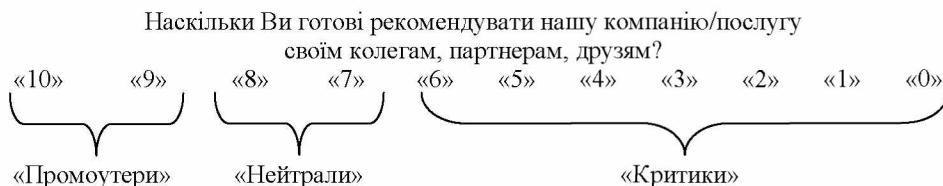


Рис. 5. Класифікація клієнтів компанії

Технології оцінки лояльності споживачів представлені багатьма методами. Одним із найбільш популярних на сьогодні є метод вимірювання лояльності клієнтів за допомогою індексу споживчої лояльності Net Promoter Score (індекс NPS). Розрахунок індексу NPS для мережі «Сільпо» базувався на визначенні готовності клієнтів рекомендувати супермаркети цієї мережі своїм

друзям і знайомим. Відвідувачам супермаркетів мережі «Сільпо» було запропоновано надати відповідь на це питання за бальною шкалою.

Залежно від відповіді аудиторія розподіляється на три групи. Графічно класифікація клієнтів представлена на рис. 5.

Розрахунок індексу споживчої лояльності NPS здійснювався за формулою:

$$NPS = \frac{N_{prom} - N_{crit}}{N} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де N_{prom} — кількість «промоутерів»; N_{crit} — кількість «критиків»; N — загальна кількість респондентів.

Результати опитування відвідувачів супермаркетів продуктової мережі «Сільпо» для розрахунку індексу споживчої лояльності NPS наведені в табл.

Таблиця. Результати опитування відвідувачів супермаркетів торговельної мережі «Сільпо»

Наскільки Ви готові рекомендувати нашу компанію/послугу колегам, партнерам, друзям?										
Бал										
«10»	«9»	«8»	«7»	«6»	«5»	«4»	«3»	«2»	«1»	«0»
Кількість респондентів, осіб										
8	10	12	18	4	14	7	3	1	0	3
«Промоутери»		«Нейтралі»		«Критики»						

Індекс споживчої лояльності NPS для супермаркетів мережі «Сільпо» дорівнює:

$$NPS = \frac{(8+10) - (4+14+7+3+1+3)}{80} \cdot 100\% = \frac{-14}{80} \cdot 100\% = -17,5\%$$

$$\text{або } NPS = \frac{(8+10) - (4+14+7+3+1+3)}{80} \cdot 100\% = 22,5\% - 40\% = -17,5\%.$$

Негативне значення індексу споживчої лояльності свідчить про те, що серед опитуваних частка прихильників торговельної мережі «Сільпо» на 17,5 % менша, ніж частка критиків. Частка нейтральних споживачів складає 37,5 %. Такі результати опитування свідчать про те, що серед респондентів тільки 22,5 % лояльних клієнтів, які продовжуватимуть і надалі обслуговуватися в супермаркетах мережі «Сільпо»; всі інші мають або негативне ставлення, або за будь-якої нагоди можуть змінити свої переваги на користь конкурентів.

Висновки

Проведене дослідження дає змогу зробити такі висновки:

1. Для збільшення чисельності постійних покупців та, як наслідок, учасників програми лояльності «Власний рахунок» керівництву мережі супермаркетів «Сільпо» необхідно ретельно зайнятися логістикою з метою оптимізації розміщень супермаркетів у житлових районах м. Запоріжжя, оскільки значна частина респондентів зазначила, що вони не є постійними покупцями мережі «Сільпо» через відсутність супермаркету поблизу їх місця проживання. Більш

того, не будучи постійними клієнтами мережі, вони поставили високий бал імовірності її рекомендації своїм колегам, партнерам, друзям. Таким чином, задоволені покупці за об'єктивних причин не мають можливості стати постійними клієнтами. Якщо керівництво мережі вирішить цю проблему, то чисельність лояльних споживачів буде збільшена.

2. Спеціальні пропозиції, які надаються мережею «Сільпо» постійним клієнтам, стимулюють їх збільшувати обсяги покупок, оскільки за результатами опитування 73 % респондентів, які є учасниками програми лояльності «Власний рахунок», зазначили, що намагаються повністю використовувати спеціальні пропозиції, які надаються їм особисто для збільшення наступного бонусу.

3. Результати опитування підкреслили проблему якості продукції під власними торговельними марками «Повна чаша» та «Премія». 51 % респондентів-постійних покупців зазначили, що не мають наміру її купувати навіть за умови можливості збільшити свій грошовий бонус. Тобто керівництву торговельної мережі «Сільпо» необхідно активно працювати у напрямку підвищення якості продукції під власними марками та, можливо, здійснити їх перепозиціонування.

4. Клієнти, яким довелося звернутися до call-центру мережі «Сільпо», вирішили свої проблеми на 100 %, на основі чого можна зробити висновок про ефективність функціонування «гарячої лінії» та професійність операторів.

5. Майже 84 % респондентів зазначили, що вони цікавляться інформацією «Передбачення для Вас» при отриманні чеку на касі. Таким чином, індивідуальні позитивні передбачення та побажання покупцям покращують їх емоційний стан, піднімають настрій і сприяють підвищенню лояльності до мережі.

7. Визначення індексу споживчої лояльності NPS виявило, що серед респондентів тільки 22,5 % лояльних клієнтів, які продовжуватимуть і надалі обслуговуватися в супермаркетах мережі «Сільпо»; всі інші мають або негативне ставлення (40 % «критиків»), або за будь-якої нагоди можуть змінити свої переваги на користь конкурентів (37,5 % «нейтралів»). З метою позитивного впливу на NPS торговельній мережі «Сільпо» можна запропонувати здійснювати періодичні опитування покупців супермаркетів і налагодити зворотній зв'язок з «критиками», щоб визначити показники, якими вони незадоволені при наданні послуги. Це дозволить покращити обслуговування і підвищити лояльність клієнтів.

Література

1. Ромат Е.В. Реклама / Е.В. Ромат. — Санкт-Петербург: Питер, 2002. — 544 с.
2. Берд Д. Прямой маркетинг. Бизнес здравомыслящих / Д. Берд. — Москва: Олимп-Бизнес, 2004. — 400 с.
3. Бутчер А. Стефан. Программы лояльности и клубы постоянных клиентов / А.С. Бутчер. — Москва: Издательский дом «Вильямс», 2004. — 272 с.
4. Муллин Р. Прямой маркетинг: поэтапное руководство по эффективному планированию и определению целей / Р. Муллин. — Киев: Знання, 2005. — 334 с.
5. Aaker D.A. Managing Brand Equity / D.A. Aaker. — New York: The Free Press, 2003. — 300 p.
6. Hofmeyr J. Commitment-Led Marketing / J. Hofmeyr, B. Rice. — John Wiley and Sons, 2000. — 298 p.

7. Райхельд Ф. Эффект лояльности: движущие силы роста, прибыли и непреходящей ценности / Ф. Райхельд, Т. Тил. — Москва: Вильямс, 2005. — 383 с.

8. Гембл П. Маркетинг взаимоотношений с потребителями / П. Гембл, М. Стоун, Н. Вудкок. — Москва: Изд-во Торговый дом «Гранд», 2002. — С. 250—252.

9. Іваннікова М.М. Маркетингове управління лояльністю споживачів / М.М. Іваннікова // Маркетинг і менеджмент інновацій. — 2014. — № 3. — С. 62—72.

10. Гурджиян К.В. Программа лояльности: суть и этапы создания / К.В. Гурджиян // Формування ринкових відносин в Україні. — 2011. — № 5. — С. 119—125.

ВЛИЯНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ПРЯМОГО МАРКЕТИНГА НА ЛОЯЛЬНОСТЬ КЛИЕНТОВ ПРОДУКТОВОЙ СЕТИ СУПЕРМАРКЕТОВ

В.А. Рыбинцев, О.А. Головань,

Запорожский институт экономики и информационных технологий

С.В. Маркова

Запорожский национальный университет

В статье оценено влияние инструментов прямого маркетинга на лояльность клиентов супермаркетов продуктовой сети «Сильпо». Проанализированы результаты анкетного опроса покупателей супермаркетов. Проведен расчет индекса потребительской лояльности NPS и предложено с целью положительного влияния на NPS торговой сети «Сильпо» осуществлять периодические опросы покупателей супермаркетов и наладить обратную связь с «критиками», чтобы определить показатели, которыми они недовольны при предоставлении услуги. Приведенные результаты использования инструментов прямого маркетинга позволят улучшить обслуживание и повысить лояльность клиентов к продуктовым сетям на отечественном и международном рынках.

Ключевые слова: *прямой маркетинг, программа лояльности, клиент, сеть супермаркетов, респондент, индекс потребительской лояльности.*

OPTIMIZATION OF CUSTOMER SERVICE THROUGH XYZ-ANALYSIS

T. Repich

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
<i>Algorithm of the XYZ-analysis</i> <i>Analysis of the database of customers</i>	The algorithm of the XYZ-analysis detailed in the article, its features, advantages and disadvantages are analyzed. Recommendations made by the practical use of the method are given. The procedure for using XYZ-analysis rassmotrenai defined objectives for each stage. The problem of determining intervals for each of kategori considered. usefulness of ABC-XYZ-analysis klienttov and suppliers proved in the article. This allows a clear diaper rash and customer value provider for the enterprise, and develop a program of work with them to develop relationships and incentives. Opportunities analysis for database clients investigated. An example of such analysis is considered. The conclusions are made.
Article history: Received 05.04.2016 Received in revised form 25.04.2016 Accepted 04.05.2016	
Corresponding author: T. Repich E-mail: tatjanka999@gmail.com	

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ З КЛІЄНТАМИ ШЛЯХОМ ПРОВЕДЕННЯ XYZ-АНАЛІЗУ

Т.А. Репіч

Національний університет харчових технологій

У статті докладно проаналізовано алгоритм проведення XYZ-аналізу, проаналізовано його особливості, переваги та недоліки. Наведено рекомендації фахівців з практичного використання методу. Розглянуто проблему визначення інтервалів для кожної із категорій, процедуру використання XYZ-аналізу та визначено завдання для кожного з етапів. Доведено доцільність використання ABC-XYZ-аналізу клієнтів і постачальників, що дозволяє чітко визначити цінність клієнта та постачальника для підприємства і розробити програми роботи з ними, спрямовані на розвиток відносин та їх стимулювання. Досліджено можливості проведення аналізу для бази даних клієнтів і розглянуто приклад такого аналізу.

Ключові слова: оптимізація роботи, алгоритм проведення, XYZ-аналіз, аналіз бази даних клієнтів.

Постановка проблеми. В основі успішності будь-якого підприємства лежить правильна стратегія роботи з клієнтами. Задоволення потреб клієнтів виступає ключовим фактором забезпечення і підтримання конкурентоспроможності підприємства. Все більше підприємств вважають управління взаємо-

відносинами з клієнтами (Customer Relationship Management, CRM) важливим елементом власної корпоративної стратегії. Важливим питанням для бізнесу стає ефективний розподіл ресурсів на залучення й утримання клієнтури.

Аналіз бази даних власної клієнтури допомагає оцінити важливість кожного із клієнтів для підприємства. Після отримання результатів можна планувати подальші дії з удосконалення або згортання співробітництва із тим чи іншим замовником. Одним із методів аналізу клієнтської бази повинен стати XYZ-аналіз.

Мета статті полягає в обґрунтуванні доцільності практичного використання XYZ-аналізу при структуруванні бази даних клієнтів підприємства, спрямованого на її оптимізацію, та прийнятті рішень щодо управління базами даних клієнтів підприємства.

Виклад основного матеріалу. XYZ-аналіз — один із математико-статистичних методів аналізу, що використовується для структуризації певних економічних явищ і фактів, у тому числі в теорії управління запасами, логістики та маркетингу. XYZ-аналіз є інструментом, що дозволяє класифікувати різні об'єкти з тих чи інших позицій залежно від характеру їх споживання, можливості прогнозування попиту на ці об'єкти в динаміці. Інакше кажучи, за допомогою XYZ-аналізу можна виявити коливання в значеннях об'єктів, що аналізуються (товарних груп, клієнтів тощо) за різні періоди.

XYZ-аналіз дозволяє проводити класифікацію будь-яких економічних показників або ресурсів підприємства залежно від характеру їх споживання і точності прогнозування, зміну їх потреб протягом певного часового циклу.

Суттєвими перевагами даного методу аналізу є:

- універсальність. Об'єктами застосування XYZ-аналізу можуть виступати обсяг продажів, виручка, матеріальні витрати, кількість необхідної сировини і матеріалів, складські запаси, готова продукція, товари, клієнти, постачальники, посередники — будь-яка база даних, яка має кількісні показники для порівняння. Адже варіації у частоті використання спостерігаються практично скрізь;
- автоматизація. Алгоритм проведення аналізу є досить чітким. Існує також безліч спеціалізованих програм, макросів і додатків.

Аналіз XYZ нечасто використовується як самостійний аналіз. Найчастіше його використовують разом із ABC-аналізом, існує окрема абревіатура — ABC-XYZ аналіз. Проте, у порівнянні з відомим ABC-аналізом, частота використання XYZ-аналізу є набагато нижчою, незважаючи на справді цікаву ідею, закладену в ньому. У даного методу досить багато обмежень і більш складні розрахунки [5].

Проведення XYZ-аналізу включає в себе декілька обов'язкових етапів.

Етап 1. Визначення мети аналізу. Метою аналізу є прогнозування стабільності тих чи інших об'єктів дослідження, наприклад, стабільності продажів окремих видів товарів, коливання рівня попиту тощо.

Етап 2. Вибір об'єкту аналізу. Прийняття рішення щодо об'єкту аналізу: асортиментної групи або підгрупи, номенклатури в цілому, постачальників, клієнтів. Можливою є також деталізація напрямів аналізу по каналах збуту, ринкових сегментах тощо.

Етап 3. Вибір параметра аналізу, тобто конкретного показника, за яким буде проводитися аналіз. Залежить від мети та об'єкта аналізу. Наприклад, середній товарний запас, обсяг продажів, дохід, кількість одиниць продажів, кількість замовлень або обсяг замовлень. Вибір єдиного параметра, що може однозначно відобразити позицію аналізованих товарів, є досить складним завданням. Цей вибір залежить від цілого ряду чинників: типу підприємства, швидкості товарообігу, сезонності попиту тощо. Внаслідок цього емпіричним шляхом можна спробувати використовувати різні параметри і навіть виділити групи на основі послідовного застосування декількох параметрів, наприклад, кількості відвантажених замовлень, доходу, кількості одиниць продажів.

Етап 4. Визначення часового інтервалу аналізу, для якого буде розраховуватися стабільність поведінки показника. Інтервалом може бути один день, тиждень, місяць. Часовий інтервал для аналізу насамперед залежить від оборотності об'єкту аналізу (повинен перевищувати періодичність зміни більшої частини показників, які будуть аналізуватися). Оптимальна величина інтервалу визначається шляхом проб і помилок, і тому в перших варіантах аналізу можуть бути відсутніми групи X, а може і Y.

Етап 5. Визначення часового періоду, за яким проводиться аналіз. Чим більшим є обраний період і чим більше в нього входить часових інтервалів, тим точнішими будуть результати аналізу і більш наглядними отримані дані. Необхідно пам'ятати, що таких інтервалів не може бути менше трьох. Найкраще для аналізу підходять дані за рік. Пояснюється це наявністю практично у будь-якій базі даних сезонних коливань, які можливо відстежити тільки в масштабах повного року.

Етап 6. Формування інформаційного масиву для аналізу — збір фактичних даних.

Етап 7. Розрахунок коефіцієнта варіації для кожної позиції із списку. Коефіцієнт варіації — розрахункова величина, яка наглядно показує різницю між фактичними даними та середньостатистичними показниками, взятими за цей же період часу.

Етап 8. Розбиття на групи за величиною коефіцієнта варіації. У теорії XYZ-аналізу існують готові рекомендації і, відповідно, такі межі груп:

- до групи X відносять позиції зі значенням коефіцієнта варіації від нуля до 10 %;
- до групи Y — від 10 % до 25 %.
- до групи Z — від 25 % до безкінечності.

Проте практики рекомендують інший підхід до визначення меж груп X, Y і Z — визначення з урахуванням конкретних результатів, тобто від загальних масштабів коливання (середніх, максимальних, мінімальних). Тобто необхідно спочатку розрахувати коефіцієнти варіації, зробити сортування, встановити максимальне і мінімальне значення і потім дані розділити на групи залежно від побажань аналітика [5].

Можна пояснити такий підхід тим, що, на відміну від ABC-аналізу, в XYZ-аналізі відсутнє обмеження за розміром груп. Сума часток в ABC-аналізі обмежена 100 % і внутрішня структура прагне до певних значень. Ці усереднені значення використовуються як рекомендовані межі. У XYZ-

аналізі обмеження не існує. Діапазон коефіцієнта варіації може бути від 1 % і навіть до 200 %, або ще більше [5], тому теоретичні викладки на практиці бажано коригувати.

Таким чином, з урахуванням специфіки сфери застосування даного методу, об'єктів і параметрів аналізу можливе встановлення інших градацій категорій X, Y, Z. Наприклад, для категорії X може бути обраний діапазон 0—15 % (може бути і 20 %), для категорії Y — 16—50 %, а для категорії Z — 51—100 % [3]. Вибір інтервалів залежить від поставленого завдання.

Наприклад, розглянемо базу даних повного асортименту тортів, що випускалися ПАТ «Київхліб» в один із попередніх років. При використанні рекомендованих інтервалів коефіцієнта варіації отримаємо таке розподілення за групами по абсолютній кількості найменувань та у відсотках (рис. 1).

	Групи XYZ	X	Y	Z	Підсумок видів продукції
Групи ABC	A	2 (1,3 %)	7(4,4 %)	1 (0,6 %)	10 (6,3 %)
	B	11 (6,9 %)	25 (15,7 %)	19 (11,9 %)	55 (34,6 %)
	C	6 (3,8 %)	23 (14,5 %)	65 (40,9 %)	94 (59,1 %)
	Підсумок видів продукції	19 (11,9 %)	55 (34,6 %)	85 (53,5 %)	159 (100 %)

Рис. 1. Підсумкова матриця ABC-XYZ аналізу (асортиментна база 1)

З одержаних результатів можна зробити висновок про незадовільну роботу з асортиментом даної категорії, адже до групи Z потрапило 85 найменувань, або більше 50 % номенклатури тортів. А найменш вигідна для підприємства група аутсайдерів CZ склала майже 41 % найменувань.

Проте при вивченні вихідних даних слід звернути увагу на те, що діапазон коефіцієнта варіації коливається від 6 % до 174 %, а середнє значення складає 48 %. Якщо за рекомендаціями практиків збільшити межі коефіцієнтів варіації до 20 % для групи X і до 50 % для групи Y, то розподіл на групи буде мати інший вигляд (рис. 2):

	Групи XYZ	X	Y	Z	Підсумок видів продукції
Групи ABC	A	8 (5,0 %)	2 (1,3 %)	0 (0,0 %)	10 (6,3 %)
	B	26 (16,4 %)	25 (15,7 %)	4 (2,5 %)	55 (34,6 %)
	C	20 (12,6 %)	24 (15,0 %)	50 (31,4 %)	94 (59,1 %)
	Підсумок видів продукції	54 (34,0 %)	51 (32,0 %)	54 (34 %)	159 (100 %)

Рис. 2. Підсумкова матриця ABC-XYZ аналізу зі зміненням розподіленням коефіцієнта варіації (асортиментна база 1)

Частка групи CZ, як бачимо, залишається досить високою, тому з цією групою асортименту, без сумніву, потрібно працювати. Проте зрозуміло, що ситуація є не настільки катастрофічною, як показав аналіз за звичним розподілом коефіцієнтів.

Наведемо ще один приклад, на перший погляд, абсолютно негативної роботи менеджерів з асортименту (дані одного з хлібокомбінатів м. Києва за

один із попередніх років). Цей хлібокомбінат має широкий асортимент продукції, що випускається. В аналіз було включено групи здобної продукції, тортів, тістечок, печива і сушки (рис. 3).

	Групи XYZ	X	Y	Z	Підсумок видів продукції
Групи ABC	A	0 (0,0 %)	13 (4,9 %)	10 (3,7 %)	23 (8,6 %)
	B	3 (1,1 %)	25 (9,3 %)	31 (11,6 %)	59 (22,0 %)
	C	3 (1,1 %)	28 (10,4 %)	155 (57,8 %)	186 (69,4 %)
	Підсумок видів продукції	6 (2,2 %)	66 (24,6 %)	196 (73,1 %)	268 (100,0 %)

Рис. 3. Підсумкова матриця ABC-XYZ аналізу (асортиментна база 2)

Як видно, ситуація у даному випадку є ще гіршою. До групи Z потрапило 196 найменувань, або 73 % номенклатури продукції (майже три чверті). Найменш вигідна для підприємства група аутсайдерів CZ склала майже 58 % найменувань, тоді як група X є надзвичайно малою — усього 6 найменувань.

Але при аналізі вихідних даних бачимо, що діапазон коефіцієнта варіації змінюється від 1 % до 245 %, а середнє значення складає 85 %. Тобто загальні коливання помісячних продажів є набагато більшими, ніж у випадку з тортами. Якщо збільшити межі коефіцієнтів варіації до 20 % для групи X, і до 50 % для групи Y (хоча виходячи із загальних масштабів коливання — середніх, максимальних, мінімальних, можна було б вибрати навіть більші значення коефіцієнтів варіації), то розподіл на групи буде мати такий вигляд (рис. 4).

	Групи XYZ	X	Y	Z	Підсумок видів продукції
Групи ABC	A	10 (3,7 %)	11 (4,1 %)	2 (0,8 %)	23 (8,6 %)
	B	22 (8,2 %)	29 (10,8 %)	8 (3,0 %)	59 (22,0 %)
	C	18 (6,7 %)	55 (20,5 %)	113 (42,2 %)	186 (69,4 %)
	Підсумок видів продукції	50 (18,6 %)	95 (35,4 %)	123 (46,0 %)	268 (100 %)

Рис. 4. Підсумкова матриця ABC-XYZ аналізу зі змінним розподіленням коефіцієнта варіації (асортиментна база 2)

Етап 9. Аналіз результатів і формування пропозицій.

Вище зазначалось, що даний аналіз має значну кількість обмежень. Відзначимо деякі із них:

- для отримання більш достовірних результатів інтервал аналізу повинен бути якомога довшим;

- до інформаційного масиву аналізу слід включати проміжні дані (рік розподілити на місяці, місяць — на тижні тощо) [4].

Що стосується недоліків методу, то найбільш суттєвий недолік полягає в тому, що як ABC-аналіз, так і XYZ-аналіз орієнтовані на їх використання у відносно стабільних умовах зовнішнього середовища. Кризові явища, істотні зміни курсу валют, зміна конкурентної ситуації та інше різко зменшують прогностичну цінність отриманих результатів. Навіть такий фактор, як розвиток підприємства, зростання продажів, збільшення кількості клієнтів може

істотно спотворити якщо не самі результати, то завадить аналітикам зробити правильні висновки.

Крім того, існує така суперечність: як зазначалося вище, для отримання більш достовірних результатів період аналізу повинен бути якомога довшим. У той же час тривалий період аналізу дає більшу ймовірність суттєвих змін показників при розвитку підприємства або ринку, а отже, виникають складності у правильній інтерпретації аналізу.

Насамперед це стосується XYZ-аналізу, оскільки формула для розрахунку коефіцієнта варіації (1) містить у собі середньоквадратичне відхилення від середньоарифметичного значення показника.

$$\sigma_y = \frac{\sqrt{\frac{\sum (Y_{\phi} - \bar{Y})^2}{n}}}{\bar{Y}} \cdot 100. \quad (1)$$

Тобто такий аналіз заздалегідь передбачає бажану незмінність показника, за яким проводиться аналіз. Таку ситуацію зміни показника неможливо уявити на будь-якому досить динамічному ринку. Таким чином, якщо кількість продажів і закупівель новинки щотижня зростає, що безумовно є вигідним для підприємства, XYZ-аналіз покаже, що товар (клієнт) неминуче потрапить у «нестабільну» і невідгінну групу Z.

Варто зауважити, що аналіз неможливо використовувати на об'єктах з коротким життєвим циклом або зі значними сезонними коливаннями. На сегментах ринку, на яких розкид значень щоденних продажів або замовлень протягом місяця може становити 50 % і більше, застосування XYZ-аналізу може виявитися марним, оскільки всі товари або клієнти потраплять у категорію Z.

Досить серйозний недолік XYZ-аналізу полягає в тому, що в реальному житті на обсяг продажів і прибутковість товарів у магазині, на кількість і обсяг замовлень клієнтами впливають різні чинники. Наприклад, на обсяги продажів певної товарної групи в різні періоди часу впливають сезонність попиту, регулярність поставок, коливання цін на аналогічні товари у конкурентів, наявність або відсутність спеціальних заходів із просування тощо. Всі ці фактори будуть викликати коливання продажів (замовлень) і, як наслідок, високі показники коефіцієнта варіації.

Наступний недолік стосується всіх методів статистичного аналізу, тому що він пов'язаний з якістю, достовірністю та актуальністю даних. Незважаючи на простоту досліджуваного аналізу, далеко не кожен чітко усвідомлює взаємозв'язок між вихідними даними і висновками.

XYZ-аналіз, зазвичай, рекомендується використовувати для ефективного управління запасами або асортиментом. Але XYZ-аналіз також є ефективним інструментом аналізу лояльності клієнтів, заснованим на частоті та регулярності закупівель. У цьому випадку X-клас — найлояльніші клієнти з найбільш стабільною частотою закупівель, Y-клас — клієнти з менш стабільними закупівлями, Z-клас — клієнти з нестабільними (хаотичними) закупівлями. XYZ-аналіз виявляється досить зручним інструментом для того, щоб оперативно оцінити ситуацію в базі клієнтів.

Необхідно мати на увазі, що ABC-аналіз клієнтської бази без XYZ-аналізу малоінформативний. Припустимо, аналіз показує, що один із клієнтів приніс величезну виручку за певний період і за цією ознакою перебуває в категорії А. Здавалося б, це один із ключових клієнтів. Однак за результатами XYZ-аналізу може виявитися, що він зробив замовлення лише одного разу. З таким партнером треба обов'язково зв'язатися й оцінити перспективи подальшого співробітництва. Можливо, його потреба в товарах або послугах підприємства була разовою.

Очевидно, що найбільш цінними клієнтами є клієнти групи АХ. Найменш цінні — клієнти групи СZ. Докладніше по кожній із дев'яти груп слід зазначити, що: АХ — високий обсяг замовлень, висока цінність клієнта; АУ — високий обсяг замовлень, середня цінність клієнта; АZ — високий обсяг замовлень, низька цінність клієнта; ВХ — середній обсяг замовлень, висока цінність клієнта; ВУ — середній обсяг замовлень, середня цінність клієнта; ВZ — середній обсяг замовлень, низька цінність клієнта; СХ — низький обсяг замовлень, висока цінність клієнта; СУ — низький обсяг замовлень, середня цінність клієнта; CZ — низький обсяг замовлень, низька цінність клієнта [6].

ABC-XYZ-аналіз клієнтів дозволяє чітко визначити цінність клієнта для підприємства і розробити програми роботи з клієнтами, спрямовані на розвиток відносин і їх стимулювання.

Набагато наочніше і цікавіше стандартної матриці із позначенням літерами використовувати певну комбінацію ABC-XYZ матриці і знаменитої матриці BCG [1]. У цьому випадку кожному варіанту результатів аналізу за аналогією з Бостонською матрицею присвоюється візуальний або словесний образ. Матриця має дві шкали — прибутковість клієнта і лояльність клієнта з розподілом на три групи по кожній (рис. 5).

ABC-XYZ аналіз клієнтської бази		Дохідність клієнта		
		Високодохідний	Нейтральний	Низькодохідний
Лояльність клієнта	Лояльний	АХ «Дійні корови»	ВХ «Знаки запитання»	СХ «Бджоли» чи «мурахи»
	Нейтральний	АУ «Знаки запитання»	ВУ «Знаки запитання»	СУ «Знаки запитання»
	Проблемний	AZ «Зірки» або «метеорити»	BZ «Знаки запитання»	CZ «Собаки»

Рис. 5. Підсумкова матриця ABC-XYZ аналізу бази даних клієнтів

За підсумками аналізу підприємство розробляє стратегію роботи з кожною групою клієнтів. Без сумніву, «дійні корови» або клієнти із групи АХ — це найкращі клієнти, які купують багато і регулярно. Відповідно, і відносини з такими клієнтами будуються за режимом найбільшого сприяння, їх повинні обслуговувати найбільш кваліфіковані менеджери з продажу [5]. Ця група за замовчуванням не може бути великою, тому втрата хоча б одного клієнта із групи АХ створює досить високі ризики для бізнесу. Працювати з групою лідерів складно, тому залучати до неї нових клієнтів слід тільки тоді, коли система продажів готова до співпраці.

Клієнти із групи АZ «зірки» або «метеорити» — це клієнти, які випадково придбали неочікувано багато, тому можна припустити, що вони мають

високий купівельний потенціал. Отже, з клієнтами цієї групи необхідно багато і регулярно працювати. Тільки так можна вивести їх на постійні закупівлі у значних обсягах [5].

«Бджоли» або «мурахи» (клієнти групи CX) — це клієнти, які купують небагато, проте регулярно. Про роботу з цією групою можна сказати «курочка по зернятку клює, і ситою буває». Якщо таких клієнтів у базі багато, це ускладнює роботу менеджерів з продажу, проте створює підприємству «подушку безпеки» у випадку втрати ключових клієнтів. Перспективним напрямом роботи є прагнення зростання середнього рахунку, щоб клієнти могли перейти до групи BX.

«Собаки» або клієнти групи CZ — клієнти, які купують мало і нечасто, пріоритет роботи з цими клієнтами досить низький. Саме від клієнтів цієї групи найчастіше є сенс відмовлятися. Як свідчать менеджери-практики, угоди з такими замовниками часто є збитковими для підприємства. Проте перед виведенням з роботи бажано провести додатковий аналіз життєвого циклу відносин із клієнтом.

До груп «знаки запитання» входять усі інші клієнти. П'ять груп «знаків запитань» потрібно контролювати особливо ретельно. Наприклад, групи AY і BX є резервом для провідної групи AX. Клієнти груп CY та BZ повинні постійно відчувати увагу менеджерів з продажів з метою недопущення «сповзання» до групи CZ.

Склад клієнтського портфеля повинен бути збалансований клієнтами різних груп, проте жоден автор не наводить бажаних або хоча б прийнятних відсотків розподілу бази даних клієнтів на групи X, Y та Z, які повинні забезпечувати рівномірне надходження грошових коштів.

Таку ж методику аналізу можна використовувати і стосовно бази даних постачальників.

Як приклад розглянемо базу даних клієнтів одного з підприємств — сучасної типографії офсетного друку. База даних включає 1090 оптових клієнтів, часовий період аналізу — рік помісячно. Після проведення комплексного ABC-XYZ-аналізу отримано підсумкову матрицю (рис. 6).

ABC-XYZ аналіз клієнтської бази		Дохідність клієнта			
		Високо-дохідний	Нейтральний	Низько-дохідний	Підсумок, кількість клієнтів
Лояльність клієнта	Лояльний	6 (0,6 %)	56 (5,1 %)	427 (39,2 %)	489 (44,9 %)
	Нейтральний	13 (1,1 %)	28 (2,6 %)	38 (3,5 %)	79 (7,2 %)
	Проблемний	124 (11,4 %)	246 (22,6 %)	152 (13,9 %)	522 (47,9 %)
	Підсумок, кількість клієнтів	143 (13,1 %)	330 (30,3 %)	617 (56,6 %)	1090 (100 %)

Рис. 6. Підсумкова матриця ABC-XYZ аналізу бази даних клієнтів типографії

Висновки, які можна зробити за результатами аналізу: розподіл за дохідністю (групи ABC) має майже класичний вигляд: 13 %, 30 % та 57 %. Розподіл за лояльністю (групи XYZ) показує високий рівень лояльних

клієнтів — майже 45 %, незначну кількість нейтральних — трохи більше 7 %, і значний обсяг проблемних клієнтів, тобто клієнтів групи Z — майже 48 %.

Неприпустимо малою є група AX — група високодохідних і лояльних клієнтів, яка складає всього 0,6 %. Хоча з огляду на найбільшу групу CX (низькодохідні та лояльні клієнти), яка складає майже 40 %, можна припустити, що підприємство робить ставку на роботу з дрібними клієнтами та докладає зусиль для забезпечення постійних замовлень від них.

Група проблемних і низькодохідних клієнтів (група CZ) є досить невеликою і складає майже 14 %, а отже, не містить загрози для підприємства. Проте досить великою є близька до неї група BZ з 22,6 % клієнтів. Із цією групою слід досить щільно співпрацювати з метою недопущення «сповзання» до групи CZ. Група «зірок» також повинна відчувати більше уваги від менеджерів з продажу для заохочення подальшої регулярної співпраці і виведення їх на постійні замовлення у значних обсягах.

Загальні висновки з комплексного аналізу клієнтської бази підприємства такі: підприємство досить уважно працює із клієнтами, клієнтський портфель збалансований клієнтами різних груп, проте необхідно приділяти більше уваги окремим групам клієнтів.

Висновки

В основі XYZ-аналізу лежить логічна математична основа [4]. Це означає, що проаналізований вище метод має право на існування та використання у практичній діяльності, навіть незважаючи на існуючі особливості й обмеження. XYZ-аналіз доцільно використовувати не тільки при здійсненні аналізу асортименту або запасів, а й для аналізу баз даних клієнтів і постачальників.

Література

1. *BCG аналіз* клиентской базы // 1С управление торговлей 11 редакции [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://1c-управление-торговлей-11.рф/abc-i-xyz-analiz-klientov/>.
2. *Запасы, маркетинг, продажи* // Аналитика в торговле [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://atrade.info/xyz.html>.
3. *Что такое XYZ-анализ* // dela.biz [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://dela.biz/mirovaya-ekonomika/583-xyz-analiz.html>.
4. *Управлять* возможно лишь тем, что можно измерить // Институт бизнес-аналитики [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://insba.ru/articles/article/abc-xyz/>.
5. *XYZ-анализ* // Статистический анализ данных в MS Excel [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://statanaliz.info/metody/gruppirovka/31-xyz-analiz>.
6. *Управление* результативностью маркетинга / Студми-орг [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://studme.org/1685030321503/marketing/hy-analiz_otnosheniy_klientami.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ С КЛИЕНТАМИ ПУТЕМ ПРОВЕДЕНИЯ XYZ-АНАЛИЗА

Т.А. Репич

Национальный университет пищевых технологий

В статье детально рассмотрен алгоритм проведения XYZ-анализа, проанализированы его особенности, преимущества и недостатки. Приведены реко-

мендации специалистов по практическому использованию метода. Рассмотрена проблема определения интервалов для каждой из категорий, процедура использования XYZ-анализа и определены задачи для каждого из этапов. Доказана целесообразность использования ABC-XYZ-анализа клиентов и поставщиков, что позволяет четко определить ценность клиента и поставщика для предприятия и разработать программы работы с ними, направленные на развитие отношений и их стимулирование. Исследованы возможности проведения анализа для базы данных клиентов и рассмотрен пример такого анализа.

Ключевые слова: оптимизация работы, алгоритм проведения, XYZ-анализ, анализ базы данных клиентов.

SAFETY OF AMUSEMENT RIDES

V. Goots, O. Koval

National University of Food Technologies

Key words:

*Gravitational amusement ride
Calculation of descent
Differential equations of motion*

Article history:

Received 10.02.2016
Received in revised form
16.02.2016
Accepted 14.03.2016

Corresponding author:

V. Goots
E-mail:
Goots@ukr.net

ABSTRACT

Improving the reliability, security and operation of amusement rides based on gravitational descent is a difficult technical challenge. Based on the results of analytical studies of the mechanism of movement of goods by descent, the mathematical models are proposed in the article. These models comprise differential equations of motion of the material systems obtained from the analysis of the driving forces and the resistance acting on the moving object. Practical application of the obtained mathematical models combines the safety of staff and visitors with optimal positive emotional effect.

БЕЗПЕКА АТРАКЦІОНІВ

В.С. Гуць, О.А. Коваль

Національний університет харчових технологій

Підвищення надійності, безпеки експлуатації атракціонів на основі гравітаційних спусків є складним технічним завданням, що стоїть перед обслуговуючим персоналом. За результатами аналітичних досліджень механізму руху вантажів по спускам у статті запропоновано математичні моделі — диференціальні рівняння руху матеріальних систем, які отримані в результаті аналізу діючих на рухомий об'єкт рушійної сили та сил опору. Моделі надають можливість виконати розрахунки як окремих конструктивних елементів спуску, так і його експлуатаційних параметрів у цілому. За побудованими на їх основі диференціальними рівняннями можна розрахувати траєкторії, швидкості руху різних за розмірами, формою і поверхневими властивостями об'єктів, гарантовано забезпечити оптимальні й безпечні режими експлуатації як для відвідувачів, так і для персоналу, що їх обслуговує.

Ключові слова: гравітаційні атракціони, розрахунок спуску, диференціальні рівняння руху.

Постановка проблеми. Сучасні світові тенденції будівництва й умови функціонування світової економіки диктують нові пріоритети та визначають нові напрями розвитку індустрії розваг. Однією з галузей, що виходить на лідерські позиції за останні роки, є гостинність, основою якої виступає готельне

господарство. Основною концепцією експлуатації готельного торгово-розважального комплексу є надання гостям можливості поєднання в одному місці ділового та культурного спілкування з розвагами.

Порівняно новим для України є будівництво багатофункціональних комплексів із цілорічним завантаженням. Найбільшою популярністю у світі серед розваг користуються аквапарки. Неодмінним атрибутом аквапарків є водні гірки й атракціони на базі гравітаційних спусків.

Будівництво атракціонів у світі все більше привертає інтерес інвесторів. Для залучення відвідувачів ресторанів і мешканців готелів, розширення послуг відпочивальників будують різні за призначенням зони відпочинку, атракціони, басейни: демонстраційні, спортивні, оздоровчі, лікувальні комбіновані. Розважальні комплекси з плавальними басейнами, обладнані гравітаційними спусками, можуть стати одночасно і цікавим проведенням дозвілля, і місцем групової активності, і лікувально-профілактичним заходом. Особливий інтерес представляють аквапарки з басейнами, трамплінами, гірками, підводними гейзерами, що робить відпочинок більш цікавим, насиченим емоційно.

Завданням, що стоїть перед розробниками, конструкторами, обслуговуючим персоналом, є оптимізація емоційного стану відпочивальників, підвищення надійності, безпеки й отримання економічно обґрунтованих оптимальних експлуатаційних характеристик атракціонів на основі гравітаційних спусків.

Мета статті. Розрахунок оптимальних режимів руху різних матеріальних об'єктів по гравітаційному спуску на основі дослідження швидкостей і траєкторій пересування, підвищення надійності та безпеки їх експлуатації в умовах розважальних комплексів, зон відпочинку, аквапарків.

Матеріали і методи. Об'єкт дослідження — рух різних за структурно-механічними властивостями об'єктів по гравітаційному спуску.

Методи дослідження — аналітичні дослідження, математичне моделювання руху об'єкта по трасі спуску з різним покриттям поверхні, виконання розрахунків із застосуванням методів символічної комп'ютерної математики.

Виклад основних результатів дослідження. Аналіз публікацій показав, що дослідженням різнобічних питань індустрії розваг та управління нею присвячені праці як зарубіжних, так і вітчизняних учених. Так, Н. Нагапетьянц, О. Сабетова займаються дослідженням розвитку та використання маркетингу індустрії відпочинку і розваг [1]; аналізу тенденції розвитку індустрії розваг присвячені праці В. Стальна [2]; Г. Леонова, Н. Гузь займаються загальною класифікацією послуг розваг [3]; В. Горягін обґрунтовує необхідність створення сучасного парку розваг у великих містах [4] з водними атракціонами. І.Ю. Мартинов [5] запропонував класифікацію аквапарків та їх пропозицій, а саме поділив аквапарк на зони за асортиментними групами:

1. Активна зона, де передбачено групу водних гірок, серфінг, «дику річку».
2. Зона розваг з хвилювм басейном, інтерактивними фонтанами, водоспадами, «повільною річкою».
3. Wellness зона, де передбачено гідромасажні басейни, термальні спа, сухоповітряні сауни, парові лазні.

Центром й найбільш відвідуваною зоною аквапарку є швидкісна водна гірка з ефектом вільного падіння у воду.

Швидкісна гірка як водна, так і безводна передбачає гравітаційний спуск, своєрідний гравітаційний транспорт, який здійснює рух відвідувачів під дією власної ваги по похилому транспортуючому жолобу лінійного профілю, заокругленої форми або подібного до гвинтового спуску.

Зазвичай [6] при розрахунку гравітаційних спусків визначають середню і максимальну швидкості руху об'єкта на окремих ділянках. Наближено середню швидкість V_{cp} , руху об'єкта розраховують за такою формулою: $V_{cp} = l / t$, де l — довжина ділянки траси спуску, м; t — тривалість спуску, с.

У розрахунках знаходять середній нахил ділянки траси спуску x , який виражається у відсотках і розраховується за такою формулою: $x = 100h / l$, де h — висота гірки, м; l — довжина траси спуску без довжини зони фінішу якщо вона горизонтальна, м.

Розрахунок максимальних швидкостей проводять в основному за емпіричним залежностям або спрощеним рівнянням руху, що значно впливає на їх точність і не відповідає сучасним вимогам безпеки.



Рис. 1. Гравітаційний спуск-атракціон (Verrückt — найвища водна гірка)

Авторами запропоновано спосіб розрахунку гравітаційних спусків з побудовою математичних моделей, використанням диференціальних рівнянь руху і показано можливість їх практичного застосування при різних початкових умовах. Для побудови математичної моделі механізму спуску визначені диференціальні рівняння руху другого порядку, досліджені залежності, отримані в результаті аналізу діючих на об'єкт сил. Застосування методів символічної комп'ютерної математики надає можливість виконати розрахунки як окремих елементів спуску, так і його конструкції в цілому, побудувати графіки багатофакторних зв'язків (3d). На основі аналізу диференціальних рівнянь руху досліджено траєкторії, швидкості руху різних за розмірами, формою і поверхневими властивостями об'єктів.

Для гравітаційних атракціонів [6], [7], з точки зору безпеки, найбільш важливим є визначення швидкості руху в його кінцевій фінішній точці. Вона не повинна перевищувати граничні величини, які залежать від умов приземлення — висоти кінцевої частини спуску над поверхнею приземлення, її стану (земля, вода, м'які мати, настили тощо). Гранична швидкість руху нормується, і залежить від профілю траси, форми і поверхні жолоба, наявності та кількості води, деяких інших факторів.

Розрахунок параметрів гравітаційного спуску. Розглянемо простий і популярний атракціон на базі гравітаційного спуску, що складається з прямолінійних нахилених під різними кутами до горизонту ділянок. Визначимо режими руху на цих ділянках.

Оскільки визначальною з точки зору безпеки є кінцева частина спуску, розглянемо рух об'єкта на цій прямолінійній ділянці гравітаційного спуску. Вважаємо кінцеву частину спуску прямим жолобом, нахиленим під кутом α до горизонту.

Об'єкт (умовний відвідувач) потрапляє на прямолінійну фінішну поверхню з початковою швидкістю V_1 . Для її визначення побудуємо диференціальне рівняння руху на попередній похилій під кутом α ділянці траси:

$$m \frac{d^2 S}{dt^2} - mg \sin \alpha + fmg \cos \alpha = 0, \quad (1)$$

де $mg \sin \alpha$ — сила скочування; $m \frac{d^2 S}{dt^2}$ — сила інерції Ньютона; $fmg \cos \alpha$ — сила тертя; S — шлях ковзання; f — коефіцієнт тертя; m — маса об'єкта.

У випадку, коли коефіцієнт тертя не залежить від швидкості руху $f = \text{const}$, розв'язок рівняння (1) при початкових умовах $t = 0 \Rightarrow S(t) = 0$; $ds/dt = V_1$ матиме такий вигляд:

$$S(t) = \frac{1}{2} (g \sin \alpha - fg \cos \alpha) t^2 + V_1 t. \quad (2)$$

Виконавши диференціювання рівняння (2), знайдемо швидкість руху

$$V = (g \sin \alpha - fg \cos \alpha) t + V_1 \quad (3)$$

З рівнянь (2), (3) можна знайти дві величини, використавши одну з трьох невідомих — кут нахилу спуску α до горизонту, довжиною S траси ковзання, тривалістю t ковзання, за умови, що рухається об'єкт будь-якої довільної маси m :

- а) просунеться на відстань $S(t)$;
- б) зупиниться;
- в) продовжить рух до зупинки.

Як правило, кінцева фінішна частина спуску розташовується горизонтально чи під невеликим кутом нахилу. Тоді зупинка об'єкта відбудеться у випадку $V = 0$ або коли швидкість наближається до нуля. Рівняння (3) набуде такого вигляду:

$$\sin \alpha = f \cos \alpha - \frac{V_1}{gt} \quad (4)$$

Для малих кутів α приблизно отримаємо:

$$\alpha = f - \frac{V_1}{gt}. \quad (5)$$

Для практичного використання моделі руху (1) отримано ряд функціональних зв'язків. Коли коефіцієнт тертя $f = 0,3$, зв'язок між початковою швидкістю V_1 , кутом нахилу α спуску й тривалістю руху t об'єкта до зупинки можна представити графічно.

На рис. 2 показано функціональний зв'язок між початковою швидкістю V_1 , кутом нахилу α траси спуску до горизонту й тривалістю руху t до зупинки об'єкта при сталому значенні коефіцієнта тертя 0,3.

Аналіз залежності свідчить, що при максимальній початковій швидкості 8,4 м/с при нульовому куті нахилу кінцевого відрізка траси спуску зупинка відбудеться через три секунди. Інші залежності можна визначити, встановивши парні зв'язки. Наприклад, зв'язок між початковою швидкістю та кутом нахилу α траси спуску (рис. 3).

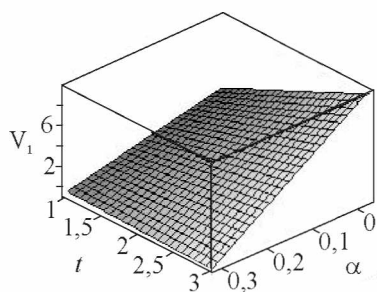


Рис. 2. Функціональний зв'язок між початковою швидкістю V_1 , кутом нахилу α траси спуску до горизонту й тривалістю руху t до зупинки об'єкта

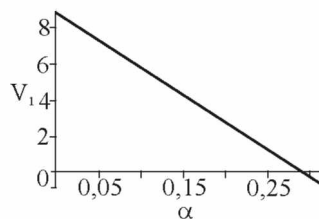


Рис. 3. Функціональний зв'язок між початковою швидкістю V_1 кутом нахилу α для випадку зупинки об'єкта при коефіцієнті тертя $f = 0,3$

Якщо початкова швидкість, з якою об'єкт потрапляє на фінішну ділянку спуску $V_1 = 5$ м/с, тоді з рівняння (3) можна розрахувати швидкість V , з якою він буде рухатись через проміжки часу в інтервалі $0 \leq t \leq 5$ при змінах кутах нахилу траси спуску $0 \leq \alpha \leq 90$ (рис. 4.)

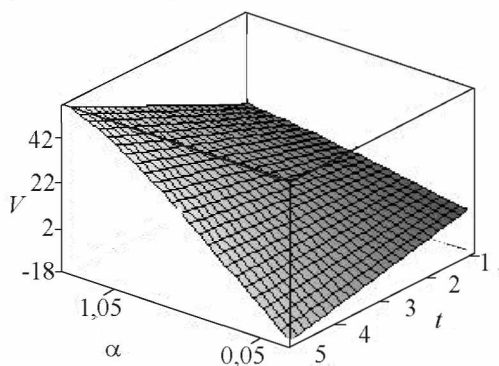


Рис. 4. Функціональний зв'язок між швидкістю V , кутом нахилу α спуску і тривалістю t руху

Режими руху залежать від сили тертя — стану поверхні (коефіцієнта тертя) жолоба та кута нахилу α спуску. Тривалість спуску при сталому значенні коефіцієнта тертя $f = 0,3$, нульовому куті нахилу залежить від початкової швидкості пересування. Так, зупинка об'єкта, що спускається, відбудеться через

3 с при початковій швидкості спуску $V_1=8,4$ м/с, через 2,5 с при початковій швидкості $V_1=7,2$ м/с і через 2 с при початковій швидкості $V_1=6$ м/с.

На рис. 5 показано розглянутий вище функціональний зв'язок за умови збільшення коефіцієнта тертя до значення $f=0,4$. Отримано значення початкової швидкості пересування об'єкта при визначених раніше тривалостях спуску. За умови тривалості спуску 3 с при нульовому куті нахилу зупинка відбудеться при початковій швидкості $V_1=12$ м/с, за 2,5 с при початковій швидкості $V_1=10$ м/с, за 2 с при початковій швидкості $V_1=8$ м/с.

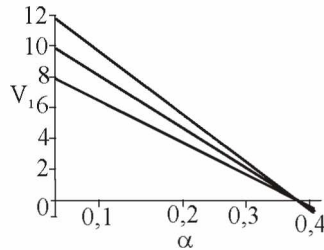


Рис. 5. Функціональний зв'язок між початковою швидкістю V_1 , кутом нахилу α за умови зупинки при значенні коефіцієнта тертя $f=0,4$

Початкову швидкість V_1 , з якою об'єкт потрапляє на кінцеву ділянку спуску, знаходимо з аналізу його руху на попередній ділянці траси. Якщо це пряма ділянка з кутом α_1 нахилу, наявний додатковий опір, то рівняння руху запишемо у такому вигляді:

$$m \frac{d^2 S(t)}{dt^2} + k \frac{dS(t)}{dt} - mg \sin \alpha_1 + fmg \cos \alpha_1 = 0, \quad (6)$$

де k — коефіцієнт додаткового опору.

Сила додаткового опору дозволяє враховувати опір повітря, наявність і форму спускного жолоба та стан його бортів.

Розв'язок рівняння (6) за умови, що ця ділянка є початковою на трасі, тобто при $t = 0 \Rightarrow V(0) = 0$, матиме такий вигляд:

$$S(t) = \frac{mg}{k^2} \left[kt - m \left(1 - e^{-\frac{kt}{m}} \right) \right] (\sin \alpha_1 - f \cos \alpha_1). \quad (7)$$

Виконавши диференціювання рівняння (7), знайдемо швидкість руху об'єкта, що спускається:

$$V(t) = \frac{mg}{k} \left(1 - e^{-\frac{kt}{m}} \right) (\sin \alpha_1 - f \cos \alpha_1). \quad (8)$$

Якщо траса має заокруглення, тоді треба враховувати відцентрову силу F_b опору руху, яка виникає від тертя об борти жолоба. Відцентрова сила обчислюється за формулою:

$$F_b = f_1 \frac{m}{R} \left(\frac{dS(t)}{dt} \right)^2, \quad (9),$$

де f_1 — коефіцієнт бокового тертя; R — радіус заокруглення.

Коефіцієнт бокового тертя залежить від висоти та стану поверхні борта спуска. Для спрощення розрахунків кожне заокруглення спуску можна вважати окремою ділянкою, а силу F_b опору руху розраховувати за формулою:

$$F_b = f_1 \frac{m}{R} V_{cp}^2, \quad (10)$$

де V_{cp} — середня швидкість руху на круговій ділянці траси, яка залежить від кута α_1 . Для умов гальмування $V_{cp} = (0,6 \div 0,8)V_0$, де V_0 — швидкість руху при вході в заокруглену ділянку.

На круговій ділянці руху диференціальне рівняння руху в спрощеному вигляді матиме такий вигляд:

$$m \frac{d^2 S(t)}{dt^2} + k \frac{dS(t)}{dt} - mg \sin \alpha_1 + fmg \cos \alpha_1 + f_1 \frac{m}{R} V_{cp}^2 = 0. \quad (11)$$

Розв'язок рівняння (11) при початкових умовах $t = 0 \Rightarrow S(t)=0$; $V(0) = V_0$ представлено залежністю (12):

$$S(t) = \frac{m}{k^2 R} \left\{ \left[(m(gR(\sin \alpha_1 - f \cos \alpha_1) - f_1 V_{cp}^2)) - RkV_0 \right] e^{-\frac{kt}{m}} + \left[RkV_0 + (tk - m)(gR(\sin \alpha_1 - f \cos \alpha_1) - f_1 V_{cp}^2) \right] \right\}. \quad (12)$$

Виконавши диференціювання рівняння (12), отримаємо швидкість руху.

$$V(t) = \frac{m}{kR} \left[gR(\sin \alpha_1 - f \cos \alpha_1) - f_1 V_{cp}^2 \right] - \frac{1}{kR} e^{-\frac{kt}{m}} \left[m(gR(\sin \alpha_1 - f \cos \alpha_1) - f_1 V_{cp}^2) - RkV_0 \right]. \quad (13)$$

Максимальна швидкість переміщення відвідувача по гравітаційному спуску є важливою складовою забезпечення безпеки, яка нормується. Після диференціювання рівняння (13) можна знайти максимально допустиме за медичними показниками прискорення на криволінійній ділянці екстремального спуску, яке теж нормується.

Висновки

Представлена методика розрахунку гравітаційних спусків уточнює і доповнює існуючу. Рівнянки представлених у статті рівнянь надають можливість проєктувати безпечні для життя і здоров'я відвідувачів гравітаційні атракціони, дозволяють заздалегідь розраховувати точку зупинки, тривалість спуску до зупинки об'єкта, комбінувати окремі ділянки траси спуску у будь-якій послідовності. Гарантовані безпечні режими руху, оптимальні геометричні форми конструкцій атракціонів дозволять обґрунтувати будівництво різних за призначенням гірок: дитячих, сімейних, екстремальних.

Література

1. *Нагапетьянц Н.* Маркетинг индустрии отдыха и развлечений [Текст] / Н. Нагапетьянц, О. Сабетова // Маркетинг. — 2003. — № 6. — С. 66—78.

2. *Стальная В.* Индустрия развлечений: тенденции развития [Текст] / В. Стальная // Маркетинг. — 2009. — № 4. — С. 91—104.
3. *Леонова Г.* Классификация услуг развлечений [Текст] / Г. Леонова, Н. Гузь // Вісник Донецького інституту туристичного бізнесу. — 2008. — № 12. — С. 219—223.
4. *Горягин В.* Обоснование необходимости создания современного парка развлечений в г.Донецке [Текст] / В. Горягин // Вісник Донецького інституту туристичного бізнесу. — 2007. — № 11. — С. 97—103.
5. *Мартинюк І.Ю.* Класифікація аквапарків та їх унікальна пропозиція [Текст] / І.Ю. Мартинюк [Електронний ресурс]. — Режим доступу: file:///C:/Users/user/Downloads/esprstp_2011_1_44.pdf.
6. ГОСТ Р 52603-2011 Аттракционы водные. Безопасность конструкции. Общие требования. Дата введения 01.01.2012.
7. *Гузь В.С., Коваль О.А.* Расчет детских гравитационных аттракционов // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. — Курск, 2014. — С.186—189.

БЕЗОПАСНОСТЬ АТТРАКЦИОНОВ

В.С. Гузь, А.А. Коваль

Національний університет пищевых технологий

В индустрии отдыха популярны многофункциональные развлекательные комплексы. Гравитационные аттракционы применяют для детских, семейных и экстремальных развлечений. Расчет режимов движения скоростей, ускорений, действующих усилий на посетителей является сложной инженерной задачей, которая решается путем построения дифференциальных уравнений и их анализа. Применение на практике полученных математических моделей обеспечит безопасность обслуживающего персонала и отдыхающих при оптимальном позитивном эмоциональном эффекте.

Ключевые слова: *гравитационный аттракцион, расчет спуска, дифференциальные уравнения движения.*

INFLUENCE OF ADIABATIC BOILING ON WATER PH VALUE

A. Dolinsky, A. Konyk, N. Radchenko, B. Tselen

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Key words:

*Discret- pulse input of energy
Adiabatic boiling
Condensation
Evaporation
PH
Water*

Article history:

Received 15.04.2016

Received in revised form
05.05.2016

Accepted 18.05.2016

Corresponding author:

A. Dolinsky

E-mail:

npuht@ukr.net

ABSTRACT

This article describes the influence of discrete-pulse energy input mechanisms implemented in thermovacuum treatment on the properties of water. In particular, the influence of adiabatic boiling on the pH value of water and its changes depending on the treatment temperature and time are investigated. The pattern of change of these parameters at each stage of the processing is established. The results of experimental studies of changes in the chemical composition of water, which has consistently passed all stages of processing, are analysed. The conclusions are made about the degree of influence of discrete-pulse energy input mechanisms at depths of physical and chemical transformations of water.

ВПЛИВ АДІАБАТИЧНОГО ЗАКИПАННЯ НА ВОДНЕВИЙ ПОКАЗНИК ВОДИ

А.А. Долінський, А.В. Коник, Н.Л. Радченко, Б.Я. Целень

Інститут технічної теплофізики НАН України

У статті розглянуто механізм впливу дії дискретно-імпульсного введення енергії, що реалізується в термовакуумній обробці, на властивості води. Зокрема, експериментально досліджено вплив адіабатичного закипання на водневий показник води та його зміну залежно від температури обробки і часу. Встановлено закономірність зміни даних параметрів на кожному з етапів термовакуумної обробки. Також проаналізовано результати експериментальних досліджень зміни хімічного складу води, яка послідовно проходила всі етапи обробки. На основі одержаних закономірностей зроблено висновки про ступінь впливу механізмів дискретно-імпульсного введення енергії на глибину фізико-хімічних перетворень води.

Ключові слова: дискретно-імпульсне введення енергії, адіабатичне закипання, конденсація, випаровування, водневий показник, вода.

Постановка проблеми. Водневий показник є одним із ключових параметрів якості води, що відповідає за буферні властивості і строк стабільності водної системи в цілому. Однак його корегування здійснюється здебільшого

хімічним методом, що, у свою чергу, негативно впливає на екологію та призводить до подорожчання технології. Одним із методів вирішення цього питання є використання механізмів дискретно-імпульсного введення енергії, зокрема адіабатичного закипання.

Мета статті. Дослідити вплив механізмів дискретно-імпульсного введення енергії, зокрема адіабатичного закипання, на водневий показник води.

Викладення основних результатів дослідження. В Інституті технічної теплофізики НАН України в межах наукового напрямку дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ) проводяться дослідження впливу миттєвого скидання тиску (високочастотних гідродинамічних коливань і адіабатичного закипання) на фізико-хімічні й органолептичні властивості води, дисперсність і мікроструктуру сухого залишку [1]. В даній статті представлено результати комплексних експериментальних досліджень впливу миттєвого скидання тиску, що супроводжується адіабатичним закипанням, на водневий показник води. Процес миттєвого скидання тиску 1,5 ГПа/с супроводжується адіабатичним закипанням потоку рідини та реалізується в термовакuumній обробці (ТВО). Необхідно зауважити, що процес адіабатичного закипання відбувається за умови $T_{\text{води}} > T_{\text{кип}}(P)$, тобто вода з температурою вище 333 К закипає при тиску $P = 20$ кПа, а при $P = 10$ кПа закипання відбувається при 318 К. У камерах закипання за рахунок різкого скидання тиску виникають потужні механізми дискретно-імпульсного введення енергії, що відбуваються на границі розподілу фаз. Основний фактор, що впливає на параметри води при обробці — це кавітаційні ефекти, що виникають в камерах випаровування при різкому скиданні тиску і зміні температури, при якій відбувається процес адіабатичного закипання потоку [2]. Також виникають додаткові кавітаційні ефекти, які створюють відцентрові насоси, що встановлені для перекачування рідини.

Термовакuumна обробка рідини — це сукупність послідовних взаємозалежних операцій (конденсації, випаровування, нагріву й охолодження), перебіг яких відбувається в імпульсному режимі зміни тиску, температури та концентрації (рис. 1). Для досліджень використано обладнання продуктивністю 5 і 15 т/год, технічні характеристики технології представлено в табл. 1.



Рис. 1. Принципова схема перебігу термодинамічних процесів термовакuumної обробки рідини (точки відбору зразків позначено як т. 1 ÷ т. 5): 1 — процес конденсації; 2, 4, 7, 9 — насос відцентровий; 3 — процес конденсації; 5 — процес нагрівання; 6, 8 — процес випаровування; 10 — процес охолодження

Таблиця 1. Технічна характеристика ТВО

Найменування параметра	Показники
Продуктивність, т/год	5÷15
Абсолютний тиск, Па:	
у І ступені	від $1 \cdot 10^4$ до $2 \cdot 10^4$
у II ступені	від $0,5 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^4$
Температура води К:	
на вході	277÷283
у І ступені	301÷368
у II ступені	281÷318
на виході	277÷283

Аналіз проведених експериментів (попередніх досліджень) виявив певну зміну водневого показника внаслідок дії миттєвого скидання тиску [3—4]. Отримані результати стали підґрунтям для подальших досліджень, метою яких є встановлення механізму впливу миттєвого скидання тиску на показник рН. За розробленою методикою відбір проб проводився після кожного етапу ТВО, а також залежно від величини перегріву рідини. Згідно з представленою схемою на рис. 1: т. 1 — відбір зразка необробленої води; т. 2 — після етапу конденсації; т. 3 — після нагріву потоку; т. 4 — після етапу випаровування; т. 5 — відбір зразка після обробки. Ключовим етапом в ТВО є нагрів потоку до заданої температури. Варто зазначити, що саме на цьому етапі задається величина нагріву чи перегріву рідини. В ході експериментів цей параметр становив 313 К, 353 К, 368 К. Методика відбору зразків проводилась згідно з державними нормативними актами [5], за якими вимірювали рН і температуру. Результати представлено в табл. 2, дослідження відібраних зразків у часі представлено на рис. 2.

Таблиця 2. Зміна водневого показника води за етапами ТВО залежно від температури

Температура, К	Параметри	Місце відбору зразка				
		вихідна вода	після конденсації	після нагрівання	після випаровування	оброблена вода
		т.1	т.2	т.3	т.4	т.5
313	рН	7,36	7,74	7,71	7,39	7,95
	T, К	294,4	294,4	294,4	293,7	294,2
353	рН	7,36	7,79	7,67	8,04	8,34
	T, К	294,4	294,9	295	294,6	294,1
368	рН	7,57	7,68	-	8,47	9,28
	T, К	281,7	324,4	-	337,6	278,3

Аналізуючи отримані дані, можна стверджувати, що максимального значення рН досягає при 353 К на кінцевому етапі обробки після процесу охолодження (крива 5, рис. 2а). Зразок, відібраний на виході і пронумерований як вода оброблена, має максимальне значення рН, яке найменше змінюється протягом усього часу. Таке підвищення водневого показника можна пояснити способом організації процесу, тобто скидання тиску — це витікання, і кратністю скидання тиску [3]. Величина перегріву складає $\Delta T = 30$ К при 368 К і $\Delta T = 15$ К при 353 К, тобто відбувається процес адіабатичного закипання, внаслідок якого проходить процес глибокої дегазації, тому залишковий вміст газів у насиченій воді складає близько $0,6 \div 0,7$ см³/л, тобто відбулась зміна хімічного складу, що супро-

воджується зміщенням буферних властивостей води. При температурі 313 К зберігається залежність рН на останньому етапі обробки, але з меншим значенням і нестійким у часі (рис. 2б). Це пояснюється тим, що процес адіабатичного закипання при даній температурі не відбувається, а тому величина нагріву має вплив на рівень рН. Щоб визначити ступінь впливу температурної складової при підвищенні рН проведемо дослідження основних показників залежно від температури та при кожній зміні процесу (табл. 3).

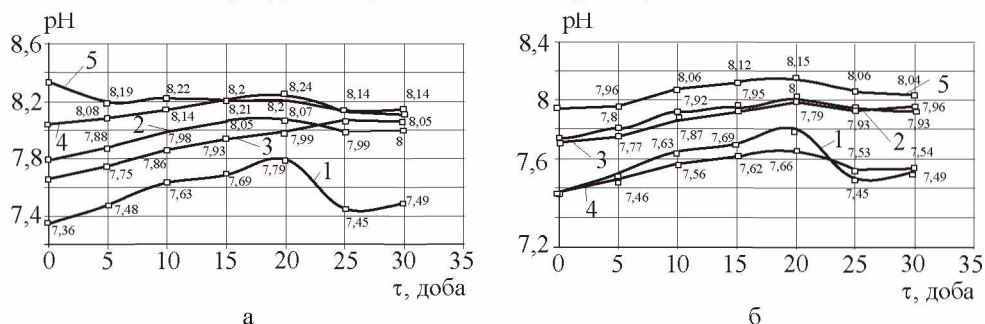


Рис. 2. Зміна водневого показника в часі при 353 К (а) та 313 К (б):

1 — вихідна вода; 2 — після конденсації; 3 — після нагрівання; 4 — після випаровування; 5 — вода оброблена, після охолодження

У результаті експериментальних досліджень хімічного складу зразків вихідної й обробленої води при 353 К і 313 К встановлено зниження загальної твердості на 38 % (10 % при обробці з температурою 313 К), загальної лужності — на 21,3 % (1,64 %), вільної лужності — на 21,3 % (1,61 %), кількості сухого залишку — на 7,04 % (0,56 %), масової концентрації кальцію — на 43,15 % (1,06 %), магнію — на 21,96 % (27,28 %). Зростання рН склало 13,31 % (8 %) (рис. 3).

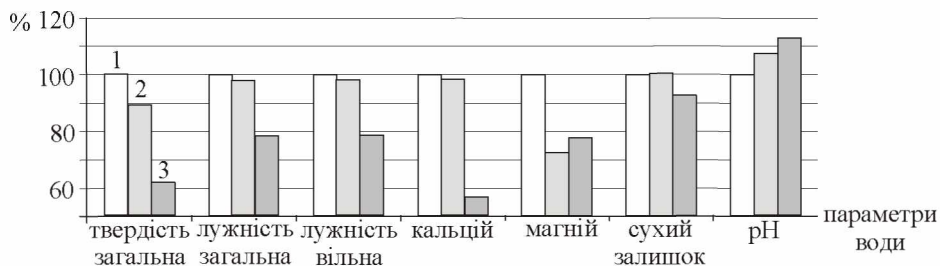


Рис. 3. Зміна хімічних параметрів води при термовакуумній обробці:

1 — вихідна вода; 2 — вода оброблена при температурі 313 К;
3 — вода оброблена при температурі 353 К

Таблиця 3. Зміна хімічних показників за етапами ТВО

Показник НД і одиниця вимірювання	НД	Відн. пох. ме- тоду, %	Вихід- на вода	Після конден- сації	Після нагріван- ня 353 К	Після камер випарову- вання	Вода оброб- лена при 353 К	Вода оброб- лена при 313 К
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Загальна твердість, ммоль/дм ³	ГОСТ 4151-72	2	3,0	2,72	2,28	1,0	1,86	2,68

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Загальна лужність, ммоль/дм ³	Інструкція по ХТК	2	6,1	5,6	5,2	4,9	4,8	6,0
Вільна лужність, ммоль/дм ³	Інструкція по ХТК	2	3,1	2,88	2,92	3,9	2,94	3,32
М. к. гідрокарбонатів, мг/дм ³	Інструкція по ХТК	2	372	335,5	317,2	296	292,8	366
М. к. кальцію, мг/дм ³	ДСТУ ISO 6058:2003	2	38	37,2	30,4	22,4	21,6	37,6
М. к. магнію, мг/дм ³	Інструкція по ХТК	2	13,2	11,04	9,12	9,96	10,3	9,6
Сухий залишок, мг/дм ³	ГОСТ 18164-72	2	355	344	314	307	330	357
Водневий показник, рН	ДСТУ 4077-2001	±0,1рН	7,36	7,79	7,76	8,04	8,34	7,95

Примітка: НД — нормативний документ; м.к. — масова концентрація

Висновки

У результаті експериментальних досліджень впливу миттєвого скидання тиску 1,5 ГПа/с, що супроводжується адіабатичним закипанням, встановлено стійке в часі підвищення водневого показника в межах від 2 % до 20 %. Проведено комплексні дослідження впливу на водневий показник води перетворень, що відбуваються в хімічному складі залежно від температури перегріву та після кожної зміни фізичного процесу. Досліджено вплив на складові, що відповідають за буферні властивості та вплив температурної складової при обробці за термовакuumною технологією.

Література

1. Дискретно-імпульсний ввід енергії в теплотехнологіях [Долинський А.А., Басок Б.И., Накорчевський А.И. і др.]. — Київ: ИТТФ НАНУ, 1996. — 196 с.
2. Шурчкова Ю.А. Адиабатическое вскипание. Практическое использование / Ю.А. Шурчкова. — Киев: Наукова думка, 1999 — 228 с.
3. Коник А.В. Дослідження впливу механізмів дискретно-імпульсного введення енергії на водневий показник водних систем / А.В. Коник, А.А. Долінський, Ю.А. Шурчкова, І.А. Дубовкіна // Промышленная теплотехника. — 2015. — Т. 37, №1. — С. 5—11.
4. Коник А.В. Вплив механізмів дискретно-імпульсного введення енергії на буферні властивості води / А.В. Коник, А.А. Долінський, Ю.А. Шурчкова, Н.Л. Радченко // Промышленная теплотехника. — 2015. — Т. 37, № 7. — С. 226—230.
5. ГОСТ 2761-84 Вода питна. Відбір проб і методи аналізу.
6. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования / Б.Е. Рябчиков. — Москва: ДеЛи принт, 2004. — 328 с.
7. Використання механізмів дискретно-імпульсного введення енергії для обробки води: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.06 / Сланік Аліна Василівна; НАН України, Ін-т техн. теплофізики. — Київ, 2010. — 203 арк.

ВЛИЯНИЕ АДИАБАТИЧЕСКОГО ЗАКИПАНИЯ НА ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ВОДЫ

А.А. Долинский, А.В. Конык, Н.Л. Радченко, Б.Я. Целень

Институт технической теплофизики НАН Украины

В статье рассмотрен механизм влияния действия дискретно-импульсного ввода энергии, реализуемый при термовакуумной обработке, на свойства воды. В частности, экспериментально исследовано влияние адиабатического закипания на водородный показатель воды и его изменение в зависимости от температуры обработки и времени. Установлена закономерность изменения данных параметров на каждом из этапов термовакуумной обработки. Также проанализированы результаты экспериментальных исследований изменения химического состава воды, которая последовательно проходила все этапы обработки. На основе полученных закономерностей сделаны выводы о степени влияния механизмов дискретно-импульсного ввода энергии на глубину физико-химических превращений воды.

Ключевые слова: дискретно-импульсный ввод энергии, адиабатическое закипание, конденсация, испарение, водородный показатель, вода.

MATHEMATICAL MODELLING OF HEATING THE DOUGH PIECES OF CYLINDRICAL SHAPE

M. Desyk, Yu. Telychkun, I. Lytovchenko, V. Telychkun

National University of Food Technologies

Key words:

*Mathematical model
Heating
Bread
Heat-mass transfer*

Article history:

Received 18.04.2016
Received in revised form
01.05.2016
Accepted 20.05.2016

Corresponding author:

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

ABSTRACT

Paper presents the modelling of heating the cylindrical dough pieces with dimensions which are typical for the transition zone from subtle to massive bodies taking into account the efficient thermal characteristics of the blanks, which are presented as experimental dependences. They allow for mass transfer processes at the heating of products, namely the external mass transfer processes: the evaporation of moisture from the surface of the blank into the working environment with the formation of dewatered layer and the internal mass-transfer processes, the movement of moisture inside of the blank as a pair with its subsequent condensation and as fluid. The experimental results and the proposed mathematical model confirm the feasibility of its use for the calculation of the bread heating process.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОГРІВУ ТІСОВОЇ ЗАГОТОВКИ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ФОРМИ

М.Г. Десик, Ю.С. Теличкун, І.М. Литовченко, В.І. Теличкун

Національний університет харчових технологій

У статті представлено результати моделювання процесу прогріву циліндричних тістових заготовок з розмірами, характерними для перехідної області від тонких до масивних тіл, з урахуванням ефективних теплофізичних характеристик заготовок у вигляді залежностей, отриманих експериментальним шляхом. Залежності враховують масообмінні процеси при прогріванні виробів, а саме: зовнішні масообмінні процеси при випаровуванні вологи з поверхні заготовки в робоче середовище з утворенням зневодненого шару та внутрішні масообмінні процеси при переміщенні вологи всередину заготовки як у вигляді пари з подальшою її конденсацією, так і у вигляді рідини. Результати експериментальних досліджень і запропонованої математичної моделі підтверджують доцільність її використання для розрахунку процесу прогріву тіста-хліба.

Ключові слова: математична модель, прогрівання, хліб, тепломасообмін.

Постановка проблеми. На хлібопекарських підприємствах випікання хліба відбувається в печах різної конструкції, принципу роботи, способу обігріву та можливих режимів роботи. Це відповідним чином відображається на якості хлібобулочних виробів. У даний час висока якість хлібобулочної продукції забезпечується не тільки практичними знаннями і великим досвідом фахівців, а й теоретичним знаннями, що необхідні для детального вивчення і моделювання процесів, які відбуваються у заготовці при випіканні, що важливо для подальшого розвитку пічної техніки. Для цього успішно використовуються інструменти як фізичного моделювання, так і методи обчислювальної гідрогазодинаміки [1—4]. У літературі описані математичні моделі випікання масивних виробів (хліб, булки) і тонких виробів (лаваш, коржі). При цьому відсутні моделі прогріву тіл, які відносяться до перехідної області від тонких до масивних тіл [5]. Це поширений клас виробів постійного попиту, таких як хлібні палички, заготовки для сухариків, бублики, сушки.

У пропонованому дослідженні вперше представлені результати моделювання процесу прогріву циліндричних тістових заготовок з розмірами, характерними для перехідної області.

Мета статті. За допомогою методів гідрогазодинаміки провести моделювання процесу прогрівання тіл, які відносяться до перехідної області від тонких до масивних тіл, для комплексного дослідження процесу випікання за одночасної зміни граничних умов і вхідних параметрів.

Викладення основних результатів дослідження. При випіканні хлібобулочних виробів у більшості випадків процес теплообміну здійснюється випромінюванням, конвекцією і теплопровідністю, але домінуюча кількість теплоти передається випромінюванням.

При моделюванні заготовок циліндричної форми, діаметр яких значно менший за їхню довжину ($d = 0,015 \dots 0,03$ м), ці вироби можна розглядати як необмежений циліндр. Прогрів такого циліндра має свої особливості, які обумовлені його формою, розміром і теплофізичними властивостями.

У цьому випадку значення критерію Фур'є [6, 7] значно перевищує значення критерію Фур'є для дрібноштучних виробів. Для мінімального значення діаметра ($d = 0,015$ м.):

$$Fo = \frac{a\tau}{R^2} = \frac{22 \cdot 10^{-8} \cdot 60}{0,0075^2} = 0,2347, \quad (1)$$

де a — коефіцієнт температуропровідності, $\text{м}^2/\text{с}$; R — визначальний розмір, м; τ — час, с. Критерій Фур'є в даному контексті відображає безрозмірнісний час.

На початку процесу випікання тістових заготовок з розмірами, характерними для досліджуваної області, не можна розглядати їх як напівобмежене тіло і нехтувати підвищенням температури їхнього центру, як це зазвичай приймається при випіканні хліба.

При нестационарному процесі переносу теплоти в необмеженому циліндрі радіусом R тепло передається до поверхні циліндричної заготовки. При цьому приймається умова рівномірного початкового розподілу температури.

Прогрів циліндричних заготовок описується диференціальним рівнянням теплопровідності в циліндричних координатах:

$$\frac{\partial t(r, \tau)}{\partial \tau} = a \left[\frac{\partial^2 t(r, \tau)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial t(r, \tau)}{\partial r} \right]; \quad \tau > 0; \quad 0 < r < R, \quad (2)$$

де r — поточний радіус, м; τ — поточний час, с.

При вирішенні завдання прогріву досліджуваної тістової заготовки має місце рівномірний початковий розподіл температури заготовки. Її приймаємо як початкову температуру. Тоді граничні умови формулюються так:

$$t(r, 0) = \text{const}; \quad (3)$$

$$\frac{\partial t(0, \tau)}{\partial r} = 0; \quad t(0, \tau) \neq \infty; \quad (4)$$

$$\lambda \frac{\partial t(R, \tau)}{\partial r} = \alpha(t_c(\tau) - t(R, \tau)); \quad (5)$$

$$\begin{aligned} t(r, \tau) &= f(\tau), \\ \tau &> 0, \\ 0 &\leq r \leq R \end{aligned} \quad (6)$$

де $t(r, \tau)$ — температурне поле циліндричної заготовки, К; λ — коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м²·К); a — коефіцієнт температуропровідності, м²/с; ρ — густина, кг/м³; c — питома теплоємність, Дж/(кг·К); α — коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К).

Виходячи з граничних умов (3, 4, 5, 6), а також ввівши безрозмірні величини $X = \frac{r}{R}$, $Fo = \frac{a \cdot \tau}{R^2}$, отримаємо таке рівняння і граничні умови:

$$\frac{\partial T(X, Fo)}{\partial Fo} = \frac{\partial^2 T(X, Fo)}{\partial X^2} + \frac{1}{X} \cdot \frac{\partial T(X, Fo)}{\partial X}; \quad (7)$$

$$T(X, 0) = 0; \quad (8)$$

$$\frac{\partial T(0, Fo)}{\partial X} = 0; \quad (9)$$

$$\frac{\partial T(1, Fo)}{\partial X} = -Bi(T(1, Fo) - \theta(Fo)), \quad (10)$$

де $Bi = \frac{\alpha R}{\lambda}$ — критерій Біо.

Для розрахунку представленої моделі використовуємо комп'ютерний програмний комплекс FlowVision, що призначений для моделювання гідроаеродинамічних процесів в штучних і природних об'єктах, а також для моделювання теплообміну шляхом конвекції і випромінювання.

У даному випадку використані математичні моделі розрахунку: «рідина, що мало стискається», «тверде тіло» і «сполучення».

Геометричні розміри робочої камери відповідають габаритним розмірам фізичної моделі. Теплофізичні характеристики середовища робочої камери характерні для повітря при заданій температурі.

Граничні умови враховують температуру середовища пекарної камери, що складає 190 °С, початкову температуру заготовки, що складає 30 °С.

В умовах моделювання беруть участь теплофізичні характеристики заготовок, отримані експериментальним шляхом [8—11]. Вони залежать від температури і враховують масообмінні процеси при прогріванні заготовок.

Ефективна теплопровідність тіста-хліба, Вт/(м·К):

$$\lambda(t) = \begin{cases} 0,0068t + 0,339 & \text{при } t = 30 \div 70 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ \frac{1}{(55 - 0,533t)^{\frac{1}{2,9}}} & \text{при } t = 70 \div 100 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ 0,055 & \text{при } t > 100^{\circ}\text{C} \end{cases} \quad (11)$$

Ефективна теплоємність тіста-хліба, кДж/(кг·К):

$$c(t) = \begin{cases} 10^{0,1418 + 0,00694t} & \text{при } t = 30 \div 100 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ 2,2 & \text{при } t > 100 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{cases} \quad (12)$$

Ефективна густина тіста-хліба, кг/м³:

$$\rho(t) = \begin{cases} -6,875t + 952,5 & \text{при } t = 30 \div 70 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ 470 & \text{при } t > 70 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{cases} \quad (13)$$

Результати обчислювального експерименту прогріву циліндричної заготовки діаметром 24 мм при температурі робочої камери 190 °С представлені на рис. 1. Для початкового моменту часу ($\tau = 0$ с) (рис. 1а) спостерігається рівномірний розподіл температури, густини і коефіцієнта теплопровідності в перетині тістової заготовки. Під дією теплового потоку відбувається прогрівання тістової заготовки з одночасною зміною її теплофізичних характеристик, які залежать від температури прогрітих шарів тіста.

Візуалізація процесу прогрівання тістової заготовки після 300 с прогріву відображена на рис. 1б. Процес прогріву закінчується, досягнувши центру заготовки при температурі 100 °С на 600 с (рис. 1в).

При порівнянні всіх трьох варіантів можна відзначити одночасну зміну всіх теплофізичних параметрів у процесі прогрівання тістової заготовки.

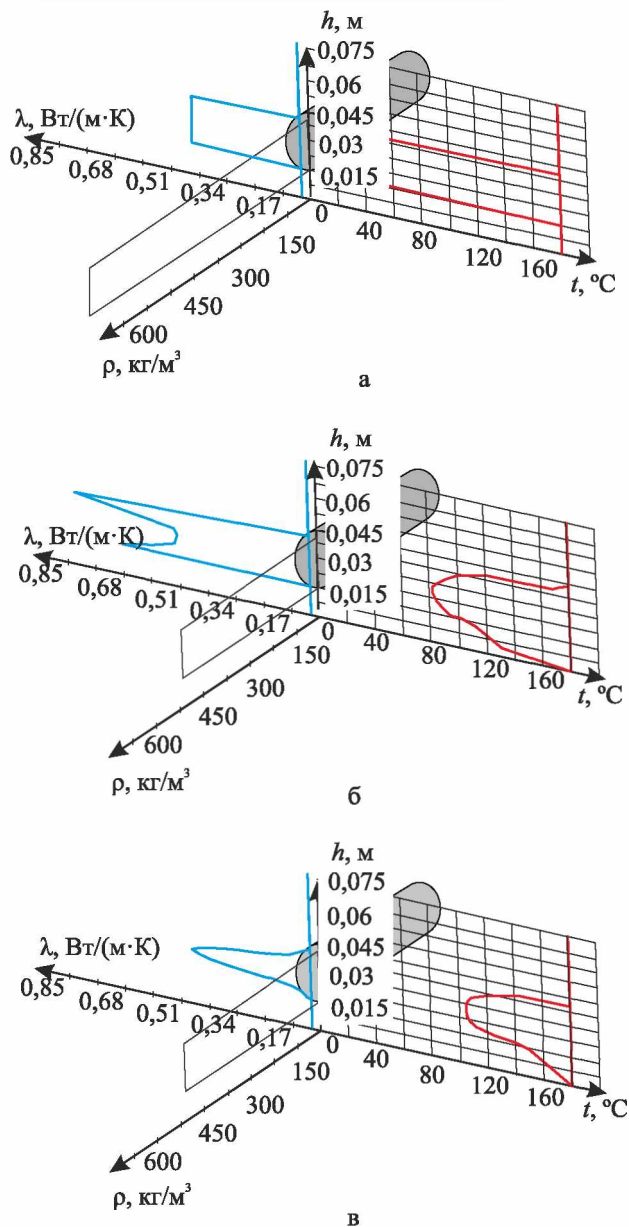


Рис. 1. Результати обчислювального експерименту прогрівання тістової заготовки в моменти часу τ , с: а — 0, б — 300, в — 600

На рис. 2 представлено температурне поле тіста-хліба, отримане шляхом фізичного експерименту. Поле показує зміну температури по шарах тістової заготовки протягом усього процесу випікання.

Порівняння результатів моделювання з даними, отриманими на фізичній моделі [12], дозволяє зробити висновок про адекватність математичної моделі

прогрівання тістової заготовки. Розбіжність результатів експериментальних і обчислювальних експериментів не перевищує 5 %.

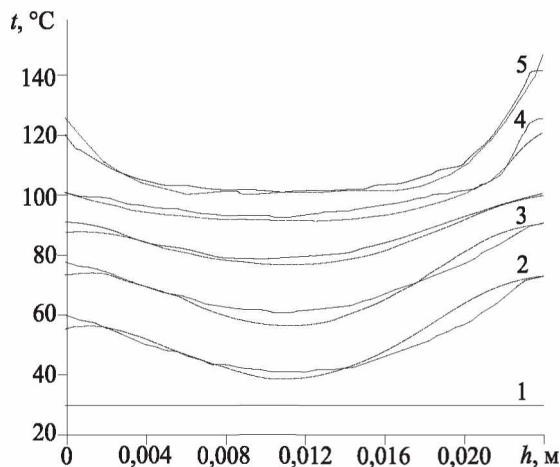


Рис. 2. Зміна температурного поля циліндричної заготовки діаметром 24 мм при її прогріванні в лабораторній печі в момент часу, с: 1 — 0, 2 — 120, 3 — 240, 4 — 360, 5 — 480, 6 — 600 (— — фізичний експеримент, — — — обчислювальний експеримент)

Таким чином, запропонована математична модель дозволяє приблизно провести розрахунок тривалості прогріву хліба залежно від температури середовища пекарної камери, теплофізичних параметрів і розмірів заготовок, що сприяє визначенню раціональних параметрів середовища пекарної камери при випіканні виробів різної форми і розмірів без проведення фізичного експерименту.

Висновки

Проведення математичного та комп'ютерного моделювання процесу прогрівання тістової заготовки надає можливість проводити комплексне дослідження процесу випікання в умовах одночасної зміни вхідних параметрів і граничних умов моделі.

Результати експериментальних досліджень і запропонованої математичної моделі, яка враховує ефективні теплофізичні характеристики, підтверджує доцільність використання математичної моделі для розрахунку процесу прогрівання тіста-хліба.

Литература

1. Hasatani M. Heat and mass transfer in bread during baking in an electric oven / M. Hasatani, N. Arai, H. Katsuyama, H. Harui, Y. Itaya, N. Fushida, N., Tatsukawa // In: Mujumdar, A.S., Filkova, I. (Eds.), Drying, vol. 91. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. — P. 385—393.
2. Zanoni B. A study of the bread-baking process. I: a phenomenological model / B. Zanoni, C. Peri, S. Pierucci // Journal of Food Engineering. — 1993. — # 19. — P. 389—398.
3. Zanoni B. Study of the bread baking process. II: mathematical modelling / B. Zanoni, S. Pierucci, C. Peri // Journal of Food Engineering. — 1994. — # 23. — P. 321—336.

4. *Wagner M.J.* Water transport in bread during baking / M.J. Wagner, T. Lucas, D. Le Ray, G. Trystram // *Journal of Food Engineering*. — 2007. — # 78. — P. 1167—1173.
5. *Десик М.Г.* Дослідження впливу геометричних параметрів хліба на тепломасообмінні процеси / М.Г. Десик, В.І. Теличкун, Ю.С. Теличкун, А.І. Германчук // *Харчова промисловість*. — 2012. — № 12. — С. 203—207.
6. *Володарский А.В.* Исследование тепловых и гидротермических процессов при выпечке хлеба в тоннельных печах: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.175 / А.В. Володарский. — Киев, 1969. — 31 с.
7. *Острик А.С.* Исследование процесса при выпечки при различных способах электрического обогрева: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.175 / А.С. Острик. — Киев, 1971. — 32 с.
8. *Purlis E.* Bread baking as a moving boundary problem. Part 1: Mathematical modeling / E. Purlis, V.O. Salvadori // *Journal of Food Engineering*. — 2009. — # 91. — P. 428—433.
9. *Purlis E.* Bread baking as a moving boundary problem. Part 2: Model validation and numerical simulation / E. Purlis, V.O. Salvadori // *Journal of Food Engineering*. — 2009. — # 91 — P. 434—442.
10. *Mondal A.* Bread baking — a review / A. Mondal, A.K. Datta // *Journal of Food Engineering*. — 2008. — # 86 (4). — P. 465—474.
11. *Zhang J.* Mathematical modelling of bread baking process / J. Zhang, A.K. Datta // *Journal of Food Engineering*. — 2006. — # 75. — P. 78—89.
12. *Десик Н.Г.* Продолжительность процесса выпечки-сушки изделий цилиндрической формы из дрожжевого теста / Н.Г. Десик, В.И. Теличкун, Ю.С. Теличкун // *Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: доклады Международной научно-практической конференции: Минск, 14—15 апреля 2011 г.* — В 2 ч. — Ч. 2. — Минск: БГАТУ, 2011. — С. 105—107.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГРЕВА ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Н.Г. Десик, Ю.С. Теличкун, И.Н. Литовченко, В.И. Теличкун

Национальный университет пищевых технологий

В статье представлены результаты моделирования процесса прогрева цилиндрических тестовых заготовок с размерами, характерными для переходной области от тонких к массивным телам, с учетом эффективных теплофизических характеристик заготовок, которые имеют вид зависимостей, полученных экспериментальным путем. Зависимости учитывают массообменные процессы при прогреве изделий, а именно: внешние массообменные процессы при испарении влаги с поверхности заготовки в рабочую среду с образованием обезвоженного слоя и внутренние массообменные процессы при перемещении влаги внутрь заготовки как в виде пара с последующей ее конденсацией, так и в виде жидкости. Результаты экспериментальных исследований и предлагаемой математической модели подтверждают целесообразность её использования для расчета процесса прогрева теста-хлеба.

Ключевые слова: математическая модель, прогревание, хлеб, тепломассообмен.

УДК 664.8.047

INFLUENCE OF SPEED COOLANT ON THE MAIN HEAT AND MASS TRANSFER PARAMETERS OF CONVECTIVE THERMORADIATION DRYING OF CULTIVATED MUSHROOMS

I. Dubkovetskiy, I. Malezhik, T. Burlaka

National University of Food Technologies

Key words:

*Drying
Mushrooms
Radiation and convection
method
Radiation energy
Infrared drying*

Article history:

Received 13.04.2016
Received in revised form
07.05.2016
Accepted 24.05.2016

Corresponding author:

I. Dubkovetskiy
E-mail:
dubkov78@ukr.net

ABSTRACT

The article describes the dependencies of the main heat and mass transfer parameters of convective thermoradiation drying of cultivated oyster mushrooms on the speed of air. It is proved that the mechanism and the intensity of moisture transfer in the material depends on the interconnected complex of the destruction processes of the connection of moisture with the material and the vapor environment diffusion through the capillary pore structure of the material.

ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ТЕПЛОНОСІЯ НА ОСНОВНІ ТЕПЛОМАСООБМІННІ ПАРАМЕТРИ КОНВЕКТИВНО-ТЕРМОРАДІАЦІЙНОГО СУШІННЯ КУЛЬТИВОВАНИХ ГРИБІВ

І.В. Дубковецький, І.Ф. Малежик, Т.В. Бурлака

Національний університет харчових технологій

У статті встановлено залежності основних тепломасообмінних характеристик конвективно-терморадіаційного сушіння культивованих грибів глива від швидкості руху повітря. Доведено, що механізм та інтенсивність перенесення вологи у матеріалі залежать від взаємопов'язаного комплексу процесів порушення зв'язку вологи з матеріалом і дифузії парогазового середовища через капілярно-порову структуру матеріалу.

Ключові слова: *сушіння, гриби, радіаційно-конвективний спосіб, опромінення, енерговитрати, інфрачервоне сушіння.*

Постановка проблеми. Існують різні способи сушіння, які досить широко застосовуються на харчових підприємствах України. При конвективному

висушуванні повітря є носієм теплоти від електрокалорифера до продукту, що спричиняє більше енергозатрат, ніж при терморадіаційному висушуванні, за якого повітря не виконує функцію носія теплоти, а лише функцію відведення вологи. Недоліком інфрачервоного випромінювання є те, що енергія в основному поглинається поверхнею матеріалу, що висушується, частина якої віддається від поверхні матеріалу навколишньому повітрю. Компенсацію даної енергії необхідно здійснювати додатковим опроміненням, що призводить до деформації, короблення і розтріскування продукту, що погіршує якість сухого продукту. Інфрачервоне опромінення створює градієнт температур, спрямований усередину нарізного шматочка продукту, що перешкоджає тепломасопереносу, тобто погіршує умови переміщення вологи з внутрішніх шарів до зовнішніх.

Мета дослідження. Розроблення технологічного процесу і обладнання для виробництва сушених продуктів за допомогою різних методів сушіння та їх комбінації.

Матеріали і методи. Визначення впливу швидкості повітря на процес сушіння культивованих грибів «глива звичайна» проводили при постійних параметрах: питоме навантаження — $4,4 \text{ кг/м}^2$; величина опромінення інфрачервоних ТЕНів — $E=8 \text{ кВт/м}^2$; довжина хвиль трубчастих «темних» ІЧ-генераторів — $2,0 \dots 4,0 \text{ мкм}$; відстань від інфрачервоних ТЕНів до продукту — 15 см ; швидкість руху теплоносія — $2,2 \dots 5,5 \text{ м/с}$; конвективне підведення теплоти здійснювали від зовнішнього ТЕНу потужністю 1 кВт ; товщина грибів на сітчастому піддоні, який встановлювали в сушильну камеру, — 8 мм .

Результати і обговорення. Нами запропоновано комбінувати два способи підведення теплоти при сушінні — терморадіаційний і конвективний, що дозволило зменшити відносну вологість повітря і збільшити рушійну силу процесу порівняно з сушінням інфрачервоними променями. Для цього була спроектована і виготовлена сушильна установка, яка дозволяє сушити терморадіаційним і конвективним способами як окремо, так і їх поєднанням (рис. 1).



Рис. 1. Зовнішній вигляд радіаційно-конвективної сушильної установки

Швидкість циркуляції повітря в сушильному пристрої — найважливіший параметр процесу сушіння. Чим вища швидкість циркуляції, тим, за інших

рівних умов, менша тривалість процесу; чим вища продуктивність сушіння, тим менша нерівномірність сушіння матеріалу, більші витрати електроенергії і в більшості випадків вища собівартість. Нижче викладені результати досліджень впливу швидкості циркуляції сушильного агента на основні параметри процесу сушіння в радіаційно-конвективній установці періодичної дії.

У зв'язку з істотним впливом швидкості циркуляції на різні параметри процесу сушіння доцільним є встановлення оптимальних її значень.

Кількість теплоти, що витрачається на випаровування вологи при температурі 60 °С при різних швидкостях, наведена в табл. 1.

Таблиця 1. Витрати енергії на процес сушіння

Швидкість теплоносія, м/с	Тривалість сушіння, хв	Кількість теплоти Q		
		кВт год/кг вологи	МДж/кг вологи	кВт год/кг вихідної сировини
2,5	110	4,48	16,2	3,95
3,5	100	5,45	19,6	4,8
4,5	95	6,65	23,9	5,85
5,5	90	7,04	25,4	6,2

Площа зовнішньої поверхні кілограма висушеного продукту за умови, що гриби нарізаються кубиками 20 мм, становить:

$$F = 6a^2 n = 6 \cdot 0,02^2 \cdot 1500 = 0,0024 \cdot 1430 = 3,6 \text{ м}^2 / \text{кг вихідної сировини},$$

де a — сторона кубика, м²; n — кількість кубиків.

Коефіцієнт теплообміну розраховується за формулою:

$$A = Q / \Delta t_{\text{ср}} F,$$

де $\Delta t_{\text{ср}} = t_{\text{п}} - t_{\text{м}} = 60 - 50 = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{п}}$ — середньоарифметична температура повітря в сушильній камері; $t_{\text{м}}$ — температура матеріалу (в першому періоді сушіння рівна температурі мокрого термометра).

У процесі оброблення дослідних даних одержано графік залежності коефіцієнта теплообміну від температури теплоносія конвективно-терморадіаційним енергопідведенням (рис. 2).

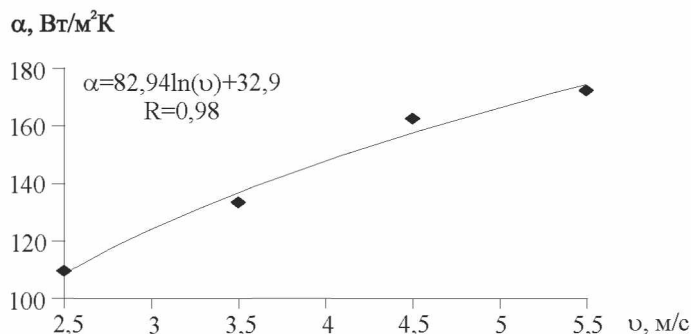


Рис. 2. Залежність коефіцієнта теплообміну при сушінні культивованих грибів глива (*Pleurotus ostreatus*) від швидкості руху теплоносія при конвективно-терморадіаційним енергопідведенням температурі 60 °С

Критерії Nu і Re визначаються за формулами:

$$Nu = \alpha d / \lambda; Re = v d / \nu,$$

де d — визначальний розмір $d = 4F/\chi = 4a^2/4a = a = 0,02$ м.

Результати розрахунку для конвективно-терморадіаційного енергопідведення при температурі теплоносія 60°C наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Теплообмінні параметри конвективно-терморадіаційного сушіння

Швидкість руху теплоносія, м/с	α , Вт/м ² К	Nu комб	λ , Вт/м К	ρ , кг/м ³	$\mu \cdot 10^6$, Па с	Re
2,5	109,7	78,4	0,028	1,025	20,1	2549,8
3,5	133,3	95,2				3569,7
4,5	162,5	116,1				4589,6
5,5	172,2	123				5609,5

У процесі оброблення дослідних даних одержано графік залежності критерія Нусельта від швидкості руху теплоносія для конвективно-терморадіаційного енергопідведення при температурі теплоносія 60°C (рис. 3).

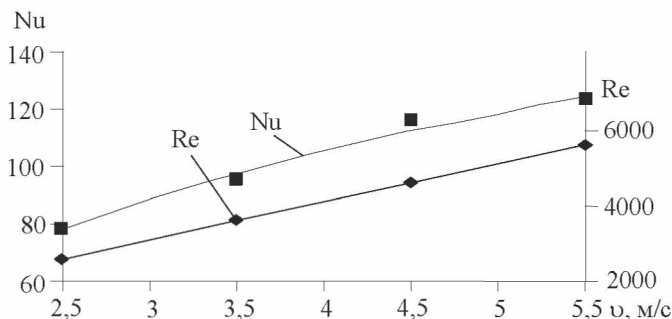


Рис. 3. Залежність критерію Nu від швидкості руху теплоносія при сушінні культивованих грибів глина (*Pleurotus ostreatus*) конвективно-терморадіаційним енергопідведенням при температурі теплоносія 60°C

У результаті апроксимації одержаних даних виведено рівняння, що підпорядковуються логарифмічному закону:

$$Nu = 59,24 \ln v + 23,5 \text{ при } R^2 = 0,98.$$

Залежність критерію Re від швидкості руху теплоносія підпорядковуються лінійному закону: $Re = 1020 v$ при $R^2 = 0,98$.

Зіставивши значення критерія Nu і критерія Re за різних швидкостей руху теплоносія при конвективно-терморадіаційному енергопідведенні, одержали залежність $Nu = f(Re)$ (рис. 4).

Апроксимуючи одержані значення критерію Nu при сушінні культивованих грибів (рис. 4), вивели рівняння:

$$Nu = 59,2 \ln Re - 387 \text{ при } R^2 = 0,98.$$

Швидкість процесу сушіння залежить від стану навколишнього середовища і умов сушіння, а повний потік води виражається через об'ємний коефіцієнт масовіддачі:

$$J = dW^{\circ} / d\tau = \beta(x_r - x) = \beta(x_1 - x),$$

де x_r — вологовміст насиченого повітря (кг/кг) на поверхні частинки; $x_r = x_1$ — вологовміст повітря при постійній швидкості (перший період) сушіння (кг/кг). Обидві величини знаходимо за психрометричними даними. Молярна маса води $M_v = 18$, повітря $M_n = 29$, відносна вологість повітря $\phi = 64$. Парціальний тиск пари у насиченому повітрі p при різних температурах t визначається з таблиць, а молярна частка m — зі співвідношення $m_1 = pt_1 / (1 - pt_1)$, $pt_1 = pt / 760$ при температурі 21 °C $pt_{21} = 18,66 / 760 = 0,025$.

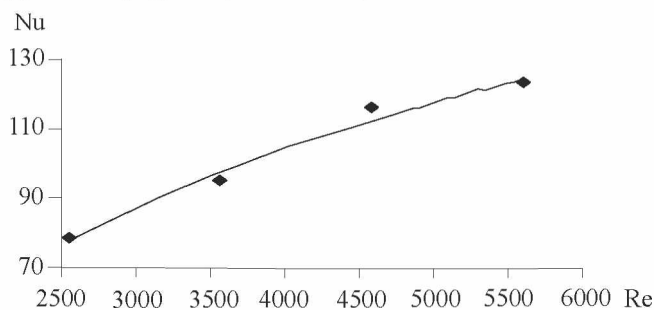


Рис. 4. Залежність критерію Nu від критерію Re при сушінні культивованих грибів глива

Молярна частка при 21 °C: $m_2 = pt_{21} \phi / (1 - pt_{21}) = 0,016$; вологовміст: $x = (M_v / M_n) \cdot (m_2 / (1 - m_2)) = 0,01$. Вологовміст у першому періоді визначається за формулою $x_1 = (M_v / M_n) (m_1 / (1 - m_1))$. Результати розрахунку наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Параметри теплоносія при конвективно-терморадіаційному сушінні

Температура теплоносія, °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

Значення потоку води $J = dW^{\circ} / d\tau$ і коефіцієнта масовіддачі $\beta = J / (x_1 - x)$ при різних швидкостях руху теплоносія наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Визначення потоку води і коефіцієнта масовіддачі при конвективно-терморадіаційному сушінні

Швидкість руху теплоносія, м/с	Потік води при сушінні конвективно-терморадіаційним енергопідведенням, $J = dW^{\circ} / d\tau$, %/хв	Коефіцієнт масовіддачі при сушінні конвективно-терморадіаційним енергопідведенням β , м/с
2,5	14,8	1138
3,5	19,1	1469
4,5	21,8	1676
5,5	27,6	2123

У процесі оброблення дослідних даних за потоком води і різницею вологовмістів повітря на поверхні продукту і всередині теплоносія одержано графік залежності коефіцієнта масообміну від швидкості руху теплоносія при конвективно-терморадіаційному енергопідведенні за температури теплоносія 60 °C (рис. 5).

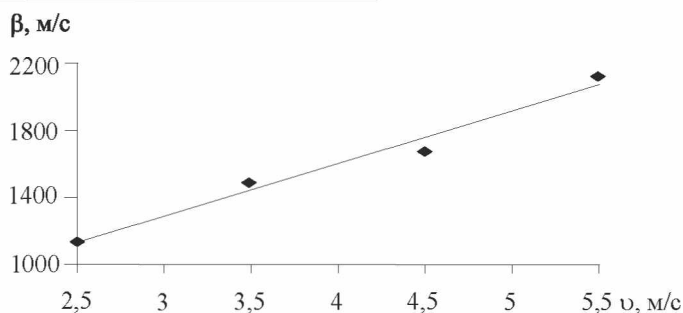


Рис. 5. Залежність коефіцієнта масовіддачі від швидкості руху теплоносія при сушінні культивованих грибів глина конвективно-терморадіаційним енергопідведенням при температурі теплоносія 60 °С

Апроксимуючи експериментальні дані для коефіцієнтів масовіддачі при сушінні культивованих грибів, вивели рівняння:

$$B = 316 \upsilon + 337 \text{ при } R^2 = 0,98.$$

Критерій Шервурда $Sh = \beta d/D$, де D — коефіцієнт дифузії для парогазової суміші, кг/(м год мм рт. ст.); $d = 0,02$ м — визначальний розмір.

Коефіцієнт дифузії знаходимо за формулою:

$$D = D_c \cdot (M/R \cdot T) = 0,583 (0,018/0,06237 \cdot 56) = 0,00294 \text{ кг/(м год мм рт. ст.)},$$

де M — молекулярна маса рідини, що випаровується, кг/моль; $M_v = 0,018$ кг/моль; $R = 0,06237$ (мм рт.ст. · м³)/(моль · К); T — середня температура в примежовому шарі, яка знаходиться як середньоарифметична між температурами середовища і поверхнею продукту:

$$T = (t_n + t_m)/2 = 60 + 52 = 56 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

D_c знаходимо за формулою:

$$D_c = D_c^0 ((T+273)/273)^n \cdot 760/p_b = 0,0792 ((56+273)/273)^2 \cdot 760/150 = 0,583 \text{ м}^2/\text{год},$$

де $D_c^0 = 0,0792$ м²/год — коефіцієнт дифузії для водяної пари при 0° і 760 мм рт.ст. (знаходиться за таблицею); $n = 2$ — постійний коефіцієнт для водяної пари; $p_b = 20000$ Па = 150 мм рт.ст. — тиск вологого повітря.

Значення середньої абсолютної температури в примежовому шарі, коефіцієнта дифузії для парогазової суміші і критерію Нусельта для масообміну при різних швидкості руху теплоносія і конвективно-терморадіаційному енергопідведенню при температурі теплоносія 60 °С наведено в табл. 5.

Таблиця 5. Вплив швидкості руху теплоносія на коефіцієнт дифузії і критерій Шервурда

Швидкість руху теплоносія, м/с	T , °С	D , кг/(м год мм рт.ст.)	Критерій Sh
2,5	56	0,0296	7745
3,5			9995
4,5			11408
5,5			14443

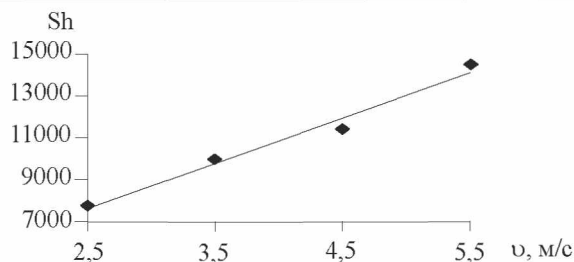


Рис. 6. Залежність критерію Sh при сушінні культивованих грибів глива від швидкості руху теплоносія при конвективно-терморадіаційному енергопідведенні і температурі теплоносія 60 °С

Апроксимуючи дані критерія Sh при сушінні культивованих грибів (рис. 6), вивели рівняння, що підпорядковуються лінійному закону:

$$Sh = 2151 v + 2295 \text{ при } R^2 = 0,98.$$

Зіставивши значення критерію Sh і критерію Re при різних швидкостях руху теплоносія за конвективно-терморадіаційного енергопідведення, одержали залежність $Sh = f(Re)$ (рис. 7):

$$Sh = 2,11 Re + 2295 \text{ при } R^2 = 0,98.$$

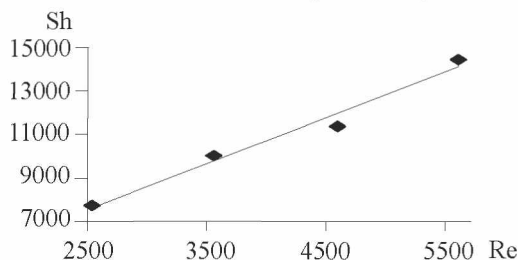


Рис. 7. Залежність критерію Sh від критерію Re при сушінні культивованих грибів глива

Якісні показники сушених глив при температурі 60 °С відповідають нормам чинних стандартів (ТУ 9164-001-373100436230-2004) (табл. 6).

Фізико-хімічні показники сушених грибів наведені у розрахунку на 100 г.

Таблиця 6. Якісні показники сушених глив при конвективно-терморадіаційному сушінні

w, м/с	Загальний вміст сухих речовин, %	Загальний вміст білка, %	Загальний вміст азоту, %	Масова частка мінеральних домішок, %, не більше	Зола, %
2,5	86,37	15,654±0,02	2,505±0,005	0,01	1,1
3,5	86,37	16,682±0,02	3,669±0,005	0,01	1,1
4,5	86,37	19,976±0,02	3,196±0,005	0,01	1,1
5,5	86,37	24,0±0,02	3,84±0,005	0,01	1,1

Висновки

Висушені комбінованим конвективно-терморадіаційним способом культивовані гриби мають найкращі органолептичні (зовнішній вигляд) і фізико-хімічні

показники та найнижчі енерговитрати, порівнюючи з іншими способами сушіння, тому цей спосіб сушіння доцільно рекомендувати для застосування.

Література

1. Патент на корисну модель 97303 Україна, Радіаційно-конвективна сушильна установка / І.В. Дубковецький, І.Ф. Малежик, Т.В. Бурлака, Л.В. Стрельченко; власник Національний університет харчових технологій. — № u201411436; заявл. 20.10.2014; опублік. 10.04.2015, бюл. № 7.
2. Патент на корисну модель 97904 Україна, Спосіб сушіння культивованих грибів комбінованим енергопідведенням / І.Ф. Малежик, І.В. Дубковецький, Т.В. Бурлака; власник Національний університет харчових технологій. — № u201411440; заявл. 20.10.2014; опублік. 10.04.2015, бюл. № 7.
3. Бурлака Т.В. Дослідження сушіння культивованих грибів різними інфрачервоними випромінювачами / Т.В. Бурлака, І.В. Дубковецький, І.Ф. Малежик // Наукові праці ОНАХТ. — 2015. — Т. 2, № 47. — С. 12—18.
4. Бурлака Т.В. Исследование процесса сушки грибов комбинированным конвективно-терморadiационным методом. Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений / Т.В. Бурлака, И.В. Дубковецкий, И.Ф. Малежик // Сборник научных трудов за материалами Международной научно-технической конференции посвященной 85-летию ФГБОУ ВПО. — Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, 4—5 июня. — 2015. — С. 496—499.
5. Дубковецький І.В. Дослідження кінетики комбінованого методу сушіння грибів гливи / І.В. Дубковецький, Т.В. Бурлака, Л.В. Стрельченко // Наукові праці ОНАХТ. — 2014. — Т. 2, № 45. — С. 46—50.

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА ОСНОВНЫЕ ТЕПЛОМАСООБМЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОНВЕКТИВНО-ТЕРМОРАДИАЦИОННОЙ СУШКИ КУЛЬТИВИРУЕМЫХ ГРИБОВ

И.В. Дубковецкий, И.Ф. Малежик, Т.В. Бурлака
Национальный университет пищевых технологий

В статье установлены зависимости основных тепломассообменных характеристик конвективно-терморadiационной сушки культивируемых грибов от скорости движения воздуха. Доказано, что механизм и интенсивность переноса влаги в материале зависят от взаимосвязанного комплекса процессов разрыва связи влаги с материалом и диффузии парогazовой среды через капиллярно-пористую структуру материала.

Ключевые слова: сушка, грибы, радиационно-конвективный способ, облучение, энергозатраты, инфракрасная сушка.

УДК 536.6 : 664.8.047: Гриби

EXPERIMENTAL AND STATISTICAL MODELING OF THE DRYING OF HATS AND STEMS OF CHAMPIGNONS

O. Yeshchenko, T. Roman, A. Mazurenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Champignon
Drying
Experimental and
statistical modeling
Regression analysis
Thermal and physical
characteristics*

Article history:

Received 13.04.2016

Received in revised form
24.04.2016

Accepted 15.05.2016

Corresponding author:

T. Roman

E-mail:

npuht@ukr.net

ABSTRACT

The generalized experimental and statistical models of the drying process of hats and stems of the cultivated champignon mushrooms are presented in the article. This data can be used for the prediction of quality indicators of a ready semi-finished product and energy consumption for its production. The models are constructed on the basis of the results of active experiments on determining the heat of moisture evaporation from the tissues of mushroom stems and hats. The coefficients of the regression equations were defined and the connection between these coefficients and thermal and physical characteristics of water was established. The response surfaces received on the basis of the models showed that the processes of drying mushroom stems and hats have significant differences.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ШАПИНКИ І НІЖКИ ГРИБА ШАМПІНЬЙОНА

О.А. Ещенко, Т.О. Роман, О.Г. Мазуренко

Національний університет харчових технологій

У статті наведено узагальнені експериментально-статистичні моделі процесу сушіння ніжки та шапинки культивованого гриба шампіньйон, які можуть бути використані для прогнозування якісних показників готового грибного напівфабрикату і енерговитрат на його отримання. Моделі побудовано за результатами активних експериментів з визначення теплоти випаровування води з тканин ніжки та шапинки гриба, на підставі яких були визначені коефіцієнти регресійних рівнянь і встановлено зв'язок між цими коефіцієнтами й теплофізичними характеристиками води. Поверхні відгуку, отримані на основі моделей, показали, що процеси сушіння ніжки та шапинки мають між собою суттєві відмінності у перебігу процесу.

Ключові слова: шампіньйон, сушіння, експериментально-статистичне моделювання, регресійний аналіз, теплофізичні характеристики.

Постановка проблеми. Конвективне сушіння харчових продуктів є одним із найефективніших способів для підготовки до тривалого зберігання та подальшої переробки напівфабрикатів.

Перебіг процесів сушіння харчових продуктів і витрат енергії на їх реалізацію залежать від багатьох факторів, вплив більшості з яких неможливо відстежити в реальному часі. У зв'язку з цим аналіз і прогнозування ступеня впливу окремих факторів, а отже, в підсумку, керування перебігом процесу сушіння, доцільно здійснювати з використанням математичних моделей.

Враховуючи різноманітність властивостей харчових продуктів і складність аналітичного опису процесів їх сушіння, найбільш точно і кількісно взаємозв'язки між вхідними та вихідними параметрами обробки конкретного продукту відображають моделі, одержані експериментально-статистичним методом.

Мета дослідження. На основі даних, отриманих методом активного експерименту [1], побудувати експериментально-статистичну модель процесу сушіння шапинки та ніжки гриба шампінйон, придатну для прогнозування якісних показників готового продукту й енергетичних витрат на його отримання.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом дослідження є процес сушіння штучно культивованого гриба *Agaricus bisporus* (шампінйон двоспоровий). Для отримання і перевірки математичної моделі процесу сушіння, яка описує в кількісній формі взаємозв'язки між вхідними (температура і початкова вологість) та вихідними (кінцева вологість і теплота випаровування) параметрами використані методи регресійного й кореляційного аналізу.

Витрати теплоти випаровування вологи з гриба в процесі конвективно-кондуктивного сушіння визначались за допомогою диференціального мікрокалориметра випаровування ДМКВ-1 [2].

Для експериментів використовували зрізи тканин товщиною близько 1 мм окремо шапинки та ніжки плодового тіла гриба шампінйон. Початкову вологість зразків визначали шляхом їх досушування в калориметрі при температурі 105°C до постійної маси.

За допомогою перетворювачів теплового потоку (ПТП) установки вимірювали різницю між тепловими потоками (рис. 1), що йдуть від калориметричної платформи в комірці з досліджуванним зразком та еталоном. Різниця цих теплових потоків відповідає потужності ПТП, що підводиться до досліджуваного зразка, необхідної для фазового переходу рідини у пару [3].

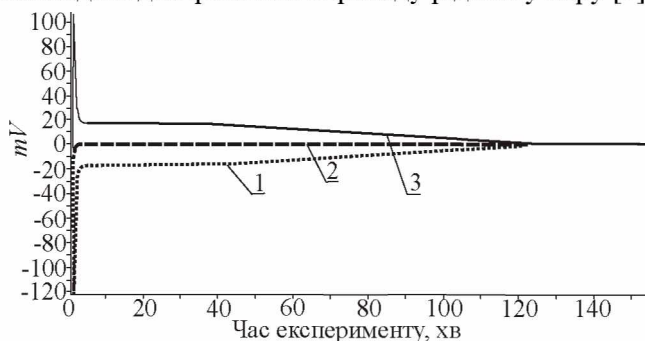


Рис. 1. Теплові потоки процесу сушіння зразка на установці ДМКВ-1:
1 — ПТП дослідного зразка; 2 — ПТП еталону; 3 — диференціальний ПТП

Температура проби досліджуваного зразка підтримувалась за допомогою електричного нагрівача та дорівнювала температурі повітря в робочій камері. Сушіння зразків закінчували при досягненні ними рівноважної вологості. Зміни маси зразка в процесі дослідження безперервно контролювались за допомогою аналітичних ваг і автоматично записувались на комп'ютер, оснащений спеціальним програмним забезпеченням.

Усі фактори, що впливають на процес, можна поділити на три групи [4]:

- контрольовані і керовані — це фактори, для яких можна не тільки зареєструвати їх рівень, але ще і задати в кожному конкретному досліді будь-яке його можливе значення;

- контрольовані, але некеровані чинники — це чинники, рівні яких можна тільки реєструвати, але задати у кожному досліді їх певне значення практично неможливо;

- неконтрольовані — це фактори, рівні яких не реєструються експериментатором і про існування яких він навіть може і не підозрювати.

До контрольованих і керованих факторів відноситься температура сушіння, яку в процесі експерименту змінювали від 40 °С до 80 °С з кроком 10 °С.

До контрольованих і некерованих факторів відноситься маса і вологість зразка, а також кількість теплоти, необхідної для випаровування води з продукту.

Неконтрольовані параметри в процесі моделювання не враховувались.

Процес сушіння можна вивчати й аналізувати, змінюючи входні впливи (фактори) і спостерігаючи за виходами (відгуками) (рис. 2). Вхідними параметрами визначимо температуру досліджуваного зразка і його вологість. Вихідним параметром буде теплота випаровування. Сутністю моделювання є виявлення наявності залежності між вологістю w й теплотою випаровування r при заданих температурах t , а завданням — побудова математичної моделі цієї залежності у вигляді функціоналу

$$r(t) = f(w(t), t). \quad (1)$$



Рис. 2. Процес сушіння гриба за факторами і відгуками

Результати і обговорення. Аналітичну залежність (1) шукали методом регресійного аналізу.

Регресійний аналіз — метод моделювання вимірюваних даних і дослідження їх властивостей. Дані складаються з пар значень залежної змінної (відгуку) і незалежної змінної (фактору). Регресійна модель є функцією незалежної змінної. Параметри моделі визначають за умови мінімізації відносної похибки

$$\varepsilon = \max_i \left(\frac{|y_i^o - y_i^m|}{y_i^o} \right) \cdot 100\% \rightarrow \min, \quad (2)$$

де y^o , y^m — відповідно, результати експериментальних вимірювань теплоти випаровування й отримані результати моделювання; $\bar{y}^o$, $\bar{y}^m$ — середні значення, відповідно, експериментальних вимірювань і результатів моделювання.

Ще одним критерієм якості наближення [5] є коефіцієнт кореляції

$$R^{o-m} = \frac{\sum_i (y_i^o - \bar{y}^o)(y_i^m - \bar{y}^m)}{\sqrt{\sum_i (y_i^o - \bar{y}^o)^2 \sum_i (y_i^m - \bar{y}^m)^2}}, \quad (3)$$

який показує ступінь взаємозв'язку між експериментальними вимірюваннями і результатами моделювання. R^{o-m} представляє собою безрозмірну величину, що змінюється від -1 до 1 . При незалежному варіюванні змінних, коли зв'язок між ними відсутній, $R^{o-m} = 0$. При цьому додатні значення R^{o-m} вказують на позитивний (прямий) зв'язок (тобто при збільшенні значень однієї змінної в середньому зростає значення і другої змінної), а від'ємні — на негативний (зворотний) зв'язок (при зростанні однієї змінної інша зменшується).

Регресійні залежності теплоти випаровування $r_i(w(t))$ від вологості $w(t)$ при фіксованій температурі t за даними лабораторних експериментів [1] отримали за допомогою програми CurveExpert 1.3:

$$r_i(w(t)) = a e^{-\frac{(b-w(t))^2}{2c^2}}. \quad (4)$$

Значення коефіцієнтів a , b , c рівняння (4) для ніжки (n) та шапинки (m) наведені у табл. 1 і 2.

Таблиця 1. Значення параметричних коефіцієнтів рівняння регресії для ніжки гриба шампінйона

Параметричний коефіцієнт	Температура, °C				
	40	50	60	70	80
a_n	2639,0813	2602,07	2547,772	2498,958	2455,558
b_n	46,958819	46,4943	47,67273	46,00194	46,88827
c_n	180,50002	169,311	187,1412	205,4761	208,7901

Таблиця 2. Значення параметричних коефіцієнтів рівняння регресії для шапинки гриба шампінйона

Параметричний коефіцієнт	Температура, °C				
	40	50	60	70	80
a_m	2661,28	2622,01	2583,144	2563,155	2518,272
b_m	39,70399	35,7606	28,95223	26,8682	7,579714
c_m	146,3128	185,146	235,5848	228,5341	416,2074

З результатів аналізу рис. 3 випливає, що одержані статистично-регресійні моделі з достатньою точністю описують експериментальні дані. Так, коефіцієнти кореляції та відносні похибки для ніжки гриба становлять відповідно: $R_n^{o-m} \geq 0,887$ та $\epsilon_n^{o-m} \leq 1,35\%$, а для шапинки — $R_m^{o-m} \geq 0,943$ та $\epsilon_m^{o-m} \leq 1,84\%$.

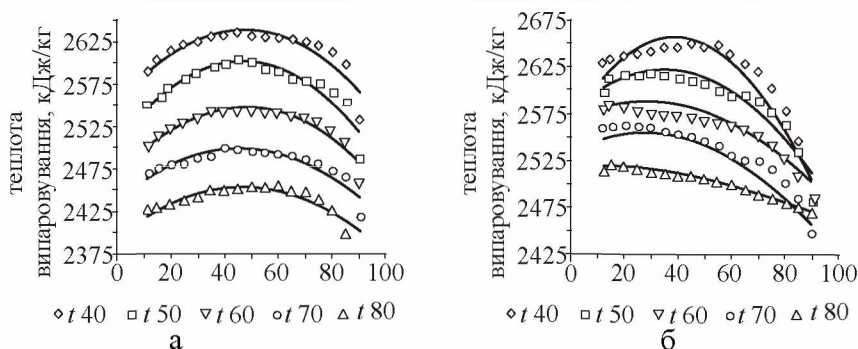


Рис. 3. Залежності зміни теплоти випаровування від вологості при різних температурах у процесі сушіння гриба шампінйона за експериментальними даними і моделлю: а — ніжки, б — шпинки

Оскільки коефіцієнти a , b , c (табл. 1, 2) є функціями температури, то виконавши апроксимацію (рис. 4, 5, 6):

a лінійним рівнянням —

$$a(t) = a_1 t + a_0; \quad (5)$$

b і c поліномами 4-го степеня —

$$b(t) = b_4 t^4 + b_3 t^3 + b_2 t^2 + b_1 t + b_0, \quad (6)$$

$$c(t) = c_4 t^4 + c_3 t^3 + c_2 t^2 + c_1 t + c_0, \quad (7)$$

отримуємо узагальнену модель процесу сушіння культивованого гриба шампінйона, що містить рівняння (4)—(7).

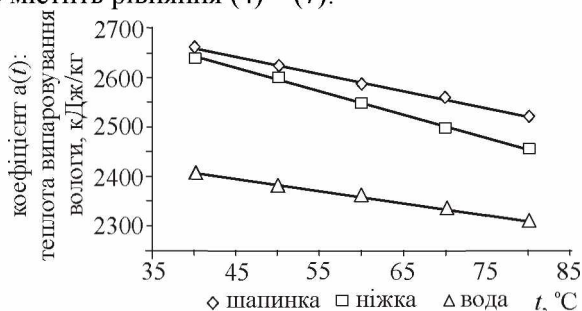


Рис. 4. Залежності коефіцієнтів a для ніжки і шпинки гриба шампінйона від температури порівняно з теплою випаровування чистої води

З результатів аналізу даних, наведених на рис. 4, випливає, що залежності коефіцієнтів a_n та $a_{ш}$ від температури відповідають (коефіцієнти кореляції, відповідно: $R_n^{a_n-H_2O} = 0,995$ та $R_{ш}^{a_{ш}-H_2O} = 0,999$) закону зміни теплоти випаровування води.

При цьому для ніжки й шпинки гриба коефіцієнти кореляції значень b_n та $b_{ш}$ (рис. 5), c_n та $c_{ш}$ (рис. 6) з теплопровідністю і теплоємністю води становлять, відповідно: $R_n^{b_n-H_2O} = -0,998$ та $R_{ш}^{b_{ш}-H_2O} = -0,882$, $R_n^{c_n-H_2O} = 0,914$ і $R_{ш}^{c_{ш}-H_2O} = 0,925$.

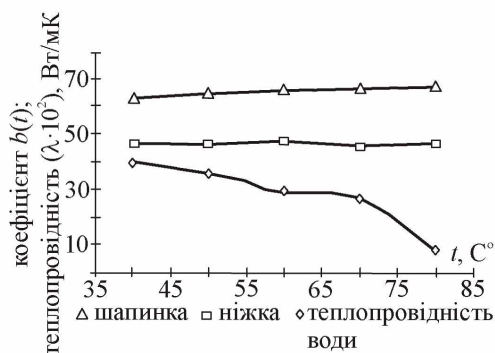


Рис. 5. Залежності коефіцієнтів b для ніжки і шапинки гриба шампінйона від температури порівняно з коефіцієнтом теплопровідності чистої води

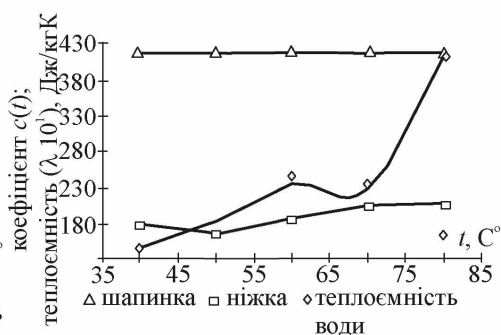


Рис. 6. Залежності коефіцієнтів c для ніжки і шапинки гриба шампінйона від температури порівняно з коефіцієнтом теплоємності чистої води

Рівняння (4)—(7) представляють узагальнену модель процесу сушіння ніжки та шапинки гриба шампінйона для довільного діапазону температур. Результати обчислювального експерименту за цією моделлю наведені на рис. 7.

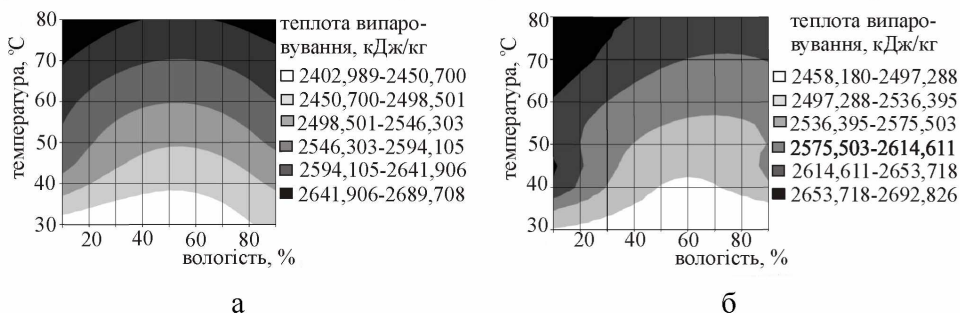


Рис. 7. Лінії рівня узагальненої моделі для довільного діапазону температур: а — ніжка, б — шапинка

Як видно з рис. 3 та 7, процеси сушіння ніжки та шапинки мають суттєві відмінності у перебігу процесу, що пов'язано з перевищенням величини теплоти випаровування вологи з гриба шампінйон над значенням випаровування чистої води на 9—10 % для шапинки і на 6—9 % - для ніжки.

Висновки

Отримані експериментально-статистичні моделі процесу сушіння культивованого гриба шампінйон описують перебіг процесу в сушарці з похибкою, що не перевищує 1,35 %, і можуть бути використані для прогнозування якісних показників готового напівфабрикату й енерговитрат на його отримання.

Виявлена спорідненість коефіцієнтів параметричних рівнянь експериментально-статистичної моделі процесу сушіння гриба з теплофізичними характеристиками води, що сприяє розширенню уявлення про зневоднення харчових продуктів.

Виявлена відмінність процесів сушіння шапинки та ніжки досліджуваного продукту вказує на необхідність розділення гриба на дві окремі сушені частини.

Література

1. Роман Т.О. Дослідження відмінностей теплових і хімічних властивостей між папінкою та ніжкою гриба шампінйон // Т.О. Роман, О.А., Єщенко М.Г. Іванченко, О.Г. Мазуренко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2016. — Т. 22, № 3. — С. 231—238.
2. Патент України № 84075 МПК G01N 25/26, G01N25/28. Калориметричний пристрій для визначення питомої теплоти випаровування вологи і органічних рідин з матеріалів / Снежкін Ю.Ф., Декуша Л.В., Дубовікова Н.С., Грищенко Т.Г., Воробйов Л.Й., Боряк Л.А. — Заявка № а200613266 від 15.12.2006.
3. Роман Т.О. Дослідження випаровування води із тканини гриба печериця в процесі сушіння // Т.О. Роман, О.Г. Мазуренко, Н.В. Дмитренко, Л.В. Декуша // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2014. — Т.20, № 2. — С. 208—214.
4. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: Конспект лекций (отдельные главы из учебника для вузов) // Н.А. Спирин, В.В. Лавров. Под общ. ред. Н.А.Спирина. — Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. — 257 с.
5. Дрейтер Норманн, Смит Гарри. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия (AppliedRegression Analysis). — 3-е изд. — Москва: «Диалектика», 2007. — 912 с.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ШЛЯПКИ И НОЖКИ ГРИБА ШАМПИНЬОН

О.А. Ещенко, Т.А. Роман, А.Г. Мазуренко

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены обобщенные экспериментально-статистические модели процесса сушки ножки и шляпки культивируемого гриба шампінйон, которые могут быть использованы для прогнозирования качественных показателей готового полуфабриката и энергозатрат на его получение. Модели построены на основе результатов активных экспериментов по определению теплоты испарения влаги из тканей ножки и шляпки гриба. Определены коэффициенты регрессионных уравнений и установлена связь между этими коэффициентами и теплофизическими характеристиками воды. Поверхности отклика, полученные на основе моделей, показали, что процессы сушки ножки и шляпки имеют существенные различия в ходе процесса.

Ключевые слова: шампінйон, сушка, экспериментально-статистическое моделирование, регрессионный анализ, теплофизические характеристики.

УДК 66.063.6 : 53.06

DEVELOPMENT OF EFFECTIVE AND ECO-FRIENDLY MEDIA FOR HIGH-TEMPERATURE COOLING

T. Grabova

Institute of Engineering Thermophysics of the UNAS

L. Haponych

National University of Food Technologies

Key words:

Cooling intensity

Vegetable oils

Geo-mineral solution

Film boiling

Heat-transfer coefficient

Article history:

Received 17.04.2016

Received in revised form

24.04.2016

Accepted 02.05.2016

Corresponding author:

T. Grabova

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The problem of heat removal of high density fluxes due to the use of eco-friendly heat carrier with presence of two-phase heat transfer transient regimes during cooling cycles is considered. The vegetable oils and geo-mineral solutions are investigated as model (basis) fluids. The cooling capacity is evaluated as a result of solving the inverse heat conduction problem. This statement is based on the temperature and time dependence of cooling standard cylindrical INCONEL 600 probe. It has been experimentally determined that there was no film boiling stage but compared to conventional cooling fluids during cooling of the thermal probe in investigated environments increased in 2—3 times: intensity and uniformity of cooling at high temperatures (850—600 °C). The eco-friendly media for high-temperature cooling, such as geo-mineral solutions and vegetable oils (canola and soybean) were evaluated by the authors to search for an alternative to traditional media. It is found that the cooling medium intensity depends not only on the base fluid and additives, but also on the processing method. The cooling capacity of the proposed media exceeds the observed properties of traditional media during quick (cooling rate to 310 °C) and moderate (cooling rate to 88 °C/c) cooling in 1.1—5.0 times. The developed cooling media should be used for hardening steel parts, as well as heat transfer fluid in heat exchangers of modern energy, food and pharmaceutical industries.

РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНИХ І ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ

Т.Л. Грабова

Інститут технічної теплофізики НАНУ

Л.С. Гапонич

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто проблему тепловідведення потоків великої густини за рахунок використання екологічно безпечних теплоносіїв з наявністю в охоло-

джувальних циклах нестационарних режимів двофазного теплообміну. Як модельні (базові) рідини досліджено рослинні олії та геомінеральні розчини. Проведено оцінку їх охолоджувальної здатності за результатами рішення зворотної задачі теплопровідності. Рішення базується на температурно-часових залежностях охолодження стандартного циліндричного термозонда зі сплаву Inconel 600. Експериментально встановлено, що при охолодженні термозонда в середовищах, які досліджуються, відсутня стадія плівкового кипіння, порівняно з традиційними охолоджуючими середовищами підвищується рівномірність охолодження зразків і в 2—3 рази зростає інтенсивність охолодження в області високих температур (850—600 °C). Розроблені нові охолоджувальні середовища доцільно використовувати для гарту сталевих деталей, також як теплоносії в теплообмінних апаратах сучасної енергетики, харчової та фармацевтичної промисловості.

Ключові слова: інтенсивність охолодження, рослинні олії, геомінеральні розчини, плівкове кипіння, коефіцієнт тепловіддачі.

Постановка проблеми. Процес охолодження перегрітих поверхонь відіграє важливу роль у багатьох галузях промисловості й енергетики, в т.ч. при термообробці металів. Високотемпературне охолодження відбувається за рахунок двофазного і конвективного теплообміну. Складність регулювання тепловідведення, наприклад, у технологіях загартування металевих виробів полягає в тому, що при охолодженні в діапазоні високих і середніх температур (850—400 °C) потрібно інтенсифікувати процес тепловідведення, а в діапазоні низьких температур (400—100 °C) — уповільнити. Одним зі шляхів оптимізації тепловідведення є розробка нових ефективних екологічно безпечних технологічних рідин (теплоносіїв, охолоджуючих середовищ, мастильно-охолоджуючих рідин) [1—4].

Традиційно охолодження гарячих металевих поверхонь у середовищах зі зміною агрегатного стану відбувається з різко вираженими екстремумами швидкості тепловідведення (рис. 1). У момент занурення в середовище металевого зразка спочатку має місце короткочасна стадія I, яка супроводжується хлопками і парорідинними струменями. Протягом стадії II поверхня покривається паровою плівкою і охолодження відбувається з низькою швидкістю. Найбільш інтенсивне охолодження характерне для стадії III, на якій за рахунок утворенням численних парових бульбашок істотно посилюється теплообмін у пристінковому шарі. Висока густина теплового потоку, що відводиться від поверхні при кипінні, обмежена значенням критичної густини теплового потоку ($q_{кр}''(\alpha^{max})$), при перевищенні якої коефіцієнт тепловіддачі різко зменшується. Стадія IV настає, коли температура поверхні стає нижчою за температуру кипіння рідини і охолодження відбувається за рахунок конвективного теплообміну [5—8].

Від вибору охолоджувального середовища залежить механізм кипіння, тривалість і швидкість кожної стадії охолодження. У свою чергу, це впливає на структурні трансформації металевих поверхонь, можливість виникнення таких негативних явищ, як тріщини й термодеоформації. При розробці середовищ для високотемпературного охолодження металевих поверхонь необхідно

враховувати вимоги до їх чисельних властивостей: фізико-хімічних і теплофізичних (густина, в'язкість, питома теплоємність, теплопровідність, температура кипіння, температура Лейденфроста, властивість змочування); охолоджуючих (тривалість, температурний діапазон і швидкість охолодження на кожній стадії, максимальні значення густини теплових потоків); стійкість до випаровування; стійкість до термодеструкції; екологічні властивості [6—9].

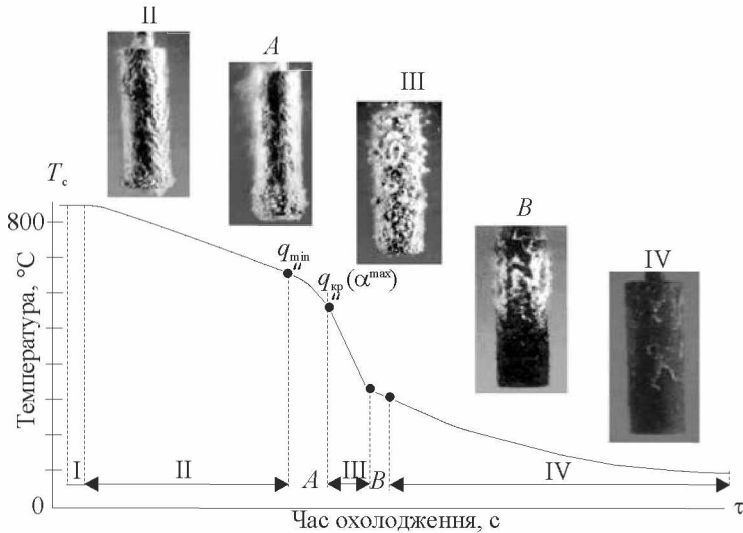


Рис. 1. Стадії охолодження циліндричного зразка в рідинному середовищі: I — стадія шокowego кипіння; II — стадія плівкового кипіння; III — стадія бульбашкового кипіння; IV — стадія конвективного або однофазного охолодження; А, Б — перехідні стадії

Мета дослідження. Розробка нових середовищ для охолодження перегрітих поверхонь, зокрема металів, що піддаються термообробці.

Матеріали і методи.

Модельні середовища. У статті досліджено дві групи середовищ (табл. 1): для швидкого охолодження — геомінеральні розчини (ГМР) з/без інгібітора корозії, для повільного (помірного) охолодження — нерафіновані рослинні олії (ріпакова (РО) і соєва (СО)). Для порівняння нових середовищ досліджено також традиційні середовища: у першій групі — вода, у другій — індустріальне масло І-20 (ІМ).

Таблиця 1. Характеристики середовищ, що досліджуються

Група	Середовище	Застосування апарата	Вміст сухих і добавок, %	Опис базової рідини і добавок	Походження субстанцій
1	2	3	4	5	6
1	ГМР	Вихідний	Сухий залишок - 25 М%	Складний мінеральний і елементний склад: розчин хлоридів Na, Mg, K, Ca тощо $T_{\text{кип}}=106...110\text{ }^{\circ}\text{C}$	Свердловина глибиною 2300 м (Прилуцький район Чернігівської області, Україна)
	ГМР+інгібітор корозії	АДЦ*	24 М%		

1	2	3	4	5	6
1	Вода	Вихідний	-	$T_{\text{кпл}}=100\text{ }^{\circ}\text{C}$	-
2	CO _{вих}	Вихідний		Суміш триацилгліцеринів вищих жирних кислот і супутніх речовин, $W=0,12\text{ }\%$; $T_{\text{кпл}}=250\ldots 300\text{ }^{\circ}\text{C}$	ТОВ «Агропереробне об'єднання» (Україна)
	CO _{АДЦ}	АДЦ			ВАТ «Ніжинський жиркомбінат» (Україна)
	PO _{вих}	Вихідний			
	PO _{АДЦ}	АДЦ			Державне підприємство «Калуський експеримент- тальний завод» (Україна)
	PO+SiO ₂	АДЦ	SiO ₂ - 1 М%	Структури з нано- частинок SiO ₂ (10... 40 нм) до 15 мкм в РО	надано ТОВ «БАРКОР- ОЙЛ»
	ІМ	Вихідний	-	Суміш вуглеводнів $T_{\text{кпл}}=300\text{ }^{\circ}\text{C}$	

Примітка: *АДЦ — апарат дисково-циліндричний (рис. 2).

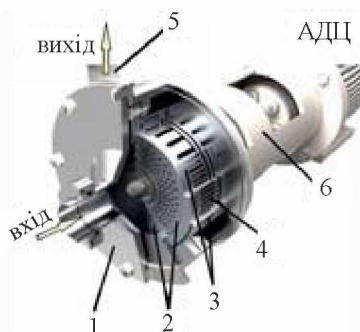


Рис. 2. Дисково-циліндричний апарат: 1 — кришка з вхідним патрубком; 2 — статор і ротор дискового вузла; 3 — статори циліндричного вузла; 4 — ротор циліндричного вузла; 5 — вихідний патрубок; 6 — електродвигун

Останнім часом у світі зростає інтерес до проблеми отримання та практичного застосування так званих нанорідин [7—10]. Авторами досліджено одне із таких середовищ із вмістом нанорозмірних частинок діоксиду кремнію.

Експеримент. Для отримання стабільних сумішей і суспензій було застосовано апарат роторно-пульсаційного типу, в якому реалізують метод спрямованого дискретного енергетичного впливу на гетерогенне середовище. Такі апарати добре зарекомендували себе в хімічній, фармацевтичній і харчовій галузях промисловості для здійснення ряду гетерогенних процесів (розчинення, диспергування, гомогенізації тощо). Апарати з чотирма статорно-роторними парами розроблено та створено фахівцями ІТТФ НАНУ [11, 12]. Термогідродинамічні параметри обробки середовища такі: частота пульсацій потоку рідини — 3,5 кГц; швидкість зсуву — до $205 \cdot 10^3\text{ c}^{-1}$; середня окружна швидкість — 17,2 м/с; початкова температура середовища, що обробляється, — 18... 20 °С; питомий час обробки — 2 хв/кг.

Дослідження охолоджувальної здатності середовищ здійснювалося на програмно-апаратному комплексі, розробленому і створеному в ІТТФ НАНУ відповідно до вимог міжнародного стандарту International Standards Organization (ISO 9950). Експериментальні дослідження проводилися за допомогою

стандартного циліндричного зразка — термозонда діаметром 12,5 мм і висотою 60 мм, в центрі якого вмонтовано хромель-алюмель термопару типу К. Термозонд виготовлено з жароміцного сплаву Inconel 600, який у процесі багатократних експериментів не змінює внутрішню структуру і забезпечує постійність стану поверхні зразка. Термозонд нагрівають у печі до 850 °С і швидко занурюють у 2000 мл середовища, що досліджується. З дискретністю 0,1 с фіксується температура зразка. На основі отриманих даних будуються температурно-часова $T(t)$ та диференціальна $V(T)=dT/dt$ залежності (рис. 3), за якими здійснюється аналіз охолоджуючої здатності середовищ [13—14].

Такий метод застосовується для оцінки охолоджувальної здатності середовищ, дослідження механізмів кипіння, кризи кипіння та визначення критичних теплових потоків.

Для визначення показника переломлення рідин використано рефрактометр лабораторний ИРФ-454 Б2М Г 34.15.051.

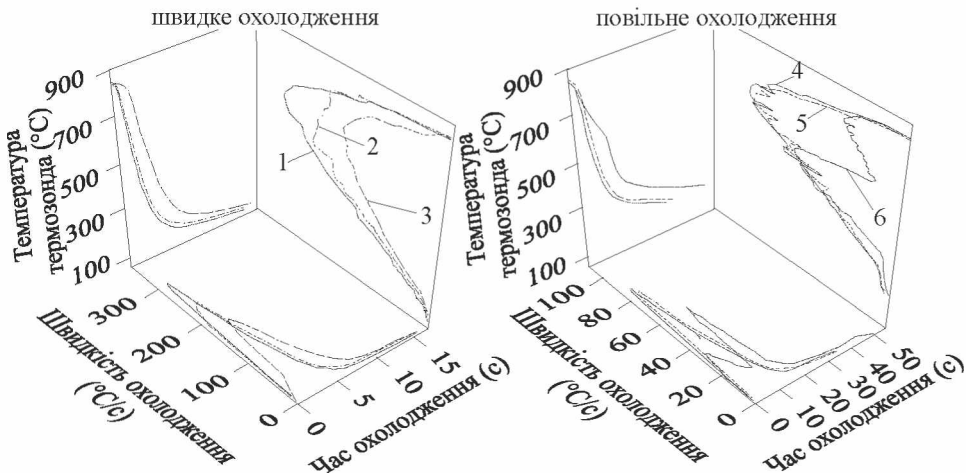


Рис. 3. Криві охолодження циліндричного термозонда в рідинних середовищах:

- 1 — геомінеральний розчин (ГМР) з інгібітором корозії; 2 — ГМР вихідний; 3 — вода;
4 — соєва олія (СО); 5 — ріпакова олія (РО); 6 — індустріальне масло І-20 (ІМ)

Особливістю охолодження в індустріальному маслі та рослинних оліях (поз. 4—6, рис. 3) порівняно з охолодженням у воді та водних розчинах (поз. 1—3) є зниження швидкості тепловідведення (до 30 разів). При виборі охолоджуючого середовища металевих зразків різної геометрії потрібно враховувати, що при охолодженні в середовищах групи помірного охолодження перепад температур між поверхнею і центром зразка, як правило, є набагато нижчим, ніж при охолодженні у групі швидкого охолодження.

Результати і обговорення.

Оцінка інтенсивності охолодження. Для аналізу інтенсивності теплообміну в досліджуваних середовищах проведено розрахунок ефективних коефіцієнтів тепловіддачі α , Вт/(м²·°С). Значення α були розраховані шляхом розв'язання оберненої задачі теплопровідності з використанням нелінійного рівняння теплопровідності (1) з граничною умовою (2) і початковою умовою (3) [6, 13]:

$$\frac{\lambda}{a} \frac{\partial T}{\partial \tau} = \operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} T); \quad (1)$$

$$\left[\frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\alpha}{\lambda} (T - T_m) \right]_{r=R} = 0; \quad (2)$$

$$T(r, 0) = T_0. \quad (3)$$

Для розрахунку α з (1—3) на основі регулярної теорії теплового стану [15] отримані рівняння (4—8):

$$V = \frac{a \operatorname{Kn}}{K} (T - T_m); \quad (4)$$

$$K = \frac{1}{\frac{v_0^2}{R^2} + \frac{\pi^2}{Z^2}}; \quad (5)$$

$$\operatorname{Kn} = \frac{\operatorname{Bi}_V}{(\operatorname{Bi}_V^2 + 1,437 \operatorname{Bi}_V + 1)^{0,5}}; \quad (6)$$

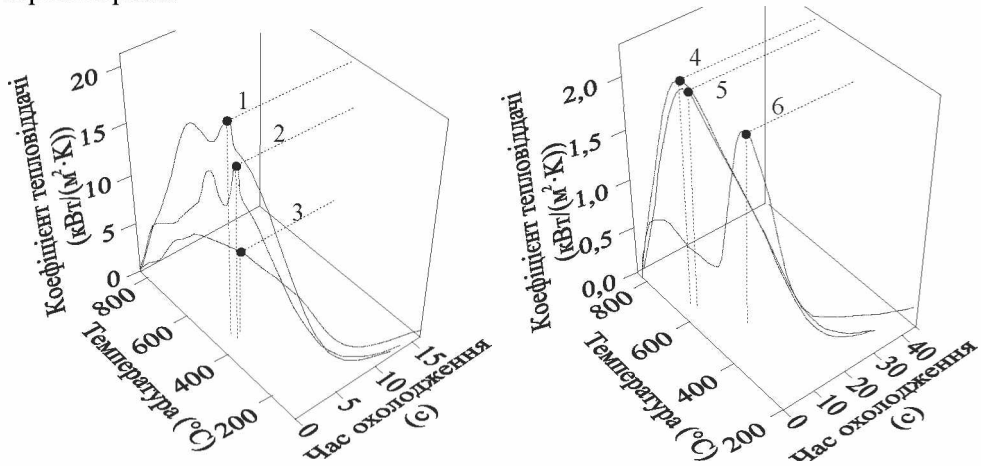
$$\operatorname{Bi}_V = \frac{\alpha}{\lambda} K \frac{S}{v}; \quad (7)$$

$$\alpha = \frac{v_0^2 \lambda \operatorname{Bi}_V}{D}; \quad (8)$$

де V — швидкість охолодження за експериментальними даними (рис. 3), $^{\circ}\text{C}/\text{с}$; a — температуропровідність зонда, $\text{м}^2/\text{с}$; Kn — число Кондратьєва і K — форм-фактор Кондратьєва, м^2 , [15]; T — температура зонда, $^{\circ}\text{C}$; T_m — температура середовища, $^{\circ}\text{C}$; Bi_V — узагальнене число Біо, λ — коефіцієнт теплопровідності матеріалу зонда, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$; S — площа поверхні, м^2 ; v — об'єм, м^3 ; R , D — радіус, діаметр зонда, м ; α — ефективний коефіцієнт тепловіддачі, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$; $v_0^2 = 5,784$. Обґрунтування вибору математичної моделі, верифікація моделі за допомогою зразка з мультитермопарою і визначення похибки розрахунку середніх ефективних коефіцієнтів тепловіддачі, яка складає 9—11 %, детально розглянуто в [13].

Розрахунки на основі експериментальних досліджень показали, що при охолодженні в рідинах на геомінеральній основі пікове значення коефіцієнтів тепловіддачі α зростає до $20,5 \text{ кВт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ (поз. 1—2, рис. 4) порівняно з водою $7,5 \text{ кВт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ (поз. 3). При охолодженні у воді утворюється нестійка парова плівка в діапазоні температур $850\text{—}790 \text{ }^{\circ}\text{C}$ з низьким α . Як видно з рис. 4, криві інтенсивності тепловідведення в ГМР мають по два екстремуми. Це свідчить про те, що процес бульбашкового кипіння має нерівномірний характер. Такий характер кипіння може бути пов'язаний з багатосольовим складом розчину. За рахунок вмісту солей підвищується теплота випаровування до $2,58 \text{ кДж}/\text{кг}$ з $2,38 \text{ кДж}/\text{кг}$ для води, змінюються деякі теплофізичні

властивості. Весь комплекс змін впливає на стійкість парової плівки і змінює температурний діапазон, в якому відбувається бульбашкового кипіння. Більш висока та рівномірна охолоджуюча здатність у середовищах, що досліджуються у групі швидкого охолодження, спостерігається для ГМР з інгібітором корозії.



- | | |
|---|---|
| 1 — $\alpha_{\text{ГМР+ін.}}^{\text{max}} = 20,53 \text{ кВт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ (481 °C); | 4 — $\alpha_{\text{СО}}^{\text{max}} = 2,25 \text{ кВт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ (637 °C); |
| 2 — $\alpha_{\text{ГМР}}^{\text{max}} = 17,05 \text{ кВт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ (438 °C); | 5 — $\alpha_{\text{РО}}^{\text{max}} = 2,18 \text{ кВт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ (642 °C); |
| 3 — $\alpha_{\text{вода}}^{\text{max}} = 7,47 \text{ кВт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ (480 °C) | 6 — $\alpha_{\text{ІМ}}^{\text{max}} = 1,9 \text{ кВт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ (514 °C) |

Рис. 4. Ефективні коефіцієнти тепловіддачі в процесі охолодження термозонда в рідинних середовищах: 1 — ГМР з інгібітором корозії; 2 — ГМР вихідний; 3 — вода; 4 — соєва олія (СО); 5 — ріпакова олія (РО); 6 — індустріальне масло (ІМ)

Кипіння середовищ групи помірного охолодження починається при більш високих температурах (150—300 °C) порівняно з середовищами групи швидкого охолодження (100—110 °C). Одночасно з кипінням у маслах та оліях відбувається процес розкладання, тому на поверхні утворюється не парова, як при охолодженні у воді, а газопарова плівка. Механізм руйнування такої плівки такий же, як і при охолодженні у воді. Стадія бульбашкового кипіння в маслах та оліях, а також пік інтенсивності охолодження відносяться до більш високих температур.

За результати досліджень (поз. 4—6, рис. 4) пікова інтенсивність охолодження у рослинних оліях досягає $\alpha^{\text{max}} = 2,18 \dots 2,25 \text{ кВт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$ при температурах $T = 637 \dots 642 \text{ °C}$, тоді як у ІМ — α^{max} досягає лише $1,9 \text{ кВт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$ при нижчій температурі $T = 514 \text{ °C}$. Це відбувається за рахунок того, що при охолодженні в середовищі рослинних олій відсутня стадія плівкового кипіння. У середовищі ІМ, як видно з рис. 4 на кривій охолодження (поз. 6), в області високих температур на поверхні утворюється стійка парогазова плівка, яка починає руйнуватися при 620 °C.

Стадія конвективного теплообміну при охолодженні у традиційному середовищі порівняно з рослинними оліями є тривалішою в середньому у 1,2—1,4 раза.

Експериментальні дослідження показали (табл. 2 і рис. 5), що охолоджувальна здатність середовищ залежить не тільки від їх фізико-хімічних властивостей, а й від методів обробки. Після обробки рослинних олій в АДЦ, порівняно з вихідними оліями, середній ефективний коефіцієнт тепловіддачі $\bar{\alpha}$ в діапазоні високих температур зріс у 1,1—1,2 раза, а в діапазоні середніх і низьких температур спостерігається тенденція зменшення у 1,1—1,8 раза.

Кількісну оцінку ефективності охолодження в нових і традиційних середовищах здійснено за порівняльним аналізом інтенсивності тепловіддачі (α) стандартного зразка в усьому температурному діапазоні.

Інтенсивність охолодження в середовищах на геомінеральній основі (поз. 1—2, рис. 6) вища, ніж у воді в 1,5...4 рази у всьому температурному діапазоні.

Таблиця 2. Інтенсивність охолодження термозонда в рослинних оліях

Середовище	$\alpha_{\max}$, кВт/(м ² ·°C)	при T , °C	$\bar{\alpha}$, кВт/(м ² ·°C) в діапазоні температур		
			високих	середніх	низьких
			850—600 °C	600—400 °C	400—200 °C
СО _{вих}	2,25	637	1690	1683	578
СО _{АДЦ}	2,66	668	2024 (↑1,2 раза)	1401 (↓1,2 раза)	334 (↓1,7 раза)
РО _{вих}	2,18	642	1578	1573	541
РО _{АДЦ}	2,09	686	1703 (↑1,1 раза)	1408 (↓1,1 раза)	295 (↓1,8 раза)

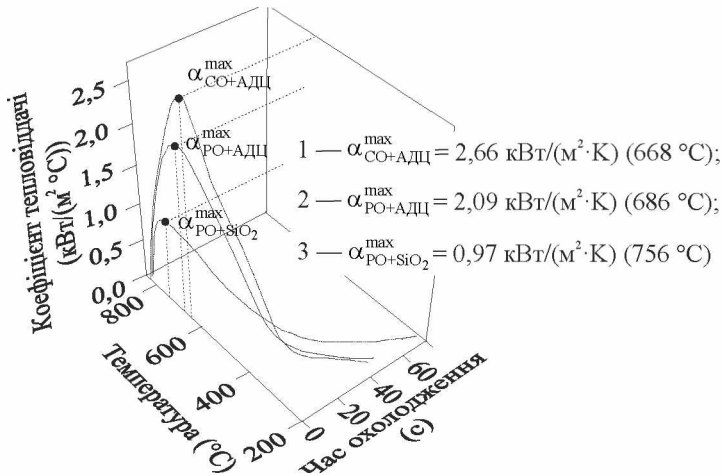


Рис. 5. Ефективні коефіцієнти тепловіддачі в процесі охолодження термозонда в рідинних середовищах: 1 — СО, яка пройшла обробку в апараті дисково-циліндричному (АДЦ); 2 — РО, яка пройшла обробку в АДЦ; 3 — РО з наночастинками оксиду кремнію (SiO₂)

Порівняння двох середовищ на геомінеральній основі (поз. 3) показує, що за рахунок введення 1 % інгібітора корозії в ГМР збільшується інтенсивність охолодження в 1,1...1,3 раза практично у всьому діапазоні температур за винятком початкової ділянки (850—780 °C).

Аналіз результатів показує, що інтенсивність охолодження зонда рослинними оліями вища у всьому інтервалі температур в 1,5...5 разів порівняно з

традиційним ІМ (поз. 5). Зіставлення інтенсивності охолодження для двох олій (поз. 4) підтвердило ідентичність показників, лише в діапазоні 850—800 °С інтенсивність охолодження вища в 1,2—1,8 раза у середовищі СО порівняно з РО. Додає переваги використанню для високотемпературного охолодження СО той факт, що, як зазначено в [6], у СО майже в два рази більше стійкість до окислення, ніж у ріпакової олії.

Характер впливу гідродинамічної обробки в АДЦ на охолоджуючу здатність рослинних олій з різним жирно-кислотним складом є майже ідентичним (поз. 6, 7): підвищення інтенсивності охолодження в діапазоні високих температур в 1,5—2,5 раза та зниження — в області середніх та частково низьких температур максимально у 2,5 раза. При цьому коефіцієнт переломлення n_d^{15} , який характеризує ступінь окислення олій, зміну молекулярної ваги, кількості ненасичених жирних кислот, залишається незмінним після обробки: для РО $n_d^{15}=1,4743$ і для СО — 1,4766.

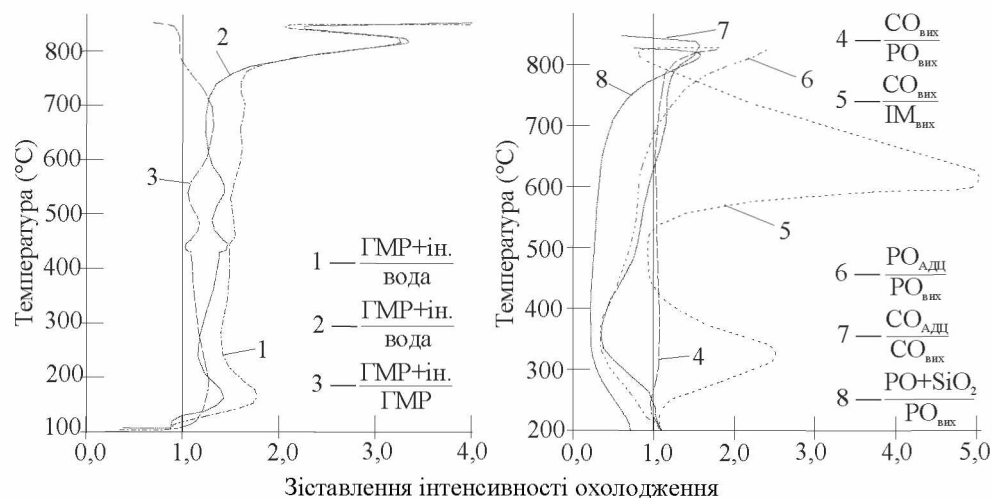


Рис. 6. Порівняння інтенсивності охолодження: 1—3 — у середовищах групи швидкого охолодження; 4—8 — у середовищах групи помірного охолодження

Додавання 1 М% діоксиду кремнію в РО призвело до істотного зниження інтенсивності охолодження більш ніж у 2 рази (поз. 8). Такий ефект пов'язаний з зростанням в 1,28 раза в'язкості отриманої рідини за рахунок утворення стійкої просторової структури з наночастинок, що впливає на механізми процесу кипіння та конвективної тепловіддачі.

Висновки

Дослідження показали, що при охолодженні в середовищах на геомінеральній основі та на основі рослинних олій не спостерігається стадія плівкового кипіння, що підвищує рівномірність охолодження зразків. Охолоджуюча здатність розглянутих екологічно безпечних середовищ вища, ніж у традиційних: для середовищ на геомінеральній основі — у 1,1—4 раза, а на основі ріпакової та соєвої олій — у 1,1—5 раза.

Інтенсивність охолодження в рослинних оліях зростає при високих температурах та зменшується при середніх і низьких температурах через гідродинамічну обробку. Додавання наночастинок діоксиду кремнію у ріпакову олію призвело до зниження інтенсивності тепловідведення більш ніж у 2 рази у всьому температурному діапазоні.

Для детального вивчення процесів охолодження, розуміння механізмів тепловіддачі й факторів впливу на охолоджуючу здатність сольових розчинів і рослинних олій необхідні додаткові дослідження ряду теплофізичних властивостей, візуалізації процесів кипіння й узгодження з кривими охолодження, що планується надалі. Такий комплекс досліджень дасть змогу розробити механізми спрямованого регулювання охолоджувальним властивостями середовищ для промислового гарту й технологічних рідин для високотемпературного охолодження.

Література

1. *Бондаренко В.И.* Наножидкости для энергетики: влияние стабилизации на критический тепловой поток при кипении / Б.И. Бондаренко, В.Н. Морару, С.В. Сидоренко, Д.В. Комыш, А.И. Ховавко // *Письма в ЖТФ*. — 2012. — Т. 38, № 18. — С. 68—78.
2. *Buongiorno J.* Nanofluids for Enhanced Economics and Safety of Nuclear Reactors: an Evaluation of the Potential Features, Issues and research Gaps / J. Buongiorno, L.W. Hu, S.J. Kim, R. Hannink, B. Truong, E. Forrest // *Nucl. Technol.* — 2008. — # 162. — P. 80—91.
3. *Intensive Quenching Systems: Engineering and Design* N.I. Kobasko, M.A. Aronov, J.A. Powell, G.E. Totten, — Publisher: ASTM International (West Conshohocken), 2010. — 252 p.
4. *Lotfi H.* Boiling Heat Transfer on a High Temperature Silver Sphere in Nanofluid / H. Lotfi, M.B. Shafii // *International Journal of Thermal Sciences*. — 2009. — # 48. — P. 2215—2220.
5. *Толубинский В.И.* Теплообмен при кипении. — Киев: Наукова думка, 1980. — 316 с.
6. *Kobasko N.I.* Vegetable Oil Quenchants: Calculation and Comparison of the Cooling Properties of a Series of Vegetable Oils / N.I. Kobasko, E.C. Souza, L.C.F. Canale, G.E. Totten // *J. Mechanical Engineering*. — 2010. — Vol. 56, # 2. — P. 131—142.
7. *Kim H., Buongiorno, J. Hu, L.W. McKrell, T.* Effect of Nanoparticle Deposition on Rewetting Temperature and Quench Velocity in Experiments With Stainless Steel Rodlets and Nanofluids: Proceedings of the Seventh International ASME Conference on Nanochannels, Microchannels and Minichannels, June 22—24, 2009, Pohang, South Korea / American Society of Mechanical Engineers, 2009. — P. 1—6.
8. *Ramest G.* Review of Thermo-Physical Properties, Wetting and Heat Transfer Characteristics of Nanofluids and their Applicability in Industrial Quench Heat Treatment / G. Ramest, N.K. Prabhu // *Nanoscale Review Letters*. — 2011. — V. 6, #1. — P. 334—349.
9. *Ramakrishna N.H.* Flow Visualization, Critical Heat Flux Enhancement, and Transient Characteristics in Pool Boiling Using Nanofluids / N.H. Ramakrishna, S.R. Shrikantha, R.P. Reddy // *J. ASTM International*. — 2012. — V. 9, # 5. — P. 1—16.
10. *Yu W.* A Review on Nanofluids: Preparation, Stability Mechanisms and Applications / W. Yu, H. Xie // *J. Nanomaterials*. — 2012. — V. 5. — 17 p.
11. *Dolinsky A.A.* Cooling Characteristics of Meso- and Nanofluids Prepared by the DPIE Method / A.A. Dolinsky, L.N. Grabov, A.A. Moskalenko, T.L. Grabova, P.N. Logvinenko // *Materials Performance and Characterization*. — 2014. — V. 3, # 4. — P. 337—351.
12. *Микро- и наноуровневые процессы в технологиях ДИВЭ: [тематический сборник статей / под ред. академика НАНУ А.А. Долинского].* — Киев: Академперіодика, 2015. — 464 с.
13. *Kobasko N. I.* Cooling Capacity of Coconut Oil, Palm Oil, and a Commercial Petroleum Oil by Solving the Heat Conductivity Inverse Problem / N.I. Kobasko, A.A. Batista Jr, L.C.F. Canale, G.E. Totten, V.V. Dobryvechir // *Materials Performance and Characterization*. — 2013. — V. 2, # 1. — P. 1—21.

14. Zupan J. Investigation of the Cooling Process with Nanofluids According to ISO 9950 AND ASTM D6482 STANDARDS / J. Zupan, D. Landek, T. Filetin // Materials and Technology. — 2013. — Vol. 47, # 1. — P. 125—127.

15. Кондратьев Г.М. Тепловые измерения. Учебное пособие / Г.М. Кондратьев. — Ленинград: Машгиз, 1957. — 240 с.

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ СРЕД ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Т.Л. Грабова

Институт технической теплофизики НАНУ

Л.С. Гапонич

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассмотрена проблема теплоотвода потоков большой плотности за счет использования экологически безопасных теплоносителей с наличием в охлаждающих циклах нестационарных режимов двухфазного теплообмена. Исследовано использование растительных масел и геоминеральных растворов в качестве модельных (базовых) жидкостей. Проведена оценка их охлаждающей способности по результатам решения обратной задачи теплопроводности. Решение базируется на температурно-временных зависимостях охлаждения стандартного цилиндрического зонда из сплава Inconel 600. Экспериментально установлено, что при охлаждении термозонда в средах, которые исследуются, отсутствует стадия пленочного кипения, по сравнению с традиционными охлаждающими средами повышается равномерность охлаждения образцов и в 2—3 раза возрастает интенсивность охлаждения в области высоких температур (850—600 °C). Разработанные охлаждающие среды целесообразно использовать для закалки стальных деталей, а также как теплоносители в теплообменных аппаратах современной энергетики, пищевой и фармацевтической промышленности.

Ключевые слова: *интенсивность охлаждения, растительные масла, геоминеральные растворы, пленочное кипение, коэффициент теплоотдачи.*

RESEARCH OF ANTIOXIDANT PROPERTIES OF ANTHOCYANINS AS THE PERSPECTIVE COMPONENTS FOR FOODSTUFFS IN EXTREME CONDITIONS OF LIFE ACTIVITY

N. Stetsenko, G. Simakhina, I. Goyko, S. Khalapsina

National University of Food Technologies

Key words:

*Anthocyanins
Antioxidant activity
Computer chemistry
Modelling
Electronic structure*

Article history:

Received 04.04.2016
Received in revised form
15.04.2016
Accepted 05.05.2016

Corresponding author:

G. Simakhina
E-mail:
npnft@ukr.net

ABSTRACT

The article presents the results of computer modelling of composition and antioxidant properties peculiar for anthocyanins (pelargonidine, cyanidine, and delphinidine). The electronic structure of molecules of these substances and corresponding radicals, quinones and hydrated compounds has been researched. The higher antioxidant activity of pelargonidine in comparison with cyanidine and delphinidine was also proved and grounded.

ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИОКСИДАНТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АНТОЦΙΑНІВ ЯК НЕОБХІДНИХ КОМПОНЕНТІВ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Н.О. Стеценко, Г.О. Сімахіна, І.Ю. Гойко, С.В. Халапсіна

Національний університет харчових технологій

У статті представлено результати комп'ютерного моделювання будови й антиоксидантних властивостей антоціанів пеларгонідину, ціанідину та дельфінідину. Досліджено електронну будову молекулярних структур, відповідних радикалів, хінонів і гідратованих сполук. Обґрунтовано й підтверджено більш високу антиоксидантну активність пеларгонідину порівняно з ціанідіном і дельфінідіном.

Ключові слова: антоціани, антиоксидантна активність, комп'ютерна хімія, моделювання, електронна будова.

Постановка проблеми. Останнім часом значно підвищився інтерес до дослідження процесів вільнорадикального окислення і, як наслідок, до препаратів,

здатних впливати на інтенсивність цих процесів. Це пов'язано з тим, що в умовах погіршення екологічної обстановки, під впливом різних екстремальних чинників в організмі спостерігається значне підвищення концентрації активних форм кисню (АФК), таких як $O^{\cdot}$, $OH^{\cdot}$, H_2O_2 тощо, здатних ушкоджувати молекули білків, нуклеїнових кислот, інактивувати ферменти, руйнувати мембрани клітин, що, у свою чергу, призводить до розвитку різних патологічних станів організму. Тому особливо гостро стоїть питання про можливості блокування цих вільнорадикальних процесів, ініціаторами яких є АФК, на початкових стадіях розвитку.

Антиоксидантна активність є однією з найважливіших характеристик речовин, визначенню якої приділяється особлива увага в наукових працях з дослідження біологічно активних сполук. Головна функція антиоксидантів — перехоплення вільних радикалів, які виникають у результаті певних процесів у клітині живого організму і здатні атакувати життєво важливі мішені, якщо природний механізм їх нейтралізації виявляється недовірливим [1].

Антиоксиданти — це природні або ідентичні природним поліфункціональні речовини, які беруть участь у різних типах обміну речовин, синтезі та перетворенні біологічно активних метаболітів, здатні перешкоджати окисленню активних хімічних речовин у клітинах організму людини, забезпечують активність універсальної регулюючої системи, перешкоджають накопиченню токсичних продуктів окислення.

Переваги харчових і нетоксичних антиоксидантів природного походження порівняно з синтетичними очевидні. Відомо, що нетоксичні антиоксиданти містяться в рослинних оліях, екстрактах рослин, інших рослинних продуктах, тому багато науковців поряд із вивченням хімічного складу рослин повсякчас вивчають і вміст у них природних антиоксидантів та їхній вплив на механізм гальмування окислювальних процесів.

Антоціани — біологічно активні поліфенольні сполуки рослинного походження. Вони належать до великої і поширеної групи флавоноїдів (або фенольних глікозидів). Для них характерна капіляророзміцнююча, кардіотропна, спазмолітична, гіпотензивна, сечогінна, жовчогінна, гепатозахисна, кровоспинна, протизапальна дія [2—3].

Антоціани є сильними антиоксидантами, які забезпечують захист від шкідливого впливу ультрафіолетового випромінювання, окислення й ушкодження вільними радикалами. Механізм їхньої дії заснований на здатності обривати розгалуження ланцюгової реакції окислення: при взаємодії з вільним радикалом вони віддають протон, перетворюючи радикал на молекулярний продукт, а самі перетворюються на слабкий радикал, нездатний брати участь у продовженні ланцюгової реакції [3—4].

Антоціани можуть і повинні стати альтернативою синтетичним барвникам, які хоча і мають стійке яскраве забарвлення, технологічні у використанні, однак здатні викликати алергійні реакції та чинити інші патологічні впливи на організм людини.

На сьогодні відомо, що у вищих рослинах зустрічаються шість антоціанідинів: пеларгонідин-3-глікозид, пеонідин-3-арабінозид, ціанідин-3-арабінозид, мальвідин, петунідин, дельфінідин. Глікозиди трьох неметильованих антоціанідинів:

динів (пеларгонідину, ціанідину та дельфінідину) є найбільш розповсюдженими у природі: вони наявні у 80 % забарвленого листа, 69 % фруктів, 50 % пелюсток квітів [5—8], тому за ступенем їхньої біологічної активності можна загалом оцінити ефективність того чи іншого природного джерела антоціанів.

Метою дослідження є оцінка біологічної активності та реакційної здатності молекул пеларгонідину, ціанідину та дельфінідину на основі дослідження просторової й електронної будови методами комп'ютерної хімії з точки зору їх використання у технологіях харчових продуктів.

Матеріали і методи. Для регулювання вільнорадикальних процесів в організмі застосовують біологічно активні речовини (БАР), що проявляють антиоксидантні властивості. До них належать препарати як синтетичного, так і природного походження, серед яких неабияке значення мають ті рослинні препарати, до складу яких входять біофлавоноїди, каротиноїди, есенціальні жирні кислоти тощо. Використання подібних препаратів надзвичайно перспективне, оскільки вони, будучи природними антиоксидантами, легко й органічно вступають у метаболічні процеси в організмі і практично не дають побічних ефектів, властивих синтетичним препаратам. Лікарські рослини широко використовують у медицині, однак як антиоксиданти їх вивчено лише фрагментарно. У зв'язку з цим дослідження лікарських рослин як потенційних антиоксидантів, моделювання можливого механізму їхньої інгібуючої дії щодо певних стадій відновлення кисню в організмі викликають значний інтерес.

На властивості і реакційну здатність біологічно активних речовин суттєво впливає їхня просторова будова. Методи молекулярної механіки, квантової хімії надають можливість розрахувати геометричні параметри молекул, їхні енергетичні характеристики й електронну будову, які будуть адекватні експериментальним даним [9].

Завдання комп'ютерних програм, що реалізують методи молекулярної механіки й квантової хімії, полягає у розрахунку енергетичних характеристик молекули та у знаходженні її оптимальної геометричної будови шляхом пошуку мінімального значення енергії залежно від координат атомів. Отримана геометрична будова молекули є оптимізованою.

Одним із програмних комплексів, який дозволяє проводити дослідження просторової й електронної будови біологічно активних сполук, а також їх властивостей, є програма HyperChem. Вона зручна у використанні, має розвинений інтерфейс, дозволяє проводити обмін інформацією з іншими пакетами програм [9]. Усі розрахунки проведені в середовищі програми HyperChem у напівемпіричному валентному наближенні методом РМ3, оскільки він є одним з найсучасніших квантово-хімічних параметричних наближень, результати розрахунків за допомогою якого надають можливість адекватно відтворити експериментальні дані. Перевагою використання методу комп'ютерного моделювання будови біологічно активних речовин є швидкість і простота отримання результатів, точність яких збігається з точністю експериментальних вимірювань [10].

Виклад основних результатів дослідження. У тканинах рослин антоціани зустрічаються, як правило, у вигляді глікозидів полігідрокси- та поліметокси- похідних солей 2-фенілбензопіріліуму або флавіліуму [6, 11]. Цукри зазвичай

приєднані в 3-положенні, також досить поширеними типами антоціанів є 3-глюкозида та 3-рутинозида (рис. 1).

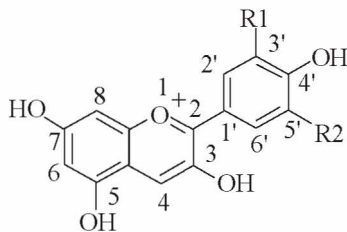


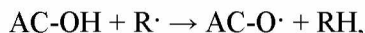
Рис. Флавіліум катіон — основа структури антоціанів

Індивідуальні антоціани розрізняються за кількістю гідроксильних груп, природою та кількістю приєднаних до молекули цукрів, за природою та кількістю аліфатичних або ароматичних кислот, приєднаних до цукру. В табл. 1 наведено порівняльну характеристику будови молекул досліджених антоціанів [12].

Таблиця 1. Радикали молекул антоціанідинів і місце їх приєднання в молекулі

Назва	Місце приєднання в молекулі						
	3	5	6	7	3'	4'	5'
Ціанідин	ОН	ОН	Н	ОН	ОН	ОН	Н
Дельфінідин	ОН	ОН	Н	ОН	ОН	ОН	ОН
Пеларгонідин	ОН	ОН	Н	ОН	Н	ОН	Н

Для прогнозування властивостей і реакційної здатності біологічно активних сполук можна застосовувати квантово-хімічні уявлення, враховуючи електростатичні (кулонівські) взаємодії між електронами і ядрами. На даному етапі дослідження було встановлено взаємозв'язок між електронною будовою антоціанів та їх здатністю вступати в одноелектронні реакції з вільними радикалами відповідно до рівняння:



де AC — антоціан; OH — гідроксильна група; $R\cdot$ — вільний радикал.

Найважливішою властивістю поліфенольних сполук з точки зору антиоксидантної активності є їхня здатність перетворюватися з окислених форм у відновлені, тобто з хінонних — у фенольні, що зумовлює їхню участь в окисно-відновних реакціях вільнорадикальних процесів. Молекули фенольних сполук, нейтралізуючи та інактивуючи радикал, самі перетворюються на малоактивні радикали. Антирадикальну активність мають тільки відновлені форми фенольних сполук, а хінонні форми є слабкими антиоксидантами. Хінонні форми відновлює, повертаючи їм таким чином антиокислювальні властивості, аскорбінова кислота. Перехід фенольних форм у хінонні є засобом регуляції вільнорадикального окислення мембран.

У літературі часто згадується про те, що аскорбінова кислота є потужним антиоксидантом, завдяки чому регулюються окисно-відновлювальні процеси в організмі, запобігаючи багатьом захворюванням радикального походження. Аскорбінова кислота не лише відновлює хінонні форми фенольних сполук, а й інші антиоксиданти, такі як вітаміни А і Е.

Аскорбінова кислота — це унікальна поліфункціональна сполука, здатна зворотно окислюватися та відновлюватися, завдяки чому вона бере участь у найважливіших процесах живої клітини.

Було досліджено електронну будову вихідних молекулярних структур, відповідних радикалів, хінонів і гідратованих сполук. Просторова будова речовин відповідала мінімуму загальної енергії, яку визначали шляхом її пошуку за координатами ядер. Значення загальної енергії сполук, яка оптимізована за координатами ядер, наведені у табл. 2.

Таблиця 2. Загальна енергія сполук

Сполука	Загальна енергія, -E, eV		
	пеларгонідин	ціанідин	дельфінідин
Молекулярна структура	3406,932	3700,677	3994,433
Радикал	3413,410	3707,223	4001,044
Гідратована сполука	3429,568	3723,373	4017,173
Хінон	3397,357	3691,149	3985,013

Встановлено, що з переходом від пеларгонідину до дельфінідину загальна енергія зменшується як для вихідних сполук, так і для радикалів, хінонів та гідратованих молекул. Такі зміни пов'язані зі збільшенням у цій послідовності кількості валентних електронів. Так, для вихідних сполук існує 100, 106 і 112 електронів відповідно для пеларгонідину, ціанідину та дельфінідину.

Найбільш стабільними є гідратовані сполуки антоціанів. Відповідні значення загальної енергії гідратованих сполук склали: пеларгонідин –3429,57 eV, ціанідин –3723,37 eV, дельфінідин –4017,17 eV. Для пеларгонідину, наприклад, загальна енергія з переходом від вихідного до гідратованого стану зменшується від –3406,9 до –3429,6 eV. Аналогічні зміни спостерігаються для ціанідину та дельфінідину. Навпаки, окиснення катіона молекули антоціану до стану хінону призводить до збільшення енергії (для ціанідину, наприклад, від –3700,7 до –3691,1 eV). Отже, хінон є менш стабільною сполукою порівняно з вихідним катіоном, його подальше перетворення, у тому числі й руйнування, сприяє утворенню стабільнішої структури.

У табл. 3 наведені енергія переходу (A_1) вихідного катіона до радикалу, енергії приєднання до радикалу атома гідрогену (H_{ad}), а також переходу від катіона до відповідного хінону (H_q).

Таблиця 3. Енергії спорідненості вихідного катіона до електрона (A_1), приєднання атома гідрогену до радикала (H_{ad}) і утворення хінону (H_q) для антоціанідинів

Природа переходу	Енергія, eV		
	пеларгонідин	ціанідин	дельфінідин
A_1	6,48	6,55	6,61
H_{ad}	16,16	16,15	16,13
H_q	–9,57	–9,53	–9,42

Порівняння наведених у табл. 3 даних свідчить, що спорідненість вихідного антоціанідину до електрона у послідовності від пеларгонідину до дельфінідину збільшується від 6,48 до 6,61 eV. Навпаки, енергія приєднання атома гідрогену зменшується приблизно на 0,03 eV. Ці зміни пов'язані з дією гідроксильних груп, кількість яких у фенольному кільці антоціанідинів збільшується від

пеларгонідину до дельфінідину. Отже, електронно-донорний ефект гідроксильних груп, які беруть участь у π -кон'югації, зумовлює збільшення значення A_1 і зменшення H_{ad} .

Також було досліджено зв'язок між електронною будовою антоціанідинів та їх здатністю вступати в одноелектронні реакції з вільними радикалами. Для цього визначили розподілення електронних зарядів на атомах, що утворюють гідроксильні групи, здатні взаємодіяти з неспареним електроном вільних радикалів. У табл. 4 представлені результати квантово-хімічних напівемпіричних розрахунків величин відповідних електронних зарядів на атомах оксигенів гідроксильних груп.

Таблиця 4. Величини електронних зарядів на атомах гідроксильних груп антоціанідинів

Положення атома	Електронний заряд (q), eV		
	Пеларгонідин	Ціанідин	Дельфінідин
O ₃	-0,212	-0,200	-0,212
O ₅	-0,219	-0,219	-0,218
O ₇	-0,215	-0,203	-0,218
O _{3'}	Не існує	-0,247	-0,244
O _{4'}	-0,224	-0,223	-0,232
O _{5'}	Не існує	Не існує	-0,218

За даними табл. 4 можна зробити висновок, що в молекулі пеларгонідину найбільшою є ймовірність відщеплення протона спочатку від атома оксигену в положенні O₃, потім — O₇, O₅ і в останню чергу O₄. Про це свідчить зростання абсолютного значення електронного заряду.

На відміну від пеларгонідину, в молекулі ціанідину міститься на одну гідроксильну групу більше. Це означає більшу кількість точок приєднання вільних радикалів. Ймовірність відщеплення протонів від існуючих гідроксильних груп відповідає такій послідовності: спочатку від атома оксигену в положенні O₃, потім O₇, O₅, O₄ і O_{3'}.

Порівняно з пеларгонідином, у молекулі дельфінідину міститься на дві гідроксильні групи більше. Ймовірність відщеплення протонів від існуючих гідроксильних груп відповідає такій послідовності: O₃, O₅, O_{5'}, O₅, O_{4'} і O_{3'}.

У молекулі пеларгонідину ймовірність відщеплення протона від гідроксильних груп є найбільшою, на що вказують електронні заряди на атомах оксигену. Отже, молекула пеларгонідину буде швидше та легше вступати в реакції з вільними радикалами за рахунок відщеплення протонів гідроксильних груп. Це зумовлює більш високу антиоксидантну активність зазначеної сполуки. Найміцніше утримуються протони в гідроксильних групах дельфінідину. Розрахунки електронної будови молекул трьох антоціанів надали можливість пояснити і підтвердити більш високу антиоксидантну активність пеларгонідину порівняно з ціанідином і дельфінідином.

Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що з трьох проаналізованих молекул антоціанів, а саме: пеларгонідину, ціанідину та дельфінідину, найбільш стабільною є молекула дельфінідину. Всі гідратовані сполуки є більш стабільними порівняно з їхніми вихідними форми. Найменш стійкими є хінон-

ні форми досліджених молекул, що свідчить про можливість їх легкого перетворення і руйнування. Логічно передбачити, що молекула пеларгонідину буде швидше та легше вступати в реакції з вільними радикалами за рахунок відщеплення протонів гідроксильних груп, що зумовлює вищу антиоксидантну активність зазначеної сполуки.

Дослідження хімічного складу, фізіологічних властивостей антоціанів лікарської сировини та сільськогосподарських культур, сумарних фітокомпозицій та індивідуальних речовин, у даному разі антоціанідинів, обґрунтовують конструювання й виробництво нових високоефективних дієтичних добавок, функціональних інгредієнтів, натуральних збагачувачів різних харчових середовищ і відкривають їхні нові природні джерела.

Таким чином, використання в харчових технологіях рослинних матеріалів з підвищеним вмістом антоціанідинів, передусім пеларгонідину, можна розглядати як перспективний шлях отримання напівфабрикатів і харчових продуктів антиоксидантного спрямування. Вони є необхідною складовою харчового раціону для осіб, життєдіяльність яких здійснюється в умовах несприятливих екологічних чинників, наприклад військовослужбовців, особливо в зоні бойових дій, рятувальників тощо.

Література

1. *Анисимович И.П.* Параметры антиоксидантной активности соединений / И.П. Анисимович, В.И. Дейнека, Л.А. Дейнека, П.А. Фролов, П.А. Мясникова // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. — 2010. — № 11. — С. 104—110.
2. *Запрометов М.Н.* Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях / М.Н. Запрометов. — М.: Наука, 1994. — 240 с.
3. *Шкарина Е.И.* О влиянии биологически активных веществ на антиоксидантную активность фитопрепаратов / Е.И. Шкарина, Т.В. Максимова, И.Н. Никулина и др. // Химико-фармацевтический журнал. — 2001. — Т. 35. — № 6. — С. 40—47.
4. *Синютина С.Е.* Экстракция флавоноидов из растительного сырья и изучение их антиоксидантных свойств / С.Е. Синютина, С.В. Романцова, В.Ю. Савельева // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. — 2011. — № 1. — С. 345—347.
5. *Латин А.А.* Антиоксидантные свойства продуктов растительного происхождения / А.А. Латин, М.Ф. Бортников, А.П. Карманов // Химия растительного сырья. — 2007. — № 2. — С. 79—83.
6. *Mazza G.* Anthocyanins in fruits, vegetables and grains / G. Mazza, E. Miniati. — Boca Raton: CRC Press Inc., 1993. — 362 p.
7. *Anthocyanins and other flavonoids* / J.B. Harborne [et al.] // Natural Product Reports. — 2001. — Vol. 18. — P. 310—333.
8. *Wang H.* Anthocyanin Transformation in Cabernet Sauvignon Wine during Aging / H. Wang // J. Agric. Food. — 2003. — Vol. 51. — P. 7989—7994.
9. *Соловьев М.Е.* Компьютерная химия / М.Е. Соловьев, М.М. Соловьев. — Москва: СОЛОН-Пресс, 2005. — 536 с.
10. *Бутырская Е.В.* Компьютерная химия: основы теории и работа с программами Gaussian и GaussView / Е.В. Бутырская. — Москва: СОЛОН-ИРЕСС, 2011. — 244 с.
11. *Brouillard R.* Chemical structure of anthocyanins. / R. Brouillard // Anthocyanins as food colors / ed. by P. Markakis. — New York: Academic Press, 1982. — Ch. 1. — P. 1—40.
12. *Макаревич А.М.* Функции и свойства антоцианов растительного сырья / А.М. Макаревич, А.Г. Шутова, Е.В. Спиридович, В.Н. Репетников // Труды БГУ. — 2010. — Т. 4, выпуск 2. — С. 1—11.

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ АНТОЦИАНОВ КАК НЕОБХОДИМЫХ КОМПОНЕНТОВ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Н.А. Стеценко, Г.А. Симахина, И.Ю. Гойко, С.В. Халапсина

Национальный университет пищевых технологий

В статье представлены результаты компьютерного моделирования строения и антиоксидантных свойств антоцианов пеларгонидина, цианидина и дельфинидина. Исследовано электронное строение молекулярных структур, соответствующих радикалов, хинонов и гидратированных соединений. Обоснована и подтверждена более высокая антиоксидантная активность пеларгонидина по сравнению с цианидином и дельфинидином.

Ключевые слова: антоцианы, антиоксидантная активность, компьютерная химия, моделирование, электронное строение.

TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF A CULINARY SEMI-FINISHED PRODUCT FOR PUREED SOUP

O. Pushka, A. Gavrysh, A. Nemirich, T. Ishchenko

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
<i>Technological properties Semi-finished product Modified starch Surfactant Soup</i>	The technological properties of a culinary semi-finished product for pureed soup have been determined. The aggregate resistance, degree of crystallinity, degree of syneresis, acid and peroxide value of model system and culinary semi-finished product have been researched. The recipe of a culinary semi-finished product and concentrate for pureed soup has been proven. The recipe consists of modified starch from waxy maize Thermflo and Thermtex, herbal oil, citric acid ester and water (for culinary semi-finished product). It has been found that surfactants improve technological properties of culinary semi-finished products and, correspondingly, the quality of pureed soups.
Article history:	
Received 15.04.2016	
Received in revised form 10.05.2016	
Accepted 21.05.2016	
Corresponding author:	
O. Pushka	
E-mail:	
npnufi@ukr.net	

ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КУЛІНАРНОГО НАПІВФАБРИКАТУ ДЛЯ ПЮРЕПОДІБНИХ ПЕРШИХ СТРАВ

О.С. Пушка, А.В. Гавриш, О.В. Нєміріч, Т.І. Іщенко

Національний університет харчових технологій

У статті визначено технологічні властивості кулінарного напівфабрикату для пюреподібних перших страв. Досліджено агрегативну стійкість, ступінь кристалічності, ступінь синерезису, кислотне та перекисне число модельних систем і кулінарного напівфабрикату. Обґрунтовано рецептуру кулінарних напівфабрикату та концентрату для супів-пюре, які складаються з модифікованого крохмалю з восковидної кукурудзи (Thermflo або Thermtex), олії рослинної, ефіру лимонної кислоти та води (для кулінарного напівфабрикату). Встановлено, що поверхнево-активні речовини покращують технологічні властивості кулінарних напівфабрикатів, і, відповідно, поліпшують якість пюреподібних перших страв.

Ключові слова: технологічні властивості, напівфабрикат, модифікований крохмаль, поверхнево-активні речовини, перші страви.

Постановка проблеми. Їжа є одним з найважливіших чинників, що впливає на стан здоров'я, працездатність, розумовий і фізичний розвиток, а також на

тривалість життя людини. Стабільний настрій, висока розумова і фізична працездатність, повноцінний сон, здоровий зовнішній вигляд — результат правильного харчування. Фахівці з раціонального харчування стверджують, що 80 % нашого здоров'я безпосередньо залежить від здорового харчування, яке полягає у встановленні гармонії між продуктами харчування та гомеостазом організму людини.

Перші страви відіграють важливу роль у функціонуванні людського організму. Вони забезпечують тіло енергією і теплом, сприяють поліпшенню функціонування шлунково-кишкового тракту і стимуляції обмінних процесів в організмі. Значну роль у приготуванні супів відіграє використання як заправки пасерованих овочів, оскільки багато вітамінів не тільки руйнуються в киплячому бульйоні, але й випаровуються, а жири здатні їх утримувати.

Для приготування перших страв використовуються найрізноманітніші продукти, тому супи такі багаті вітамінами і практично всіма есенціальними речовинами, необхідними для здорового способу життя.

Перші страви представлені широким асортиментом. За способом приготування розрізняють супи заправні (борщі, юшки картопляні, розсольники тощо), прозорі (бульйони), пюреподібні (кулешики з овочів, м'яса) і різні (солодкі, молочні, холодні).

Серед асортименту перших страв супи-пюре привертають до себе найбільшу увагу. Вони є незамінними при багатьох спеціальних дієтах, дитячому і геродієтичному харчуванні. Проте за рахунок значних затрат часу, додаткових технологічних операцій і спеціального обладнання ці страви не є часто вживаними. Вирішити дану проблему можливо за рахунок використання кулінарних напівфабрикатів різного ступеня готовності, які дозволяють інтенсифікувати технологічний процес, покращити споживчі властивості страв.

Важливим органолептичним показником якості супів-пюре є їх консистенція. При збільшенні терміну зберігання можуть утворюватися дефекти у вигляді розшарування, утворення емульсійних вкраплень жиру, появи плівки на поверхні, що призводить і до зміни фізико-хімічних показників. З огляду на це, ще одним напрямком використання кулінарних напівфабрикатів є забезпечення відповідної структури страви.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасних літературних джерел [1–6] показав, що серед широкого асортименту структуроутворювачів для супів незамінними є окислені модифіковані крохмалі. Вони утворюють прозорі клейстери, стабільну однорідну структуру, здатні до повторної пастеризації, не втрачають своїх властивостей при заморожуванні-розморожуванні. Виходячи з цього, для створення кулінарного напівфабрикату було обрано модифіковані крохмалі з восковидної кукурудзи фірми «Ingredion» (Німеччина) — Thermflo, Thermtex, які є оксипропільованими дикрохмальфосфатами, що характеризуються вказаними властивостями.

До складу більшості супів входять рослинні або тваринні жири, які є нестабільними у водному розчині, тому для забезпечення агрегативної стійкості було вирішено використовувати в складі кулінарного напівфабрикату для супів-пюре поверхнево-активні речовини (ПАР), а саме: ефір лимонної кислоти фірми GRINDSTED® CITREMSP 70, який виготовлений з харчової рафінова-

ної соняшникової та пальмової олії. Ефір, згідно з Постановами ЄС № 1829/2003 і 1830/2003, відповідає вимогам Європейського Союзу та є повністю безпечним для використання у харчовій промисловості.

Таким чином, вказані інноваційні інгредієнти обрані для створення універсального кулінарного концентрату, що являє собою суміш модифікованих крохмалів, жиру та ПАР, і кулінарного напівфабрикату високого ступеня готовності, тобто суміші оклейстеризованої крохмальної дисперсії модифікованих крохмалів, жиру й ПАР.

Мета дослідження. Вивчення технологічних властивостей кулінарного концентрату і напівфабрикату для пореподібних перших страв.

Викладення основних результатів дослідження. Важливою технологічною здатністю кулінарного напівфабрикату є агрегативна стійкість (АС, %), яка характеризує стійкість системи «олія в воді» при зберіганні.

Кінетично стабільні емульсії утворюються з використанням амфифільних сполук (емульгаторів), які сприяють утворенню емульсії і поліпшують її стабільність. Після формування крапель емульгатори утворюють тонкий шар навколо крапель олії, які інгібують їх агрегацію шляхом створення сили відштовхування між ними. Характеристика емульгатора (тип і концентрація), об'ємна фаза властивостей (поверхневий натяг і в'язкість) впливають на утворення крапель олії (розмір, заряд, взаємодію), а також фізико-хімічні властивості емульсії (фізичну і хімічну стабільність).

З огляду на вищесказане, було досліджено вплив ПАР на агрегативну стійкість модельних систем після зберігання протягом 10 діб при температурі 4—6 °С (рис. 1).

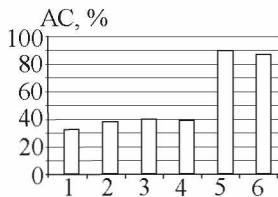


Рис. 1. Агрегативна стійкість модельних систем кулінарного напівфабрикату для пореподібних перших страв: 1 — клейстер крохмалю картопляного з олією; 2 — клейстер крохмалю Thermflo з олією; 3 — клейстер крохмалю Thermtex з олією; 4 — клейстер картопляного крохмалю з олією та ПАР; 5 — клейстер крохмалю Thermflo з олією та ПАР; 6 — клейстер крохмалю Thermtex з олією та ПАР

Як видно з рис. 1, агрегативна стійкість крохмального клейстеру картопляного крохмалю нижча на 5 та 4 %, ніж відповідних клейстерів модифікованих крохмалів Thermflo та Thermtex. АС досліджуваних клейстерів без ПАР значно нижча в порівнянні з клейстерами з ПАР. Найкраще ця властивість спостерігається в модифікованих крохмалях, що пов'язано з тим, що їх гідрофільна головна група має спорідненість до водної фази, а ліпофільний «хвіст», часто довший, переважно розташовується в жировій фазі. АС клейстеру картопляного крохмалю з ПАР збільшилась на 3 % порівняно з клейстером без ПАР. Таким чином, ПАР розташовується на поверхні розділу жир-вода і зменшує, відповідно, поверхневий або міжфазний натяг.

Отже, отримані дані агрегативної стійкості свідчать про доцільність використання у складі кулінарного напівфабрикату для супів-пюре ефіру лимонної кислоти.

Крохмалі здатні в поляризованому світлі під мікроскопом мати вигляд сферокристалів. Ця властивість пояснюється тим [7], що під час росту крохмальних зерен відбувається орієнтація розгалужених полісахаридних ланцюгів у

радіальному напрямку, що, у свою чергу, сприяє утворенню областей, які мають упорядковану структуру, властиву кристалам. Їх характер чинить значний вплив на властивості крохмального полімеру і залежить від багатьох факторів: співвідношення амілози й амілопектину, природи полімеру, їх молекулярної маси, ступеня розгалуження, довжини і конформації зовнішніх гілок, а також від форми й розміру кристалічних зон у внутрішній молекулярній решітці.

З літературних джерел [7] відомо, що від ступеня кристалічності залежить засвоюваність продукту людським організмом, тому за допомогою рентгенографічного методу проводилося визначення співвідношення кристалічної й аморфної фаз в досліджуваних зразках.

Аналіз характеру дифрактограм клейстерів нативного картопляного та модифікованих крохмалів свідчить, що в крохмалях Thermflo та Thermtex (рис. 2б, в) порівняно з нативним картопляним (рис. 2а) спостерігається відносне зменшення міжплощинних відстаней (d/n , де d — відстань між площинами кристала; n — число площин кристала), що свідчить про зменшення параметрів елементарної комірки кристалічної структури. Це зменшення, ймовірно, свідчить насамперед про різний ступінь руйнування кристалічної структури крохмалів. Після модифікації крохмалів відносний ступінь кристалічності в загальному змінюється за рахунок розриву існуючих зв'язків, а також утворення нових у процесі модифікації.

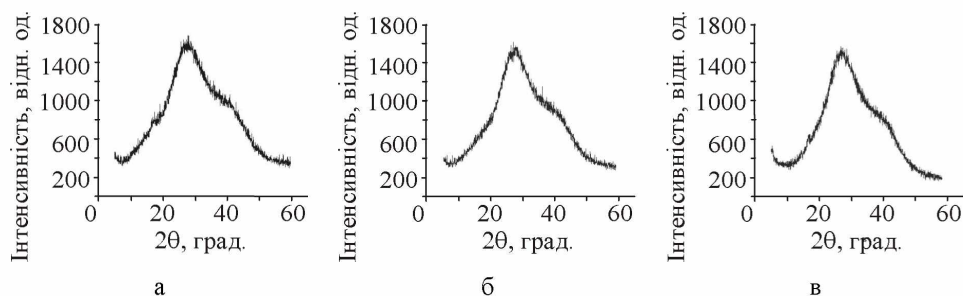


Рис. 2. Дифрактограми 10 % клейстерів:

а — картопляного; б — крохмалю Thermflo; в — крохмалю Thermtex

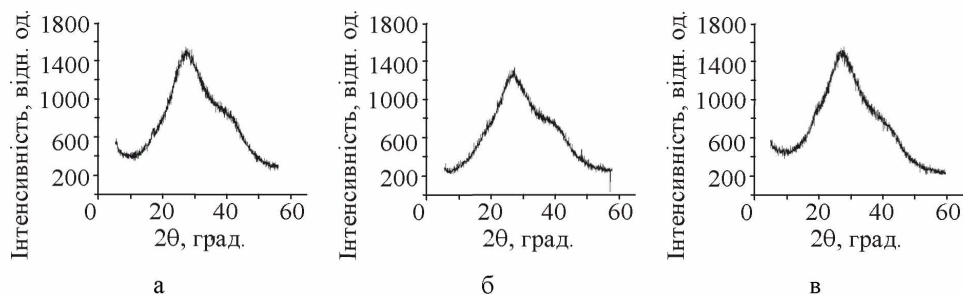


Рис. 3. Дифрактограми 10 % клейстерів з рослинною олією:

а — картопляного; б — крохмалю Thermflo; в — крохмалю Thermtex

Характер зміни кукурудзяного крохмалю, що пройшов оброблення кислотою, свідчить про збільшення розмірів елементарної комірки кристалічної структури, тобто збільшення кількості молекул у складі елементарної комірки, оскільки

гідроліз молекул крохмалю призводить до зменшення їх розмірів. Аналіз відносних інтенсивностей свідчить, що характер структури при цьому не змінюється. Відбувається незначне зменшення відносного ступеня кристалічності.

Аналіз дифрактограм модельних клейстерів з олією (рис. 3) показав, що відбувається незначне зменшення відстаней між площинами крохмалів, тобто олія зменшує ступінь кристалічності крохмалів.

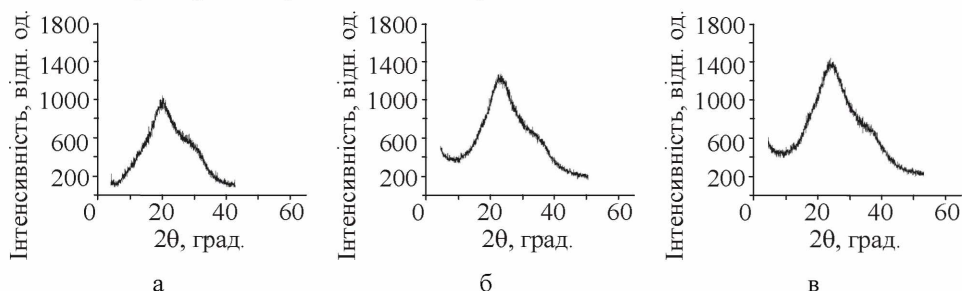


Рис. 4. Дифрактограми 10 % клейстерів з рослинною олією і ПАР:

а — картопляний; б — крохмалю Thermflo; в — крохмалю Thermtex

З рис. 4. видно, що дифрактограми модельних клейстерів з олією та ПАР мають незначні зміни кристалічної структури. Спостерігаються невеликі зменшення відстаней між площинами, через що ПАР в поєднанні з олією впливає на ступінь кристалічності крохмалів, понижуючи його.

Рентгенограми, зняті при опроміненні модельних клейстерів і кулінарних напівфабрикатів показали, що рецептурні інгредієнти впливають на кристалізацію крохмалів у крохмальних клейстерах, понижуючи її (рис. 2—4).



Рис. 5. Ступінь синерезису кулінарного напівфабрикату для порепоподобних перших страв

Оскільки зменшення ступеня кристалічності призводить до кращої атакованості крохмалю ферментами, то людським організмом засвоюються краще клейстери з використанням олії та ПАР, крім того, вони дозволяють отримати клейстери необхідної консистенції.

При дослідженні процесу синерезису кулінарних напівфабрикатів для порепоподобних перших страв встановлено, що під час шоквої заморозки всі вищевказані зразки рівномірно замерзали, тоді як при розморожуванні спостерігалось значне відділення води від напівфабрикату на основі картопляного крохмалю (рис. 5).

Отримані дані підтверджують перевагу використання модифікованих крохмалів у технології кулінарних напівфабрикатів порівняно з картопляним нативним.

Харчові продукти, які містять у своєму складі жири, здатні до окислення. Жири — джерело необхідних вітамінів та інших біологічно активних речовин, вони беруть участь у засвоєнні деяких нутрієнтів. Ліпіди представлені в основному сумішшю простих і змішаних тригліцеридів. Крім того, до їхнього складу входять у невеликих кількостях фосфатиди, стерини, стериди, пігменти і вітаміни, які є необхідним компонентом багатьох клітинних структур, виконують різні фізіологічні й біохімічні, структурні й метаболічні функції, але основна їхня роль в обміні речовин і підтримці здоров'я — енергетична.

Окиснення жирів призводить до втрати природного забарвлення, специфічного смаку і запаху продукту, набуття ними стороннього, іноді неприємного присмаку, втрати біологічної цінності. Ці зміни спочатку мало відчутні, поступово прогресують і можуть мінятися не тільки за інтенсивністю, але й за якістю. Окиснення жирів атмосферним киснем тією чи іншою мірою відбувається вже при їхньому одержанні й переробці. При зберіганні в несприятливих умовах жири набувають неприємні смак і запах, часто виявляються непридатними для харчових цілей.

Окисні перетворення жирів супроводжуються активацією вільнорадикальних реакцій перекисного окиснення ліпідів і денатурацією вуглеводів і білків, які ініціюються і розвиваються за участю вільних радикалів — молекул або часток, що володіють високою хімічною активністю. При окисненні утворюються речовини, що не тільки погіршують якісні характеристики продукту, але й здатні заподіяти шкоду здоров'ю людину [8].

Первинними продуктами окиснення жиру є пероксидні з'єднання, які утворюються в жирі під час технологічної обробки і при зберіганні. Для оцінки рівня розвитку окисних процесів визначили перекисне число (ПЧ) жиру, яке характеризується кількістю йоду, виділюваного в кислому середовищі з йодиду калію під дією пероксидів, що утримуються в 100 г жиру (табл. 1).

Таблиця 1. Зміна ПЧ кулінарного напівфабрикату для шореподібних перших страв упродовж зберігання 10 діб

Зразок	ПЧ, % J_2 , упродовж зберігання, діб		
	0	5	10
Клейстер крохмалю картопляного з олією	0,20±0,05	0,34±0,05	0,46±0,05
Клейстер крохмалю Thermflo з олією	0,18 ± 0,05	0,33±0,05	0,43±0,05
Клейстер крохмалю Thermtex з олією	0,19 ± 0,05	0,34±0,05	0,44±0,05
Клейстер картопляного крохмалю з олією і ПАР	0,19 ± 0,05	0,34±0,05	0,47±0,05
Клейстер крохмалю Thermflo з олією і ПАР	0,18 ± 0,05	0,34±0,05	0,44±0,05
Клейстер крохмалю Thermtex з олією і ПАР	0,18 ± 0,05	0,35±0,05	0,45±0,05
Кулінарний пастоподібний напівфабрикат з картопляного крохмалю	0,21 ± 0,05	0,36±0,05	0,48±0,05
Кулінарний пастоподібний напівфабрикат з крохмалю Thermflo	0,20 ± 0,05	0,35±0,05	0,46±0,05
Кулінарний пастоподібний напівфабрикат з крохмалю Thermtex	0,21 ± 0,05	0,35±0,05	0,46±0,05

Визначено кислотне число (КЧ) кулінарного напівфабрикату після приготування та впродовж зберігання (табл. 2), яке характеризує глибину гідролітичного розпаду жирів під час приготування, а в процесі зберігання вказує на окисне псування жиру поряд з іншими більш характерними показниками.

Таблиця 2. Зміна КЧ кулінарного напівфабрикату для супів-пюре впродовж зберігання 10 діб

Зразок	КЧ, мг ₂ КОН, упродовж зберігання, діб		
	0	5	10
Клейстер крохмалю картопляного з олією	1,52 + 0,05	1,66 + 0,05	1,82 + 0,05
Клейстер крохмалю Thermflo з олією	1,22 + 0,05	1,34 + 0,05	1,52 + 0,05
Клейстер крохмалю Thermtex з олією	1,65 + 0,05	1,83 + 0,05	2,0 + 0,05
Клейстер картопляного крохмалю з олією і ПАР	1,56 + 0,05	1,68 + 0,05	1,84 + 0,05
Клейстер крохмалю Thermflo з олією і ПАР	1,25 + 0,05	1,36 + 0,05	1,48 + 0,05
Клейстер крохмалю Thermtex з олією і ПАР	1,23 + 0,05	1,32 + 0,05	1,46 + 0,05
Кулінарний пастоподібний напівфабрикат з картопляного крохмалю	1,48 + 0,05	1,58 + 0,05	1,7 + 0,05
Кулінарний пастоподібний напівфабрикат з крохмалю Thermflo	1,19 + 0,05	1,26 + 0,05	1,39 + 0,05
Кулінарний пастоподібний напівфабрикат з крохмалю Thermtex	1,18 + 0,05	1,27 + 0,05	1,34 + 0,05

Згідно з отриманими даними, можна зробити висновок, що в складі пастоподібного кулінарного напівфабрикату жири зберігаються краще, ніж у кулінарному напівфабрикаті.

З табл. 2 видно, що клейстери, в складі яких наявні ПАР, мають менше значення кислотного числа, а отже, ПАР позитивно впливає на процес зберігання кулінарних напівфабрикатів, оскільки вони менше піддаються окисненню.

Рецептури кулінарного напівфабрикату та концентрату для супів-пюре наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Рецептурний склад кулінарного напівфабрикату і концентрату для супів-пюре

№ п/п	Назва сировини	Кулінарний напівфабрикат для супів-пюре, маса, г	Кулінарний концентрат для супів-пюре, маса, г
1	Крохмаль модифікований Thermflo/Thermtex	10,00	55,00
2	Олія рослинна	3,00	41,00
3	ПАР	0,80	4,00
4	Вода	86,2	-
5	Вихід	100	100

На підставі проведених комплексних досліджень розроблено технологічну схему приготування кулінарного напівфабрикату та концентрату для пюре-подібних перших страв. Для концентрату суміш крохмалю, ПАР та олії перемішується в певних співвідношеннях, після чого він може зберігатись у холодильних камерах при температурі 4—6 °С протягом 7—10 діб. До складу кулінарного напівфабрикату додатково входить вода, отримана суміш. З метою уникнення мікробіологічного обсіменіння напівфабрикат проходить пастеризацію, охолоджується та зберігається в холодильних камерах при температурі

4—6 °С протягом 2—3 діб або в морозильних камерах при — 23—28 °С протягом 25—30 днів.

Проведено органолептичну оцінку отриманих напівфабрикатів, яка представлена в табл. 4.

Таблиця 4. Органолептичні властивості кулінарних напівфабрикату і концентрату для супів-пюре

Показник	Кулінарний напівфабрикат для супів-пюре	Кулінарний концентрат для супів-пюре
Зовнішній вигляд	Клейстер прозорого кольору з білим відтінком	В'язка пастоподібна маса білого кольору
Колір	Прозорий, з білим відтінком	Білий
Консистенція	В'язка, однорідна	Пастоподібна, однорідна
Запах	Легкий аромат крохмалю	Аромат крохмалю та рослинної олії
Смак	Нейтральний	Смак сирого крохмалю з присмаком олії

Встановлено, що за органолептичними показниками кулінарний напівфабрикат для супів-пюре має більш нейтральні показники, оскільки має меншу концентрацію інгредієнтів та оклейстеризовану крохмальну масу.

Технологічна схема приготування кулінарного напівфабрикату й концентрату представлена на рис. 6.

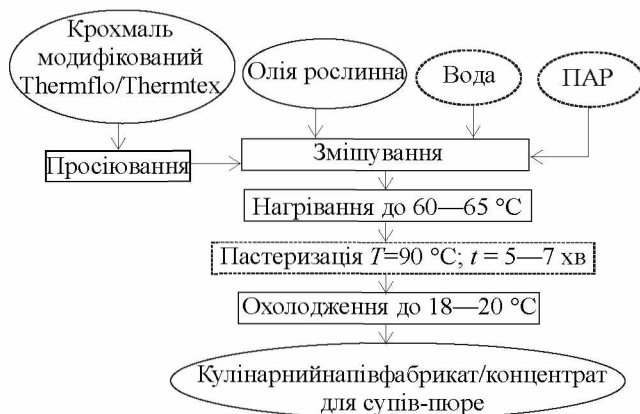


Рис. 6. Технологічна схема приготування кулінарного напівфабрикату і концентрату для супів-пюре

Висновки

На підставі проведених досліджень обґрунтовано рецептурний склад кулінарного напівфабрикату для пюреподібних перших страв. Досліджено його технологічні властивості: агрегативну стійкість, здатність до ретроградації, ступінь синерезису, стійкість до окислення. Показано, що агрегативна стійкість крохмального клейстеру картопляного крохмалю нижча на 5 та 4 %, ніж відповідних клейстерів модифікованих крохмалів Thermflo та Thermtex, додавання ПАР сприяє значній стійкості системи. Рентгенограми, зняті при опроміненні модельних клейстерів і кулінарних напівфабрикатів, показали, що

рецептурні інгредієнти впливають на кристалізацію крохмалів у клейстерах, понижуючи її. Встановлено, що під час шокової заморозки підтверджується перевага використання модифікованих крохмалів у технології кулінарних напівфабрикатів порівняно з картопляним нативним. На підставі отриманих даних окислювальних процесів можна зробити висновок, що в складі пасто-подібного кулінарного напівфабрикату жири зберігаються краще, ніж у кулінарному напівфабрикаті. На підставі проведених комплексних досліджень розроблено рецептуру і технологічну схему приготування кулінарного напівфабрикату та концентрату для пюреподібних перших страв.

Перспективою подальших досліджень є наукове обґрунтування та розроблення технології пюреподібних перших страв з використанням інноваційних кулінарних концентрату й напівфабрикату.

Література

1. Филипс Г.П. Справочник по гидроколлоидам / Г.П. Филипс, П.А. Вильямс., Пер. с англ. под ред. А.А. Кочетковой и Л.А. Сарафановой. — Санкт-Петербург: ГИОРД, 2006. — 536 с.
2. Полумбрик М.О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини / М.О. Полумбрик // Національний університет харчових технологій. — Київ: Академперіодика, 2011. — 486 с.
3. Карпенко В.Ю. Разработка технологии концентратов супов быстрого приготовления функционального назначения из плодового и овощного сырья: автореф. на стиск. уч. степени к.т.н.: спец. 05.18.01 — «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» / Карпенко Виктория Юрьевна // Кубанский государственный технологический университет. — Краснодар, 2011. — 23 с.
4. Крикун А.А. Совершенствование способа производства супов / А.А. Крикун, Б.А. Баранов // Пищевая промышленность. — 2013. — № 12. — С. 50—56.
5. Інноваційні технології виробництва харчової продукції масового споживання: монографія / за заг. ред. П. П. Пивоварова. — Харків: ХДУХТ, 2011. — 444 с.
6. Mc Clements D.J. Food emulsions. Principles, practice, and techniques. / David Julian Mc Clements // Boca Raton London New York Washington, D.C., 1999 by CRC Press LLC. — 336 p.
7. Керр В.Р. Химия и технология крахмала. — Москва: Пищепромиздат, 1956. — 579 с.
8. Баль-Прилипко Л.В. Окисне псування харчових продуктів і методи контролю якісних показників тваринних жирів: навч. посіб. / Л.В. Баль-Прилипко, С.Д. Мельничук, В.Й. Лоханська та ін. — Київ: Академперіодика, 2011. — 130 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КУЛИНАРНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ДЛЯ ПЮРЕОБРАЗНЫХ ПЕРВЫХ БЛЮД

О.С. Пушка, А.В. Гавриш, А.В. Немирич, Т.И. Ищенко

Национальный университет пищевых технологий

В статье определены технологические свойства кулинарного полуфабриката для пюреобразных первых блюд. Исследованы агрегативная устойчивость, степень кристалличности, степень синерезиса, кислотное и перекисное число

модельных систем и кулинарного полуфабриката. Обоснована рецептура кулинарных полуфабриката и концентрата для супов-пюре, которые состоят из модифицированного крахмала из восковидной кукурузы (Thermflo или Thermtex), масла растительного, эфира лимонной кислоты и воды (для кулинарного полуфабриката). Установлено, что поверхностно-активные вещества улучшают технологические свойства кулинарных полуфабрикатов, и, соответственно, качество пюреобразных первых блюд.

Ключевые слова: технологические свойства, полуфабрикат, модифицированный крахмал, поверхностно-активные вещества, первые блюда.

QUALITY CHANGE OF WHEAT CEREALS WITH INCREASED BIOAVAILABILITY IN THE PROCESS OF STORAGE

I. Fomina, O. Izmailova

Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture

Key words:

*Wheat cereals
Sprouting
Biologically active
substance
Microflora
Storage*

Article history:

Received 12.04.2016
Received in revised form
10.05.2016
Accepted 22.05.2016

Corresponding author:

I. Fomina

E-mail:

anirif@ukr.net

ABSTRACT

The aim of the research was to study the preservation of biologically active substances of cereal flakes and to determine the presence of pathogenic microorganisms in cereal flakes in the process of storage. The article is based on the following methods of research: determining vitamins content (P, C, B1 and B2) and the presence of pathogenic microorganisms. Based on the research findings, it is apparent that in the process of storage the content of biologically active substances in flakes decreases, but it remains higher than in flakes made by traditional technology. The number of pathogenic microorganisms is reduced in course of time.

ЗМІНА ЯКОСТІ ПШЕНИЧНИХ ЗЕРНОВИХ ПЛАСТІВЦІВ ПІДВИЩЕНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

І.М. Фоміна, О.О. Ізмайлова

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

У статті досліджено збереження біологічно активних речовин зернових пластівців, визначено кількість вітамінів Р, С, вітамінів групи В (В₁ та В₂) і наявність потенційно небезпечних мікроорганізмів у зернових пластівцях під час зберігання. Отримані результати свідчать про те, що під час зберігання вміст біологічно активних речовин пластівців підвищеної біологічної цінності зменшується, але залишається вищим порівняно з пластівцями, виготовленими за традиційною технологією, кількість патогенних мікроорганізмів зменшується з плином часу.

Ключові слова: пшеничні пластівці, пророщування, біологічно активні речовини, мікрофлора, зберігання.

Постановка завдання. Зберігання готової продукції є кінцевою стадією технологічного процесу виробництва зернових пластівців. Головне завдання цієї операції — зберегти якість пластівців протягом певного часу, тому що вони є продуктом тривалого зберігання.

Під час зберігання зернових продуктів необхідно враховувати умови, режими та способи зберігання. Під умовами зберігання розуміється сукупність зовнішніх факторів, що впливають на процес зберігання. До них відносяться кліматичні, санітарно-гігієнічні фактори та порядок розміщення об'єктів зберігання у сховищах. Вимоги до умов зберігання такі: зберігання пластівців повинно здійснюватися в сухих, чистих, добре вентильованих приміщеннях, які не мають стороннього запаху, незаражених шкідниками хлібних запасів, за температури 18 ± 3 °C і відносній вологості повітря, яка не перевищує 75 %. Не дозволено зберігати крупи в умовах впливу сонячних променів, а також разом із продуктами, які мають специфічний запах. Термін зберігання пластівців згідно з чинною нормативною документацією складає 12 місяців з дати виробництва.

Важливим аспектом під час зберігання є упаковка зернових пластівців. Пластівці упаковують в такі види споживчої тари: пакети з плівки поліетиленової харчової, пачки з картону, паперу та комбінованих матеріалів. Пакети і пачки повинні бути склеєні, зшиті або зварені термозварювальним швом. Клей, який застосовується для склеювання споживчої тари, повинен бути нейтральним стосовно харчових продуктів і дозволеним до застосування центральним органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я України [1].

На здатність сировини до зберігання суттєво впливає вміст вологи. Майже вся волога, що входить до складу зернових пластівців, знаходиться у зв'язаному стані, а тому мікробіологічні і біохімічні процеси в них відбуваються дуже повільно. В оптимальних умовах пластівці можуть зберігатися без помітних змін тривалий час. Перевищення вологості супроводжується різким зростанням інтенсивності утворення патогенних мікроорганізмів, тому при зберіганні дуже важливо враховувати вимоги щодо зберігання зернових пластівців і підтримувати оптимальні умови. Вологість продукту тісно пов'язана з вологістю і температурою середовища. При коливаннях цих параметрів у сховищах пластівці можуть віддавати або, навпаки, поглинати вологу і змінювати свою здатність до зберігання.

Під час зберігання в зернових пластівцях відбуваються зміни, які зумовлені їх властивостями, умовами й термінами зберігання. Ці зміни призводять до погіршення біологічної цінності. Відбувається зниження вмісту біологічно активних речовин (вітамінів, амінокислот тощо).

Зберігання протягом тривалого часу також може сприяти появі потенційно небезпечних мікроорганізмів у зернових пластівцях. Пластівці можуть бути уражені пліснявими грибами, дріжджами та мезофільними аеробними і факультативно-анаеробними мікроорганізмами (МАФАМ). Мікроорганізми, які уражають сировину під час зберігання, викликають біологічні зміни.

Мета дослідження. Вивчити умови збереження біологічно активних речовин зернових пластівців і дослідити наявність потенційно небезпечних мікроорганізмів у зернових пластівцях під час зберігання.

Виклад основних результатів дослідження. Дослідження проводили в лабораторіях Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка.

Використовували зерно пшениці ярої, м'якої врожаю 2014 року. Об'єктами дослідження були пластівці, виготовлені за традиційною технологією; пластівці, виготовлені з пророщеного зерна пшениці, та пластівці підвищеної біологічної цінності, виготовлені з пророщеної пшениці за різними технологіями («Паросток», «Еко-Скарб», «Бадьорість»).

Традиційна технологія виробництва зернових пластівців передбачає такі стадії: підготовка зернової сировини, гідротермічна обробка, сушіння зерна, плющення, досушування пластівців, охолодження, пакування. Під час виробництва пластівців з пророщеного зерна послідовність стадій майже ідентична попередній, відмінність лише в тому, що стадія гідротермічної обробки замінюється стадією замочування зерна, відділення водної фази, пророщування та пропарювання зерна пшениці.

Особливістю технології виготовлення пластівців «Паросток» є застосування низькотемпературної обробки (НТО) на стадії підготовки зернової сировини, «Еко-Скарб» — замочування зерна пшениці перед пророщуванням з використанням мікробіологічного препарату «Байкал ЕМ-1», «Бадьорість» — комбінування НТО зерна на стадії підготовки зернової сировини та замочування зерна у воді з додаванням мікробіологічного препарату «Байкал ЕМ-1». Після цього, відповідно до наведеної технології виробництва пластівців з пророщеного зерна, відбувається пропарювання, сушіння, плющення, досушування, охолодження й пакування пластівців.

Усі зразки зернових пластівців, що досліджувались, зберігалися у склеєних пакетах з харчової поліетиленової плівки в сухому, чистому, добре вентильованому приміщенні, яке не мало стороннього запаху, незаражене шкідниками хлібних запасів, при температурі 18 ± 3 °C і відносній вологості повітря, яка не перевищувала 75 %.

Визначення збереження якості та біологічної цінності пшеничних зернових пластівців оцінювали за вмістом біологічно активних речовин і мікробіологічних показників. Вміст біологічно активних речовин досліджували за рахунок визначення загальної кількості вітамінів Р, С і вітамінів групи В (B_1 та B_2).

Кількість вітаміну Р визначали за вмістом поліфенольних сполук колориметричним методом Фоліна-Чокальтеу. Основа методу полягає в окислення фенолів сумішшю фосфорно-вольфрамової та фосфорно-молібденової кислот з утворенням розчину з блакитним забарвленням, інтенсивність якого залежить від кількості поліфенольних сполук [2, 3].

Для визначення вмісту вітаміну С використовували метод візуального титрування по кількісному окисненню аскорбінової кислоти розчином 2,6-діхлорфеноліндофенолята натрію [4].

Вітаміни групи В визначали методом вискоєфективної рідинної хроматографії. Суть методу полягає у екстракції вітамінів B_1 та B_2 з наважки соляної кислоти та визначенні їх на рідинному хроматографі зі спектрофотометричним детектором з використанням обернено-фазного режиму елюювання [5].

Наявність небезпечних мікроорганізмів досліджували шляхом визначення кількості МАФАМ та дріжджів і пліснявих. Метод визначення МАФАМ оснований на посіві в агаризовані живильні середовища [6]. В основі методу визначення кількості дріжджів і пліснявих грибів лежить висів продукту та (або) їх розведень у живильні середовища [7].

Визначення вмісту вітамінів Р та С проводили одразу після закінчення технологічного процесу та через 1, 3, 6, 9 та 12 місяців зберігання. Кількість вітамінів В₁ та В₂ досліджували одразу після закінчення технологічного процесу та через шість місяців зберігання.

За результатами досліджень встановлено, що спостерігається зміна біологічної цінності зернових пластівців під час зберігання. Зміну вмісту вітамінів Р і С в зернових пластівцях, виготовлених за різними технологіями протягом 12 місяців зберігання, представлено на рис. 1.

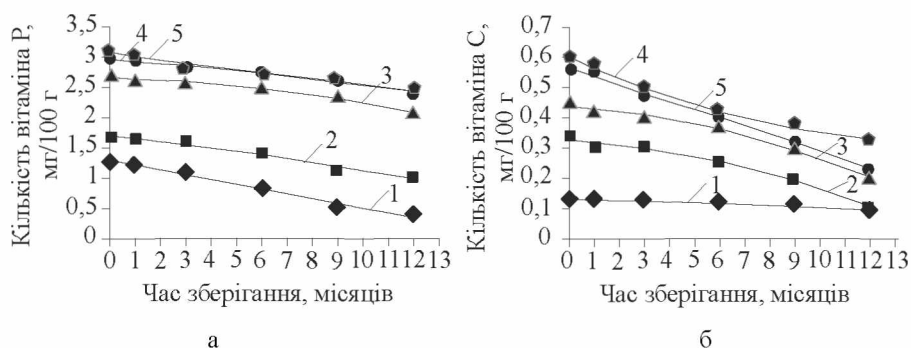


Рис. 1. Зміна вмісту вітамінів Р (а) і С (б) у зернових пластівцях підвищеної біологічної цінності під час зберігання: 1 — пластівці, виготовлені за традиційною технологією; 2 — пластівці, виготовлені з пророщеного зерна пшениці; 3 — зернові пластівці «Паросток»; 4 — зернові пластівці «Еко-Скарб»; 5 — зернові пластівці «Бадьорість»

Спостерігається пропорційне зниження кількості вітаміну Р у пластівцях, які були виготовлені за різними технологіями, після 12 місяців зберігання на 90—140 %. Але навіть через 12 місяців зберігання кількість вітаміну Р у зернових пластівцях «Паросток», «Еко-Скарб» і «Бадьорість» перевищує їх вміст майже у 2 рази порівняно із щойно виготовленими пластівцями за традиційною технологією.

Через 6 місяців зберігання вміст вітаміну С у зернових пластівцях «Паросток» зменшується з 0,45 мг/100г до 0,37 мг/100г, у зернових пластівцях «Еко-Скарб» — з 0,56 мг/100г до 0,4 мг/100г, у зернових пластівців «Бадьорість» — з 0,6 мг/100г до 0,41 мг/100г. На 12 місяці зберігання зернові пластівці, виготовлені за традиційною технологією та з пророщеної пшениці, мають однакову кількість вітаміну С, яка знизилась до 0,1 мг/100г. Зернові пластівці «Бадьорість» навіть після 12 місяців зберігання мають більшу кількість вітаміну С порівняно із щойно виготовленими пластівцями за традиційною технологією більше, ніж у 2 рази.

На рис. 2 представлено зміну вмісту вітамінів В₁ та В₂ в зернових пластівцях, виготовлених за різними технологіями протягом 6 місяців зберігання.

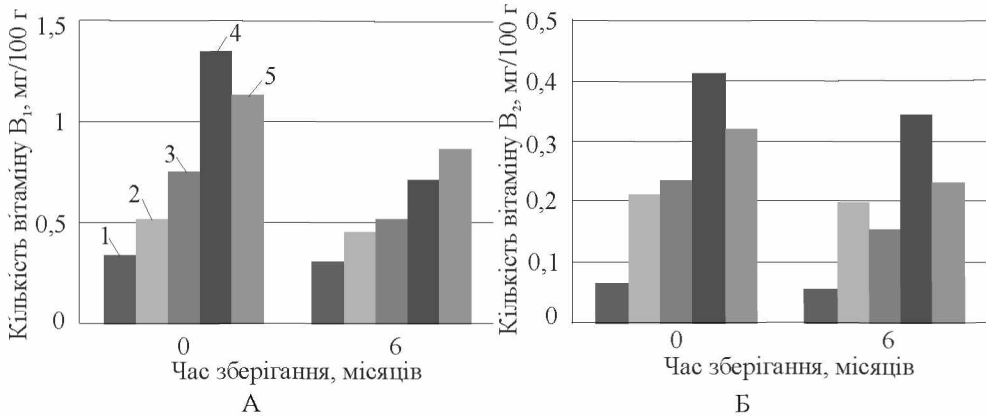


Рис. 2. Зміна вмісту вітамінів B₁ (А) і B₂ (Б) у зернових пластівцях підвищеної біологічної цінності під час зберігання: 1 — пластівці, виготовлені за традиційною технологією; 2 — пластівці, виготовлені з пророшеного зерна пшениці; 3 — зернові пластівці «Паросток»; 4 — зернові пластівці «Еко-Скарб»; 5 — зернові пластівці «Бадьорість»

Кількість вітамінів B₁ та B₂ у пластівцях, виготовлених за різними технологіями, знижується під час зберігання. Але кількість вітаміну B₁ у пластівцях «Паросток», «Еко-Скарб» і «Бадьорість» збільшено у 2—2,5 рази, B₂ — у 3—6 разів порівняно з пластівцями, які виготовлені за традиційною технологією, а якщо порівнювати їх з пластівцями, які виготовлені з пророшеного зерна пшениці, то кількість вітаміну B₁ та B₂ зростає у 2 рази [8] .

Після 6 місяців зберігання зернові пластівці «Паросток», «Еко-Скарб» і «Бадьорість» містять вітаміну B₁ — 0,52 мг/100 г, 0,71 мг/100 г та 0,87 мг/100г відповідно. Вміст вітаміну B₂ — 0,16 мг/100 г, 0,35 мг/100 г та 0,23 мг/100г відповідно.

Незважаючи на те, що загальна кількість вітамінів Р і С у зернових пластівцях під час зберігання зменшується, пластівці «Паросток», «Еко-Скарб» і «Бадьорість» містять значну кількість біологічно активних речовин порівняно з пластівцями, виготовленими за традиційною технологією, а саме: вміст вітаміну Р збільшився на 1,7—2 мг/100 г (у 4,5—5 разів), вітаміну С — на 0,1—0,2 мг/100 г (у 2—3,5 рази), вітаміну B₁ — на 0,2—0,5 мг/100 г (у 1,5—2,5 рази), вітаміну B₂ на 0,1—0,3 мг/100 г (3—6 разів). Порівняно з пластівцями, виготовленими з пророшеного зерна пшениці, кількість вітаміну Р після 12 місяців зберігання більша на 1—1,4 мг/100 г (у 2—2,5 рази), вітаміну С — на 0,1—0,25 мг/100 г (у 2—3 рази), вітаміну B₁ — на 0,1—0,4 мг/100 г (до 2 разів), вітаміну B₂ на 0,1 мг/100 г, окрім зернових пластівців «Паросток», в яких кількість вітаміну B₂ дещо знизилась після 6 місяців зберігання.

Також було визначено можливість забезпечення добової потреби людини вітамінами Р, С, B₁ та B₂ під час вживання однієї порції пластівців з підвищеною біологічною цінністю «Паросток», «Еко-Скарб» або «Бадьорість» вагою 200 г після зберігання протягом зазначеного терміну. Добова потреба у вітаміні Р заповнюється на 10 % в середньому, у вітаміні С — на 0,5 % в середньому, у вітаміні B₁ — на 35 %, 47 % та 58 % відповідно, у вітаміні B₂ — на 10 %, 21 % та 15 % відповідно.

Наступним етапом було виявлення потенційно небезпечних мікроорганізмів. Попередні дослідження показали, що зерно, піддане НТО на стадії підготовки перед амочуванням і пластівців з нього, має допустимо можливу кількість МАФМ, дріжджів і пліснявих грибів [9, 10].

Досліджували вміст небезпечних мікроорганізмів у зразках зернових пластівців, які були свіжо виготовлені, та у тих, які зберігалися протягом 1, 3, 6 та 12 місяців (табл. 1).

Таблиця 1. Зміна кількості мезофільних аеробних, факультативно-анаеробних мікроорганізмів у зернових пластівцях

Зразок пластівців	Мезофільні аеробні і факультативно-анаеробні мікроорганізми, КУО/1 г продукту				
	Термін зберігання, місяців				
	0	1	3	6	12
Пластівці, виготовлені за традиційною технологією	$5,5 \cdot 10^4$	$19,5 \cdot 10^2$	$14 \cdot 10^2$	$45 \cdot 10^1$	$25 \cdot 10^2$
Пластівці, виготовлені з пророщеного зерна пшениці	$2,9 \cdot 10^2$	$5,5 \cdot 10^1$	$4 \cdot 10^1$	$1 \cdot 10^1$	$1,5 \cdot 10^3$
Пластівці «Паросток»	$2,6 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^2$	$8 \cdot 10^1$	$6 \cdot 10^1$	$13 \cdot 10^2$
Пластівці «Еко-Скарб»	$8,5 \cdot 10^1$	$5 \cdot 10^1$	$3 \cdot 10^1$	$3 \cdot 10^1$	$8 \cdot 10^1$
Пластівці «Бадьорість»	$1,8 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^1$	$5 \cdot 10^1$	$4 \cdot 10^1$	$9 \cdot 10^1$

За мікробіологічними показниками зернові пластівці, які були виготовлені з пророщеного зерна пшениці, зернові пластівці «Паросток», «Еко-Скарб» і «Бадьорість» відповідають нормам, наведеним у чинній нормативній документації. Норма становить не більше $5 \cdot 10^3$ КУО в 1 г [1]. Під час дослідження наявності цвілевих грибів і дріжджів у зернових пластівцях їх виявлено не було.

Встановлено, що застосування НТО у технології виробництва зернових пластівців «Паросток» знижує кількість патогенних мікроорганізмів, а використання мікробіологічного препарату «Байкал ЕМ-1» під час виробництва зернових пластівців «Еко-Скарб» і «Бадьорість» додатково знижує їх вміст. Оскільки продукт зберігався в сухому вигляді та в умовах, визначених чинною нормативною документацією, причини для розвитку мікроорганізмів не було, їх кількість зменшувалася тому, що такі умови зберігання не є сприятливими для їх утворення.

Висновки

Отже, під час дослідження збереження біологічно активних речовин зернових пластівців «Паросток», «Еко-Скарб» та «Бадьорість», які виготовлені за різними новітніми технологіями, виявлено, що вміст вітамінів Р, С, В₁ і В₂ зберігається протягом зазначеного терміну. Не з'являються потенційно небезпечні мікроорганізми під час зберігання всіх зразків зернових пластівців. Таким чином, пластівці «Паросток», «Еко-Скарб» і «Бадьорість» мають підвищену біологічну цінність та безпечні для споживання.

Література

1. *Документація*. Зернові пластівці: ТУ У 10.6-00493741-001:2015. — [від 26.06.2015]. — Харків: Технічні умови Украхні, 2015. — 28 с.

2. *Фоміна І.М.* Визначення поліфенольних сполук в зерні пшениці під час пророщення методом Фоліна-Чокальтеу / І.М. Фоміна, О.О. Івахненко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. — Вип. 131: «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв». — Харків. — 2012. — С. 266—271.

3. *Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище.* — Москва: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 240 с.

4. *Микронутриенты в питании здорового и больного человека: [справочное руководство по витаминам и минеральным веществам]* / В.А. Тутельян, В.Б. Спиричев, Б.П. Суханов, В.А. Кудашева. — Москва: Колос, 2002. — 423 с.

5. *Документация.* Премиксы. Методы определения витаминов группы В: ГОСТ 50929-96. — [от 29-07-1996] — Москва: 1996. — 39 с.

6. *Документация.* Продукты пищевые. Метод определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов: ГОСТ 10444.15-94. — [от 01.01.1996]. — Москва: Стандартинформ, 2010. — 7 с.

7. *Документация.* Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов: ГОСТ 10444.12-88. — [от 01.01.1990]. — Москва: Стандартинформ, 2010. — 8 с.

8. *Фоміна І.М.* Дослідження вмісту вітамінів В₁, В₂ у зернових пластівцях підвищеної біологічної цінності «Паросток», «Еко-скарб», «Бадьорість» / І.М. Фоміна, О.О. Ізмайлова // «Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека». — Київ: Національний університет харчових технологій, 2016. — С. 145—147.

9. *Фоміна І.М.* Вплив короткочасної низькотемпературної обробки пшениці перед пророщуванням на мікрофлору зерна / І.М. Фоміна, О.О. Ізмайлова // «Нові ідеї в харчовій науці — нові продукти харчової промисловості». — Київ: Національний університет харчових технологій, 2014. — 507 с.

10. *Ізмайлова О.О.* Визначення мікрофлори зернових пластівців підвищеної біологічної цінності «Паросток» під час зберігання / О.О. Ізмайлова, І.М. Фоміна // «Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі». — Чернівці: Чернівецький національний технологічний університет, 2015. — 243 с.

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ПШЕНИЧНЫХ ЗЕРНОВЫХ ХЛОПЬЕВ ПОВЫШЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ПРИ ХРАНЕНИИ

И.М. Фомина, Е.А. Измайлова

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

В статье исследовано сохранение биологически активных веществ зерновых хлопьев, определено количество витаминов Р, С, витаминов группы В (В₁ и В₂) и наличие опасных микроорганизмов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при хранении содержание биологически активных веществ у хлопьев с повышенной биологической ценностью уменьшается, но остается большим по сравнению с хлопьями, изготовленными по традиционной технологии, количество патогенных микроорганизмов уменьшается с течением времени.

Ключевые слова: пшеничные хлопья, проращивание, биологически активные вещества, микрофлора, хранение.

RESEARCH OF TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF VEGETABLE POWDERS

M. Kravchenko, N. Yaroshenko

Kyiv National University of Trade and Economics

Key words:	ABSTRACT
<i>Herbal powders Fat- and water-retaining ability Aggregative and kinetic stability</i>	The article contains the research results of technological properties of vegetable powders. Water retention ability of wheat flour and flour made of plant supplements was investigated under different temperature conditions. It has been established that the growth of water retention ability decreases with the increasing temperature. The output analysis of fat-retaining ability shows that herbal supplements act better than wheat flour for fixing oil. The results of study show the possibility of using herbal additives as a stabilizer of fat and water phases of gingerbread technology enhancing the ability of using products of nontraditional plant materials. The study of functional and technological properties of wheat flour and herbal supplements enables to use them as an efficient regulator of technological properties of food products.
Article history: Received 05.04.2016 Received in revised form 20.04.2016 Accepted 03.05.2016	
Corresponding author: M. Kravchenko E-mail: npnuht@ukr.net	

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФІТОПОРОШКІВ

М.Ф. Кравченко, Н.Ю. Ярошенко

Київський національний торговельно-економічний університет

У статті наведено результати дослідження технологічних властивостей фітопорошків. При різних температурних режимах досліджено водоутримувальну здатність борошна пшеничного як контролю та борошна з рослинних добавок. Встановлено, що приріст водоутримувальної здатності зменшується зі збільшенням температури. Аналіз результатів визначення жирутримувальної здатності свідчить, що рослинні добавки краще зв'язують олію, ніж пшеничне борошно. Дані дослідження доводять можливість використання рослинних добавок як стабілізатора жирової і водної фаз у технології пряників, розширюючи можливості використання виробів з нетрадиційної рослинної сировини. Дослідження функціонально-технологічних властивостей пшеничного борошна та рослинних добавок довело, що вони є ефективними регуляторами технологічних властивостей харчових виробів.

Ключові слова: фітопорошки, жир- і водоутримувальна здатність, агрегативна і кінетична стійкість.

Постановка проблеми. Забезпечення повноцінного складу, безпечності і якості харчових продуктів, зокрема борошняних кондитерських виробів, слід оцінювати як важливе завдання сучасного етапу розвитку харчової індустрії.

Кондитерські вироби користуються широким попитом у населенні, однак більша частина їх відзначається низьким вмістом вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон.

Для збалансованості хімічного складу кондитерської продукції доцільно підвищити харчову цінність виробів за вмістом вітамінів, мінеральних речовин і рослинних білків. Висока здатність білків утримувати воду в рослинних добавках підвищує вихід виробів, подовжує терміни зберігання і покращує їх текстуру. Висока жирутримувальна здатність білків забезпечує ніжну й однорідну текстуру виробів, виключає відділення жиру, деформації виробів, збільшує вихід готових виробів.

Одним з перспективних видів сировини для додання харчовим виробам дієтично-профілактичного напрямку є фітопорошки. Використання фітопорошків дозволяє оптимізувати хімічний склад продуктів, підвищити комплекс біологічно-активних речовин. Одним із джерел біологічно активних речовин є фітопорошки. У них містяться природні комплекси макро- і мікроелементів у найбільш доступній і засвоюваній формі.

НВО «Спектр» з метою поліпшення якості розроблені рецептури пряників з новими біодобавками з додаванням гарбузової і виноградної олій, багатих різними біологічно активними сполуками. У результаті в пряниках збільшився вміст вітамінів B₁, B₆, PP, E, завдяки чому поліпшилися їх органолептичні властивості, а також подовжився термін зберігання

Збагачення борошняних кондитерських виробів мікронутрієнтами здійснюється на основі науково обґрунтованих медико-біологічних принципів, кількість мікронутрієнтів, що вносять у збагачені продукти, визначають з урахуванням їх природного вмісту в сировині, а також втрат під час виробництва і зберігання.

Метою статті є дослідження функціонально-технологічних властивостей білкових продуктів для встановлення можливості використання їх у складі борошняних кондитерських виробів.

Для досягнення заданої мети були поставлені такі завдання:

- обґрунтувати функціональні властивості рослинних добавок;
- визначити діапазон температурних режимів;
- дослідити вплив температурних режимів на водоутримувальну здатність борошна пшеничного і рослинних добавок;
- встановити водоутримувальну здатність борошна пшеничного і рослинних добавок;
- визначити жирутримувальну, жироемульгуючу здатність; агрегативну і кінетичну стійкість.

Викладення основних результатів дослідження. Теоретичні передумови використання рослинних компонентів при виробництві пряничних виробів обумовлюють вивчення функціональних властивостей цих добавок та їх зміну під дією різних технологічних чинників.

Найбільш важливими функціональними властивостями рослинних добавок, які можуть бути використані при виробництві пряничних виробів, є водо-, жирутримувальна та жироемульгуюча здатності.

Водоутримувальна здатність (ВУЗ) є важливим показником процесів набрякання, поглинання, утримання вологи білковими речовинами і крохмалем борошна пшеничного та рослинних добавок.

Здатність борошна пшеничного й борошна з рослинних добавок утримувати вологу залежить від стану та поведінки білкових речовин і крохмалю. Під час замішування тіста (за температур 20...25 °С) відбувається набрякання колоїдів борошна — білкових речовин і крохмалю, що містяться у вигляді сухих гелів. Під час набрякання білка близько 1/4 води, що поглинута, зв'язується адсорбційно, інша — осмотично. Крохмаль зв'язує воду адсорбційно у кількості не більше 30 % власної ваги [2, 3].

Під час випікання температура тістових заготовок підвищується та в кінці процесу у внутрішніх шарах наближається до 100 °С [3], за даними [4] — до 103...104 °С. При цьому за температури 20...40 °С поглинання вологи пов'язано із додатковим набряканням білкових речовин. Більша частина білків денатурує вже за температури 50...70 °С [3, 4], а волога, що виділилася при цьому, поглинається крохмалем, який клейстеризується при температурі 55...80 °С. Отже, поглинання й утримання вологи борошном за різних температур відбувається поступово: за рахунок процесів гідратації, набрякання та денатурації білка, з одного боку, та гідратації, набрякання й клейстеризації крохмалю — з іншого. При цьому температурний діапазон цих процесів відрізняється.

Нами було досліджено вплив температури в інтервалі від 20 до 80 °С на ВУЗ борошна пшеничного як контролю та борошна з рослинних добавок. Вибір температур обґрунтовано тим, що за 20 °С відбувається заміс тіста для пряників і формування тістових заготовок, а під час випікання за 80 °С та вище всередині виробів майже повністю завершуються процеси денатурації білкових речовин і клейстеризації крохмалю.

Встановлено (рис. 1), що ВУЗ рослинних добавок значно вища, ніж у борошна пшеничного, і складає на 57,6...177,1 % (за температури 20 °С) та на 29,8...62,7 % (за температури 80 °С) більша порівняно з контролем. Так, ВУЗ борошна пшеничного за температур від 20 до 80 °С складає від $52,4 \pm 0,4$ % до $138,8 \pm 1,1$ %, борошна кедрового — від $82,6 \pm 0,7$ % до $180,2 \pm 1,4$ %, борошна кунжутного — від $108,6 \pm 0,9$ % до $187,4 \pm 1,5$ %, борошна з гірчака зміїного — від $145,2 \pm 1,2$ % до $225,8 \pm 1,8$ %.

Взагалі в досліджуваному інтервалі температур 20...80 °С максимальну ВУЗ має борошно з гірчака зміїного — у 1,63...2,77 рази більше, дещо нижчою — борошно кунжутне та кедрове — відповідно у 1,35...2,07 рази та 1,30...1,58 рази більше порівняно з контролем.

Жирутримувальна здатність (ЖУЗ) характеризується адсорбцією жиру за рахунок гідрофобних залишків. При невисокій вологості гідрофільні групи, взаємодіючи з молекулами води, утворюють мономолекулярний шар, при високій вологості навколо глобул білка формується багат шарова структура з одночасним проникненням води у западини і виступи. Загальна кількість води і жиру на поверхні досягає 0,2 — 0,4 г на 1 г білків. Здатність білків утримувати жир і воду залежить не тільки від особливостей амінокислотного складу й структури, а й від фракційного складу, способу обробки, рН сере-

довища, температури і наявності вуглеводів, ліпідів та інших білків. У пряничному тісті при додаванні рослинних добавок водопоглинальна здатність позитивно корелює з кількістю нерозчинної фракції білків і негативно — з вмістом розчинної. Висока здатність білків утримувати воду в рослинних добавках підвищує вихід виробів, подовжує терміни зберігання і покращує їх текстуру. Денатуровані білки мають знижену вологозв'язувальна здатність, і їх застосування негативно позначається на якості готових виробів. Висока ЖУЗ білків забезпечує ніжну й однорідну текстуру виробів, виключає відділення жиру, деформації виробів, збільшує вихід готових виробів.

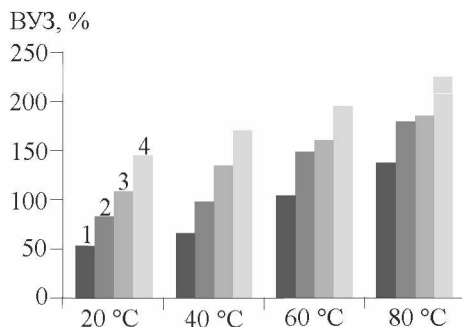


Рис. 1. Залежність водоутримувальної здатності борошна пшеничного (1) і рослинних добавок: борошна кедрового (2), борошна кунжутного (3), борошна з гірчака зміїного (4) від температури

Методика визначення ЖУЗ передбачає ретельне змішування борошна з олією або жиром у рідкому стані, витримання суміші для набухання і подальшим центрифугуванням для відділення вільного жиру.

Найбільше значення ЖУЗ по всім рослинним добавкам має кунжутне борошно, це пояснюється найбільшим середнім вмістом крохмалю у кунжутному борошні, який проявляє адсорбуючі властивості. Також доведено, що досліджуваним рослинним добавкам притаманні структуроутворювальні властивості різного ступеня — найбільше це характерно для кунжутного борошна, що пояснюється збільшенням кількості гідрофільних функціональних груп, унаслідок чого підвищується кількість органічно зв'язаної води, що було вже зазначено.

Аналіз результатів визначення ЖУЗ свідчить (рис. 2), що рослинні добавки краще зв'язують олію, ніж пшеничне борошно. Так, жирутримувальна здатність борошна пшеничного складає $41,1 \pm 0,4$ %, а борошна рослинних добавок — від $60,4 \pm 0,5$ % до $70,6 \pm 0,6$ %, що у 1,47...1,72 раза більше порівняно з контролем.

Отримані дані добре узгоджуються із літературними [5], згідно з якими ЖУЗ борошна кедрового залежно від ступеня знежирювання (повножирне та знежирене) складає в межах 65...80 %, водоутримувальна — 100...120 %. За даними інших вчених [6], ЖУЗ та ВУЗ знежиреного кедрового борошна складають, відповідно, 240 % і 200 %. Встановлено, що кращими функціональними властивостями володіє концентрат (знежирене борошно), для якого

водоутримувальна здатність складала 474 %, жирутримувальна — 175 %, дещо нижчі значення має повножирне борошно — 229 % і 71 % відповідно.

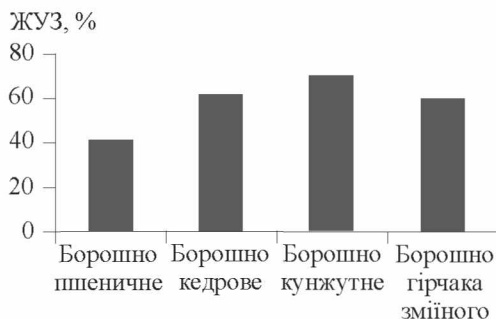


Рис. 2. Жирутримувальна здатність борошна пшеничного і рослинних білкових добавок

Дослідження функціональних властивостей білків важливе для розробки рецептур, вибору технологічних режимів переробки. Жирутримувальна здатність характеризує здатність абсорбувати й утримувати жир. Молекула білка утримує жир на поверхні за допомогою гідрофобних зв'язків. Поведінка білків в емульсіях характеризує їх жироемульгуючу здатність. Підвищення стійкості емульсії відбувається завдяки зростанню в'язкості дисперсійного середовища і формування сорбційного шару білка.

Кінетична стійкість прямо пропорційна в'язкості середовища. Чим більша в'язкість, тим вища стійкість гетерогенної системи, отже, для надання стійкості системі необхідно вводити речовини, які підвищують в'язкість середовища. Кінетична стійкість обернено пропорційна радіусу частинок: чим менший радіус, тим більша стійкість. Малий розмір часток обумовлює їх велику питому поверхню, що призводить до збільшення вільної поверхневої енергії.

Агрегативна стійкість — це здатність часток дисперсної фази протистояти злипанню, агрегації, злиттю. При великому запасі вільної поверхневої енергії в суспензіях може відбуватися процес флокуляції (від лат. *Floccae* - пластівці). Флокули здатні осідати або спливати, тобто порушення агрегативної стійкості призводить до порушення кінетичної стійкості. Система відновлює свої властивості при збовтуванні. При утворенні кристалоподібного осаду систему не можна відновити збовтуванням, частки не зберігають свою індивідуальність. Процес утворення конденсату — процес незворотний. В емульсіях може відбуватися оалесценція, тобто злиття крапельок, утворюється два шари — емульсія розшаровується. Для того, щоб емульсія зберегла агрегативну стійкість, необхідно зберегти досягнутий ступінь дисперсності, знизивши величину поверхневого натягу. Практично це можна здійснити за допомогою речовин, здатних адсорбуватися на поверхні розділу фаз.

У результаті аналізу даних визначення ЖЕЗ, агрегативної та кінетичної стійкості (рис. 3) встановлено, що рослинні добавки володіють істотно більш високою ЖЕЗ, яка у 8,3...11,9 раза більша, ніж у пшеничного борошна; найкращими емульгуючими властивостями володіє борошно кунжутне.

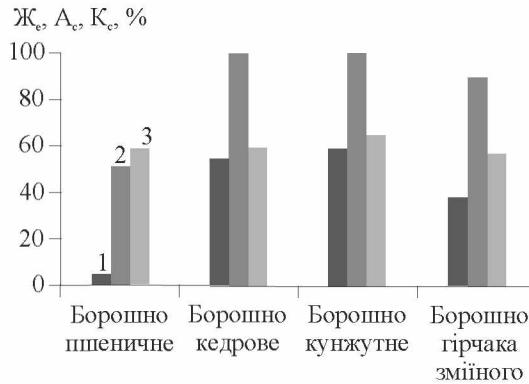


Рис. 3. Функціональні властивості борошна пшеничного і рослинних білкових добавок: Жс — жироемульгуюча здатність (1), Ас — агрегативна стійкість (2), Кс — кінетична стійкість (3)

Агрегативна стійкість борошна з рослинних добавок у 1,8...2,0 рази більша порівняно з борошном пшеничним, а кінетична стійкість для досліджуваних зразків знаходиться майже на однаковому рівні в межах від $56,7 \pm 0,5$ % (для борошна з гірчака зміїного) до $65,0 \pm 0,5$ % (для борошна кунжутного).

Варто відзначити також, що борошно кедрове та кунжутне володіють максимальною агрегативною стійкістю — 100 %.

Отримані дані також добре узгоджуються з літературними [6, 7], з яких відомо, що білкові продукти переробки насіння кедру та кунжуту володіють добрими жироемульгуючими властивостями.

Висновки

У результаті проведеного дослідження науково обґрунтовано й експериментально підтверджено використання фітопорошків для поліпшення якості, підвищення біологічної цінності та подовження терміну придатності борошняних кондитерських виробів.

Кращі функціональні показники рослинних добавок свідчать про перспективність їх залучення до складу пряничних виробів шляхом заміни частини пшеничного борошна не тільки для підвищення харчової та біологічної цінності готових виробів, а й для використання їх потенціалу функціонально-технологічних властивостей.

Література

1. Білок соняшниковий. Технічні умови: ДСТУ 4596:2006. — [Чинний від 2007-04-01]. — Київ: Держспоживстандарт України, 2007. — 16 с.
2. Исследование процесса поглощения влаги и растворимости кедровой муки [Електронний ресурс]. — Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-protsessa-pogloscheniya-vlagi-i-rastvorimosti-keдрovoy-muki>.
3. Потапова И.И. Изделия из теста: учеб. пособие / И.И. Потапова, Н.В. Коренева. — 4-е изд. — Москва: Издательский центр «Академия», 2013. — 64 с.
4. Обоснование режима выпечки мучных кондитерских изделий [Електронний ресурс]. — Режим доступа: http://uft-plovdiv.bg/site_files/file/scienwork/scienworks_2012/docs/4-Mashini_i_aparati_energ_efekt/Dorohovich_A.pdf.

5. Использование кедровых орехов при производстве заварных пряничных изделий [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-kedrovyyh-orehov-pri-proizvodstve-zavarnyyh-pryanichnyh-izdeliy>.

6. Использование кедровой муки в производстве майонеза [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-kedrovoy-muki-v-proizvodstve-mayoneza>.

7. Функциональные свойства белковых продуктов из семян кунжута [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/funktsionalnye-svoystva-belkovykh-produktov-iz-semyan-kunzhuta>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФИТОПОРОШКОВ

М.Ф. Кравченко, Н.Ю. Ярошенко

Киевский национальный торгово-экономический университет

В статье приведены результаты исследования технологических свойств фитопорошков. При различных температурных режимах исследована вододерживающая способность пшеничной муки и, в качестве контрольного образца, муки из растительных добавок. Установлено, что прирост вододерживающей способности уменьшается с увеличением температуры. Анализ результатов определения жиродерживающей способности свидетельствует, что растительные добавки лучше связывают масло, чем пшеничная мука. Данные исследования доказывают возможность использования растительных добавок в качестве стабилизатора жировой и водной фаз в технологии пряников, расширяя возможности использования изделий из нетрадиционного растительного сырья. Исследование функционально-технологических свойств пшеничной муки и растительных добавок следует рассматривать как эффективный регулятор технологических свойств пищевых продуктов.

Ключевые слова: фитопорошки, жиро- и вододерживающая способность, агрегатная и кинетическая устойчивость.

EFFECT OF POTATO FIBER ON THE MAIN PROCESSES IN THE DOUGH

T. Silchuk, M. Nazar

National University of Food Technologies

Key words:

Bread

Rye-wheat bread

Potato fiber

Article history:

Received 13.04.2016

Received in revised form
04.05.2016

Accepted 27.05.2016

Corresponding author:

T. Silchuk

E-mail:

npnft@ukr.net

ABSTRACT

The expedience of using of potato's fiber in rye-wheat bread production has been proven in the article. The influence of potato fiber on biochemical processes in the dough is characterized by a balance of saccharides modification during dough making as well as gas-making and gas-holding capacity of the dough at fermentation. The quality of bread with potato fiber has been analyzed. It has been found that adding of potato fiber decreases gas-holding capacity of the dough that effects to the volume of bread. The researched technology enables to obtain the bread of proper quality enriched with food fibers.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КЛІТКОВИНИ КАРТОПЛІ НА ОСНОВНІ ПРОЦЕСИ В ТІСТІ

Т.А. Сильчук, М.І. Назар

Національний університет харчових технологій

У статті обґрунтовано доцільність використання клітковини картоплі при виробництві житньо-пшеничного хліба. Досліджено вплив клітковини на основні процеси в тісті, які характеризували балансом зміни цукрів під час тісто-приготування, газоутворювальною та газотримувальною здатністю тіста при бродінні. Проаналізовано якість хліба з клітковиною картоплі. Встановлено, що внесення клітковини сприяє зменшенню газотримувальної здатності тіста, що відображається на питомому об'ємі хліба. Удосконалено технологію хліба з клітковиною картоплі, за якої можна отримати вироби належної якості, збагачені харчовими волокнами.

Ключові слова: хлібобулочні вироби, житньо-пшеничний хліб, клітковина картоплі.

Постановка проблеми. Актуальним напрямком розвитку харчових технологій в Україні є розширення асортименту й підвищення якості виробів щоденного споживання.

Структура та якість харчування є одним з головних чинників здорового способу життя, тому виникає необхідність розробки нових продуктів оздоровчого та функціонального призначення. Серед функціональних харчових інгредієнтів

важливе значення для здоров'я людини в профілактиці та лікуванні ряду захворювань мають харчові волокна. Доцільним у даному напрямі є використання клітковини картоплі, яка містить велику кількість харчових волокон, вітаміни, мікро- та мікроелементи [1]. Побічний продукт виробництва крохмалю — картопляна м'якоть — потенційне джерело картопляних харчових волокон. Очищена картопляна м'якоть містить у своєму складі 50—60 % харчових волокон, 10—20 % крохмалю та білки. З харчових волокон 55 % становлять нерозчинні (переважно, целюлоза), 45 % — розчинні (в основному, пектини). Додавання до продуктів харчування клітковини картоплі зменшує кількість жиру, погіршує перетравлення білків у шлунку та не впливає на перетравлення білків у дванадцятипалій кишці. Це, у свою чергу, покращує засвоювання мінеральних речовин [4, 5, 6]. Клітковина картоплі є гіпоалергенною, тонкодисперсною. Це дозволяє використовувати її для збагачення хлібобулочних виробів, призначених для всіх груп населення [3].

Враховуючи наявність у клітковині харчових волокон, фізіологічно значущий вміст цього функціонального інгредієнта у хлібі може досягатися при внесенні значно меншої кількості клітковини порівняно з пшеничними висівками. Великим попитом у споживачів користуються житні сорти хліба, які мають підвищену харчову цінність завдяки вмісту в житньому борошні незамінних амінокислот, вітамінів, мікро- та макроелементів. Особливий смак і аромат житнього хліба підвищує його фізіологічну цінність і надає можливість віднести цей хліб до продуктів здорового харчування.

Мета дослідження. Вивчення можливості використання клітковини картоплі для збагачення хліба харчовими волокнами та аналіз її впливу на основні процеси в тісті.

Матеріали і методи. Для досліджень використовували клітковину картоплі (КК), отриману з клітинних стінок картоплі, яка має структуру гранульованого порошку кремового кольору. Вона характеризується великим вмістом харчових волокон (77 %), тонкодисперсна, має високу водопоглинальну здатність. З метою прогнозування впливу картопляної клітковини на технологічний процес і якість хліба випікали житньо-пшеничний хліб за прискореною технологією, замінюючи 3—7 % пшеничного борошна КК. Кількість внесення клітковини встановлювали з розрахунку забезпечення 30—50 % від добової потреби організму в харчових волокнах при споживанні загальноприйнятої добової маси хліба. Якість готових виробів аналізували за органолептичними та фізико-хімічними показниками. Визначення вмісту цукрів проводили йодометричним методом Шорля; для визначення газоутворювальної й газоутримувальної здатності тіста застосовували загальноприйняті методики [2].

Викладення основних результатів дослідження. Встановили, що водопоглинальна здатність (ВПЗ) картопляної клітковини у 2,3...3,7 раза більша, ніж у пшеничного борошна, при температурах 30, 60 і 90 °С. При збільшенні температури до 90 °С ВПЗ клітковини більша за пшеничне і житнє борошно у 3,7 раза відповідно. Додавання невеликої кількості картопляної клітковини призведе до збільшення ВПЗ тіста, що, у свою чергу, збільшить вихід хліба. Оскільки ВПЗ клітковини значно більша за ВПЗ борошна,

необхідно здійснювати попереднє гідратування клітковини та збільшувати розрахункову вологість тіста.

При додаванні картопляної клітковини в кількості 3—7 % питомий об'єм хліба зменшується, погіршується пористість м'якушки, тому вміст цієї добавки не повинен перевищувати 7 %. За органолептичними показниками хліб відрізняється приємним смаком і ароматом. Оптимальною кількістю картопляної клітковини при внесенні в хлібобулочні вироби є 5 % від маси борошна в тісті. При цьому вироби мають належні показники якості, а їх споживання збагачує раціон харчовими волокнами.

Якість виробів обумовлена складними біохімічними, колоїдними й мікробіологічними процесами, які відбуваються під час бродіння тіста. Від збалансованості цих процесів залежать реологічні властивості напівфабрикатів, рівень накопичення проміжних і кінцевих продуктів автолізу й бродіння, що впливає на об'ємний вихід, характер пористості, смак і аромат готових виробів.

У результаті дослідження впливу картопляної клітковини на процес бродіння тіста встановлено, що процес газоутворення зменшується (рис. 1) із збільшенням кількості внесеної добавки. Так, кількість CO_2 , яка виділилася в кінці бродіння у зразках тіста з 3 %, 5 %, 7 % картопляної клітковини, відповідно на 29 %, 42 %, 49 % менша за контрольний зразок. Результати дослідження динаміки газоутворення свідчать (рис. 1), що другий екстремум максимального виділення CO_2 , коли тісто вважається дозрілим, спостерігається одночасно з контрольним зразком. Рівень газоутворення корелює зі змінами підйомної сили тіста.

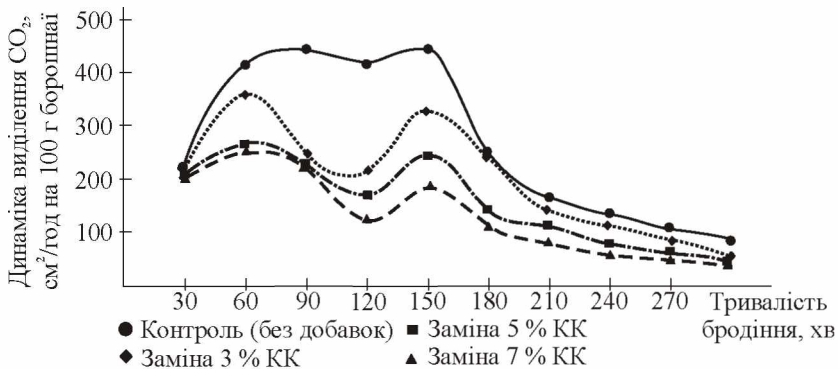


Рис.1. Вплив картопляної клітковини на газоутворювальну здатність тіста

Отримані результати необхідно враховувати при виготовленні виробів, корегуючи час бродіння та вистоювання тістових заготовок для отримання готових виробів належної якості.

Відомо, що біохімічні процеси в тісті можна характеризувати балансом зміни цукрів у процесі приготування тіста. Їх глибина позначається на газоутворювальній здатності тіста під час бродіння.

Для визначення балансу цукрів готували чотири зразки житньо-пшеничного тіста (контрольний — без добавок та із заміною пшеничного борошна на картопляну клітковину у кількості 3 %, 5 %, 7 %). Щоб уникнути впливу фер-

ментів дріжджів і процесу бродіння на вміст цукрів, дріжджі в тісто не вносили. Аналогічно готували ще чотири зразки тіста, але з додаванням 3 % дріжджів. Визначення вмісту цукрів проводили відразу після замісу та через 1,5 год бродіння тіста при температурі 32 °С.

У тісті після замішування та через 1,5 год бродіння визначали вміст цукрів йодометричним методом Шорля. Накопичення цукрів визначали за різницею між їх вмістом у тісті після замішування і через 1,5 год бродіння. Порівнянням кількості цукрів, що утворилися в бездріжджовому тісті, і залишкових цукрів у дріжджовому тісті після бродіння визначали кількість цукру, що збродився (табл. 1).

Аналізуючи вміст редукувальних цукрів у житньо-пшеничному тісті з картопляною клітковиною (табл. 1), встановили, що за 1,5 год бродіння в зразках тіста з КК в кількості 3 %, 5 %, 7 % утворилося на 3 %, 14 % та 16 % більше редукувальних цукрів відповідно, ніж у контрольному зразку.

Таблиця 1. Вміст редукувальних цукрів у житньо-пшеничному тісті з КК

Тісто	Редукувальні цукри, % до СР							
	Без дріжджів				З дріжджами			
	Без добавок	Заміна 3 % КК	Заміна 5 % КК	Заміна 7 % КК	Без добавок	Заміна 3 % КК	Заміна 5 % КК	Заміна 7 % КК
Після замісу	2,93	2,93	3,39	4,07	2,95	2,97	3,41	4,09
Через 1,5 год бродіння	5,43	5,50	6,09	6,97	4,21	4,33	4,91	5,79
Накопичено цукру	2,50	2,57	2,70	2,90	1,26	1,36	1,50	1,70
Зброджено цукру	-	-	-	-	1,24	1,21	1,20	1,20

Це можна пояснити зниженням рН тіста з картопляною клітковиною, що призводить до більш глибокого гідролізу крохмалю і декстринів. Кількість збродженого цукру порівняно з контрольним зразком не змінюється. Незважаючи на більше накопичення цукрів, інтенсивність збродження не підвищується, що підтверджується дослідженнями підйомної сили дріжджів і кількістю виділеного вуглекислого газу під час бродіння тіста.

Основними складовими, які впливають на процес тістоутворення як у пшеничному, так і в житньому борошні є білки, крохмаль, пентозани. Однак полімери житнього борошна мають суттєві особливості і значно впливають на формування структури тіста, що призводить до певних відмінностей у структурно-механічних властивостях пшеничного і житнього тіста.

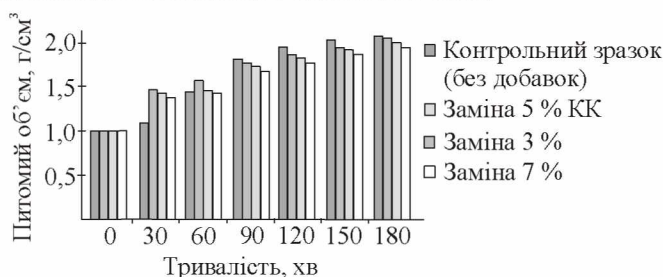


Рис. 2. Зміна питомого об'єму тіста з клітковиною картоплі

Аналіз в'язко-пластичних властивостей тіста проводили шляхом визначення газоутримувальної здатності тіста в процесі бродіння. Для цього визначили зміну питомого об'єму тіста і встановили (рис. 2), що зі збільшенням дозування в тісто картопляної клітковини питомий об'єм тіста зменшується порівняно з контрольним зразком. За першу годину бродіння питомий об'єм тіста з 3 % КК найбільший серед усіх досліджуваних зразків.

Дослідження формоутримувальної здатності тіста з картопляною клітковиною показало (рис. 3), що коефіцієнт розпливання контрольного зразка тіста більший, ніж у досліджуваних зразках з КК.

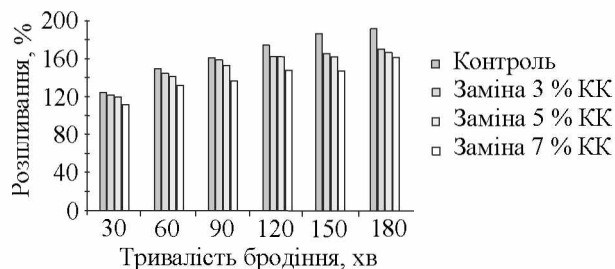


Рис. 3. Розпливання житньо-пшеничного тіста з додаванням КК

Це пояснюється високою гідрофільністю полісахаридного комплексу КК, що зумовлює підвищення в'язкості тіста, зменшує його розпливання.

Висновки

Отже, проведені теоретичні й експериментальні дослідження показали, що клітковина картоплі є перспективним джерелом харчових волокон при виробництві хліба, оскільки характеризується високою водопоглинальною здатністю, що впливає на перебіг основних процесів у тісті та є передумовою збільшення розрахункової вологості тіста для досягнення його оптимальної консистенції. При збагаченні хліба клітковиною картоплі можна отримати вироби належної якості з підвищеним вмістом харчових волокон.

Література

1. Дробот В.И. Использование картофельной клетчатки в технологии хлебобулочных изделий / В.И. Дробот, А.Н. Грищенко // Хранительна наука, техника и технологии 2013: Научни трудове. — Пловдив, 2013. — Т. LX. — С. 105—108.
2. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського і макаронного виробництва / [В.І. Дробот, Л.Ю. Арсеньєва, О.А. Білик та ін.]. — Київ: Центр навч. літератури, 2006. — 341 с.
3. Potato-based dietary fibre // Functional foods & nutraceuticals. — November, 2005. — P. 55.
4. The new potential of potato fibre // International Food Ingredients. — 2005. — Vol. 6. — P.48.
5. Potato dietary fibre: preliminary characterization of the properties and nutritional effects: a review by B. Pastuszewska, H. Antushevich, A.Tusnio, M.Taciak // Polish journal of food and nutrition sciences. — 2009. — Vol. 59, No. 3. — P. 205—210.
6. Time of harvest affects the yield of soluble polysaccharides extracted enzymatically from potato pulp / Cross M., H.C. Raun // Food and bioproducts processing. — 2015. — Vol. 93. — P. 77—83.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КЛЕТЧАТКИ КАРТОФЕЛЯ НА ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТЕСТЕ

Т.А. Сильчук, М.И. Назар

Национальный университет пищевых технологий

В статье обоснована целесообразность использования клетчатки картофеля при производстве ржано-пшеничного хлеба. Исследовано влияние клетчатки на основные процессы в тесте, для которых был характерен баланс изменения содержания сахаров во время приготовления теста и газообразующая способность теста при брожении. Проанализировано качество хлеба с картофельной клетчаткой. Установлено, что внесение клетчатки способствует уменьшению газоудерживающей способности теста, что отображается на удельном объеме хлеба. Усовершенствовано технологию хлеба с клетчаткой картофеля с получением изделий соответствующего качества, обогащенных пищевыми волокнами.

Ключевые слова: *хлебобулочные изделия, ржано-пшеничный хлеб, картофельная клетчатка.*

INVESTIGATING QUALITY INDEXES OF GRAIN WHEAT AND EMMER BREAD DURING ITS STORAGE

A. Zaparenko, S. Oliinyk, O. Samokhvalova, M. Artamonova

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

Key words:	ABSTRACT
Emmer Wheat Grain bread Cellulose Xylanase Glucose oxidase Shelf-life Staling	The results of investigating the quality indexes concerning the alteration of grain bread from emmer and wheat produced with the use of cellulases, hemicelluloses and oxidative enzymes such as Tselyulad, Ksylolad and Glucose oxidase during its storage are presented. It is found that the samples of grain bread from emmer and wheat produced with the use of enzymes maintain freshness better than control samples of grain bread during 72 h of storage. Higher organoleptic, rheological and hydrophilic properties of bread demonstrated inferior loss of moisture and lower crumbing because of the increase in its water-binding and water-holding capacities. Furthermore, the development of the structure of grain dough and bread from emmer and wheat is connected with biotransformation of non-starch grain polysaccharides and improvement of the condition of the protein and proteinase complexes under the action of Tselyulad, Ksylolad and Glucose oxidase.
Article history: Received 14.04.2016 Received in revised form 07.05.2016 Accepted 27.05.2016	
Corresponding author: A. Zaparenko E-mail: kindeducation@gmail.com	

ВИВЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗЕРНОВОГО ПШЕНИЧНОГО І ПОЛБ'ЯНОГО ХЛІБА ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

Г.В. Запаренко, С.Г. Олійник, О.В. Самохвалова, М.В. Артамонова

Харківський державний університет харчування та торгівлі

У статті представлено результати дослідження зміни показників якості під час зберігання зернового полб'яного та пшеничного хліба, виготовленого з використанням ферментних препаратів целюлолітичної, геміцелюлолітичної й окисно-відновної дії Целюлад, Ксилолад і Глюкозооксидаза. Встановлено, що протягом 72 год зберігання дослідні зразки полб'яного та пшеничного хліба краще зберігають свіжість, ніж контрольні, про що свідчать їх вищі органолептичні, структурно-механічні й гідрофільні властивості, менші втрати вологи та нижчі показники кришкуватості. Це пов'язано з підвищенням водопоглинальної та водоутримуючої здатності, а також із поліпшенням структури зернового полб'яного та пшеничного тіста й хліба у результаті біотрансформації некрохмальних полісахаридів і покращення стану білково-протеїназного комплексу зерна під дією Целюладу, Ксилоладу та Глюкозооксидази.

Ключові слова: полба, пшениця, зерновий хліб, целюлаза, ксиланаза, глюкозо-оксидаза, свіжість, черствіння.

Постановка проблеми. Однією з найбільш важливих характеристик хліба, що визначає його споживні властивості й конкурентоспроможність, є термін збереження ним свіжості [1]. Нами розроблено технологію хліба із цілого зерна полби й пшениці [2], який відрізняється підвищеним вмістом харчових волокон, білка та інших харчових і біологічно активних речовин. З метою поліпшення органолептичних, фізико-хімічних і структурно-механічних властивостей зернового хліба, а також інтенсифікації технологічного процесу його виготовлення запропоновано використання ферментних препаратів целюлолітичної, геміцелюлолітичної та окисно-відновної дії Целюлад, Ксилолад і Глюкозооксидаза (ДП «Ензим», м. Ладижин, Україна) [3]. Позитивний ефект від комплексної дії целюлолітичних і геміцелюлолітичних ферментів досягається за рахунок зміни фракційного складу і властивостей некрохмальних полісахаридів у тістових системах, а також зміцнення клейковини за участі перекису водню, утвореного із глюкози під впливом глюкозооксидази [4, 5]. Зміни стану біополімерів тістової системи за додавання комплексу дослідних ферментних препаратів, імовірно, впливатимуть і на показники якості зернового хліба під час зберігання [6], що робить їх вивчення актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що використання в технології хліба ферментних препаратів різної дії, крім покращення реологічних властивостей тіста й показників якості свіжевипеченого хліба з пшеничного борошна, сприяє і подовженню термінів збереження ним свіжості [6—12]. Так, у працях [4, 6] показано, що додавання амілолітичних ферментів під час приготування тіста дозволяє підвищити показники пористості та питомого об'єму виробів, покращити запах хліба й колір його скоринки. Крім того, відомо, що внесення цих ферментних препаратів є ефективним засобом подовження терміну збереження хлібом свіжості, що відбувається за рахунок часткового гідролізу крохмалю в тістовій системі амілазами з утворенням декстринів, які перешкоджають ретроградації амілопектину протягом зберігання [1]. Поряд з цим у науковій літературі наявні відомості, які свідчать, що наявність у тісті ферментів целюлолітичної та геміцелюлолітичної дії також сприяє більш тривалому збереженню хлібом свіжості. Механізм цього впливу повністю не з'ясований, проте вважається, що він пов'язаний із можливим перерозподілом води у хлібі між основними біополімерами у результаті утворення додаткової кількості речовин з високою вологопоглинальною здатністю та їх впливом на взаємодію між білками і полісахаридами системи [7—9]. На користь цього свідчать дані, наведені у [7], де показано, що обробка пшеничного борошна ферментними препаратами целюлази, β -глюканази та ксиланази дозволяє покращити структурно-механічні властивості м'якушки хліба, подовжити терміни збереження ним свіжості й уповільнити процеси ретроградації крохмалю, причому найбільший ефект спостерігається у разі обробки борошна саме ксиланазами. Іншими авторами [10—12] також підтверджено, що використання ксиланаз у технології хліба сприяє поліпшенню структури виробів і гальмуванню втрат ними води протягом зберігання.

Отже, на основі проведеного аналізу встановлено, що використання в технології хліба ферментних препаратів різної дії може впливати на терміни збереження ним свіжості, тому вивчення змін показників якості зернового полб'яного й пшеничного хліба, приготованого з введенням целюлолітичних, геміцелюлолітичних та окисно-відновних ферментних препаратів, представляє науковий і практичний інтерес.

Метою дослідження є вивчення показників якості під час зберігання зернового полб'яного та пшеничного хліба, виготовленого із застосуванням ферментних препаратів Целюлад, Ксилолад і Глюкозооксидаза.

Виклад основних результатів дослідження. У дослідженнях використовували зразки хліба, виготовленого із зерна полби сорту Голіковська та пшениці сорту Харківська 30, вміст білка у якому становив 19,0 і 13,9 % відповідно, а некрохмальних полісахаридів — 15,3 і 11,6 %.

Дослідні зразки зернового полб'яного та пшеничного хліба готували шляхом замочування зерна полби та пшениці у 0,5-відсотковому розчині оцтової кислоти за температури 20 °C і гідромодуля 1:1,5 протягом 15 та 18 год відповідно. Після замочування зерно промивали у проточній воді, подрібнювали та на основі подрібненої зернової маси замішували тісто вологістю 47,0 % з додаванням 3,0 % дріжджів хлібопекарських пресованих і 1,5 % солі кухонної. Ферментні препарати Целюлад, Ксилолад і Глюкозооксидазу вводили у вигляді суспензій на етапі приготування тіста у встановлених раніше кількостях, які складали для хліба полб'яного 0,038; 0,076 і 0,010 %, а для хліба пшеничного — 0,036; 0,065 і 0,007 % до маси сухого зерна відповідно [3]. Тісто піддавали бродінню за температури 30 °C протягом 90 хв, ділили на шматки, формували та вистоювали тістові заготовки за температури 38 °C, які потім випікали за температури 180...220 °C протягом 30 хв. Як контрольні використовували зразки полб'яного та пшеничного зернового хліба, виготовленого без додавання ферментних препаратів.

Випечені вироби зберігали у поліпропіленовій плівці за температури 18...20 °C і відносній вологості повітря 60...75 %. Дослідження проводили після повного остигання виробів (через 3 год після випікання), а потім через кожні 24 год протягом 72 годин.

Збереження свіжості дослідними та контрольними зразками хліба визначали за зміною їх органолептичних властивостей, а також показників вологості, намоочуваності, деформації та кришкуватості м'якушки під час зберігання. Визначення органолептичних показників якості здійснювали за 5-бальною шкалою. Масову частку води визначали методом висушування до постійної маси, описаним у [13]. Оцінку структурно-механічних властивостей м'якушки виробів досліджували за допомогою автоматизованого лабораторного пенетрометра «Labog» [14]. Показник кришкуватості та гідрофільні властивості м'якушки визначали за методиками, описаними у [13].

Результати експериментальних досліджень представлені на рис. 1—3 і в табл. 1—2.

Аналіз органолептичних показників якості зернового хліба (рис. 1) свідчить, що через 3 год зберігання контрольний зразок зернового полб'яного хліба

характеризувався кращими показниками зовнішнього вигляду й стану м'якушки порівняно з контрольним зразком пшеничного.

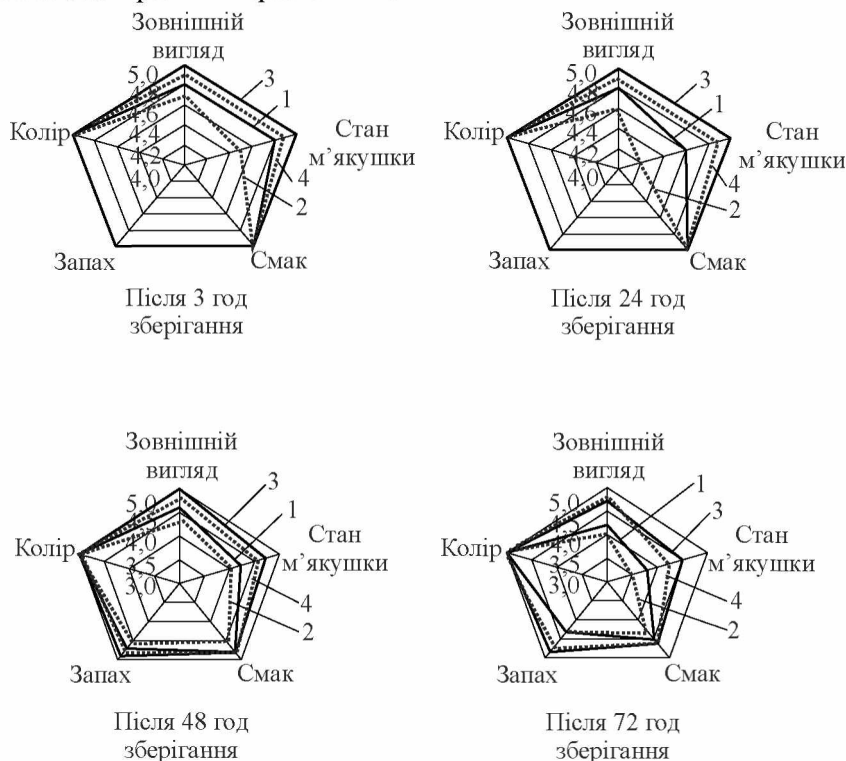


Рис. 1. Зміна органолептичних показників якості зернового хліба під час зберігання:

1, 2 — полб'яного і пшеничного без додавання ФП (контрольні зразки);

3, 4 — полб'яного і пшеничного з додаванням ФП (дослідні зразки)

Використання в технології зернового хліба ферментних препаратів сприяло менш інтенсивному погіршенню зовнішнього вигляду та стану м'якушки як полб'яного, так і пшеничного хліба.

Через 24 год з початку експерименту відмічалось помітне погіршення стану м'якушки контрольних зразків полб'яного та пшеничного хліба порівняно із свіжевипеченим, а у зразках із ферментними препаратами ці зміни були менш вираженими. За більш тривалого зберігання, поряд з подальшим погіршенням стану м'якушки, спостерігалось зниження показників зовнішнього вигляду, смаку й запаху як контрольних, так і дослідних виробів, проте в останніх ці зміни відбувались меншою мірою.

За результатами визначення вологості дослідних і контрольних зразків під час зберігання хліба (табл. 1) встановлено, що цей показник свіжовипечених контрольних зразків полб'яного хліба є вищим, ніж у пшеничного, що зумовлено більшим вмістом високогідрофільних біополімерів у зерні полби.

Протягом зберігання відбувається зменшення вологості цих зразків зернового хліба на 8,7 і 10,8 % відповідно порівняно з початковими значеннями даного показника. Використання ферментних препаратів сприяє підвищенню

вмісту вологи у свіжовипеченому полб'яному та пшеничному хлібі, а також менш інтенсивним її втратам протягом 72 год зберігання, які наприкінці експерименту склали 6,2 і 6,9 %.

Таблиця 1. Зміна вологості зернового хліба під час зберігання

Тривалість зберігання, год	Вологість зразків зернового хліба, %			
	полб'яного		пшеничного	
	без добавок	з додаванням ферментних препаратів	без добавок	з додаванням ферментних препаратів
3	45,8±0,2	46,5±0,3	45,1±0,3	46,0±0,3
24	43,7±0,4	46,0±0,4	42,4±0,3	45,4±0,3
48	42,5±0,2	44,9±0,3	41,1±0,2	44,0±0,4
72	41,8±0,3	44,4±0,4	40,3±0,3	43,1±0,2

Виявлена тенденція зберігається і в зміні гідрофільних властивостей зразків зернового хліба (рис. 2). Так, м'якушка свіжовипеченого контрольного зразка полб'яного хліба поглинає на 19,4 % більше води, ніж м'якушка пшеничного. Наприкінці зберігання цей показник для контрольних зразків хліба зменшується на 41,9 і 50,0 %. Найявніш у рецептурах зернового хліба ферментних препаратів (ФП) сприяє як підвищенню гідрофільних властивостей свіжовипечених полб'яних і пшеничних виробів, так і менш інтенсивному їх зниженню протягом експерименту. Величина показника намоочуваності дослідних зразків хліба через 72 год зберігання зменшилася на 22,4 і 28,4 %.

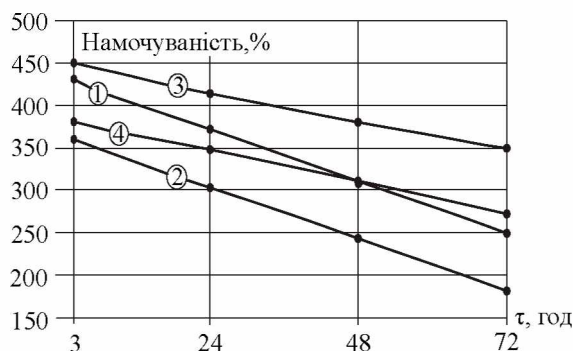


Рис. 2. Гідрофільні властивості м'якушки зернового хліба під час зберігання:
 1, 2 — полб'яного і пшеничного зернового хліба без додавання ФП (контрольні зразки);
 3, 4 — полб'яного і пшеничного зернового хліба з додаванням ФП (дослідні зразки)

Встановлено, що показник пенетрації свіжовипеченого полб'яного хліба на 15,4 % більший, ніж у пшеничного, що є свідченням його кращих структурно-механічних властивостей (табл. 2). Це може бути зумовлено різним вмістом клейковини та харчових волокон у вказаних зразках. Під час їх зберігання величина цього показника м'якушки обох контрольних зразків хліба зменшується, причому найбільш інтенсивно у перші 24 год зберігання — на 28,3 і 34,6 % порівняно із початковими значеннями.

Таблиця 2. Зміна показника penetрації м'якучки зернового хліба під час зберігання

Тривалість зберігання, год	Показник penetрації м'якучки зернового хліба, од. приладу			
	полб'яного		пшеничного	
	без добавок (контроль)	з додаванням ферментних препаратів	без добавок (контроль)	з додаванням ферментних препаратів
3	60±3	75±4	52±2	64±3
24	43±2	67±3	34±1	55±2
48	34±1	48±2	26±1	38±2
72	30±1	39±2	22±1	30±1

Додавання до рецептур зернового хліба дослідних ферментних препаратів сприяє покращенню структурно-механічних властивостей як полб'яного, так і пшеничного зернового хліба, про що свідчать більші показники penetрації їх м'якучки на 25,0 і 23,1 % порівняно з контрольними зразками. Протягом 72 год зберігання зернового хліба, приготованого із дослідними ферментними препаратами, відбувається менш інтенсивне зниження показника penetрації як у полб'яному, так і в пшеничному хлібі, особливо протягом першої доби, що свідчить про зменшення швидкості усування виробів.

Отримані закономірності підтверджуються і результатами визначення кришкуватості м'якучки зернового хліба (рис. 3). Встановлено, що цей показник для полб'яного зернового хліба на 15 % менший, ніж для пшеничного, що вказує на кращі структурно-механічні властивості полб'яного хліба. Протягом зберігання кришкуватість контрольних зразків полб'яного та пшеничного хліба зростає і наприкінці експерименту вона у 3,1 і 3,5 раза більша, ніж у свіжовипечених виробів.

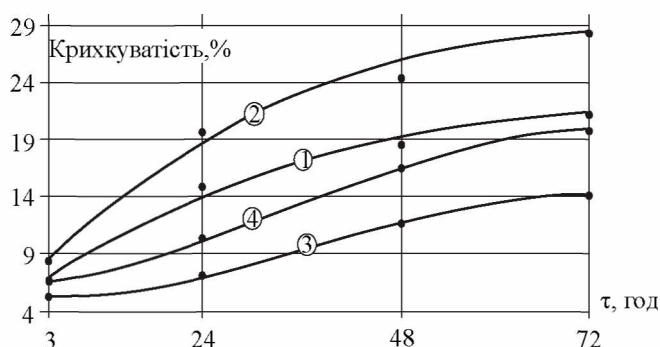


Рис. 3. Зміна кришкуватості зразків м'якучки зернового хліба під час зберігання:

1, 2 — полб'яного і пшеничного без додавання ФП (контрольні зразки); 3, 4 — полб'яного і пшеничного з додаванням ФП (дослідні зразки)

Використання дослідних ферментних препаратів у технології зернового хліба сприяє зниженню показника кришкуватості свіжовипеченого полб'яного та пшеничного хліба на 23,6 і 20,0 %, а протягом усього терміну зберігання цей показник знижується менш інтенсивно, ніж у контрольних, а саме у 2,8 і

3,1 раза. Слід зазначити, що наприкінці зберігання зразків зернового хліба, приготованих із додаванням ферментних препаратів, їх кришкуватість була майже такою, як у контрольних зразках через 24 год після повного остигання.

Отримані результати свідчать про покращення споживних властивостей як свіжовипеченого зернового хліба в разі використання під час його приготування ферментних препаратів Целюлад, Ксилолад і Глюкозооксидаза, так і протягом усього терміну його зберігання. Такий ефект може бути пов'язаний із низкою складних біохімічних процесів, що відбуваються під дією цих ферментних препаратів у зерновому тісті. Так, відомо, що целюлаза й ксиланаза каталізують гідроліз целюлози та геміцелюлоз, унаслідок чого в тістовій системі підвищується вміст водорозчинних некрохмальних полісахаридів з високою водопоглинальною та водоутримувальною здатністю [15, 16], які утримують більше води, ніж крохмаль [1]. Наявність у зерновому тісті глюकोзооксидази ініціює утворення перекису водню з глюкози, який окиснює тіолові групи клейковиноутворюючих білків та протеолітичних ферментів, у результаті чого клейковина зміцнюється і гальмується протеоліз [17, 18], що впливає на здатність нею утримувати вологу. Певний внесок у покращення споживних властивостей зернового хліба може здійснювати і додаткова кількість білка, що вивільнюється під час гідролізу білок-полісахаридних зв'язків під дією целюлази та ксиланази [15, 19].

Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що додавання ферментних препаратів Целюладу, Ксилоладу та Глюкозооксидази під час виготовлення пшеничного та пшеничного зернового хліба сприяє кращому збереженню ними органолептичних, структурно-механічних показників якості й гідрофільних властивостей, менш інтенсивним змінам вологості та кришкуватості виробів протягом зберігання. Отримання такого ефекту досягається за рахунок підвищення водопоглинальної та водоутримувальної здатності виробів унаслідок дії комплексу ферментів і високогідрофільні сполуки зерна.

Література

1. Технологія хлібопекарського виробництва / [В. І. Дробот та ін.]. — Київ, 2002. — 236 с.
2. *Lysyuk G.M.* The technological aspects of emmer breed, Golikovska / G.M. Lysyuk, S.G. Oliynyk, G.V. Zaparenko, S.Y. Didenko, O.V. Golik, T.S. Geyko // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. — 2014. — #. 2 (5). — P. 54—56.
3. *Олійник С.Г.* Оптимізація складу композиції ферментних препаратів для підвищення якості зернового хліба / С.Г. Олійник, Г.В. Запаренко, О.Г. Дьяков // Харчова наука і технологія. — 2016. — № 1. — С. 31—36.
4. *Капрельянц Л.В.* Ферменты в пищевых технологиях: монография / Л.В. Капрельянц. — Одесса, 2009. — 468 с.
5. *Miguel Ângelo Samir Melim.* Enzymes in Bakery: Current and Future Trends / Ângelo Samir Melim Miguel, Tathiana Souza Martins-Meyer, Érika Veríssimo da Costa Figueiredo, Bianca Waruar Paulo Lobo, Gisela Maria Dellamora-Ortiz [Electronical resource]. — Available at: <<http://dx.doi.org/10.5772/53168>>.
6. *Дробот В.И.* Повышение качества и сроков хранения хлеба / В.И. Дробот, Т.А. Сильчук // Продукты & ингредиенты. — 2010. — № 2. — С. 18—20.

7. Haros M. Effect of different carbohydrases on fresh bread texture and bread staling / M. Haros, C.M. Rosell, C. Benedito // *European Food Research and Technology* — 2002. — Vol. 215. — Iss. 5. — P. 425—430. DOI: 10.1007/s00217-002-0580-4.
8. Sorensen J. Degree of inhibition by the endogenous wheat xylanase inhibitor controls the functionality of microbial xylanases 'in Dough' / J. Sorensen, O. Sibbesen, C. Poulsen // *AACC Annual Meeting, Enzymes and Baking, USA*. — 2001. — 213 p.
9. Poutanen K. Enzymes: An important tool in the improvement of the quality of cereal foods / K. Poutanen // *Trends Food Sci Technol*. — 1997. — #. 8. — P. 300—306.
10. McPhillips K. Purification and Characterisation of a β -1,4-Xylanase from *Remersonia thermophila* CBS 540.69 and its Application in Bread Making / K. McPhillips, D. M. Waters, C. Parlet, D. J. Walsh, E. K. Arendt, P. G. Murray // *Applied biochemistry and biotechnology*. — 2013. — Vol. 172 (4). — P. 1747—1762. DOI: 10.1007/s12010-013-0640-1.
11. Zheng H. Improvement of the quality of wheat bread by addition of glycoside hydrolase family 10 xylanases / H. Zheng, B. Guo, X. L. Chen, S. J. Fan, Yu. Z. Zhang // *Appl Microbiol Biotechnol*. — 2011. — Vol. 90 (2). — P. 509—515. DOI: 10.1007/s00253-011-3088-7.
12. Ghoshal G. Effect of Xylanase on Quality Attributes of Whole Wheat Bread / G. Ghoshal, U.S. Shivhare, U.C. Banerjee // *Journal of Food Quality*. — 2013. — Vol. 36, Iss. 3. — P. 172—180. DOI: 10.1111/jfq.12034.
13. *Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва: навч. посібник* / [В. І. Дробот та ін.]. — Київ, 2006. — 341 с.
14. *Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: навч. посібник* / [А.Б. Горальчук, П.П. Пивоваров, О.О. Гринченко та ін.]. — Харків: ХДУХТ, 2006. — 63 с.
15. Primo-Martin C. Influence of pentosanase and oxidases on water-extractable pentosans during a straight breadmaking process / C. Primo-Martin, M.A. Martinez-Anaya // *J.Food Sci*. — 2003. — Vol. 68. — P. 31—41.
16. Hemdane S. Wheat (*Triticum aestivum* L.) Bran in Bread Making: A Critical Review / S. Hemdane, P.J. Jacobs, E. Dornez, J. Verspreet, J.A. Delcour, C.M. Courtin // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. — 2016. — Vol. 15, Iss. 1. — P. 28—42.
17. Renzetti S. Role of enzymes in improving the functionality of proteins in nonwheat dough systems / S. Renzetti, C.M. Rosell // *Journal of Cereal Science*. — 2016. — Vol. 67. — P. 35—45. DOI: 10.1016/j.jcs.2015.09.008 0733-5210.
18. Bonet A. Rebuilding gluten network of damaged wheat by means of glucose oxidase treatment / A. Bonet, C.M. Rosell, I. Perez-Munuera, I. Hernando // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. — 2007. DOI: 10.1002/jsfa.2846.
19. Primo-Martin C. An explanation for the combined effect of xylanase–glucose oxidase in dough systems / C. Primo-Martin, M. Wang, W.J. Lichtendonk, J.J. Plijter, R. J. Hamer // *Sci. Food Agric*. — 2005. — Vol. 85. — P. 1186—1196. DOI: 10.1002/jsfa.2107.

ИЗУЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗЕРНОВОГО ПШЕНИЧНОГО И ПОЛБЯНОГО ХЛЕБА ПРИ ХРАНЕНИИ

А.В. Запаренко, С.Г. Олейник, О.В. Самохвалова, М.В. Артамонова
Харьковский государственный университет питания и торговли

В статье представлены результаты исследования изменения показателей качества при хранении зернового полбяного и пшеничного хлеба, приготовленного с использованием ферментных препаратов целлюлолитического, гемицеллюлолитического и окислительно-восстановительного действия Целлюлад, Ксилотад и Глюкозооксидазы. Установлено, что в течение 72 ч хранения

исследуемые образцы полбяного и пшеничного хлеба лучше сохраняют свежесть, чем контрольные, о чём свидетельствуют их более высокие органолептические, структурно-механические и гидрофильные свойства, меньшие потери влаги и меньшие показатели крошковатости. Это связано с повышением водопоглотительной и водоудерживающей способности, а также с улучшением структуры зернового полбяного и пшеничного теста и хлеба в результате биотрансформации некрахмальных полисахаридов и улучшения состояния белково-протеиназного комплекса зерна под действием Целлюлазы, Ксиланазы и Глюкозооксидазы.

Ключевые слова: полба, пшеница, зерновой хлеб, целлюлаза, ксиланаза, глюкозооксидаза, свежесть, черствение.

УДК 664.34.

USE OF BLENDED OILS IN MAYONNAISE PRODUCTION

Yu. Khatskevych, T. Sherbakova, G. Selyutina

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

Key words:

*Blended vegetable oil
Rapeseed oil
Polyunsaturated fatty acids
of the ω -3 and ω -6 family
Autooxidation, synthetic
and natural antioxidants
 α -tocopherol
 β -tocopherol
 δ -tocopherol
 γ -tocopherol*

ABSTRACT

The changes in acid and peroxide number of blended vegetable oils with rapeseed and sunflower oil in the composition of the mayonnaise products were researched. The dynamics of changes of these quality indices in the mayonnaise samples during storage depending on the ratio of sunflower and rapeseed oil in the blended composition was analyzed. It is shown that during the storage of mayonnaise samples with rapeseed oil, the considerable deceleration of fat component autooxidation process occurs. The reasonability of using blended vegetable oils in the production of mayonnaise products is proved.

Article history:

Received 07.04.2016

Received in revised form

07.05.2016

Accepted 18.05.2016

Corresponding author:

Yu. Khatskevych

E-mail:

npnuht@ukr.net

ЗАСТОСУВАННЯ ОЛІЙ КУПАЖОВАНИХ У ВИРОБНИЦТВІ МАЙОНЕЗІВ

Ю.М. Хацкевич, Т.В. Щербакова, Г.А. Селютіна

Харківський державний університет харчування та торгівлі

У статті досліджено зміни кислотного та пероксидного чисел купажованих олій, що містять ріпакову й соняшникову олію і входять до складу майонезної продукції. Проаналізовано динаміку зміни цих показників якості під час зберігання майонезів і з урахуванням співвідношення соняшnikової та ріпакової олій у купажній композиції. Показано, що при зберіганні зразків майонезів, які містять ріпакову олію, спостерігається значне гальмування процесу автоокислення жирового компоненту. Зроблено висновок про доцільність використання олій купажованих у виробництві майонезної продукції.

Ключові слова: олії купажовані, ріпакова олія, поліненасичені жирні кислоти (ω -3 та ω -6), автоокислення, синтетичні і природні антиоксиданти, α -токоферол, β -токоферол, δ -токоферол, γ -токоферол.

Постановка проблеми. Під час розробки рецептур жирових харчових продуктів виникають питання, пов'язані із збалансованим вмістом поліненасичених жирних кислот (лінолева, ліноленова, арахідонова) у їх складі [1]. Відомо, що жодна з рослинних олій у чистому вигляді не має збалансованого співвідношення цих жирних кислот. Одним із способів вирішення цієї проблеми є застосування в харчових продуктах купажованих сумішей, до складу яких входить декілька рослинних олій [2, 3].

Достатньо перспективними за жирнокислотним складом є суміші ріпакової і соняшникової олій [3]. В ріпаковій олії вміст ліноленової кислоти складає 13,7 %, лінолевої — до 10 %. Соняшникова олія містить 70,1 % лінолевої кислоти та майже не містить ліноленової. Купажування цих двох олій надає можливість одержати олійну суміш, збалансовану за жирнокислотним складом. Такі суміші ріпакової та соняшникової олій є більш стійкими до процесів автоокислення, ніж чиста соняшникова олія [4]. Це є наслідком того, що при підвищенні концентрації ріпакової олії у хімічному складі таких сумішей зростає вміст фракцій β і γ токоферолів. Таким чином, використання купажів олій в приготуванні майонезів надає можливість отримати продукт, що має лікувально-профілактичні властивості і високу стійкість до процесів автоокислення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рослинні олії здатні до окислення під дією кисню, що легко дифундує з повітря та розчиняється в них. Процес автоокислення прискорюють наявність освітлення та перепад температур під час зберігання олій. Залежність реалізації розчиненого кисню від температури має експонентний характер.

Під час зберігання, внаслідок перебігу окислювальних процесів, в олії накопичуються вільні жирні кислоти (перша стадія окислення) та вторинні продукти автоокислення: перекиси, карбонільні та оксиранові сполуки, полімери тощо, що знижує біологічну цінність та органолептичні показники якості продукту [4]. Поширеним і достатньо ефективним методом гальмування автоокислювальних процесів є додавання до олії синтетичних антиоксидантів. Більш відомі синтетичні антиоксиданти є похідними фенолу: суміш ізомерів 2- і 3-третбутілу-4-оксіанізола (БОА) та бутілокітолуол (БОТ), іонол, фенольні сульфіді. До цієї ж групи можна віднести різноманітні похідні аліфатичних спиртів, амінів, амінокислот. Але фізіологічні дослідження вказують на доцільність застосування природних антиоксидантів рослинного походження, які мають більш м'яку дію на організм людини [9].

У той же час відомо про залежність стійкості рослинних олій до автоокислення від їх жирнокислотного складу та вмісту біологічно активних речовин (токоферолів, стеролів, тритерпенових спиртів, каротиноїдів тощо), які є природними антиоксидантами. Аналіз літературних даних з досліджень хімічного складу олій урожаїв різних років вказує на достатньо високий вміст токоферолів у ріпаковій олії (до 120 мг%) порівняно з олією соняшника (до 92 мг%) [5].

Дані жирнокислотного складу цих олій свідчить про те, що ріпакову олію відносять до ліноленової групи олій (вміст ліноленової кислоти — від 6 до 15 %), тоді як соняшникова олія є представником лінолевої олійної групи (вміст лінолевої кислоти — від 42 до 74 %). Зауважимо, що ліноленова кислота відноситься до поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) сімейства ω -3, а

лінолева — до ПНЖК сімейства ω -6. Згідно із сучасними фізіологічними дослідженнями, у раціоні людини співвідношення ПНЖК ω -6 до ПНЖК ω -3 має складати (4—10):1 залежно від віку та стану здоров'я. Сьогодні вже відомі розробки фахівців з одержання купажних композицій соняшникової, гірчичної, соєвої, льняної та ріпакової олій з метою підвищення біологічної цінності [3]. Але зовсім відсутні дані про зміну якості таких сумішей під час зберігання залежно від співвідношення окремих видів олій у купажній композиції.

З публікацій результатів досліджень вмісту та фракційного складу токоферолів (вітаміну Е) у соняшниковій та ріпаковій олії відомо, що в соняшниковій олії в основному наявні α -токоферол ($C_{29}H_{48}O_2$), які виявляють меншу антиоксидантну активність, ніж β -, γ - та δ -токоферолі. В ріпаковій олії містяться: β -токоферол — $C_{29}H_{48}O_2$ (5, 8-диметилтокол), γ -токоферол — $C_{28}H_{48}O_2$ (7,8-диметилтокол) та δ -токоферол — $C_{28}H_{48}O_2$ (8-метилтокол). Наявність β -, γ - та δ -токоферолів і сполук неоміляємої фракції, які виявляють підвищену антиоксидантну активність і синергізм, є можливим поясненням більшого гальмування процесу автоокислення під час зберігання ріпакової олії порівняно із соняшnikовою олією [6, 7].

Таким чином, застосування у виробництві майонезної продукції купажів соняшnikової та ріпакової олій є доцільним, а дослідження процесів автоокислення жирової фази під час зберігання такої продукції вважаємо достатньо актуальним.

Мета статті. Дослідження зміни кислотного й пероксидного чисел купажованих олійних сумішей та аналіз стійкості цих композицій до окислення у складі майонезів під час зберігання.

Виклад основних результатів дослідження. Об'єктами дослідження були експериментальні зразки майонезу на основі купажів соняшnikової та ріпакової олій. Зразок № 1 є контрольним і містить лише дезодоровану рафіновану соняшnikову олію. При виготовленні інших зразків майонезу застосовувалися купажі, що містили від 10 % до 50 % ріпакової олії холодного віджиму та від 90 % до 50 % соняшnikової олії. Найбільша гранична кількість ріпакової олії у купажі (50 %) обрана з урахуванням органолептичних показників якості майонезу: при збільшенні концентрації спостерігалась поява насиченого жовто-зеленого кольору та вираженого смаку ріпакової олії. За основу було взято класичну рецептуру приготування майонезу «Провансаль». Масова частка жиру в зразках складала 45 % (середньокалорійний майонез). Замість оцтової кислоти, яка зазвичай використовується при виготовленні майонезів, було застосовано лимонну кислоту, що є синергістом до дії токоферолів і антиоксидантів [10].

Під час виробництва зразків майонезів використовували сировину, що відповідає вимогам ДСТУ 4487:2005 Майонези. Загальні технічні умови [11].

Ріпакову олію для купажування було одержано з ярового безерукового сорту «Обрій», рекомендованого для вирощування в умовах степу і лісостепу. Сорт внесений до реєстру сортів рослин України з 2006 р. під № 0653.

Органолептичні показники якості майонезів досліджувались згідно з методикою, наданою у ДСТУ 4487:2005 [9]. Визначення кислотного числа проводили згідно з [12], визначення пероксидного числа — згідно з [13].

Дослідження значень кислотного та пероксидного чисел жирової фази проводили упродовж 60 діб зберігання зразків майонезу за температури від 0 до +5 °С. Виділення жирового компоненту з майонезів проводили через кожні 15 діб зберігання.

Відомо, що під час зберігання, внаслідок перебігу окислювальних процесів, в олії накопичуються вільні жирні кислоти (перша стадія окислення). Такі зміни супроводжуються збільшенням значень показника «кислотне число». На другій стадії автоокислення в олії утворюються вторинні продукти окислення: перекиси, полімери тощо. Ці процеси супроводжуються зростанням значень показника «пероксидне число».

За вимогами ДСТУ 4492:2005 кислотне число олії соняшникової рафінованої повинно становити не більше 0,6 мг КОН/г, пероксидне число — від 6,0 до 10,0 (1/2 Омоль/кг) [14]. Згідно з вимогами ДСТУ 4536: 2006, кислотне число рослинних купажованих олій під час випуску з підприємства-виробника повинно становити не більше 2,5 мг КОН/г, пероксидне число — від 6,0 до 10,0 (1/2 Омоль/кг) [3]. Результати досліджень кислотного та пероксидного числа олій, що було виділено із виготовлених експериментальних зразків майонезу, наведені у табл. 1.

Результати досліджень вказують, що значення показника якості «кислотне число» олій з усіх свіжовиготовлених зразків майонезу відповідає вимогам стандартів і лежить в межах від 0,6 мг КОН (зразок № 1 — на соняшниковій олії) до 1,4 (зразок № 6 — на купажованій суміші, що містить 50 % ріпакової олії). Встановлено, що збільшення питомої ваги ріпакової олії холодного віджиму у складі застосованого купажу призводить до поступового незначного зростання значень показника «кислотне число». Це вказує на підвищення кількості вільних жирних кислот у складі олії (зразки 2, 3, 4, 5, 6 — термін зберігання 0 діб).

Під час зберігання всіх зразків майонезу спостерігається зміна значень показника «кислотне число», яка свідчить про перебіг першої стадії процесу окислення у виділених оліях, і накопичення вільних жирних кислот. Показано, що значення показника «кислотне число» олії, виділеної із зразка № 1 (контрольний зразок на соняшниковій олії), за 30 діб зберігання збільшилося у 2,2 раза та склало 1,3 мг КОН. Після 45 діб зберігання значення цього показника становило 1,6 мг КОН.

Після 60 діб зберігання показник «кислотне число» олій із зразка № 1 збільшився в 3,3 раза: від значень 0,6 мг КОН (свіжовиготовлений зразок № 1) до значень 2,0 мг КОН. Найбільша швидкість зростання показника зафіксована після зберігання зразка в інтервалі від 0 діб до 15 діб (зростання склало 67 %) та в інтервалі від 45 діб до 60 діб зберігання (зростання склало 25 %).

У той же час у зразках майонезів, що містили у своєму складі ріпакову олію, спостерігається більш повільна зміна цього показника (зразки № 2, № 3, № 4, № 5, № 6). Через 30 діб зберігання значення показника «кислотне число» олійних сумішей, виділених із цих зразків, зросло в середньому на 19...30 % та склало 1,3—1,6 мг КОН (зразок № 2 та № 6 відповідно). Встановлено, що через 30 діб зберігання показник «кислотне число» олій, виділених із зразків № 2, № 3, № 4 мав однакове значення із показником олії, виділеної із контрольного зразка № 1 (1,3 мг КОН).

Через 45 діб зберігання показник «кислотне число» олій, виділених із зразків № 2, № 3, № 4, мав значення 1,4 мг КОН. Олія з контрольного зразка № 1 мала більші значення цього показника — 1,6 мг КОН.

Після 60 діб зберігання показники «кислотне число» олій склали 1,5 мг КОН (зразки № 2, № 3, № 4), 1,8 мг КОН (зразок № 5) та 2,0 мг КОН (зразок № 1 і № 6).

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники якості олій, виділеної із зразків майонезу

№ зразка майонезу / (соняшникова: ріпакова) у виділеному жирі, %	Кислотне число, мг КОН	Пероксидне число, 1/2 Омоль/кг	НД на методи випробування
Середньокалорійний майонез 45%			ДСТУ 4350:2004 ДСТУ ISO 3960:2001
Термін зберігання 0 діб			
№1 / 100:0	0,6	5,0	
№2 / 90:10	1,0	5,0	
№3 / 80:20	1,1	5,0	
№4 / 70:30	1,2	5,0	
№5 / 60:40	1,2	5,1	
№6 / 50:50	1,4	5,1	
Термін зберігання 15 діб			ДСТУ 4350:2004 ДСТУ ISO 3960:2001
№1 / 100:0	1,0	5,2	
№2 / 90:10	1,2	5,0	
№3 / 80:20	1,3	5,0	
№4 / 70:30	1,3	5,0	
№5 / 60:40	1,4	5,1	
№6 / 50:50	1,5	5,1	
Термін зберігання 30 діб			ДСТУ 4350:2004 ДСТУ ISO 3960:2001
№1 / 100:0	1,3	5,8	
№2 / 90:10	1,3	5,1	
№3 / 80:20	1,3	5,1	
№4 / 70:30	1,3	5,1	
№5 / 60:40	1,5	5,1	
№6 / 50:50	1,6	5,1	
Термін зберігання 45 діб			ДСТУ 4350:2004 ДСТУ ISO 3960:2001
№1 / 100:0	1,6	6,5	
№2 / 90:10	1,4	5,1	
№3 / 80:20	1,4	5,2	
№4 / 70:30	1,4	5,2	
№5 / 60:40	1,7	5,2	
№6 / 50:50	1,9	5,4	
Термін зберігання 60 діб			ДСТУ 4350:2004 ДСТУ ISO 3960:2001
№1 / 100:0	2,0	7,8	
№2 / 90:10	1,5	5,2	
№3 / 80:20	1,5	5,3	
№4 / 70:30	1,5	5,4	
№5 / 60:40	1,8	5,4	
№6 / 50:50	2,0	5,5	

Таким чином, в олії, виділеній із зразків № 2, № 3, № 4 і № 5 за період зберігання 60 діб, перша стадія процесу окислення відбувалася більш повільно, ніж в олії із зразків № 1 та № 6.

Відомо, що з усіх жирних кислот, що входять до складу рослинних олій, найменш стійкою до процесів автоокислення є ліноленова кислота. Теоретично, виходячи з цього, можна було сподіватися на підвищення швидкості автоокислення олії пропорційно до збільшення концентрації ліноленової кислоти. Однак за умов змішування олій з різною природою така кореляцію не підтверджується [6]. Отримані нами результати теж не підтверджують підвищення швидкості автоокислення олії пропорційно до збільшення концентрації ліноленової кислоти.

Аналіз динаміки змін показника якості «пероксидне число» олій, виділених із свіжовиготовлених дослідних зразків доводить, що збільшення питомої ваги ріпакової олії в купажі практично не призводить до накопичення вторинних сполук автоокислення.

За 60 діб зберігання найбільше зростання показника «пероксидне число» зафіксоване в олії із зразка № 1 (контрольний зразок) — від 5,0 до 7,8 (1/2 Омоль/кг). Зростання значень показника склало 56 %. Такі зміни значень пероксидного числа свідчать про глибоке окислення жирів і накопичення в них пероксидів. Це може пояснити і незадовільні органолептичні показники якості цього зразка після 60 діб зберігання. Поряд із цим у зразках майонезу, що містять купажі з ріпаковою олією, спостерігається більш повільне зростання цього показника. Протягом 60 діб зберігання показник «пероксидне число» олій, виділених із зразків № 2, № 3, № 4, № 5 і № 6, підвищився в середньому на 0,2—0,4 (1/2 Омоль/кг) та склав 5,2—5,5 (1/2 Омоль/кг).

Наведені в табл. 1 результати свідчать про те, що під час зберігання майонезної продукції, яка містить купажовані суміші ріпакової та соняшникової олій, спостерігається значне гальмування процесів автоокислення жирового компонента порівняно із контрольним зразком № 1. Більш активне окислення соняшникової олії порівняно із її сумішами з ріпаковою можливо пояснити вмістом у їх хімічному складі різних ізомерів токоферолів. Відомо, що за умов концентрації γ -токоферолу 11 мкг/г у ріпаковій олії достатньо виразно спостерігається гальмування процесу утворення гідроперексидів та інших сполук вторинного окислення. У соняшниковій олії найбільше міститься α -токоферолу $C_{29}H_{48}O_2$ (90—96 % від загальної кількості токоферолів). Цей ізомер за концентрації менш ніж 40 мкг/г є достатньо ефективним антиоксидантом. Але при збільшенні концентрації α -токоферолу його активність зменшується. До того ж відомо, що стабільність γ -токоферолів $C_{28}H_{48}O_2$ (7,8-диметилтокол) за несприятливих умов (нагрівання, підвищена вологість та кисле середовище) та при підвищенні їх концентрації є більшою, ніж у α -токоферолів. У суміші α - та γ -токоферолів найбільш ефективна спільна дія спостерігається за умов співвідношення їх концентрацій 10:10 мкг/г. За умов низьких ($C < 10$ мкг/г) концентрацій токоферолів α -токоферол є більш активним антиоксидантом, ніж γ -токоферол [8, 9, 10].

Висновки

Отримані результати досліджень вказують на те, що при зберіганні зразків майонезів, які містять ріпакову олію, спостерігається значне гальмування процесу автоокислення жирового компоненту. Особливо помітно це гальмування спостерігається при зберіганні майонезів упродовж терміну більше 30 діб. Найкращі фізико-хімічні й органолептичні показники якості після зберігання

протягом 45—60 діб мали зразки майонезів, що містять 10, 20 та 30 % ріпакової олії у складі жирового компоненту (зразки № 2, № 3 та № 4 відповідно).

Аналіз результатів дослідження зміни кислотного та пероксидного чисел купажованих олійних сумішей у складі майонезів під час їх зберігання свідчить про доцільність використання таких сумішей у виробництві майонезної продукції.

Література

1. Утешева С.Ю. Тенденции в создании майонезов и соусов / С.Ю. Утешева, А.П. Нечаева // Масложировая промышленность. — 2007. — № 3. — С. 12.
2. Товарознавство харчових жирів: Навчальний посібник / В.М. Козлов, Ю.М. Хацкевич, В.К. Тимченко // Під заг. ред. проф. В.М. Козлова. — Харків: ХДУХТ, 2005. — 128 с.
3. ДСТУ 4536:2006 Олії купажовані. Технічні умови. — Чинний від 01.04.2007. — Київ: Держспоживстандарт України, 2007. — 30 с.
4. Ржевская Ф.Н. Характеристика процесса окисления жиров различной природы при хранении / Ф.Н. Ржевская, Т.Г. Климова // Вопросы питания. — 2003. — № 3. — С. 79—84.
5. Хафазов Р.Х. Изучение антиокислительной активности токоферолов подсолнечного масла / Р.Х. Хафазов, М.И. Джура, М.К. Кадыров // Изв. вузов. Пищевая технология. — 1995. — № 4. — С. 37—40.
6. Растительные масла и специальные жиры для пищевой промышленности. Тезисы семинаров «ХІТ УКРАЇНА-2009». — Київ: ХІТ УКРАЇНА, 2009. — 34 с.
7. Ото Сидзуки Антиоксиданты на основе соединений фенола // Новое в жировой промышленности: Япония. — 1991. — Т. 3. — С. 1—5.
8. Influence of vitamin E jf phosphatidylethanolamia lipid polymorphism / V.Micol, Fiaronda, J.Villalain, C.Gomer-Feraander // Biochemica et Biophysica Acta. — 1990. — V. 1022. — P. 194—202.
9. Иванов И.И. Витамин Е, биологическая роль в связи с антиоксидантными свойствами / И.И. Иванов, М.И. Мерзляк, Б.Н. Тарусов // Труды МОИП «Биоантиокислитель». — Москва: Наука, 1975. — Т. 52. — С. 30—52.
10. О взаимосвязи строения и активности природных и синтетических антиоксидантов / Н.В. Гуреева, Е.Н. Дарюхина, А.И. Крисин, Н.М. Сторожок и др. // Свободнорадикальные процессы экологические и клинические аспекты. Сборник научных трудов. — Санкт-Петербург, 1999. — Т. 41, № 9. — С. 814—815.
11. ДСТУ 4487:2005 Майонези. Загальні технічні умови. — Чинний від 01.10.2006. — Київ: Держспоживстандарт України, 2006 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.dnaop.com/>.
12. ДСТУ 4350:2004 Олії. Методи визначення кислотного числа. — Чинний від 28.11.2004. — Київ: Держспоживстандарт України, 2005 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.twirpx.com/file/1434399/>.
13. ДСТУ ISO 3960:2001 Жири та олії тваринні і рослинні. Визначення пероксидного числа. — Чинний від 01.01.2003. — Київ: Держспоживстандарт України, 2001. — 10 с.
14. ДСТУ 4492:2005 Олія соняшникова. Технічні умови. — Чинний від 01.01.2007. — Київ: Держспоживстандарт України, 2006 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.dnaop.com/>.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУПАЖИРОВАННЫХ МАСЕЛ В ПРОИЗВОДСТВЕ МАЙОНЕЗОВ

Ю.М. Хацкевич, Т.В. Щербакова, Г.А. Селютина

Харьковский государственный университет питания и торговли

В статье исследованы изменения кислотного и пероксидного чисел купажированных растительных масел, содержащих рапсовое и подсолнечное масло

и введенных в состав майонезной продукции. Проанализирована динамика изменений этих показателей качества в процессе хранения майонезов в зависимости от соотношения подсолнечного и рапсового масла в купажной композиции. Показано, что при хранении образцов майонеза, содержащих рапсовое масло, наблюдается значительное замедление процесса автоокисления жирового компонента. Сделан вывод о целесообразности использования купажированных растительных масел для производства майонезной продукции.

Ключевые слова: *купажированные растительные масла, рапсовое масло, полиненасыщенные жирные кислоты (ω -3 и ω -6), автоокисление, синтетические и природные антиоксиданты, α -токоферол, β -токоферол, δ -токоферол, γ -токоферол.*

STUDYING THE COMPLEX OF HYDROCOLLOIDS AND ESTABLISHING THEIR MUTUAL IMPACT ON THE FORMED JELLY STRUCTURE

M. Golovko, T. Kuznetsova, T. Golovko, A. Sklyar
Kharkov State University of Food Technology and Trade

Key words:

*Gelatin
 Agar
 Chitosan
 Jelly
 Gelling agent
 IR spectra
 Structural and
 mechanical properties*

Article history:

Received 14.04.2016
 Received in revised form
 18.05.2016
 Accepted 30.05.2016

Corresponding author:

M. Golovko
 E-mail:
 kaf_tamognya@mail.ru

ABSTRACT

The article contains the results of determining structural and mechanical properties of the following model systems: gelatin, gelatin-agar, and gelatin-agar-chitosan. The analysis of the IR spectra of dried films of these systems has been conducted. The effect of such hydrocolloids as agar and chitosan on the structure of gelatin has been studied. It has been established that the developed complex of hydrocolloids agar-gelatin-chitosan occupies an intermediate position between the systems of gelatin and gelatin-agar in terms of indices of strength, elasticity and the melting point, and that this complex meets the basic requirements for the finished product.

ВИВЧЕННЯ КОМПЛЕКСУ ГІДРОКОЛОЇДІВ І ВСТАНОВЛЕННЯ ЇХ ВЗАЄМНОГО ВПЛИВУ НА УТВОРЕНУ СТРУКТУРУ ДРАГЛІВ

М.П. Головко, Т.О. Кузнецова, Т.М. Головко, А.О. Скляр
Харківський державний університет харчування та торгівлі

У статті наведено результати визначення структурно-механічних показників модельних систем: желатин, желатин-агар, желатин-агар-хітозан. Проведено аналіз ІЧ-спектрів сухих плівок цих систем. Досліджено вплив на структуру желатину гідроколоїдів агару та хітозану. Встановлено, що розроблений комплекс гідроколоїдів желатин-агар-хітозан за міцністю, еластичністю та температурою плавлення займає проміжне положення між системами желатин та желатин-агар і відповідає основним вимогам до готового продукту.

Ключові слова: желатин, агар, хітозан, драглі, гелеутворювач, ІЧ-спектри, структурно-механічні показники.

Постановка проблеми. На сьогодні все більшої популярності набувають напівфабрикати високого ступеня готовності. До таких продуктів відноситься м'ясний драглевий виріб в оболонці, що являє собою шматочки м'ясного наповнювача у драглевій заливці, фасований у прозору оболонку. Перевагами цього виробу є незвична презентація начебто звичайної страви, наприклад, холодцю чи заливного язика. Наявність оболонки полегшує транспортування даного виробу, надає змогу порційного нарізання для персонального вживання продукції — роздрібною реалізації у відділах кулінарії чи підприємствах ресторанного господарства. У виробничих масштабах йдеться про ресурсозбереження, більш ефективне використання сировинної бази та розширення асортименту за рахунок впровадження даної технології. В умовах жорстокої конкуренції, яка має місце на сучасному ринку товарів і послуг, наведені переваги є актуальними.

Напівфабрикат високого ступеня готовності — м'ясний драглевий виріб в оболонці, має бути товаром високої якості і мати необхідні реологічні властивості. Основним вимогам, яким повинен відповідати готовий продукт, є температура плавлення драглів ($32...36\text{ }^{\circ}\text{C}$), щільність (не менше ніж $430...540\text{ г за Валентом}$) і міцний зв'язок м'ясних компонентів з драглевою заливкою.

Виріб, отриманий за класичними рецептурами, потребує удосконалення, тому що використання структуроутворювача тільки желатину для одержання заливки недостатньо для забезпечення необхідних реологічних властивостей. Зважаючи на це, виникла необхідність створення комплексу гідроколоїдів, який буде відповідати поставленим вимогам до готового продукту. За основу драглевої заливки було обрано желатин [1—3].

Пошук серед гелеутворювачів рослинного походження, що мають високі показники синергізму до інших гідроколоїдів, показав, що найбільше відповідає даним вимогам агар [4, 5]. Агар утворює міцні драгли у водних розчинах (за концентрації 2% щільність досягає майже 960 г за Валентом) і температуру плавлення в діапазоні температур $75...85\text{ }^{\circ}\text{C}$ і більше [6, 8]. Якщо використовувати тільки агар як структуроутворювач для нашого виробу, то показники завеликі і за такої температури плавлення драглева заливка не буде перетравлюватися в людському організмі. Верхня межа цієї температури не повинна перевищувати фізіологічну норму температури людського тіла, а саме: $36,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Незважаючи на такий високий показник щільності отриманих драглів агару, він також має недолік — крихку консистенцію.

Попередні дослідження [7] показали, що оптимальне співвідношення у комплексі желатин-агар складає: 5% желатину і $0,1\%$ агару. Така концентрація агару підвищує показник щільності драглів до $650\pm 2\%$, а температуру плавлення — до $37...40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Однак ці показники не відповідають основним вимогам до готового продукту ($t_{\text{пл}}=32...36\text{ }^{\circ}\text{C}$, щільність не менше, ніж $430...540\text{ г}$), тому виникла необхідність використання третього компонента, який забезпечить необхідні властивості комплексного гелеутворювача.

Наступним компонентом комплексу було обрано хітозан. За своєю хімічною структурою хітозан відноситься до полісахаридів, отримують його з пан-

цирів червононогих крабів шляхом видалення ацила, який додає жорсткості хітину [9], тому можна зробити припущення, що хітозан займає проміжне положення між желатином та агаром за походженням. Завдяки своїм властивостям хітозан використовується у багатьох галузях [10]. Хітозан може зв'язувати та виводити важкі метали з організму [11].

Попередні дослідження показали, що оптимальною є концентрація 0,1 % хітозану у комплексі з желатином і агаром. Одержаний комплексний гелеутворювач желатин-агар-хітозан відповідає органолептичним і реологічним вимогам до готового продукту. Таким чином, щільність отриманих драглів складала 520 ± 2 % г за Валентом, а температура плавлення — $32 \dots 34$ °С. Значний інтерес викликає визначення структурно-механічних показників одержаного комплексного гелеутворювача і визначення впливу на структуру желатину доданих гідроколоїдів.

Мета статті. Визначити структурно-механічні показники модельних систем: желатин, желатин-агар, желатин-агар-хітозан, провести аналіз ІЧ-спектрів сухих плівок цих систем, розробити комплекс гідроколоїдів желатин-агар-хітозан.

Матеріали і методи. Об'єктами дослідження були модельні системи, які містили желатин (240 Блум, виробник Exinvest, Brodnickie Zakłady Żelatinu, Польща), агар (E406, виробник — Китай) і хітозан (Qingdao Yunzhou Biochemistry Co. Ltd., Китай).

Предметами дослідження були: структурно-механічні показники модельних систем, ІЧ-спектри сухих плівок модельних систем.

Для визначення структурно-механічних показників модельних систем використовували плоскопаралельний еластопластометр Толстого, робота якого пов'язана з визначенням деформації зсуву, віднесеного до товщини зразка, в чому полягає сутність методу. Звичайною мірою процесу є не деформація, а піддатливість, тобто деформація, віднесена до постійно діючої напруги. Піддатливість в умовах лінійного поведіння є константою і не залежить від напруги. Для приготування зразків драглів використовували спеціальну форму, в яку вертикально встановлювали дві робочі пластини. Одержані зразки витримували для структурування, виймали їх за допомогою вкладки та встановлювали в прилад. Модельні зразки розміщували між пластинами у вкладиші, виймали та залишали для тиксотропного відновлення структури на $15 \dots 20$ хв. Перше значення абсолютної деформації одержували за допомогою мікроскопа миттєво, як тільки навантаження починає діяти на верхню пластину. Після цього з періодичністю 1 хв знімали значення абсолютної деформації протягом 10 хв. Подальші спостереження проводили з періодичністю 5 хв. Після зняття навантаження фіксували миттєву деформацію, а потім знімали показники приладу з такою частотою, як і під час навантаження. Дослідження припиняли, якщо протягом 30 хв не вдавалося зафіксувати зміну абсолютної деформації. Під час дослідження структурно-механічних характеристик модельних систем підбирали фіксоване навантаження для того, щоб порівняти їх значення. Дослідження проводилися за температури (18 ± 1) °С.

Для визначення впливу агару та хітозану на структуру желатину використовували метод ІЧ-спектроскопії. Розташування характерних смуг поглинання ІЧ-спектрів желатину та їх інтенсивності визначаються природою атомних угруповань, які входять до складу макромолекул, і їх розташуванням. Якщо до складу макромолекул входять іоногенні групи, то характерна смуга поглинання залежить також від природи та ступеня окиснення низькомолекулярних протиіонів. ІЧ-спектри можуть надавати додаткову інформацію про можливі взаємодії макромолекул із низькомолекулярними домішками з утворенням асоціатів. Аналіз спектрів також надає відомості про те, які атомні групування макромолекул беруть участь у молекулярній взаємодії, якщо враховувати, що вона дуже впливає на частоти коливань зв'язків.

Складність застосування ІЧ-спектроскопії під час дослідження драглів полягає в тому, що наявність значної кількості води призводить до перекриття практично всіх характеристичних смуг макромолекул, тому в ІЧ-спектроскопії драглеутворювачів надається перевага методу одержання спектрів для зразків у вигляді плівок. Під час виготовлення плівки полімери не підлягають деструкції, а в спектрах завдяки однорідності зразків, як правило, не спостерігаються порушення за рахунок нерівномірності розташування сполук.

Для одержання плівок зразки драглів тонким шаром наносили на поліетиленову основу та висушували за температури $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ в ексікаторі. Одержані плівки досліджували. ІЧ-спектри модельних зразків знімали на Фур'є-спектрофотометрі TENSOR 27. За допомогою цього спектрофотометра, у якому використовується поліхроматичне випромінювання та розраховується спектр у заданій області частот за допомогою перетворювань Фур'є вихідних даних, спектри записували в межах від 4000 до 450 см^{-1} . Для кожного зразка готували по п'ять плівок і проводили статистичну обробку результатів досліджень одержаних ІЧ-спектрів.

Результати і обговорення. Склад модельних систем і результати попередніх досліджень їх щільності й температури плавлення наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Склад модельних систем

№	Склад модельної системи			Щільність, г	Температура плавлення, t , $^\circ\text{C}$
	Желатин, %	Агар, %	Хітозан, %		
1	5	-	-	$305 \pm 1\%$	22...26
2	5	0,1	-	$650 \pm 2\%$	37...40
3	5	0,1	0,1	$520 \pm 2\%$	32...34

Для визначення структурно-механічних показників цих модельних систем використовували плоскопаралельний еластопластометр Толстого. Відносну деформацію визначали за формулою:

$$\gamma = \frac{k \cdot n}{d},$$

де k — ціна поділки мікроскопа, м; n — число поділок у шкалі мікроскопа; d — товщина зразка, м.

Залежність відносної деформації від часу дії напруги $\gamma = f(t)$ наведено на рис. 1. Нумерація кривих відповідає номеру модельних систем.

Розділення загальної деформації на зворотну і незворотну проводили шляхом екстраполяції лінійної ділянки графіка $\gamma = f(t)$ на вісь ординат. Коефіцієнт відношення зворотної деформації до загальної визначали за формулою:

$$K_{\gamma} = \frac{\gamma_{зв}}{\gamma_{м}},$$

де $\gamma_{зв}$ — величина зворотної деформації; $\gamma_{м}$ — величина максимальної деформації.

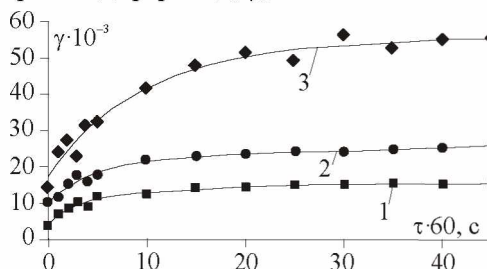


Рис. 1. Криві повзучості модельних систем під дією прикладеної напруги зсуву (за навантаження): 1 — желатин; 2 — желатин-агар; 3 — желатин-агар-хітозан

Напруження зсуву (τ), піддатливість системи (I), модуль миттєвої пружності ($G_{пр}$), модуль еластичності ($G_{ел}$), пластичну в'язкість (η_0^*) і в'язкість пружної післядії ($\eta_{пр}$) визначали за формулами, наведеними нижче:

$$\tau = \frac{m \cdot g}{S}, \quad I = \frac{\gamma_{м}}{\tau}, \quad G_{пр} = \frac{\tau}{\gamma_0}, \quad G_{ел} = \frac{\tau}{\gamma_{ве}}, \quad \eta_0^* = \frac{\tau}{\text{tg}(\alpha)}, \quad \eta_{пр} = \frac{\tau}{\text{tg}(\beta)},$$

де τ — напруження зсуву, Па; m — маса вантажу, кг; g — прискорення вільного падіння ($9,81 \text{ м/с}^2$); S — площа пластинки, м^2 ; I — піддатливість системи, Па^{-1} ; $\gamma_{м}$ — відносна максимальна деформація; $G_{пр}$ — модуль миттєвої пружності, Па; γ_0 — відносна умовно-миттєва деформація; $G_{ел}$ — модуль еластичності, Па; $\gamma_{ве}$ — відносна високоеластична деформація; η_0^* — пластична в'язкість, Па·с; $\text{tg}(\alpha)$ — тангенс куту нахилу кінцевої лінійної ділянки кривої до осі абсцис; $\eta_{пр}$ — в'язкість пружної післядії, Па·с; $\text{tg}(\beta)$ — кут нахилу початкової лінійної ділянки кривої до осі абсцис.

Результати розрахунків структурно-механічних показників модельних систем наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Структурно-механічні показники модельних систем

Структурно-механічний показник	Модельна система		
	1	2	3
1	2	3	4
Зворотна деформація, $\gamma_{зв}, 10^{-3}$	40,60	9,89	20,80
Незворотна деформація, $\gamma_{нез}, 10^{-3}$	16,20	3,51	3,60
Загальна деформація, $\gamma_{заг}, 10^{-3}$	56,80	13,40	24,40

Продовження табл. 2

1	2	3	4
Коефіцієнт відношення зворотної деформації до загальної, K	0,71	0,74	0,85
Піддатливість, I , 10^{-4} , Па^{-1}	3,47	8,20	1,49
Модуль миттєвої пружності, $G_{\text{пр}}$, 10^{-3} , Па	9,45	26,89	13,86
Модуль еластичності, $G_{\text{ел}}$, 10^{-3} , Па	7,02	42,91	18,17
Пластична в'язкість, η_{*0} , 10^{-7} , $\text{Па}\cdot\text{с}$	2,73	12,6	12,3
В'язкість пружної післядії, $\eta_{\text{пр}}$, 10^{-5} , $\text{Па}\cdot\text{с}$	98,10	213,26	81,75

Як видно з рис. 1, крива повзучості для модельної системи № 1 знаходиться нижче порівняно з іншими системами. Найвищі значення відносної деформації були одержані для комплексу желатин-агар-хітозан. За результатами розрахунку зворотної, незворотної, загальної деформацій, пластичної в'язкості, модулів миттєвої пружності та еластичності комплекс трьох гідроколоїдів займає проміжне положення, що добре узгоджується з одержаними раніше даними щільності і температур плавлення цієї системи. Коефіцієнт відношення зворотної деформації до загальної найвищий для одержаного комплексу (0,85). Проте піддатливість системи № 3 є найнижчою у порівнянні із зразками желатину і желатин-агару. Додавання хітозану приводить до того, що система має низьку піддатливість, але ближчу до желатину, проте модуль еластичності суміші гідроколоїдів є проміжним між іншими двома системами. Значення в'язкості пружної післядії для комплексу желатин-агар-хітозан є нижчим у порівнянні з іншими системами. Тобто внутрішнє тертя з градієнтом швидкості, що відповідає області пружної деформації, для цієї системи є невисоким ($81,75 \cdot 10^{-5}$).

Для визначення впливу агару та хітозану на структуру желатину одержували ІЧ-спектри сухих плівок модельних систем, склад яких наведено у табл. 1. На рис. 2 наведено ІЧ-спектр сухої плівки модельного зразка драглів желатину.

На спектрі желатину спостерігається характерна для всіх білків широка смуга за $3327,0 \text{ см}^{-1}$, зумовлена валентними коливаннями зв'язку N–H у групах $-\text{NH}_2$, які беруть участь в утворенні водневих зв'язків і валентними коливаннями зв'язків у групах O–H за $3400 \dots 3200 \text{ см}^{-1}$. Смуги поглинання $3083,5 \text{ см}^{-1}$ і $1658,6 \text{ см}^{-1}$ відповідають валентним і деформаційним коливанням зв'язку N–H у групах NH_3^+ . З валентними коливаннями зв'язку C–N пов'язаний пік поглинання $1338,4 \text{ см}^{-1}$. Смуга $1454,7 \text{ см}^{-1}$ зумовлена деформаційними коливаннями симетричних зв'язків CH_2 . Наявність смуг поглинання $1281,9$ і $1239,8 \text{ см}^{-1}$ може свідчити про деформаційні коливання зв'язків C–N. Смуги поглинання $1162,9 \text{ см}^{-1}$, $1082,9 \text{ см}^{-1}$ і $1205,0 \text{ см}^{-1}$, пов'язані з валентними коливаннями зв'язків C–O у групах $\text{CH}-\text{OH}$ і $\text{C}-\text{OH}$, які належать вторинним і третинним спиртам.

Порівняння ІЧ-спектрів сухих плівок модельних зразків драглів желатину (№ 1), желатину з додаванням агару (№ 2) та желатину з агаром та хітозаном (№ 3) показало, що смуги поглинання зразка № 2 мають меншу інтенсивність і незначне зміщення (у середньому $< 3 \text{ см}^{-1}$) порівняно зі зразком № 1. Суттєвого зсуву набули слабкі смуги поглинання $2143,1 \text{ см}^{-1}$ (зразок № 1) і $2179,0 \text{ см}^{-1}$ (зразок № 2) і меншого зсуву $938,3 \text{ см}^{-1}$ (зразок № 1) і $934,6 \text{ см}^{-1}$ (зразок № 2).

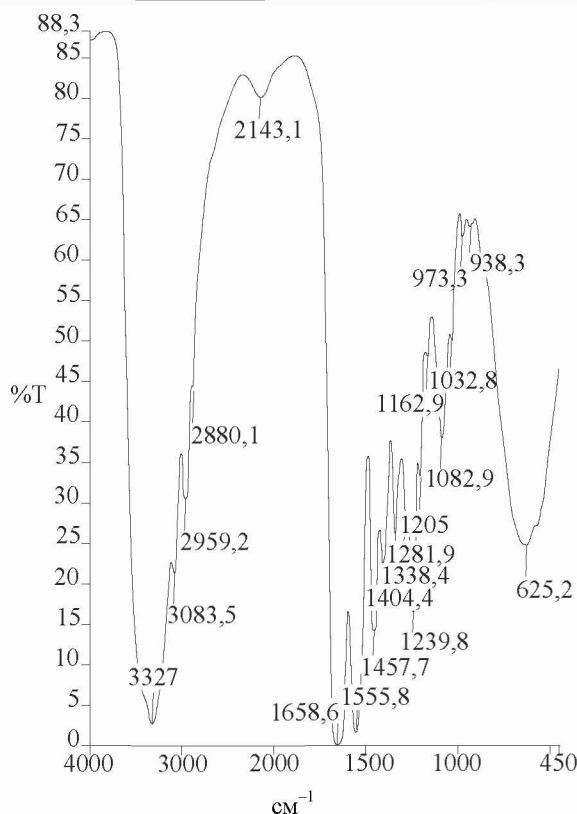


Рис. 2. ІЧ-спектр сухої плівки драглів 5 % желатину

Для зразка № 3 смуги збігаються або мають незначне зміщення (у середньому $< 1 \text{ см}^{-1}$) порівняно зі зразком № 1, за винятком смуг $2143,1 \text{ см}^{-1}$ (зразок № 1) і $2135,0 \text{ см}^{-1}$ (зразок № 3); $938,3 \text{ см}^{-1}$ (зразок № 1), $934,9 \text{ см}^{-1}$ (зразок № 3). Всі смуги поглинання для зразка № 3 мають більшу інтенсивність у порівнянні із зразком № 1, за винятком смуг $3328,0 \text{ см}^{-1}$, $1656,1 \text{ см}^{-1}$ і $1555,7 \text{ см}^{-1}$ (для зразка № 3). Останні мають на 1—2 % меншу інтенсивність порівняно зі зразком желатина.

Смуга поглинання $938,3 \text{ см}^{-1}$ (для зразка № 1), обумовлена деформаційними коливаннями зв'язків О–Н карбоксильної групи, зміщується на спектрі зразка № 2 з агаром ($934,6 \text{ см}^{-1}$) і має меншу інтенсивність. А на спектрі зразка № 3 вона відповідає $934,9 \text{ см}^{-1}$ і її інтенсивність збільшується порівняно зі зразком № 2 і № 1. Одночасно спостерігається зменшення інтенсивності смуги поглинання $3327,0 \text{ см}^{-1}$ для зразків № 2 і № 3 порівняно зі зразком № 1. Ця смуга відповідає валентним коливанням зв'язків ОН. Таке збільшення деформаційних коливань свідчить про виникнення міжмолекулярних взаємодій і молекулярної асоціації у драглях желатину за наявності агару й хітозану у сукупності. Такі взаємодії можуть приводити до утворення більш еластичних систем.

Аналіз ІЧ-спектрів сухих плівок драглів модельних систем підтверджує результати дослідження щільності, температур плавлення, структурно-механічних показників для цих систем. Зміщення смуг поглинання для зразка № 2

свідчить про утворення більш міцної структури драглів желатин-агар порівняно із зразком желатину. ІЧ-спектр суміші № 3 показав наявність смуг поглинання близьких за розташуванням порівняно із зразком желатину, проте інтенсивність і зміщення окремих піків (як було проаналізовано вище) свідчить про наявність молекулярної асоціації у драглі, тому за міцністю, еластичністю система № 3 займає проміжне положення між зразками № 1 і № 2, відповідає основним вимогам до готового продукту (температура плавлення драглів 32...34 °С, щільність 520±2 % за Валентом).

Висновки

Визначено структурно-механічні показники для модельних систем: желатин, желатин-агар, желатин-агар-хітозан. Проведено аналіз ІЧ-спектрів сухих плівок цих систем. Встановлено вплив на структуру желатину гідроколідів агару та хітозану. Одержані результати добре узгоджуються з попередніми дослідженнями щільності й температури плавлення.

Розроблений комплекс гідроколідів за міцністю, еластичністю й температурою плавлення займає проміжне положення між системами желатин і желатин-агар, відповідає основним вимогам для готового продукту (температура плавлення драглів 32...34 °С, щільність 520±2 % за Валентом).

Література

1. *de Wolf F.A.* Collagen and gelatine, *Industrial Proteins in Perspective (Progress in Biotechnology)* / F.A. de Wolf, W.Y. Aalbersberg, R.J. Hamer, P. Jasperse, H.H.J. de Jongh, C.G. de Kruif, P. Walstra, F.A. de Wolf (eds) // Elsevier Sciences — 2003. — № 5(23). — P. 133—218.
2. *Guedj S.* Crosslinks and Their Role in the Chemistry of Gelatine, IAG Conference, 2005 — Heidelberg.
3. *Jones B.E.* Gelatine: manufacture and physico-chemical properties / B.E. Jones, F. Podczek, B. Jones (eds) // *Pharmaceutical Capsules*, London: Pharmaceutical Press. — 2004. — №2(2). — P. 23—60.
4. *Liang H.C.* Crosslinking structures of gelatine hydrogels crosslinked with genipin or a water-soluble carbodiimide / H. C. Liang // *J. of Applied Polymer Science*. — 2004. — № 91. — P. 4017—4026.
5. *Boral S.* Universal growth of microdomains and gelation transition in Agar hydrogels / S. Boral, A. Saxena, H.B. Bohidar // *J. of Physical Chemistry B*. — 2008. — № 112(12). — P. 3625—3632.
6. *Labropoulos K.C.* Dynamic rheology of agar gels: theory and experiment. Part II. Gelation behavior of agar sols and fitting of a theoretical rheological model / K.C. Labropoulos, D.E. Niesz, S.C. Danforth, P.G. Kevrekidis // *Carbohydrate Polymer*. — 2002. — № 50(4). — P. 407—415.
7. *Головко М.П.* Технологія функціонального комплексного гелеутворювача для м'ясних драглевих виробів в оболонці / М.П. Головко, Т.М. Головко, А.О. Скіяр // *Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції ХДУХТ*. — Харків, 2005. — С. 7—8.
8. *Аймесон А.* Пищевые загустители, стабилизаторы, гелеобразователи / А. Аймесон (ред.-сост.) // Перев. с англ. д-ра хим. наук С. В. Макарова. — Санкт-Петербург, ИД «Профессия», 2012. — 408 с.
9. *Muzzarelli R.A.A.* Chitin / R.A.A. Muzzarelli // Oxford: Pergamon Press, 1977 [Electronic resource]. — Access mode: <http://www.oalib.com/references/8502934>.
10. *Ravi Kumar M. N. V.* "A review of chitin and chitosan applications" / M. N. V. Ravi Kumar // *Reactive and Functional Polymers*. — 2000. — №46(1). — P. 1—27.
11. *Гальбрайт Л.С.* Хитин и хитозан. Строение, свойства, применение, / Л.С. Гальбрайт // *Сороковский образовательный журнал*. — 2001. — №7(1). — С. 51—56.

ИЗУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСА ГИДРОКОЛЛОИДОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ НА ОБРАЗОВАВШУЮСЯ СТРУКТУРУ ЖЕЛЕ

Н.П. Головки, Т.О. Кузнецова, Т.Н. Головки, А.А. Склад

Харьковский государственный университет питания и торговли

В статье приведены результаты определения структурно-механических показателей модельных систем: желатин, желатин-агар, желатин-агар-хитозан. Проведен анализ ИК-спектров сухих пленок этих систем. Исследовано влияние гидроколлоидов агара и хитозана на структуру желатина. Установлено, что разработанный комплекс гидроколлоидов желатин-агар-хитозан по показателям прочности, эластичности и температуры плавления занимает промежуточное положение между системами желатин и желатин-агар и соответствует основным требованиям к готовому продукту.

Ключевые слова: желатин, агар, хитозан, желе, гелеобразователь, ИК-спектры, структурно-механические показатели.

SECONDARY PROCESSING PRODUCTS OF CHAENOMELES AS A SOURCE OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

G. Khomich, Y. Levchenko, A. Horobets

Higher Educational Institution of Ukoopsilka "Poltava University of Economics and Trade"

N. Popova

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
<i>Chaenomeles</i> <i>Husks</i> <i>Puree</i> <i>Extract</i> <i>Powder</i> <i>Organic acids</i> <i>Sugars</i> <i>Phenolics</i> <i>Dressings</i> <i>Pastry</i>	The use of secondary processed products of fruits and vegetables is suggested. The ways of waste recycling of chaenomeles are studied. The comparative characteristic of physical-chemical parameters and the content of biologically active substances of chaenomeles waste are defined. The fractional composition of organic acids, sugars and phenol substances, which are contained in the marc of chaenomeles, is determined. The use of semi-finished products from marc of chaenomeles in food technology for improving the biological value, organoleptic and structural and mechanical properties of food products is investigated.
Article history: Received 01.04.2016 Received in revised form 15.04.2016 Accepted 16.05.2016	
Corresponding author: G. Khomich E-mail: homichg@mail.ru	

ВТОРИННІ ПРОДУКТИ ПЕРЕРОБКИ ХЕНОМЕЛЕСУ — ДЖЕРЕЛО БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН

Г.П. Хомич, Ю.В. Левченко, О.М. Горобець

ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

Н.В. Попова

Національний університет харчових технологій

У статті запропоновано шляхи переробки відходів хеномелесу. Проведено порівняльну характеристику фізико-хімічних показників і вмісту біологічно активних речовин відходів та плодів з хеномелесу. Визначено фракційний склад органічних кислот, цукрів і фенольних речовин, що містяться у вичавках хеномелесу. Досліджено використання напівфабрикатів з вичавок

хеномелесу в технології продуктів харчування з метою покращення їх біологічної цінності, органолептичних і структурно-механічних властивостей.

Ключові слова: *хеномелес, вичавки, пюре, екстракт, порошок, органічні кислоти, цукри, фенольні речовини, соуси, борошняні вироби.*

Постановка проблеми. Основним фактором, який має важливе значення для нормального функціонування людини, є правильна організація харчування. Повноцінне та регулярне забезпечення організму необхідними макро- і мікронутрієнтами (незамінними амінокислотами, ненасиченими жирними кислотами, харчовими волокнами, вітамінами та мінеральними речовинами), підтримання їх певного співвідношення сприяє нормалізації роботи усіх органів і систем організму людини [1].

Плоди і ягоди — це джерело вітамінів, мінеральних, пектинових, фенольних речовин, які володіють широким спектром біологічної дії, що дозволяє використовувати їх для отримання продуктів харчування з підвищеним вмістом природного комплексу біологічно активних речовин, які є прекрасною альтернативою для заміни небезпечних харчових добавок синтетичного походження.

Традиційні способи переробки плодів та ягід на соки супроводжується утворенням значної кількості вторинних продуктів (вичавок), які не використовуються раціонально, хоча і містять у своєму складі значну кількість біологічно активних речовин.

У зв'язку з постійним збільшенням сировини, яка переробляється на підприємствах харчової промисловості, прямо пропорційно збільшується кількість відходів виробництва, тому їх раціональне використання є актуальною проблемою, вирішення якої дозволить значно збільшити вихід готової продукції, підвищити ефективність виробництва та суттєво зменшити забруднення навколишнього середовища.

Серед великого різномайття плодово-ягідної сировини особливий інтерес викликає хеномелес, у плодах якого виявлений значний вміст біологічно активних речовин: L-аскорбінової кислоти — 248 мг/100г, фенольних речовин — 920 мг/100 г, каротин — 7,6 мг/100 г, тому в процесі переробки плодів хеномелесу велике значення має комплексний підхід з метою збереження поживних речовин, якими так багаті ці плоди. Актуальним є вивчення напрямків переробки відходів з хеномелесу, дослідження показників якості вичавок і доцільності використання їх у технології продуктів харчування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливим напрямом підвищення ефективності сучасного виробництва є запровадження мало- і безвідходних технологій і більш широке використання вторинних ресурсів сировини. Проблеми ефективного переробки відходів рослинної сировини та використання їх у технології продуктів харчування досліджували різні зарубіжні та вітчизняні науковці.

Попередніми дослідженнями було визначено хімічний склад плодів хеномелесу і встановлено, що для виготовлення продуктів харчування краще

використовувати сортосуміш плодів хеномелесу із сортів Мерлозі, Вітамінний, Помаранчевий і Ніка, тому що вони мають найбільший вміст пектинових речовин, фенольних речовин та l-аскорбінової кислоти.

Попередніми дослідженнями встановлено, що хеномелес — це цінне джерело вітамінів, органічних кислот, фенольних речовини і пектинів, а також летких ароматичних речовин [3].

Також запропоновані напрямки переробки хеномелесу на сік і пюре. За рахунок багатого хімічного складу продуктів переробки хеномелесу доведена доцільність його використання в технології фруктових соусів і борошняних кондитерських виробів [4].

Мета статті. Дослідження складу, біологічної цінності відходів хеномелесу та спосіб їх використання у виробництві продуктів харчування.

Матеріали і методи. Предметом досліджень були плоди і вичавки хеномелесу, водні екстракти вичавок хеномелесу, порошки з вичавок хеномелесу, солодкі соуси, дріжджові борошняні вироби.

Дослідження проводилися з використанням стандартних методів аналізу. Контроль якості вичавок проводили за органолептичними та фізико-хімічними показниками. Кількісно вміст цукрів, органічних кислот, фенольних сполук у вичавках хеномелесу визначали за допомогою високоефективної рідинної хроматографії на хроматографі фірми Agilent Technologies (модель 1100).

Виклад основних результатів дослідження. Правильне використання відходів при переробці хеномелесу — це резерв підвищення ефективності промислового виробництва і досягнення високих результатів. Скоротити відходи можна, запропонувавши їх комплексну переробку.

Шляхи переробки хеномелесу наведені на рис. 1. Основними продуктами переробки хеномелесу є напівфабрикати — пюре і сік, які можна використати при виробництві різних видів харчових продуктів як джерела органічних кислот, фенольних і пектинових речовин, L-аскорбінової кислоти.

При переробці хеномелесу на сік залишається близько 50 % відходів у вигляді вичавок, які можна використовувати як у сирому вигляді, так і висушеному, для отримання екстрактів, порошку і пюре.



Рис. 1. Шляхи переробки хеномелесу

За зовнішніми ознаками вичавки з хеномелесу — це ущільнена плодова маса, яка складається зі шкірочки, зерняткової камери та залишків м'якоті світло-жовтого кольору.

Хімічний склад вичавок дещо відрізняється від хімічного складу сировини. Порівняльна характеристика хімічного складу плодів і вичавок хеномелесу наведена на рис. 2, 3.

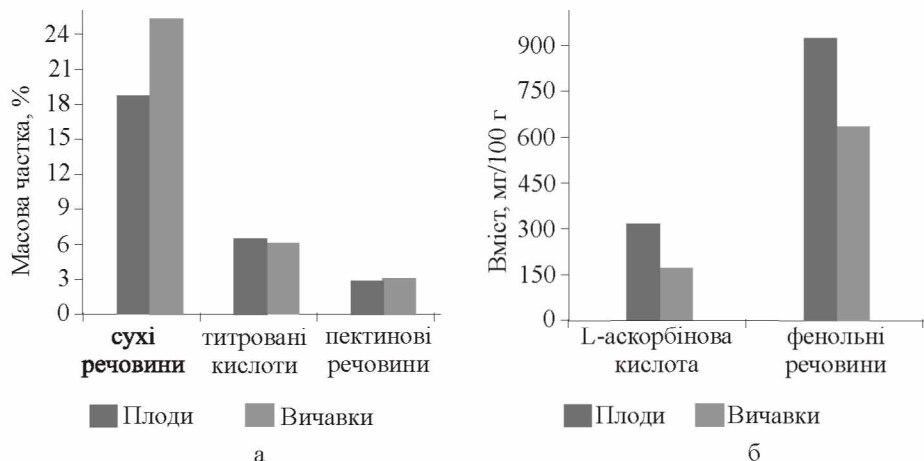


Рис. 2. Порівняння хімічного складу (а) та біологічної цінності (б) плодів і вичавок хеномелесу

Результати досліджень свідчать, що вичавки відрізняються від плодів меншою кількістю біологічно активних речовин (рис. 2), але мають вищий вміст пектинових речовин і є цінним джерелом структуроутворюючих речовин у порівнянні з плодами. Вичавки містять у своєму складі комплекси органічних кислот, пектинових речовин, а також володіють високими антиоксидантними властивостями за рахунок вмісту фенольних сполук і L-аскорбінової кислоти.

На наступному етапі визначили якісний склад органічних кислот і цукрів, що містяться у вичавках з хеномелесу методом рідинної хроматографії (табл. 1, 2, рис. 3, 4).

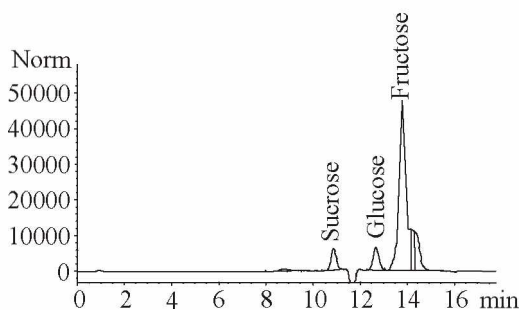


Рис. 3. Хроматограма цукрів у вичавках з хеномелесу

Таблиця 1. Склад цукрів у вичавках з хеномелесу

Назви цукрів	Вміст, г/100 г сухої маси
фруктоза	2,42
сахароза	0,62
глюкоза	0,61

Отримані результати (табл. 1) показали, що цукри представлені виключно гексозами, серед яких переважає фруктоза, яка широко використовується у технології продуктів харчування дієтичного призначення, у тому числі в продуктах харчування для людей хворих на цукровий діабет [8].

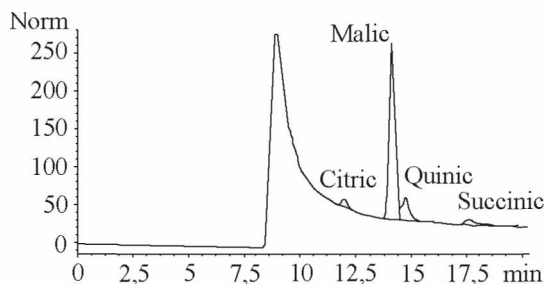


Рис. 4. Хроматограма органічних кислот у вичавках з хеномелесу

Таблиця 2. Склад органічних кислот у вичавках з хеномелесу

Назви органічних кислот	Вміст, г/100 г сухої маси
яблучна	4,25
хінна	1,33
лимонна	0,14
янтарна	0,09

За результатами хроматографічних досліджень складу органічних кислот (табл. 2) у вичавках хеномелесу ідентифіковано яблучну, хінну, лимонну і янтарну кислоти. Переважають у вичавках хеномелесу яблучна та хінна кислоти, які володіють антиоксидантними властивостями [7].

Склад і вміст фенольних сполук вичавок з хеномелесу наведені на рис. 5 і в табл. 3.

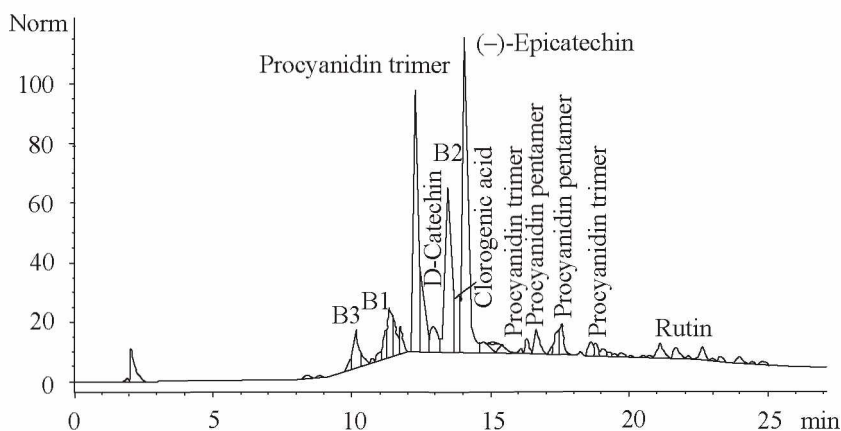


Рис. 5. Хроматограма складу фенольних речовин у вичавках з хеномелесу

Дослідженнями фракційного складу фенольних речовин, що містяться у вичавках з хеномелесу (табл. 3, рис. 5) виявлено, що у вичавках значне місце

займають флаван-3-оли, які представлені епікатехінами та катехінами. При гідролізі даних сполук вивільняються проціанідини, які за антиоксидантною активністю значно перевищують аскорбінову кислоту та інші вітаміни. Прोціанідини сприяють зниженню рівня шкідливих окислених форм ліпопротеїнів низької щільності, запобігають виникненню серцево-судинних захворювань, ракових захворювань шлунково-кишкового тракту та внутрішніх органів. Вони збільшують час агрегації тромбоцитів і згортання крові, можуть стимулювати розширення судин, що призводить до поліпшення кровопостачання тканини.

Таблиця 3. Склад фенольних речовин у вичавках з хеномелесу ($n = 3, p \leq 0,05$)

Групи фенольних речовин		Вміст, мг/100 г	% від вмісту ФР *
Проціанідини	B1	14,88	2,37
	B2	136,23	21,67
	B3	27,69	4,41
	Пентамер	14,19	2,26
	Тример	175,47	27,92
Флаван-3-оли	Катехін	23,60	3,75
	Епікатехін	224,60	35,73
Оксикоричні кислоти	Хлорогенова кислота	9,49	1,51
Флавоони	Рутин	2,39	0,38

Катехіни та хлорогенова кислота також володіють антиоксидантними й антимікробними властивостями, тому застосовуються для зміцнення імунітету [8—9].

Представником групи флавонів та їх похідних є рутин, який відіграє важливу роль у профілактиці і лікуванні гіповітамінозу й авітамінозу вітаміну Р при захворюваннях, що супроводжуються порушенням проникності судин, та алергічних захворюваннях.

Отже, за результатами хроматографічних досліджень встановлено, що вичавки з хеномелесу володіють антиоксидантними властивостями. Можна стверджувати, що вони позитивно вплинуть на біологічну цінність продуктів харчування, виготовлених з їх використанням.

Використовувати вичавки у нативному вигляді не варто, оскільки це матиме негативний вплив на органолептичні показники готових виробів, тому вичавки піддавали протиранню, екстрагуванню та сушінню. У результаті з вичавок отримували пюре, екстракт і порошок. Експериментальними дослідженнями встановлено раціональні параметри отримання екстракту, порошку та пюре з вичавок.

Екстрагування проводили за такими параметрами: гідромодуль — 1:4, екстрагент-вода, температура екстрагування — 50 °С, тривалість — 80 хв. Вміст сухих речовин в екстракті становить 3 %. Сушіння вичавок проводили

при температурі 60 °С протягом 2 годин. Висушені вичавки подрібнювали на подрібнювачі з розміром часток 160 мкм, які використовували як порошок.

Фракцію подрібнених сухих вичавок з розміром часточок 310 мкм використовували для приготування екстракту. Дослідним шляхом встановлено раціональні параметри екстрагування висушених вичавок: гідромодуль — 1:10, екстрагент-вода, температура екстрагування — 50 °С, тривалість — 120 хв. Вміст сухих речовин в екстракті становить 6 %.

Одним із перспективних напрямків переробки свіжовіджатих вичавок є виготовлення пюре. Для отримання пюре вичавки попередньо бланшували з додаванням води протягом 10 хв при температурі 100 °С. Отримане пюре з вичавок мало однорідну консистенцію, кислий смак і високі фізико-хімічні показники. Порівняльна характеристика фізико-хімічних показників зразків пюре із вичавок і пюре з плодів наведена в табл. 4.

Таблиця 4. Фізико-хімічні показники пюре з плодів і вичавок хеномелесу ($n = 3, p \leq 0,05$)

Найменування зразків	Масова частка, %		
	сухих речовин	титрованих кислот*	пектину
Пюре з плодів	12,52	4,70	1,10
Пюре з вичавок	11,62	3,54	1,21

*Примітка: у перерахунку на яблучну кислоту

Отримані результати показників якості пюре (табл. 4) свідчать, що пюре з вичавок можна використовувати при виробництві продуктів харчування як джерело органічних кислот і пектинових речовин.

У продуктах переробки вичавок хеномелесу (екстракті, порошку, пюре) визначили показники якості (табл. 5).

Таблиця 5. Фізико-хімічні показники якості продуктів переробки вичавок з хеномелесу ($n = 3, p \leq 0,05$)

Назву зразку	Показники якості				
	Масова частка, %			Вміст, мг/100 г	
	сухих речовин	титрованих кислот	пектинових речовин	Л-аскорбі-нової к-ти	фенольних речовин
Хеномелес	17,60	5,36	1,62	248,00	1250,00
Вичавки	25,43	5,84	1,82	86,24	628,00
Екстракт 1 — з сирих вичавок	3,00	3,00	0,50	8,69	390,00
Екстракт 2 — з сухих вичавок	5,60	3,70	0,62	17,60	550,00
Порошок з вичавок	93,00	4,62	7,35	119,68	580,00
Пюре з вичавок	11,62	3,54	1,21	99,02	480,00

Проаналізувавши показники якості вторинних продуктів переробки хеномелесу (табл. 5), визначили доцільність їх використання як джерела біологічно активних речовин у технології солодких соусів і борошняних виробів із дріжджового тіста.

Достатній вміст пектинових речовин і помірна кислотність порошку та екстрактів з вичавок дозволяє застосовувати їх в технології борошняних виробів з дріжджового тіста природні добавки для покращення органолептичних та структурно-механічних властивостей готових виробів.

Фізико-хімічні показники якості борошняних виробів з використанням вичавок з хеномелесу наведені в табл. 6.

Таблиця 6. Фізико-хімічні показники якості готових виробів з дріжджового тіста з використанням продуктів переробки хеномелесу ($n = 3, p \leq 0,05$)

Показники	Конт- роль	Дослідні зразки		
		з екстрактом 1	з екстрактом 2	з порошком
Питомий об'єм, см ³ /г	2,80	3,30	3,30	3,40
Формостійкість, Н/Д	0,60	0,70	0,70	0,70
Кислотність, град	2,50	3,00	3,10	3,00
Вологість, %	38,00	40,00	41,10	40,10
Пористість, %	68,00	75,00	74,00	75,00

Результати досліджень, наведені в табл. 5, показують позитивний ефект від застосування порошку й екстракту з вичавок хеномелесу в технології борошняних виробів з дріжджового тіста. Так, показник пористості в дослідних зразках підвищується в середньому на 10 %, що зумовлює краще засвоєння готових виробів. Підвищення показника пористості відбувається за рахунок створення рослинною добавкою сприятливих умов для роботи дріжджів, які у свою чергу, підвищують газоутворення тіста. Збільшення вологості у дослідних зразках у порівнянні з контролем є передумовою для подовження термінів зберігання, що обумовлено підвищеним вмістом пектинів у продуктах переробки вичавок, які поглинають та утримують вологу. Підвищений показник кислотності забезпечує безпечність пролонгованого зберігання, що пов'язано з антимікробними властивостями органічних кислот. Крім того, підвищена кислотність готових виробів є профілактикою розвитку картопляної хвороби.

Високий вміст пектинових речовин у пюре з вичавок обумовлює його високу споживчу цінність і доводить перспективність використання в технології фруктових соусів природного структуроутворювача, джерела біологічно активних речовин.

Водний екстракт з вичавок хеномелесу використовували для запобігання потемнінню бульб топінамбуру, яке виникає в результаті впливу власних ферментів сировини, зокрема ферменту поліфенолоксидази. Після попередньої обробки в екстрактах хеномелесу пробланшовані бульби топінамбуру перетирали на пюре. Отриманий таким способом напівфабрикат мав однорідну консистенцію світло-жовтого кольору, з приємним ароматом хеномелесу та ледь відчутним присмаком топінамбуру.

Фізико-хімічні показники і вміст біологічно активних речовин у фруктових соусах з використанням пюре й екстракту з вичавок хеномелесу наведені в табл. 7.

Таблиця 7. Фізико-хімічні показники якості солодких соусів із використанням продуктів переробки хеномелесу ($n = 3, p \leq 0,05$)

Назва соусу	Масова частка, % мас			Вміст, мг/100 г		pH
	сухих речовин	пектинових речовин	титрованих кислот	L-аскорбінової кислоти	фенольних речовин	
Соус «Насолода»	53,00	0,81	1,42	51,60	154,00	3,50
Соус «Топіхен»	55,00	1,49	1,68	61,18	262,00	3,50

Отримані дані (табл. 7) показують, що використання пюре з вичавок та екстракту в технології фруктових соусів позитивно впливає на вміст пектинових речовин, титрованих кислот. Наявність значного вмісту органічних кислот та їх антимікробні властивості подовжує термін реалізації готових соусів. Крім покращення показників якості, додавання пюре з вичавок хеномелесу та використання екстракту підвищує біологічну цінність розроблених фруктових соусів.

Висновки

Отже, на основі проведених досліджень встановлено, що вичавки з хеномелесу мають багатий хімічний склад. Доведена доцільність їх використання у технології продуктів харчування з підвищеною біологічною цінністю та встановлено позитивний вплив на органолептичні та фізико-хімічні показники солодких соусів і борошняних виробів з дріжджового тіста.

Значний вміст органічних кислот, серед яких переважають яблучна, хінна, лимонна, янтарна, певна кількість цукрів, представлених переважно фруктозою, в меншій кількості глюкозою та сахарозою, у вичавках надає можливість пропонувати їх у технології продуктів харчування. Визначення фракційного складу фенольних речовин показало, що сировина містить значну кількість проціанідинів, катехинів, хлорогенової кислоти та рутину.

Таким чином, вичавки з хеномелесу є цінною сировиною для приготування продуктів харчування підвищеної поживної цінності та високими антиоксидантними властивостями.

Література

1. Fao/WHO. Меры политики по обеспечению продовольственной безопасности в регионе: проблемы и перспективы – продовольственный прогноз до 2050 года [Текст] / Двадцать восьмая региональная конференция ФАО для Европы. — Баку, 2012. — 25 с.
2. Крайнов І.П. Інноваційні механізми зменшення ризику в сфері поводження з відходами виробництва і споживання // Екологічний вісник. — 2007. — № 2. — С. 20 — 24.
3. Хомич Г.П. Фенольні сполуки дикорослих плодів та ягід: склад, властивості, зміни при переробці: монографія [Текст] / Г.П. Хомич, Л.В. Капелянц. — Полтава: ПУЕТ, 2013. — 217 с.
4. Хомич Г.П. Використання хеномелесу в технології виробництва солодких соусів / Г.П. Хомич, Ю.В. Левченко // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького. — Львів: ЛНУВМ, 2015. — Т. 17, № 4(64). — С. 166—174.
5. Хомич Г.П. Використання хеномелесу та продуктів його переробки в технології борошняних виробів / Г.П. Хомич, О.М. Горобець // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького. — Львів: ЛНУВМ, 2015. — Т. 17, № 4(64). — С.174—179.

6. Горбов А.И. Кислоты органические / А.И. Горбов, П.П. Рубцов // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). — Санкт-Петербург. — С. 1890—1907.

7. Golubev V.N. Carbohydrate complex of the fruits of Chaenomeles maulei / V.N. Golubev, A.A. Kolechik, U.A. Rigavs // Chemistry of Natural Compounds. — 1990. — Vol. 26(4). — P. 387—390.

8. Sancheti S. Chaenomeles sinensis: a potent A- and B-glucosidase inhibitor / S. Sancheti, S.Y.Seo // American Journal of Pharmacology and Toxicology. — 2009. — Vol. 4(1). — P. 8—11.

9. Hui Du, Jie Wu, Hui Li, Pei-Xing Zhong, Yan-Jun Xu, Chong-Hui Li, Kui-Xian Ji, Liang-Sheng Wang Polyphenols and triterpenes from Chaenomeles fruits: Chemical analysis and antioxidant activities assessment. — Food Chemistry. — 2013. — P. 4260—4268 [Electronic resource]. — Access mode: http://klpr.ibcas.ac.cn/upload/news/month_1307/2013072415543-11419.pdf.

ВТОРИЧНЫЕ ПРОДУКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ ХЕНОМЕЛЕСА — ИСТОЧНИК БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Г.А. Хомич, Ю.В. Левченко, А.М. Горобец

ВУЗ Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли»

Н.В. Попова

Национальный университет пищевых технологий

В статье предложены пути переработки отходов хеномелеса. Проведена сравнительная характеристика физико-химических показателей и содержания биологически активных веществ в выжимках и плодах хеномелеса. Определен фракционный состав органических кислот, сахаров и фенольных веществ, содержащихся в выжимках хеномелеса. Исследовано использование полуфабрикатов из выжимок хеномелеса в технологии продуктов питания с целью улучшения их биологической ценности, органолептических и структурно-механических свойств.

Ключевые слова: хеномелес, выжимки, пюре, экстракт, порошок, органические кислоты, сахара, фенольные вещества, соусы, мучные изделия.

EFFECT OF PULSED ELECTRIC FIELDS ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF WHOLE MILK

R. Svyatnenko, A. Ukrainets, A. Marynin, O. Kochubei-Lytvynenko
National University of Food Technologies

Key words:

*Whole milk
Pulsed Electric Fields
Temperature
Physical and chemical
properties
Phosphatase*

Article history:

Received 03.04.2016
Received in revised form
08.05.2016
Accepted 20.05.2016

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The article investigates the impact of Pulsed Electric Fields (PEF) on whole milk composition and properties. It was established that PEF treatment of whole milk with field intensity from 15 to 30 kV/cm and treatment time from 10 s to 30 s showed the non-heat effect of milk temperature increase to 45...85 °C. Herewith, the temperature increase correlated with the intensity and treatment time. No significant changes were observed in the physicochemical properties, and composition of milk for all treatment modes. The absence of phosphatase in whole milk samples treated by PEF with the intensity of 15 kV/cm with 27 s and the intensity of 30 kV/cm with 20...27 s was established. The titrated acidity dynamics in the whole milk samples treated by PEF in different modes during storage was studied.

ВПЛИВ ІМПУЛЬСНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛІВ НА СКЛАД І ВЛАСТИВОСТІ НЕЗБИРАНОГО МОЛОКА

Р.С. Святненко, А.І. Українець, А.І. Маринін, О.В. Кочубей-Литвиненко
Національний університет харчових технологій

У статті досліджено характер впливу імпульсних електричних полів (ІЕП) на склад і властивості незбираного молока. Встановлено, що при обробленні незбираного молока імпульсними електричними полями в діапазоні напруженості 15...30 кВ/см і тривалості 10...30 с спостерігається нетепловий ефект зростання температури сировини до 45...85 °C. При цьому приріст температури корелював з напруженістю і тривалістю оброблення. В ході досліджень суттєвих змін складу і фізико-хімічних показників молока за всіх режимів оброблення не виявлено. Встановлено відсутність фосфатази в зразках незбираного молока після дії імпульсних електричних полів за напруженості 15 кВ/см протягом 27 с і напруженості 30 кВ/см протягом 20...27 с. Досліджено динаміку титрованої кислотності в зразках незбираного молока, обробленого ІЕП за різних режимів, протягом зберігання.

Ключові слова: незбиране молоко, імпульсні електричні поля, температура, фізико-хімічні показники, фосфатаза.

Постановка проблеми. В сучасних технологіях харчової промисловості все більшу роль відіграють нетеплові процеси оброблення харчової сировини, що сприяють впровадженню ресурсо-, енергозберігаючих технологій, інтенсифікації виробництва, покращанню харчової і біологічної цінності сировини. До них відносять високий гідростатичний тиск, імпульсні електричні поля (ІЕП), ультразвук високої інтенсивності, ультрафіолетове та іонізуюче опромінення тощо [1]. Головна мета розроблення нетеплових способів полягає в зменшенні використання високих температур під час виробництва харчових продуктів, за рахунок чого уникають їх негативного впливу на смак, аромат і харчову цінність сировини та готових продуктів.

Останнім часом стрімко зріс інтерес до застосування імпульсних електричних полів у харчовій промисловості через зростаючий попит на продукти з високою біологічною цінністю та збереження їх «свіжості» [2]. Сутність реалізації технології ІЕП у харчовій промисловості полягає в тому, що імпульсні електричні поля в діапазоні напруженості 5...100 кВ/см при тривалості дії в кілька десятків мікро- або наносекунд викликають мікробну інактивацію за температур нижчих, ніж ті, що використовуються при тепловій обробці. При цьому оброблення ІЕП дозволяє уникнути чи максимально зменшити небажані зміни органолептичних показників, біологічної та харчової цінності продуктів. Даній проблематиці присвячені праці Н.І. Бойко [3], Л. Gulyi [4], G. Barbosa-Canovas та ін. [5], L. Cheftel Barsottii [6—7], T. Grahl, H. Markl [8], E. Vorobiev та ін. [9—10], T. Bajgai and E. Hashinaga [11], M. Bazhal та ін. [12], K. Taiwo та ін. [13].

У літературних джерелах знайдено багато відомостей про оброблення сировини рослинного походження (картопля, кокос, морква, яблука тощо) [4, 8, 14—17] та молока імпульсними електричними полями [3, 18]. Але це, як правило, зарубіжний досвід, вітчизняних розробок вкрай мало, інформація переважно стосується інактивуєчої дії ІЕП, вплив на склад і властивості молока вивчено недостатньо, існуючі дані не систематизовано.

Мета дослідження. Вивчити дію ІЕП як перспективного енергозберігаючого способу первинного оброблення молочної сировини на склад, органолептичні та фізико-хімічні властивості незбираного молока.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом дослідження є незбиране коров'яче молоко від індивідуальних сільськогосподарських товаровиробників Харківської області до та після оброблення імпульсними електричними полями.

Оброблення здійснювали на експериментальній установці, розробленій в НТУ «Харківський політехнічний інститут» [19]. Дослідні зразки готували так: незбиране молоко з початковою температурою $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$ вміщували в камеру закритого типу об'ємом 150 см³. Після приєднання робочої камери до електродної системи генератора імпульсних напруг упродовж 10...30 с здійснювалася подача імпульсів через іскровий розрядний проміжок до 0,01 мм. Напруженість дії ІЕП контролювали осцилографом.

У процесі дослідження використовували стандартні і загальновідомі методи дослідження.

Вміст жиру, білка, лактози, сухого знежиреного молочного залишку (далі — СЗМЗ), густину та температуру замерзання визначали на ультразвуковому

аналізаторі молока «ЕКОМІLK-Bond» (Болгарія). Активну кислотність визначали на йономірі універсальному И-160 М. Статистичний розподіл розмірів частинок молочної сировини, електрокінетичний потенціал та електропровідність до та після оброблення визначали методом динамічного світлорозсіювання на аналізаторі Malvern Zetasizer Nano ZS (Malvern Instruments Ltd., Велика Британія) з кутом детектування 173°, гелій-неоновим лазером He-Ne потужністю 4 мВт з довжиною хвилі 633 нм. Усі вимірювання в даному дослідженні здійснювалися за температури 25 °С. Розподіл за розмірами в одиницях інтенсивності було отримано з аналізу кореляційних функцій з використанням алгоритму General purpose програмного забезпечення аналізатора Zetasizer Software 7.11.

Результати і обговорення. При обробленні незбираного молока імпульсними електричними полями в діапазоні напруженості 15...30 кВ/см і тривалістю імпульсу до 25 наносекунд спостерігався нетепловий ефект зростання температури сировини до області температур термізації і пастеризації (рис. 1). При цьому приріст температури корелював з напруженістю і тривалістю оброблення. Так, найвищої температури молока (понад 80 °С) при ІЕП-обробленні досягали за напруженості 30 кВ/см і експозиції 27...30 с.

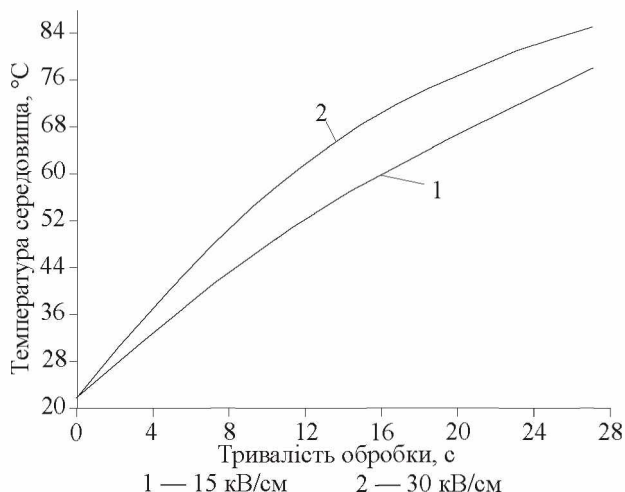


Рис. 1. Вплив напруженості ІЕП і тривалості оброблення на температуру незбираного молока

Аналіз органолептичних показників не виявив суттєвої різниці між зразками молока до і після оброблення. Лише в зразках, оброблених впродовж 20...27 с за напруженості 15 кВ/см та 30 кВ/см, з'являвся присмак і запах, властивий пастеризованому молоку.

У дослідних зразках було вивчено зміну основних фізико-хімічних показників, що характеризують харчову повноцінність сировини, при ІЕП-обробленні в порівнянні з необробленим молоком.

Результати оцінки фізико-хімічних показників досліджуваних зразків незбираного молока представлені в табл. 1.

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники незбираного молока до і після оброблення ІЕП за різних режимів

Показник	Вихідне незбиране молоко	15 кВ/см			30 кВ/см		
		$\tau \approx 10$ с	$\tau \approx 20$ с	$\tau \approx 27$ с	$\tau \approx 10$ с	$\tau \approx 20$ с	$\tau \approx 27$ с
Масова частка, %:							
Жир	3,68	3,67	3,56	3,66	3,65	3,70	3,69
СЗМЗ	8,01	7,93	7,95	7,98	8,01	7,98	8,06
Білок	2,91	2,90	2,88	2,87	2,84	2,88	2,92
Лактоза	4,49	4,42	4,37	4,39	4,43	4,42	4,53
Густина, кг/м ³	1028,0	1027,7	1027,5	1028,5	1028,6	1027,9	1028,2
Температура замерзання, °С	-0,531	-0,526	-0,524	-0,523	-0,528	-0,524	-0,534
рН	6,692	6,691	6,684	6,694	6,672	6,674	6,669
Ефективність пастеризації за фосфатазою	+	+	+	-	+	-	-
Термостійкість за алкогольною пробою, група	IV	IV	IV	IV	IV	IV	III

Як засвідчив аналіз отриманих результатів, суттєвих змін складу і основних фізико-хімічних показників молока не відбувалось за всіх режимів оброблення, а різниця в значеннях знаходилась у межах похибки. Незначне підвищення активної кислотності в зразках, оброблених за напруженості 30 кВ/см і експозиції 27 с, пов'язане, ймовірно, із видаленням летких компонентів (кисню, вуглекислоти) із зростанням температури молока.

Позитивним наслідком дії ІЕП за найвищих параметрів напруженості й тривалості оброблення (30 кВ/см $\tau=27$ с) є підвищення термостійкості незбираного молока на одну групу за алкогольною пробою.

Слід відмітити, що при проведенні проби на ефективність термічного оброблення в зразках незбираного молока після дії ІЕП за напруженості 15 кВ/см протягом 27 с і напруженості 30 кВ/см протягом 20...27 с виявлено відсутність фосфатази. Цей факт дає підстави стверджувати, що за ІЕП-оброблення можна досягти ефекту пастеризації.

Підтвердженням даного припущення є результати наростання кислотності в дослідних зразках протягом зберігання (рис. 2).

Як контроль виступало сире коров'яче молоко, охолоджене до температури (6 ± 2) °С. Зразки зберігали протягом 72 год за температури (6 ± 2) °С.

Встановлено, що в зразках молока, обробленого за напруженості 15 кВ/см упродовж 27 с і за напруженості 30 кВ/см упродовж 20...27 с, характер наростання титрованої кислотності був подібним. Титрована кислотність протягом 72 год зростала повільно і лише через 3 доби зберігання наблизилась до гранично-допустимого значення (21 °Т). Порівняно з цим сире охолоджене молоко досягало даного рівня кислотності через 24 год зберігання.

З метою вивчення впливу ІЕП-оброблення на дисперсний стан основних складових молока здійснювали дисперсний аналіз дослідних проб молока на аналізаторі частинок Malvern Zetasizer Nano ZS (Велика Британія).

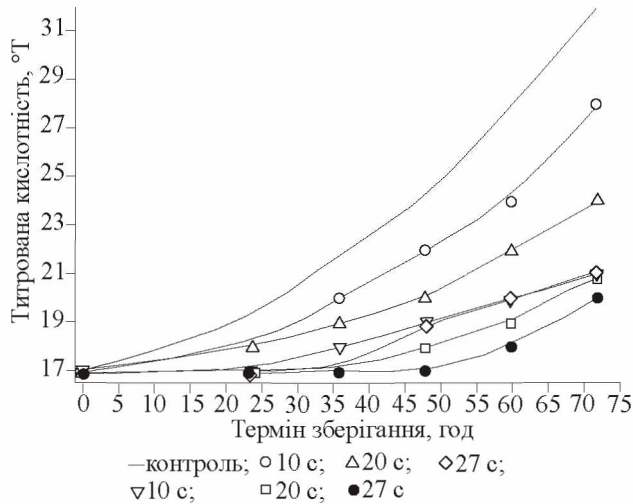


Рис. 2. Динаміка титрованої кислотності дослідних зразків незбираного молока, оброблених ІЕП за різних режимів (незафарбовані маркери відносяться до дослідних зразків, оброблених за напруженості 15 кВ/см, зафарбовані — 30 кВ/см)

Встановлено, що зі зростанням напруженості й часу оброблення абсолютне значення електрокінетичного потенціалу і середній гідродинамічний діаметр частинок змінювалися не суттєво. Це свідчить про відсутність небажаних змін, зокрема коагуляції (денатурації) білкових частинок, агрегування жирових кульок унаслідок деемульгування жиру.

Висновки

Доведено можливість здійснення теплового оброблення молока за рахунок нетеплових ефектів, що виникають за імпульсної дії електричних полів, і відсутність фосфатази в зразках незбираного молока після дії ІЕП за напруженості 15 кВ/см протягом 27 с і напруженості 30 кВ/см протягом 20...27 с.

Встановлено, що оброблення ІЕП не спричиняє негативного впливу на склад, органолептичні, фізико-хімічні показники та стан дисперсної системи незбираного молока.

Отже, відкрито перспективи використання вітчизняних ІЕП-установок при первинному обробленні молочної сировини з метою збереження свіжості молока та зменшення енерговитрат.

Література

1. Butz P. Emerging technologies: chemical aspects / P. Butz, B. Tauscher // Food Research International. — 2002. — # 35. — P. 279—284.
2. Walkling-Ribeiro M. The impact of thermosonication and pulsed electric fields on *Staphylococcus aureus* inactivation and selected quality parameters in orange juice / M. Walkling-Ribeiro, F. Noci, J. Riener, D. Cronin, J.G. Lyng and D. Morgan // Food and Bioprocess Technology. — 2009 — # 2. — P. 422—430.
3. Бойко Н.И. Установка для обработки текучих продуктов при помощи комплекса высоковольтных импульсных воздействий и результаты исследований / Н.И. Бойко, А.Н. Тур, Л.С. Евдошенко, В.М. Иванов, А.И. Зароченцев, В.В. Рудаков, А.И. Божков // Технічна електродинаміка. — 2001. — № 4. — С. 59—63.

4. Гулі Л. Принципи електротехніки обробки харчових продуктів і матеріалів / Л. Гулі, С.Н. Лебовка, І.В. Манк, М.П. Купчик, М.І. Басхал, А.В. Матвієнко і А.Х. Панченко // Укр INTEI. — Київ 1994 — С. 70—83.
5. *Barbosa-Canovas G.* Preservation of Foods with Pulsed Electric Fields / G. Barbosa-Canovas, M.M. Gingora-Nieto, U.R. Pothakamury, G. Preservation, B.G. Swanson. — London: Academic Press, 1998. — P. 280—286.
6. *Barsotti L.* Traitement des aliments par champs électriques pulses / L. Barsotti, C. Cheftel // Sci. Aliment. — 1998. — # 18. — P. 584—601.
7. *Barsotti L.* Food processing by pulsed electric fields. II. Biological aspects / L. Barsotti, J.C. Cheftel // Food Review International. — 1999. — # 15(2). — P. 181—213.
8. *Grahl T.* Killing of microorganisms by pulsed electric fields / T. Grahl, H. Markl // Applied Microbiology and Biotechnology. — 1996. — # 45(1/2). — P. 148—157.
9. *Vorobiev E.* Procédé d'extraction de liquide d'un matériau cellulaire, et dispositifs de mise en œuvre du dit procédé / A. Andre, H. Bouzrara, and M. Bazhal // Demande de brevet en France. — 2000. — P. 111—113.
10. *Vorobiev E.* Pulsed electric field assisted extraction of juice from food plants / E. Vorobiev, E. Jemai, A.B. Bouzrara, H. Lebovka, and M.I. Bazhal // In: Novel Food Processing Technologies. — New York: Marcel Dekker, 2004. — P. 105—130.
11. *Bajgai T.R.* Electric field drying of Japanese radish / T.R. Bajgai, E. Hashinaga // Drying Technol. — 2001. — № 19. — P. 2291—2302.
12. *Bazhal M.I.* Etude du mécanisme d'électroperméabilisation des tissus végétaux. Application à l'extraction du jus des pommes // Thèse de Doctorat, Université de Technologie de Compiègne, France, 2001. — P. 71—78.
13. *Taiwo K.A.* Influence of high intensity electric field pulses and osmotic dehydration on the rehydration characteristics of apple slices at different temperatures / A. Taiwo, K.A. Angersbach, D. Knorr. // J. Food Eng. — 2002 — # 52. — P. 185—192.
14. *Angersbach A.* High intensity electric field pulses as pretreatment for affecting dehydration characteristics and rehydration properties of potato cubes / A. Angersbach, D. Knorr // Nahrung. — 2006. — # 55. — P. 143—146.
15. *Ade-Omowaye B.I.* Impact of high intensity electric field pulses on cell permeabilisation and as pre-processing step in coconut processing / B.I. Ade-Omowaye, N. Eshtiaghi, D. Knorr // Innov. Food Sci. Emerg. Technol. — 2000. — # 1(3). — P. 203—209.
16. *Rastogi N.* Accelerated mass transfer during osmotic dehydration of high intensity electric field pulse pre-treated carrots / N. Rastogi, M. Eshtiaghi, D. Knorr // Food Sci. — 1999. — № 64 — P. 1020—1023.
17. *Ade-Omowaye B.I.* Use of pulsed electric field pretreatment to improve dehydration characteristics of plant based foods / B.I. Ade-Omowaye, K. Taiwo, D. Knorr // Trends Food Sci. Technol. — 2002. — # 12. — P. 285—295.
18. *Dunn J.* Pulsed electric field processing / J. Dunn // Technomic Press, Lancaster P.A., 2001. — P. 1—30.
19. *Бойко Н.И.* Высоковольтные аппараты и технологии на основе комплекса высоковольтных импульсных воздействий / Н.И. Бойко // Вісник НТУ «ХП». — 2001. — № 16. — С. 11—16.

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА

Р.С. Святненко, А.И. Украинец, А.И. Маринин, А.В. Кочубей-Литвиненко
Национальный университет пищевых технологий

В статье исследован характер влияния импульсных электрических полей (ИЭП) на состав и свойства цельного молока. Установлено, что при

обработке цельного молока импульсными электрическими полями в диапазоне напряженности 15...30 кВ / см и продолжительности 10...30 с наблюдается нетепловой эффект роста температуры сырья до 45...85 °С. При этом приrost температуры коррелировал с напряженностью и продолжительностью обработки. В ходе исследований существенных изменений состава и физико-химических показателей молока при всех режимах обработки не обнаружено. Установлено отсутствие фосфатазы в образцах цельного молока после действия импульсных электрических полей при напряженности 15 кВ / см в течение 27 с и напряженности 30 кВ / см в течение 20...27 с. Исследована динамика титруемой кислотности в образцах цельного молока, обработанного ИЭП при разных режимах, при хранении.

Ключевые слова: *цельное молоко, импульсные электрические поля, температура, физико-химические показатели, фосфатаза.*

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 роздручків 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 12 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, українською та російською мовами).
3. Ініціали та прізвища авторів англійською, українською та російською мовами (не більше чотирьох авторів).
4. Анотація англійською, українською та російською мовами (не менше 650 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, українською та російською 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;
 - постановка завдання (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 ДСТУ 3582:2013. 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.