НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Харчова промисловість

Заснований у 1965 р.

25

Київ НУХТ 2019

UDC 664(04) (082)

Results of research and development operations on technology of foodstuff, chemical, biochemical, microbiological processes, devices, the equipment, automation of food productions and economy of the food industry are provided.

The journal was designed for scientists, engineers and technical personnel of the food industry

Journal «Food Industry» is included into the list of professional editions of Ukraine of technical sciences (Decree of MES of Ukraine # 241 from March 9, 2016) and the category "Б" (Decree of MES of Ukraine # 612 from May 7, 2019, in specialties 133, 162, 181), where the results of dissertations for scientific degrees of PhD and candidate of science can be published.

The Journal "Food Industry" is indexed by the following scientometric databases:

- Google Scholar
- Index Copernicus

Publications are represented in authoring edition.

УДК 664(04) (082)

Висвітлені результати науково-дослідних робіт з технології харчових продуктів, хімічних, біохімічних, мікробіологічних процесів, апаратів, обладнання, автоматизації харчових виробництв та економіки харчової промисловості.

Розрахований на наукових та інженерно-технічних працівників харчової промисловості.

Журнал «Харчова промисловість» включено в перелік наукових фахових видань України з технічних наук (Наказ МОН України № 241 від 09.03.2016) та категорію «Б» (Наказ МОН України № 612 від 07.05.2019, за спеціальностями 133, 162, 181), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

Журнал «Харчова промисловість» індексується такими наукометричними базами:

- Google Scholar
- Index Copernicus

Статті друкуються в авторській редакції.

Editorial office address:

National University of
Food Technologies
Volodymyrska str., 68,
01601 Kyiv, Ukraine
(044) 287-92-45, 287-94-21
E-mail: tmipt_xp@ukr.net

Адреса редакції:

Національний університет
харчових технологій
вул. Володимирська, 68,
м. Київ, 01601
(044) 287-92-45, 287-94-21
E-mail: tmipt_xp@ukr.net

Recommended for publication by the
Academic Council of the National University of
Food Technologies.
Minutes of meeting № 10
of May 30, 2019

Рекомендовано вченою радою
Національного університету харчових
технологій.
Протокол № 10
від 30 травня 2019 року

© NUFT, 2019

© НУХТ, 2019

Редакційна колегія
Склад редакційної колегії журналу «Харчова промисловість»

Головний редактор
Editor-in-Chief

Анатолій Соколенко **Anatoliy Sokolenko**	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Відповідальний секретар
Accountable secretary

Сергій Токарчук **Serhiy Tokarchuk**	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Члени редакційної колегії:

Іван Шило **Ivan Shylo**	д-р техн. наук, проф., Білорусь Ph. D. Hab., Prof., Belarusian State Agrarian Technical University, Republic of Belarus
Станка Дамянова **Stanka Damyanova**	д-р техн. наук, доц., Болгарія DSc, Assoc. Prof., Razgrad Branch of the University of Ruse, Bulgaria
Стефан Стефанова **Stefan Stefanov**	д-р инж., проф., Болгарія DSc, Prof., University of Food Technologies — Plovdiv, Bulgaria
Анатолій Ладанюк **Anatoly Ladanyuk**	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Серьогін **Oleksandr Ser'ohin**	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Тетяна Пирог **Tetyana Pyroh**	д-р біол. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Шевченко **Olexander Shevchenko**	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Лариса Арсеньєва **Larysa Arsen'yeva**	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Тамара Носенко **Tamara Nosenko**	д-р техн. наук, доц., 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
Віра Юрчак **Vira Yurchak**	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Людмила Пешук **Lyudmyla Peshuk**	д-р с-г. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Віктор Доценко **Victor Dotsenko**	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Віталій Прибильський **Vitaliy Prybyl's'kyy**	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Галина Сімахіна **Halyna Simakhina**	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олена Грабовська **Olena Hrabovs'ka**	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Олександр Гавва **Oleksandr Gavva**	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Микола Якимчук **Mykola Yakymchuk**	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Віктор Стабніков **Viktor Stabnikov**	д-р техн. наук, доц., Україна Ph. D., As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Андрій Маринін **Andrii Marynin**	канд. техн. наук, ст. наук. співр., Україна Ph. D., Senior Research Officer, National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Кургаєв **Oleksandr Kurgaev**	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Світлана Літвинчук **Svitlana Litvynchuk**	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D., As. Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Галина Поліщук **Galina Polischuk**	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Василь Кишенько **Vasil Kyshenko**	канд. техн. наук, проф., Україна Ph. D., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЯ

Сировина та матеріали

Фалендиш Н. О., Зінченко І. М., Блаженко М. С. Особливості виробництва органічного хліба з використанням конопляного борошна 7

Вороненко А. А., Ярош М. Б., Пирог Т. П. Особливості синтезу етаполану на суміші ацетату натрію та рафінованої соняшникової олії 14

Українець А. І., Негрей О. В. Фізичні властивості волоських горіхів 22

Дулька О. С., Прибильський В. Л. Вплив підготовленої води на вміст летких домішок у зброджeному квасному суслі 33

Романченко Н. М., Риндін А. В., Павлюченко О. С. Доцільність використання солоду житнього ферментованого в технології кексів 39

Хорунжа Т., Пасічний В., Рудюк В., Гуць В. Сосиски стерилізовані з підвищеним вмістом гемового заліза 46

Технології: дослідження, застосування та впровадження

Чорна А. І., Роботько А. Ю. Маркетингові дослідження споживчих переваг придбання кондитерських виробів з їстівним покриттям 52

Сімахіна Г. О., Камінська С. В., Науменко Р. Ю. Управління безпекою швидкозамороженої плодово-ягідної продукції на етапах її життєвого циклу 60

Рудюк В. П., Пасічний В. М., Хорунжа Т. О., Красуля О. О. Дослідження впливу використання білкових концентратів на реологічні показники кисломолочних продуктів та терміни їх зберігання 70

Рябоконь Н. В., Риндюк Д. В., Лементар С. Ю., Марцинкевич Л. В. Контроль якості та безпечності продуктів з пробіотичними культурами 78

РОЗДІЛ 2. ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Процеси харчових виробництв

Семенова О. І., Бублієнко Н. О., Сулейко Т. Л., Решетняк Л. Р. Обґрунтування біохімічного окиснення забруднень вуглеводневмісних стічних вод 87

Українець А. І., Большак Ю. В., Маринін А. І., Шпак В. В. Особливості процесу сорбції нафтопродуктів з поверхні води тонковолокнистими композиційними структурами, інверсними мембранним структурам 93

Обладнання та устаткування

Пономаренко В. В., Слюсенко А. М., Хитрий Я. С., Лементар С. Ю. Визначення раціональних параметрів струминного апарата з нестаціонарним струменем рідини 100

Пакування: розробка, дослідження, переробка

Якимчук М. В., Валіулін Г. Р., Мироненко С. М., Якимчук В. М. Дослідження раціональних характеристик шредера для подрібнення полімерних виробів 109

CONTENTS

SECTION 1. TECHNOLOGY

Raw Materials and Materials

Falendysh N., Zinchenko I., Blazhenko M. Peculiarities of organic bread production with the use of hemp flour 7

Voronenko A., Yarosh M., Pirog T. Peculiarities of ethapolan synthesis on mixture of sodium acetate and refined sunflower oil 14

Ukrainets A., Negrey O. Physical properties of walnut wood 22

Dulka O., Prybylskyi V. Effect of prepared water on the content of volatile impurities in a fermented wort 33

Romanchenko N., Rindin A., Pavliuchenko E. Usefullness of fermented rye malt in cupcake production technology 39

Khorunzha T., Pasichnyi V., Rudiuk V., Guts V. Sterilized sausages with high heme iron content 46

Technologies: Researches, Application and Introduction

Chorna A., Robotko A. Marketing researching of consumer advantages of buying confectiontry with edible coating 52

Simakhina G., Kaminska S., Naumenko R. The safety management of the quick-frozen fruit and berry production on the stages of its life cycle 60

Rudiuk V., Pasichnyi V., Khorunzha T., Krasulya O. Investigation of the influence of the use of protein concentrates on the rheological index of sour-milk products and their shelf-life 70

Riabokon N., Rindyuk D., Lementar S., Martsinkevich L. Control of quality and safety of products with probiotic cultures 78

SECTION 2. PROCESSES AND EQUIPMENT

Processes of Food Industries

Semenova O., Bublienko N., Suleyko T., Reshetnyak L. Justification of biochemical oxidation from contamination of oil wastewater 87

Ukrainets A., Bolshak Yu., Marynin A., Shpak V. Oxidative restoring balance of drinking water — indicator of its quality and physiological fullness 93

Machinery and Equipment

Ponomarenko V., Slyusenko A., Khitriy Ya., Lementar S. Determination of rational parametersof jet apparatus with non-stationary stream of liquid 100

Packing: Development, Researches, Processing

Yakymchuk M., Valiulin H., Myronenko S., Yakymchuk V. Research of scientific rational characteristics for the extraction of polymeric articles 109

Керування виробничими процесами

Бойко Р. О., Грибков С. В. Мережеві структури при керуванні складними організаційно-технічними (технологічними) системами — 116

Кружилко О. Є., Ткалич І. М., Сірик А. О., Полукаров О. І. Теоретичні основи та інформаційне забезпечення оцінювання виробничого ризику — 124

Майстренко В. В., Лях Ю. М., Євтушенко О. В., Демчук Г. В. Аналіз стану безпеки працівників у харчовій промисловості — 133

Ладанюк А. П., Луцька Н. М., Смітюх Я. В., Власенко Л. О., Сашньова М. В. Ефективність інтелектуальних систем керування технологічними об'єктами. Частина 1. Основні положення — 141

Енергетика та виробничі процеси

Бублієнко Н. О., Семенова О. І., Сулейко Т. Л. Застосування екотехнології для переробки відходів свиноферми — 148

Чагайда А. О., Васильківський К. В. Термодинамічний аналіз рекуперативних систем — 156

Control of Production Processes

Boyko R., Hrybkov S. Network structures for managing complex organizational-technical (technological) systems — 116

Kruzhilko O., Tkalych I., Siryk A., Polukarov O. Theoretical basis and information provision for industrial risk assessment — 124

Maystrenko V., Lyakh Y., Evtushenko O., Demchuk G. Analysis of the safety state of people working in food industry — 133

Ladaniuk A., Lutska N., Smitiukh Ya., Vlasenko L., Sashnova M. The efficiency of intelligent control systems for process facilities. Part 1. Basic provisions — 141

Power engineering and productions

Bublienko N., Semenova O., Suleyko T. Ecotechnological application for the processing of pork farm waste — 148

Chagayda A., Vasylkivsky K. Thermodynamic analysis of recuperative systems — 156

УДК 664. 64. 016. 8

PECULIARITIES OF ORGANIC BREAD PRODUCTION WITH THE USE OF HEMP FLOUR

N. Falendysh, I. Zinchenko, M. Blazhenko
National University of Food Technologies

Key words:
hemp flour,
organic bread,
dough,
protein,
nutritional value

Article history:
Received 06.02.2019
Received in revised form 16.04.2019
Accepted 14.05.2019

Corresponding author:
blagmary@ukr.net

ABSTRACT

The article examines the possibility of the use of organic hemp flour for production of organic wheat flour bread. The use of hemp flour provides an opportunity to increase the nutritional value of bread by increasing the amount of proteins, unsaturated fatty acids, fiber and minerals.

The purpose of the article was to study the influence of hemp flour on the technological process, the quality of dough and bread. It was discovered that the replacement of wheat flour with hemp flour in the amount of 10, 15 and 20%, contributes to the intensification of the fermentation of the dough and reduces the duration of the maintenance of dough preparations. It was established that the introduction of hemp flour affects the decrease of specific bread volume only by 6—8%. The porosity of the crumb is reduced by 5—10% and is still within the normal range.

The results of the research show that the elasticity of the crumb, as compared with the control sample, almost did not change in products which contain 10 and 15% of hemp flour. As the percentage of the hemp flour content raises up to 20 % the elasticity of the crumb decreases and slight sensation of crunching may be traced while chumping the crunch.

It is established that the introduction of 10…20% of hemp flour contributes to the intensification of the maturation process of the dough and reduction of the time of technological process by 8—20 minutes. The study revealed that introduction of hemp flour in amount of 10% makes it possible to obtain bread, which according to organoleptic and physico-chemical parameters, only slightly inferior to the control sample. Thesample under research has a lower caloric content due to the low content of starch in hemp flour as compared to wheat. The consumption of bread with hemp flour provides coverage of the daily needs of human body in proteins, fats and fiber, as well as enriches the human body with ω3 and ω6fatty acids. It is established that introduction of 10% of hemp flour instead of wheat flour secures the appropriate quality of the bread and contributes to the enrichment in physiologically functional ingredients.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-3

© Н. О. Фалендиш, І. М. Зінченко, М. С. Блаженко, 2019

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ОРГАНІЧНОГО ХЛІБА З ВИКОРИСТАННЯМ КОНОПЛЯНОГО БОРОШНА

Н. О. Фалендиш, канд. техн. наук
І. М. Зінченко, канд. техн. наук
М. С. Блаженко
Національний університет харчових технологій

У статті досліджено можливість використання органічного конопляного борошна для виробництва органічного хліба з пшеничного борошна. Вивчено вплив борошна коноплі на технологічний процес, якість тіста та хліба. Встановлено, що внесення конопляного борошна на заміну пшеничному борошну в кількості 10, 15 та 20% сприяє інтенсифікації бродіння тіста та скорочує тривалість вистоювання тістових заготовок. З'ясовано, що внесення 10% конопляного борошна на заміну пшеничного борошна забезпечує стандартну якість хліба і сприяє його збагаченню фізіологічно-функціональними інгредієнтами: білками, жирами, клітковиною, ПНЖК, вітамінами групи В та мінеральними речовинами.
Ключові слова: *конопляне борошно, органічний хліб, тісто, білок, харчова цінність.*

Постановка проблеми. Швидкі темпи сучасного життя, несприятлива екологічна ситуація, нераціональне харчування призводить до зниження захисних сил організму людини і, відповідно, до погіршення стану здоров'я в цілому. Тож у світі зростає попит на якісні та безпечні продукти харчування. Особливої популярності набувають органічні продукти. Проблема виготовлення та споживання таких продуктів є сьогодні дуже важливою та актуальною за своїм впливом на здоров'я нації. Існує прямий зв'язок між якістю продукції і якістю довкілля: чим вища якість продукції, що випускається, тим вища якість довкілля.

Органічні продукти харчування є значно безпечнішими, містять більше поживних речовин, а також краще смакують, ніж конвенційні продукти. Слід також відзначити, що органічне виробництво є сприятливішим для навколишнього середовища та гуманним для тварин. Останні дослідження свідчать, що рівень поживності та вміст вітамінів (особливо вітаміну С), а також деяких мінеральних речовин і поліфенолів — природних антиоксидантів, які допомагають зміцнити імунну систему людини, є вищим у культурах, які вирощені за органічними методами господарювання. Дослідники з усього світу доводять, що органічні продукти мають вищий рівень вмісту фосфору, цинку, магнію, кальцію, калію, заліза, вітаміну С [1].

Внутрішній споживчий ринок органічних продуктів в Україні, за оцінками Федерації органічного руху України, за останнє десятиліття зріз більше, ніж у 40 разів, і набуває подальшого розвитку.

Безперечно, що повсякденним продуктом харчування населення нашої країни є хліб і хлібобулочні вироби. Для підвищення харчової та біологічної цінності хлібобулочних виробів проводять їх збагачення за рахунок включення до рецептур нетрадиційної сировини, яка багата важливими для організму людини макро- та мікронутрієнтами. Популярним є використання рослинної сировини, особливо тієї, яка містить: білки зі збалансованим вмістом незамінних амінокислот, жири з оптимальним співвідношенням ω_3 та ω_6 жирних кислот, незасвою-

вані харчові волокна, комплекс вітамінів і мінеральних речовин, яких замало в сучасних рафінованих харчових продуктах.

У хлібопеченні як нетрадиційну сировину використовують зернові, бобові, насіння і продукти переробки олійних культур, плодів та овочів, лікарські рослини тощо [2].

Зважаючи на багатий хімічний склад, перспективною сировиною для виробництва хлібобулочних виробів є борошно коноплі.

Конопляне насіння та борошно містять значну кількість білків — 27% та 37% відповідно. Основу цих білків складає едестин, який відноситься до групи глобулінів. На його частку припадає 65% від загальної кількості білків. Решта 35% припадає на альбуміни [3; 4].

Порівняльна оцінка хімічного складу борошна пшеничного першого сорту та конопляного борошна показала (табл. 1), що в борошні коноплі міститься втричі більше білка і в 8,5 раза більше жиру.

Таблиця 1. **Порівняльна характеристика середнього хімічного складу конопляного борошна та борошна пшеничного першого сорту, %**

Складові	Борошно пшеничне першого сорту	Конопляне борошно
Білки, %	11,6	37,9
Жири, %	1,35	11,5
Загальні вуглеводи, %:	73,3	29,8
крохмаль, %	68,0	6,0
моно- та дисахариди, %	1,8	3,0
харчові волокна, %	3,5	18,8
Зольність, %	0.75	4,8
Волога, %	13	16

Загальний вміст вуглеводів у борошні коноплі менший майже у 2,5 раза, якщо порівняти з борошном пшеничного першого сорту. Важливим є те, що вміст харчових волокон у борошні коноплі у 5 разів вищий, ніж у пшеничному борошні. Поряд з цим, кількість крохмалю в конопляному борошні менша в 11 разів, ніж у пшеничному борошні.

Конопляне борошно містить 20 амінокислот, вітаміни E, C, D і K, вітаміни групи B (B_1, B_2, B_3, B_4 (холін), B_5, B_6, B_8 (інозитол), B_7 (біотин), B_9 і B_{12}), а також каротиноїди (попередники вітаміну A), макро- і мікроелементи (залізо, магній, калій, фосфор, кальцій, марганець, цинк, сірка, хлор та ін.) та не містить глютен. Поліненасичені жирні кислоти омега-6 та омега-3 містяться у конопляному борошні в ідеальному співвідношенні 3:1 [3].

Зважаючи на багатий хімічний склад, використання продуктів переробки насіння коноплі, зокрема борошна, в хлібопеченні надає можливість підвищити поживну та харчову цінність хлібобулочних виробів за рахунок збільшення кількості білків, ненасичених жирних кислот, клітковини, вітамінів і мінеральних речовин для забезпечення здорового харчування населення [5].

Відомо, що вміст мінеральних речовин і деяких вітамінів є вищим у продуктів, які отримані шляхом органічного господарювання [1]. Тому використання органічного конопляного борошна при виробництві органічного хліба з пшеничного борошна дасть змогу збагатити його фізіологічно-функціональними інгредієнтами, необхідними для нормального функціонування організму людини.

Метою дослідження є вивчення впливу конопляного борошна на властивості тіста, якість хліба та його харчову цінність.

Матеріали і методи. У процесі дослідження використовували органічне борошно із насіння коноплі агрофірми «Зоря», яке сертифіковане за Європейською системою сертифікації, і має логотип у вигляді євролистка.

Для визначення впливу конопляного борошна на перебіг технологічних і біохімічних процесів у тісті, а також на якість готових виробів проводили пробні лабораторні випікання. Як контрольний зразок для дослідження використовували рецептуру хліба з борошна пшеничного першого сорту. Для встановлення раціональної кількості заміни борошна пшеничного першого сорту на конопляне було запропоновано рецептури дослідних зразків з використанням 10, 15 та 20% конопляного борошна.

Тісто готували безопарним способом. Замішування тіста проводили у двошвидкісній тістомісильній машині. Вироби формували вручну, вистоювання проводили у вистійній шафі при температурі 36±2°С та відносній вологості 78±2% до готовності. Хліб випікали в печі Ф3-ХПК при температурі 210….230°С.

Газоутворення в напівфабрикатах оцінювали за кількістю CO_2, волюмометричним методом на приладі АГ-1М [6].

Пружно-еластичні характеристики тіста визначали на фаринографі фірми Брабендер [6]. Готові вироби характеризували за органолептичними та фізико-хімічними показниками.

Результати досліджень. З метою встановлення раціонального дозування конопляного борошна, при заміні пшеничного борошна, було визначено його вплив на перебіг технологічного процесу та якість хліба. Для цього проводили пробне випікання хліба з пшеничного борошна першого сорту із заміною його на конопляне борошно у кількості 10, 15 та 20 %. Контролем слугував зразок без внесення борошна коноплі.

Результати проведених досліджень представлено в табл. 2.

Таблиця 2. **Показники технологічного процесу та якості готових виробів**

Показники	Контроль	Внесено конопляного борошна, % на заміну пшеничного борошна		
		10	15	20
1	2	3	4	5
Тісто				
Вологість тіста, %	43,5	43,0	42,5	42,0
Титрована кислотність, град початкова кінцева	 1,9 2,5	 2,2 2,7	 2,4 2,9	 2,7 3,1
Тривалість бродіння, хв	95	88	85	80
Тривалість вистоювання, хв	63	55	47	43
Питомий об'єм тіста, $см^3$	3,21	3,01	2,85	2,63
Розпливання кульки тіста, мм	95	90	86	80
Газоутворення за час бродіння тіста та вистоювання тістових заготовок, $см^3$\100 г тіста	1264	1296	1320	1336

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5
Хліб				
Питомий об'єм, $см^3/г$	2,92	2,74	2,68	2,58
Пористість, %	77	74	71	68
Кислотність, град	2,5	2,7	2,9	3,1
Стан поверхні	Гладка, без тріщин і підривів			
Колір скоринки	золотисто-жовтий	світло-коричневий	світло-коричневий	коричневий з сіруватим відтінком
Колір м'якушки	світлий	світло-коричневий	світло-коричневий	коричневий
Еластичність м'якушки	еластична			менш еластична
Смак та аромат	Властиві пшеничному хлібу	Властиві пшеничному хлібу з приємним присмаком горіха		з горіхово-трав'янистим присмаком, відчувається хрускіт при розжовувані.

Результати досліджень (табл. 2) показали, що за умови заміни пшеничного борошна на конопляне у кількості 10, 15 та 20%, початкова кислотність тіста підвищується на 0,3—0,8 град, якщо порівняти з контрольним зразком. Це може бути наслідком вищої кислотності конопляного борошна, ніж пшеничного борошна першого сорту, що обумовлена наявністю жирних кислот [7]. Відповідно, підвищується і кінцева кислотність тіста.

Аналіз отриманих результатів показав, що внаслідок збільшення відсотка конопляного борошна в тісті спостерігається більш інтенсивне виділення вуглекислого газу. Було встановлено, що при заміні 10%, 15% та 20% пшеничного борошна на конопляне відбувається збільшення сумарної кількості виділеного вуглекислого газу на 2,5; 4,3 та 5,4% відповідно.

Спостерігається скорочення тривалості вистоювання тістових заготовок із внесенням конопляного борошна на 8, 16 та 20 хв.

Встановлено, що зразки тіста із заміною пшеничного борошна на конопляне у кількості 10,15 та 20%, мають менший питомий об'єм, якщо порівняти з контрольним зразком, на 6, 11 та 18% відповідно. Також зменшується діаметр кульки тіста досліджуваних зразків. Це ймовірно, обумовлено відсутністю клейковинних білків у борошні коноплі, натомість глобуліни та альбуміни, що містяться в ньому, утворюють в'язкий колоїдний розчин.

У ході дослідження встановлено (рис. 1), що внесення 10 та 15% конопляного борошна призводить до незначного зменшення питомого об'єму хліба — на 6…8%. При внесені 20 % борошна коноплі питомий об'єм зменшується на 12%. Збільшення відсотка конопляного борошна від 10 до 20% призводить до зменшення пористості м'якушки на 5,0; 9,0 та 10,5% відповідно, що пов'язано зі зменшенням кількості клейковинних білків і підвищенням в'язкості тіста.

Отримані результати цілком корелюють із даними щодо питомого об'єму тіста та із розпливанням кульки тіста в процесі ферментації.

Результати дослідження показали (табл. 2), що еластичність м'якушки, порівняно із контрольним зразком, практично не змінилась у виробах із 10 та 15% конопляного борошна. Зі збільшенням відсотка конопляного борошна до

20% спостерігається погіршення еластичності, також це призводить до незначного відчуття хрускоту при розжовуванні м'якушки.

Зі збільшенням дозування конопляного борошна колір м'якушки та скоринки набуває світло-коричневого кольору, що пояснюється процесом термічного розкладу хлорофілу, який входить до складу борошна коноплі. Внаслідок теплової обробки хлорофіл із зеленого кольору перетворюється в бурий, що й призводить до зміни забарвлення.

Провівши розрахунки хімічного складу хліба із конопляним борошном встановлено, що в цих виробах спостерігається збільшення кількості білків, жирів і клітковини, необхідних для організму людини, тоді як кількість вуглеводів зменшується, а кількість незамінних амінокислот підвищується. Було встановлено збільшення кількості тіаміну (B_1) на 3,5%, рибофлавіну (B_2) — на 3%, піродиксину (B_6) — на 28,5% та ніацину (B_3) — на 61%. Також збільшується кількість калію — на 24,4%; кальцію — на 35,7%; магнію — на 45,5%; фосфору — 42,6% та заліза — на 22,2%.

Висновки. В результаті проведених досліджень встановлено, що борошно коноплі, яке містять у своєму складі білки, збалансовані за амінокислотним складом, ПНЖК, харчові волокна, а також вітаміни та мінеральні речовини, доцільно використовувати при виробництві органічного хліба із пшеничного борошна першого сорту.

Встановлено, що внесення 10…20% конопляного борошна сприяє інтенсифікації процесу дозрівання тіста та скороченню тривалості технологічного процесу на 8—20 хв.

Додання борошна коноплі у кількості 10% на заміну пшеничного борошна першого сорту дає змогу отримати хліб, що за органолептичними та фізико-хімічними показниками несуттєво поступається контрольному зразку. Досліджуваний зразок має меншу калорійність за рахунок низького вмісту крохмалю в конопляному борошні.

Споживання хліба із вмістом 10% конопляного борошна забезпечує збільшення покриття добової потреби організму людини в білках на 9,5%, жирах та клітковині на 5,5 та 13,6% відповідно, також збільшується забезпечення організму людини в ω_3 та ω_6 жирних кислотах на 37 та 29%. У хлібі, що містить конопляне борошно, збільшується вміст вітамінів групи В та мінеральних речовин (фосфор, магній, кальцій, залізо).

ЛІТЕРАТУРА

1. Електронний ресурс. — Режим доступу: http: //www.organic.com.ua./

2. *Шаззо, А. А.* Использование нетрадиционного растительного сырья при производстве хлебобулочных изделий функционального назначения / А. А. Шаззо, Е. А. Фролова, Е. П. Спильник, Б. К. Шаззо // Журнал новые технологи. — 2010. — № 2. — С. 27—33.

3. CANAHgreenliving. — Hulledhempnuts [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.canah.com/en/products/hulled-hemp-nuts-detail/.

4. Химический состав российских пищевых продуктов: справоч. /под ред. И. М. Скурихина и В. А. Тутельяна: Москва: ДеЛипринт, 2002. — 236 с.

5. *Matran, I. M.* The role of hemp seed derivatives bakery, related to the ratio of essential polyaunsaturated fatty acids omega 3 and omega 6, cold pressed hemp oil, complete protein and fibres/ I. M. Matran // Rompan News. — 2010. — Vol 15. — P. 263—270.

6. *Дробот, В. І.* Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв / В. І. Дробот. — навчальний посібник. — К.: Центр навчальної літератури, 2006. — 341 с.

7. *Зайцева, Л. В* Роль различных жирных кислот в питании человека и при производстве пищевых продуктов / Л.В Зайцева // Пищевая промышленость. — 2010. — № 10. — С. 49—54.

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКОГО ХЛЕБА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНОПЛЯНОЙ МУКИ

Н. А. Фалендыш, канд. техн. наук
И. Н. Зинченко, канд. техн. наук
М. С. Блаженко
Национальный университет пищевых технологий

В статье исследована возможность использования органической конопляной муки для производства органического хлеба из пшеничной муки. Изучено влияние муки конопли на технологический процесс, качество теста и хлеба. Установлено, что внесение конопляной муки на замену пшеничной в количестве 10, 15 и 20% способствует интенсификации брожения теста и сокращает продолжительность расстойки тестовых заготовок. Определено, что внесение 10% конопляной муки на замену пшеничной муке обеспечивает стандартное качество хлеба и способствует его обогащению физиологически-функциональными ингредиентами.

***Ключевые слова**: конопляная мука, органический хлеб, тесто, белок, пищевая ценность.*

УДК 579.841:577.114

PECULIARITIES OF ETHAPOLAN SYNTHESIS ON MIXTURE OF SODIUM ACETATE AND REFINED SUNFLOWER OIL

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

Key words:
Acinetobacter sp. IMV B-7005 exopolysaccharide, ethapolan, biosynthesis, a mixture of sodium acetate and refined sunflower oil

Article history:
Received 17.04.2019
Received in revised form 26.04.2019
Accepted 17.05.2019

Corresponding author:
yarosh238@gmail.com

ABSTRACT

An effect of the molar ratio and concentration of monosubstrates in the mixture, method of inoculum preparation and cultivation medium composition on synthesis of the microbial exopolysaccharide (EPS) ethapolan under *Acinetobacter* sp. IMV B-7005 cultivation on the mixture of sodium acetate and refined sunflower oil have been explored. The amount of synthesized polysaccharide was determined gravimetrically after isopropanol precipitation. EPS-synthesizing ability was calculated as the ratio of the EPS concentration to concentration of biomass and expressed in g EPS/g biomass. The highest rates of ethapolan synthesis were observed for the molar ratio of acetate and oil concentrations 1.0:0.13 in the mixture, which coincides with theoretical calculations. At concentrations 1.0 % of acetate and 0.5% of oil the amount of synthesized EPS was 4.3—4.5 g/l. However, under such cultivation conditions, due to transport of sodium acetate by symport with proton, culture liquid pH increasing from 7 to 9.5 has been observed, which was not optimal for the ethapolan synthesis. Replacement of sodium nitrate with an equimolar by nitrogen concentration of NH_4CI (0.8 g/l), which is transported to the cells by antiport with proton, decreasing the content of alkaline component (KOH) in the medium allowed to reduce pH by only 0.2—0.3 units. At the same time, redusing sodium and acetate concentrations in the mixture to 0.5 % and 0.25 % or decreasing of KH_2PO_4 concentration (up to 3.4 g/l) with the simultaneous exclusion of its composition of KOH in medium for ethapolan biosynthesis have been accompanied by maintaining the pH of the culture liquid at the level of 7.7—7.9 and ensured the maximum conversion of carbon from both substrates to the EPS. Other options for keeping pH at the optimal level (7.0—8.0) for ethapolan synthesis during growth of the producer on the mixture of increased concentrations of sodium acetate and oil have been discussed.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-4

© А. А. Вороненко, М. Б. Ярош, Т. П. Пирог, 2019

ОСОБЛИВОСТІ СИНТЕЗУ ЕТАПОЛАНУ НА СУМІШІ АЦЕТАТУ НАТРІЮ ТА РАФІНОВАНОЇ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

А. А. Вороненко
М. Б. Ярош
Т. П. Пирог, д-р біол. наук
Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив молярного співвідношення та концентрації моносубстратів у суміші, способу підготовки посівного матеріалу та складу поживного середовища на синтез мікробного екзополісахариду (ЕПС) етаполану при вирощуванні Acinetobacter sp. IMB B-7005 на суміші ацетату натрію та рафінованої соняшникової олії. Кількість синтезованого полісахариду визначали ваговим методом після осадження ізопропанолом. ЕПС-синтезувальну здатність визначали як відношення кількості синтезованого полісахариду до біомаси та виражали у г ЕПС/г біомаси. Найвищі показники синтезу етаполану спостерігались за молярного співвідношення концентрацій ацетату та олії у суміші 1,0:0,13, що збігається з теоретично розрахованим.
Ключові слова: *Acinetobacter sp. IMB B-7005, екзополісахарид, етаполан, біосинтез, суміш ацетату натрію та рафінованої соняшникової олії.*

Постановка проблеми. Мікробні екзополісахариди (ЕПС) — це високомолекулярні екзогенні продукти метаболізму мікроорганізмів вуглеводної природи, які завдяки своїм функціональним властивостям широко використовуються в різноманітних галузях промисловості (харчовій, нафтовидобувній, фармацевтичній тощо) [2; 4; 17].

На сьогодні для отримання даних практично цінних сполук в основному використовують дорогі вуглеводні моносубстрати (сахароза, глюкоза тощо), які в деяких випадках вдається замінити на альтернативну дешеву сировину (меляса, стічні води різноманітних виробництв тощо) [3; 5; 7; 10].

Серед відомих у світі продуцентів ЕПС вигідно вирізняється штам *Acinetobacter* sp. IMB B-7005, який здатний синтезувати мікробний полісахарид етаполан на широкому наборі різноманітних C_2—C_6-субстратів (вуглеводи, етанол, ацетат, органічні кислоти) [17]. Нещодавно було показано можливість його одержання на рафінованих і відпрацьованих рослинних оліях (соняшниковій, кукурудзяній, оливковій та рапсовій) [15].

Одним із підходів до інтенсифікації технологій мікробного синтезу є використання суміші ростових субстратів [1; 17]. Так, культивування мікроорганізмів на суміші ростових субстратів дає змогу уникнути непродуктивних витрат вуглецю й енергії, які мають місце за використання моносубстратів, а також підвищити ефективність трансформації вуглецю субстратів у біомасу та інтенсифікувати синтез вторинних метаболітів. Варто зазначити, на сьогодні наявні лише поодинокі повідомлення щодо одержання мікробних ЕПС на змішаних субстратах [3; 6; 11; 12].

У [17] показано можливість інтенсифікації синтезу етаполану на суміші енергетично нерівноцінних (етанол і глюкоза, фумарат і глюкоза) та енергетично дефіцитних (ацетат і глюкоза) ростових субстратах. Подальші дослідження дали змогу замінити глюкозу у змішаних C_2-C_6-субстратах на мелясу — побічний продукт цукрового виробництва [14; 16].

Нещодавно також доведено можливість одержання етаполану на суміші меляси та соняшникової олії (рафінованої або різних типів відпрацьованої) [8].

Варто зазначити, що культивування штаму ІМВ В-7005 на соняшниковій олії у суміші з мелясою супроводжувалось зниженням ЕПС-синтезувальної здатності у 2 рази порівняно з використанням моносубстрату олії. Ми припустили, що вирішити цю проблему можна за рахунок використання у суміші з олією іншого енергетично дефіцитного субстрату, який не містить у своєму складі азоту, зокрема ацетату. Так, раніше показано, що при його використанні у суміші з глюкозою ЕПС-синтезувальна здатність досягала майже 20 г ЕПС/г біомаси [17].

М**ета статті**: дослідити особливості синтезу етаполану на суміші ацетату та рафінованої соняшникової олії.

Матеріли і методи. Як об'єкт досліджень використовували ЕПС-синтезувальний штам *Acinetobacter* sp. 12S, депонований в Депозитарії Інституту мікробіології і вірусології Національної академії наук України за номером ІМВ В-7005.

Штам ІМВ В-7005 вирощували у рідких мінеральних середовищах наступного складу (г/л):

1. Базове середовище: KH_2PO_4 — 6,8; КОН —0,9; $MgSO_4 \times 7\ H_2O$ — 0,4; $CaCl_2 \times 2H_2O$ — 0,1; NH_4NO_3 — 0,6; $FeSO_4 \times 7\ H_2O$ — 0,001. В одному з варіантів NH_4NO_3 замінювали на еквімолярну за нітрогеном концентрацію NH_4Cl (0,8 г/л).

2. Модифіковане середовище: KH_2PO_4 — 3,4—1,7; КОН —0,9-0; $MgSO_4 \times 7\ H_2O$ — 0,4; $CaCl_2 \times 2H_2O$ — 0,1; NH_4CI — 0,8; $FeSO_4 \times 7\ H_2O$ — 0,001.У середовище додатково вносили 0,5% (об'ємна частка) дріжджового автолізату, а також мультивітамінний комплекс «Комплевіт» в концентрації 0,00085% (масова частка в перерахунку на пантотенат). Штам ІМВ В-7005 є ауксотрофом за пантотенатом [17].

Як джерело вуглецю та енергії використовували суміш ацетату натрію (масовою часткою 0,5—1,0%) та рафіновану соняшникову олію (об'ємною часткою 0,15—0,7%).

Як посівний матеріал використовували культуру з експоненційної фази росту (18—24 год), вирощену на середовищі, що містило як джерело вуглецю й енергії рафіновану соняшникову олію (0,5%), ацетат натрію (0,5%), а також суміш ацетату натрію (0,25%) та соняшникової олії (0,25%). Концентрація інокуляту становила 10%.

Культивування штаму ІМВ В-7005 здійснювали в колбах (750 мл) із 100 мл середовища на качалці (320 об/хв) при температурі 30°С упродовж 120 год. Концентрацію біомаси визначали за оптичною густиною клітинної суспензії з перерахунком на суху біомасу згідно з калібрувальним графіком.

Кількість синтезованого етаполану визначали ваговим методом. Для цього до певного об'єму культуральної рідини (зазвичай 10—15 мл) додавали 1,5—2 об'єми ізопропанолу, осад ЕПС промивали чистим ізопропанолом і висушували при кімнатній температурі упродовж 24 год. ЕПС-синтезувальну здатність розраховували як відношення концентрації ЕПС до концентрації сухої біомаси та виражали у г ЕПС / г біомаси.

Теоретичний вихід ЕПС від субстрату розраховували з урахуванням таких припущень: 1) 50% вуглецю субстратів окислюється з метою одержання енергії («холосте окислення»); 2) до складу біомаси та етаполану входить по 50% вуглецю [17]; 3) рафінована соняшникова олія містить 50% лінолевої та 50% олеїнової вищих жирних кислот [9]; 4) вміст азоту у біомасі становить 10%.

Так, наприклад, з 1% (10 г/л) ацетату натрію (вміст вуглецю 2,93 г/л) та 0,5% (5 г/л) олії (вміст вуглецю 3,84 г/л) з урахуванням «холостого окислення» можна отримати сумарно 6,77 г/л ЕПС та біомаси. Враховуючи, що за використання 0,6 г/л NH_4NO_3 (вміст азоту 0,21 г) або еквімолярної за азотом концентрації NH_4Cl (0,8 г/л) рівень біомаси становить 2,1 г/л, максимальна концентрація ЕПС дорівнює 4,67 г/л.

Статистичну обробку даних проводили за Лакіним [13]. Результати досліджень згідно з *t*-критерієм Стьюдента виявилися статистично достовірними при 5-відсотковому рівні значимості.

Результати досліджень. У попередніх дослідженнях на основі теоретичних розрахунків енерговитрат на синтез ЕПС і біомаси було встановлено, що оптимальне молярне співвідношення концентрацій енергетично дефіцитного (ацетат) та надлишкового (соняшникова олія) субстратів становить 1:0,13.

Варто зазначити, що всі теоретичні розрахунки повинні супроводжуватися проведенням відповідних експериментів. Зважаючи на це, на першому етапі роботи досліджували синтез етаполану за різних молярних співвідношень концентрацій ацетату натрію та рафінованої соняшникової олії у суміші

Оскільки у попередніх дослідженнях [17] встановлено позитивний вплив катіонів Na^+ на синтез етаполану при вирощуванні продуцента на суміші ацетату та глюкози, в експериментах у суміші з олією використовували ацетат натрію. Припускається, що катіони Na^+ необхідні для генерації протонрушійної сили, яка використовується для активного транспорту ацетату в клітини штаму ІМВ В-7005 [17].

Оскільки показники синтезу цільового продукту на суміші субстратів залежать від способу підготовки інокуляту, досліджували вплив природи джерела вуглецю у середовищі для одержання інокуляту на синтез етаполану.

Як видно з наведених у *табл. 1* даних, показники синтезу етаполану не залежали від способу підготовки інокуляту, а максимальна концентрація ЕПС (4,3—4,5 г/л) досягалася за теоретично розрахованого молярного співвідношення концентрацій моносубстратів у суміші, рівного 1,0:0,13.

Таблиця 1. **Вплив молярного співвідношення концентрацій ацетату натрію та рафінованої соняшникової олії у суміші та способу підготовки інокуляту на синтез етаполану**

Субстрат для одержання інокуляту, %	Концентрація субстратів у середовищі для біосинтезу, %		Молярне співвідношення ацетату та олії	$pH_{кін}$	ЕПС, г/л
	ацетат натрію	олія			
Ацетат, 0,5	1,0	0,3	1:0,08	9,4	2,91±1,15
	1,0	0,5	1:0,13*	9,5	4,30±0,21
	1,0	0,7	1:0,18	9,5	4,00±0,20
Олія, 0,5	1,0	0,3	1:0,08	9,4	2,96±0,20
	1,0	0,5	1:0,13*	9,4	4,43±0,22
	1,0	0,7	1:0,18	9,4	3,69±0,18
Ацетат, 0,25, та олія, 0,25	1,0	0,3	1:0,08	9,5	2,34±0,12
	1,0	0,5	1:0,13*	9,5	4,49±0,22
	1,0	0,7	1:0,18	9,6	2,85±0,14

Примітки. * — теоретично розраховане оптимальне молярне співвідношення концентрації моносубстратів у суміші — 1:0,13. Концентрація NH_4NO_3 у середовищі для підготовки посівного матеріалу та біосинтезу становила 0,6 г/л.

Зазначимо, що в усіх варіантах досліджень спостерігалося підвищення pH культуральної рідини з нейтрального на початку культивування до 9,4—9,5 під

кінець процесу (див. табл. 1), що є неоптимальним для синтезу етаполану (оптимум pH 7,0-8,0). Таке підвищення pH середовища зумовлене особливостями споживання ацетату натрію, зокрема транспортом його у клітини продуцента симпортом з протоном [17].

Раніше [17] було встановлено, що реологічні властивості розчинів етаполану залежать від значення pH. Так, при pH 9,0—9,5 спостерігалося різке зниження кінематичної в'язкості розчинів ЕПС, зумовлене дезацилюванням структурних ланок полісахариду.

У зв'язку з цим на наступному етапі роботи досліджували можливість підтримання pH культуральної рідини у процесі вирощування штаму ІМВ В-7005 на суміші ацетату натрію і олії на рівні, оптимальному для синтезу етаполану.

Зокрема, було висловлене припущення, що заміна джерела азотного живлення у середовищі культивування продуцента етаполану на еквімолярну за нітрогеном концентрацію NH_4Cl, асиміляція якого відбувається симпортом з протоном та супроводжується підкисленням культуральної рідини, дасть змогу уникнути надлишкового залужнення культуральної рідини.

Проте результати показали, що заміна джерела азоту не тільки не супроводжувалася зниженням pH культуральної рідини, яке залишалося на рівні 9,0—9,3, а й в деяких випадках призвела до зниження показників синтезу ЕПС (табл. 2). У той же час у разі використання олії як джерела вуглецю для одержання інокуляту спостерігали підвищення концентрації синтезованого етаполану і ЕПС-синтезувальної здатності до максимально можливого рівня (4,6 г/л і 1,8 г ЕПС/г біомаси відповідно) для такої концентрації субстратів. У зв'язку з цим у подальших експериментах посівний матеріал вирощували на рафінованій олії.

Таблиця 2. **Синтез етаполану за умов росту штаму ІМВ В-7005 на середовищі з хлоридом амонію, ацетатом натрію та рафінованою олією**

Субстрат для одержання інокуляту, %	Концентрація субстратів у середовищі для біосинтезу, %		$pH_{кін}$	ЕПС, г/л	ЕПС-синтезувальна здатність, г ЕПС / г біомаси
	ацетат натрію	олія			
Ацетат, 0,5	1,0	0,3	9,2	2,94±0,15	0,84±0,04
	1,0	0,5*	9,2	3,85±0,19	1,19±0,06
	1,0	0,7	9,3	3,75±0,19	1,01±0,05
Олія, 0,5	1,0	0,3	9,0	4,12±0,21	1,41±0,07
	1,0	0,5*	9,1	4,60±0,23	1,88±0,09
	1,0	0,7	9,2	4,53±0,23	1,83±0,09
Ацетат, 0,25, та олія, 0,25	1,0	0,3	9,2	2,34±0,11	0,52±0,03
	1,0	0,5*	9,2	2,78±0,14	0,97±0,05
	1,0	0,7	9,3	2,69±0,13	0,74±0,04

Примітки. * — теоретично розраховане оптимальне молярне співвідношення концентрації моносубстратів у суміші — 1:0,13. Концентрація NH_4CI у середовищі для підготовки посівного матеріалу та біосинтезу становила 0,8 г/л.

Загалом ефект від заміни джерела азоту виявився незначним і дав змогу знизити pH всього на 0,2—0,3 одиниці. На нашу думку, такі результати головним чином зумовлені достатньо високою концентрацією у суміші ацетату натрію (1,0%), споживання якого супроводжується значним підвищенням pH, яке не може бути компенсоване асиміляцією наявної у середовищі кількості хлориду амонію. У той же час подальше підвищення концентрації джерела азотного живлення є недоцільним, оскільки при цьому буде зменшуватись співвідношення C/N, що негативно впливатиме на синтез екзополісахаридів [17].

Враховуючи наведені вище результати, припустили, що знизити pH культуральної рідини можна за рахунок пропорційного зменшення концентрації ацетату та олії в середовищі культивування. З цією метою у подальших дослідженнях знижували вдвічі концентрацію моносубстратів у суміші, зберігаючи при цьому їх відповідні молярні співвідношення.

Дійсно, за концентрації ацетату натрію у суміші 0,5% pH культуральної рідини знижувалося і перебувало в межах 7,7—7,8 (табл. 3). Проте за таких умов спостерігали і неминуче зниження концентрації ЕПС, яке хоча й було максимально можливим для даних концентрацій моносубстратів, але перебувало на вкрай низькому рівні (2—2,7 г/л).

Таблиця 3. **Вплив концентрації моносубстратів у суміші на синтез етаполану**

Концентрація субстратів у середовищі для біосинтезу, %		Молярне співвідношення ацетату та олії	$pH_{кін}$	ЕПС, г/л	ЕПС-синтезувальна здатність, г ЕПС / г біомаси
ацетат натрію	олія				
0,5	0,15	1:0,08	7,8	2,19±0,11	1,97±0,10
0,5	0,25	1:0,13*	7,7	2,30±0,17	2,69±0,13
0,5	0,35	1:0,18	7,7	2,23±0,11	1,68±0,09
0,5	0,45	1:0,23	7,8	2,27±0,11	1,31±0,07
0,5	0,55	1:0,28	7,8	2,70±0,14	1,22±0,06

Примітки. * — теоретично розраховане оптимальне співвідношення концентрацій моносубстратів у суміші 1:0,13. Концентрація NH_4CI у середовищі для підготовки посівного матеріалу та біосинтезу становила 0,8 г/л. Посівний матеріал вирощували на рафінованій олії (0,5%).

Оскільки конкурентоспроможність технологій одержання практично цінних продуктів мікробного синтезу значною мірою залежить від концентрації цільового продукту, на наступному етапі досліджень вирощування продуцента етаполану здійснювали на середовищі з вищою концентрацією ацетату натрію і олії (1,0 і 0,5% відповідно), але зі складу якого виключили лужну складову (КОН). Дійсно, за таких умов культивування pH культуральної рідини вдалося знизити до 6,1, але при цьому спостерігали зниження синтезу ЕПС порівняно з показниками культивування штаму ІМВ В-7005 на середовищі з КОН. Тому на наступному етапі досліджували синтез ЕПС на модифікованому середовищі, в якому одночасно знижували вміст KH_2PO_4 з 6,8 до 1,7—3,4 г/л, а концентрацію КОН — з 0,9 до 0—0,45 г/л.

Встановлено, що виключення з базового поживного середовища КОН та зменшення вдвічі (до 3,4 г/л) концентрації KH_2PO_4, супроводжувалось зниженням pH культуральної рідини до оптимального для синтезу ЕПС рівня (7,8—7,9). За таких умов концентрація ЕПС (4,7 г/л) і ЕПС-синтезувальна здатність (2 г ЕПС/г біомаси) були максимально можливими для такої концентрації моносубстратів, проте залишалися нижчими порівняно з показниками на суміші ацетату та глюкози (меляси) [16; 17].

Очевидно, що для подальшого підвищення концентрації ЕПС необхідно збільшувати вміст ацетату натрію і олії у суміші, але при цьому підтримувати pH на оптимальному рівні. Досягти цього можна кількома способами, які були реалізовані нами раніше у процесі вирощування продуцента етаполану на суміші ацетату і меляси [17]. Так, наприклад, дробне внесення субстратів дало змогу підвищити ЕПС-синтезувальну здатність на 15—45%, підтримання значень культуральної рідини на рівні 7,0 супроводжувалось підвищенням кількості синтезованого етаполану на 16—25%. Проте пізніше [14] було встановлено, що

використання HCI для підкислення культуральної рідини призводило до значного накопичення в ній NaCI та зниження в'язкості розчинів етаполану. Проблему вдалося усунути, замінивши HCI на водорозчинні органічні кислоти, які є інтермедіатами циклу трикарбонових кислот (лимонна, бурштинова та щавлева). Варто зазначити, що такий підхід може використовуватись не тільки для регуляції pH, але й інтенсифікації синтезу етаполану за рахунок залучення цих кислот до гліоксилатного циклу та глюконеогенезу. Так, використання органічних кислот для нейтралізації pH на середовищі з ацетатом та мелясою дало змогу підвищити концентрацію етаполану та ЕПС-синтезувальну здатність на 20—26% порівняно з вирощуванням штаму IMB B-7005 на середовищі без регуляції pH [14].

Таблиця 4. **Синтез етаполану на модифікованому середовищі з ацетатом натрію та рафінованою олією**

Концентрація ацетату натрію та олії у суміші, %		Молярне співвідношення ацетату натрію і олії	$pH_{кін}$	ЕПС, г/л	Біомаса, г/л
ацетат натрію	олія				
1,0	0,3	1:0,08	7,9	4,0±0,20	2,00±0,10
1,0	0,5	1:0,13*	7,8	4,7±0,23	2,00±0,10
1,0	0,7	1:0,18	7,8	4,5±0,22	1,78±0,09

Примітки. * — теоретично розраховане оптимальне співвідношення концентрацій моносубстратів у суміші 1:0,13. Концентрація NH_4CI у середовищі для підготовки посівного матеріалу та біосинтезу становила 0,8 г/л. Середовище для біосинтезу ЕПС не містило КОН, а вміст KH_2PO_4 становив 3,4 г/л. Посівний матеріал вирощували на рафінованій олії (0,5 %).

Оскільки транспортні системи штаму IMB B-7005 є пристосованими до асиміляції ацетату, для регуляції pH також можна використовувати оцтову кислоту. Показано, що незалежно від концентрації ацетату натрію та меляси у суміші підкислення середовища оцтовою кислотою дало змогу у 1,5 раза підвищити концентрацію етаполану [14].

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що найвища концентрація ЕПС досягалась за теоретично розрахованого співвідношення концентрацій ацетату натрію та олії у суміші (1:0,13) і використанні інокуляту, вирощеного на рафінованій олії.

Заміна NH_4NO_3 у середовищі для культивування на еквімолярну за нітрогеном концентрацію NH_4CI, зниження вмісту KH_2PO_4 у два рази (до 3,4 г/л) при виключенні зі складу середовища КОН, або зниження вдвічі концентрацій моносубстратів у суміші дало змогу запобігти надмірному підлужненню культуральної рідини, спричиненому транспортом ацетату в клітини продуцента симпортом з протоном, а також забезпечити максимальний ступінь трансформації вуглецю обох субстратів в етаполан.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Babel W.* Mixed substrate utilization in microorganisms: biochemical aspects and energetics / W. Babel, R. H. Müller // J. Gen. Microbiol. — 1985. — Vol. 131, №. 1. — P. 39—45.

2. Editorial microbial exopolysaccharides from genes to application / J. Schmid, J. Farina, B. Rehm, V. Sieber // Front. Microbiol. — 2016. — Vol. 7. — P. 306—308.

3. Efficient production of pullulan by Aureobasidium pullulans grown on mixtures of potato starch hydrolysate and sucrose / C. An, S. Ma, F. Chang, W. Xue // Brazilian J. Microbiol. — 2017. — Vol. 48. — P. 180—185.

4. *Freitas F.* Advances in bacterial exopolysaccharides: from production to biotechnological applications / F. Freitas, V. D. Alves, M. Reis // Trends Biotechnol. — 2011. — Vol. 29, № 8. — P. 388—398.

5. *Mishra B.* Selection and utilization of agro-industrial waste for biosynthesis and hyperproduction of pullulan: a review / B. Mishra, D. Zamare, A. Manikanta // Biosynth. Technol. Env. Challeng. — 2018. — P. 89—103.

6. *Petrovici A. R.* Effects of culture medium composition on biosynthesis of exopolysaccharides / I. Roca, G. Dodi // Cellulose Chem. Technol. — 2017. — Vol. 51, № 10. — P. 821—830.

7. *Pirog T. P.* Exopolysaccharides synthesis on industrial waste / M. O. Ivakhniuk, A. A. Voronenko // Biotechnol. Acta. — 2016. — Vol. 9, № 2. — P. 7—18.

8. *Pirog T. P.* Intensification of microbial exopolysaccharide ethapolan biosynthesis on mixture of molasses and sunflower oil / M. O. Ivakhniuk, A. A. Voronenko // Biotechnol. Acta. — 2017. — Vol. 10, № 4. — P. 25—33.

9. *Ratledge C.* Biodegradation of oils, fats and fatty acids. In: Biochem. microbial degradation / C. Ratledge — Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994. — P. 590.

10. *Sadh P.* Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review / P. Sadh, S. Duhan, J. S. Duhan // Bioresour. Bioprocess. — 2018. — Vol. 5, № 1. — P. 15.

11. *Trabelsi L.* Evaluation of Arthrospira platensis extracellular polymeric substances production in photoautotrophic, heterotrophic and mixotrophic conditions / H. B. Ouada, F. Zili // Folia Microbiol. — 2013. — Vol. 58. — P. 39—45.

12. *Yu H.* Effect of mixed carbon substrate on exopolysaccharide production of cyanobacterium Nostoc flagelliforme in mixotrophic cultures / H. Yu // J. Appl. Phycol. — 2012. — Vol. 24. — P. 669—673.

13. *Лакин Г. Ф.* Биометрия / Г. Ф. Лакин. — Москва: «Высшая школа», 1990. — 352 с.

14. *Пирог Т. П.* Вплив органічних кислот на синтез мікробного полісахариду етаполану на суміші C_2-C_6 субстратів / О. М. Савчук, С. О. Гарбарчук // Харчова промисловість. — 2012. — № 13. — С. 61—65.

15. *Пирог Т. П.* Микробный синтез экзополисахарида этаполана на различных видах отработанных растительных масел / Н. А. Ивахнюк, А. А. Вороненко // Вес. Нац. Акад. Навук Беларусі. Сер. Біял. Навук. — 2017. — №. 2. — С. 87—93.

16. *Пирог Т. П.* Синтез полісахариду етаполану на суміші ацетату і меляси залежно від умов культивування Acinetobacter sp. B—7005 / Г. О. Іванушкіна, С. О. Гарбарчук // Наукові праці НУХТ. — 2011. — № 37—38. — С. 42—46.

17. *Підгорський В. С.* Інтенсифікація технологій мікробного синтезу / В. С. Підгорський, Г. О. Іутинська, Т. П. Пирог. — Київ: Наук. думка, 2010. — С. 327.

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА ЭТАПОЛАНА НА СМЕСИ АЦЕТАТА НАТРИЯ И РАФИНИРОВАННОГО ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА

А. А. Вороненко, М. Б. Ярош, Т. П. Пирог
Национальный университет пищевых технологий

В статье исследовано влияние молярного соотношения и концентрации моносубстратов в смеси, способа подготовки посевного материала и состава питательной среды на синтез микробного экзополисахарида (ЭПС) этаполана при выращивании Acinetobacter sp. ИМВ В-7005 на смеси ацетата натрия и рафинированного подсолнечного масла. Количество синтезированного полисахарида устанавливали весовым методом после осаждения изопропанолом. ЭПС-синтезирующую способность определяли как отношение количества синтезированного полисахарида к биомассе и выражали в г ЭПС / г биомассы. Наиболее высокие показатели синтеза этаполана наблюдались при молярном соотношении концентраций ацетата и масла в смеси 1,0:0,13, что совпадает с теоретически рассчитанным.

Ключевые слова: *Acinetobacter sp. ИМВ В-7005 экзополисахарид, этаполан, биосинтез, смесь ацетата натрия и рафинированного подсолнечного масла.*

УДК 330.341.1:634.51

PHYSICAL PROPERTIES OF WALNUT WOOD

A. Ukrainets, O. Negrey
National University of Food Technologies

Key words:
walnut,
physical properties,
peeling,
sweating,
pneumatic transport system

Article history:
Received 19.03.2019
Received in revised form 05.04.2019
Accepted 14.05.2019

Corresponding author:
o.negrei7@gmail.com

ABSTRACT

The article is devoted to the results of experimental determination of the physical properties of walnuts due to changes in their humidity in the range, which can be a response to natural conditions or created artificially.

And in the first and second cases it is connected with the necessity of designing separate plots and technologies of processing of products related to acceptance, storage, transportation, peeling, separation of the received material flows and preparation for realization. The implementation of the named processes and procedures requires initial conditions for the magnitude of material flows represented by nuts, their mediated data on geometry, form, bulk density, density, porosity of arrays, probability of deviation from weighted average parameters. Special attention is paid to the prospects and possibilities of designing transport systems in the materials of the article, in connection with which technological supports are investigated, connected with the necessity of experimental determination of frictional forces in static and dynamic regimes. The presence of these data, transformed to fixed or moving arrays, allows us to take the following steps to determine the conditions of self-immobilization on inclined planes or to ascend them to areas with gravitational descents. The prospect of such initial results is the possibility of rearranging non-deterministic multi-row mass streams of nuts in multi-row deterministic with a clear definition of the number of streams.

The next step is related to the estimation of energy costs for the implementation of movements of mass flows of nuts in accordance with the given performance of the system.

Experimental data on determining the velocities of nuts in airflows open the prospect of calculations of pneumatic transport systems.

The presented materials in the first approximation are an important basis for the creation of a comprehensive program of calculations in the synthesis of systems for the processing and receipt of nut products.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-5

© А.І. Українець, О.В. Негрей, 2019

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ

А. І. Українець, д-р техн. наук
О. В. Негрей
Національний університет харчових технологій

Стаття присвячена результатам експериментального визначення фізичних властивостей волоських горіхів за змін їх вологості в діапазоні, який може бути відгуком на природні умови або створюватися штучно. Експериментальні дані щодо визначення швидкостей витання горіхів у потоках повітря відкривають перспективи розрахунків пневматичних транспортних систем. Наведені матеріали в першому наближенні є важливим підґрунтям щодо створення комплексної програми розрахунків у синтезі систем для переробки й одержання горіхової продукції.
***Ключові слова**: волоський горіх, фізичні властивості, лущення, витання, пневматична транспортна система.*

Постановка проблеми. Горіх — рід дерев у сім'ї горіхових — налічує 14—15 видів. В Україні найбільш розповсюдженим є волоських горіх з однонасіннєвим закритим плодом з твердою дерев'янистою оболонкою. До складу плодів волоського горіха (*Juglans regia* L.) входять олія, білок, вітаміни та мінерали, що забезпечує їхню високу калорійність і доцільність використання.

Насадження горіхових садів та їх врожайність за своїм потенціалом ставлять Україну на п'яте місце у світі після Китаю, США, Ірану та Туреччини, що відкриває значні експортні можливості. Однак розвиток останніх стримується відсутністю сучасних технологій переробки місцевих сортів.

Відбиток місцевих природних умов і особливостей сортів знаходить прояв не лише в якісних показниках кінцевої продукції, а й у геометричних розмірах, формі горіхів, міцності зовнішніх оболонок, характері руйнувань оболонок під дією зовнішніх сил. Саме останнє є однією з найважливіших умов до якомога більшого рівня збереження природної форми ядра в процесі лущення. Однак поруч з цим загальна технологія переробки потребує більш повної інформованості про складові, що стосуються процесів сортування за розміром і формою горіхів, решток їх оболонок, ядер, розділення складових після руйнування оболонок тощо, визначення умов зберігання і фасування продукції і нарешті утилізації відходів [1; 3]. Названі процеси і технології будуються на основі механічних, пневмомеханічних або пневматичних систем, однак не виключається застосування гідравлічних процесів і способів обробки [4].

Сорти волоських горіхів відрізняються за кольором ядра під впливом різних кліматичних умов; розмірами, рівнем внутрішніх ушкоджень під впливом представників біосфери; рівнем зовнішніх трансформацій під дією силових факторів.

Визрівання плодів у кліматичному поясі України та Молдови є сезонним, що приводить до необхідності зберігання сировини на період переробки на складах із забезпеченням відповідних геометричних і фізичних параметрів. Проте відомо про існування взаємозв'язків між фізичними параметрами оболонок та ядер горіхів і вологістю і про важливість інформації щодо співвідношень геометричних і масових параметрів оболонок і ядер.

Мета дослідження: визначення геометричних параметрів, масових характеристик, об'ємної насипної щільності масивів вибірки горіхів, впливів вмісту

вологи на названі параметри, статичних і динамічних коефіцієнтів тертя з опорними площинами. В інтересах можливостей розрахунку пневматичних систем транспортування відповідних матеріальних потоків визначалися швидкості витання їх складових.

Матеріали і методи дослідження. Матеріальною базою досліджень обрано вибірку масиву горіхів традиційного виробника «Горіх Причорномор'я» (Одеська обл.). Масиви очищалися від домішок та ушкоджених плодів. Початковий вміст вологи в зразках визначали сушінням в печі при температурі 105±1°С протягом 24 годин. Для одержання зразків горіхів на бажаних рівнях вологості здійснювалися такі операції: виконувалося замочування плодів у воді протягом 3 і 12 год для одержання різних кінцевих результатів вологості.

Зволожені зразки зберігалися в целофанових мішках у морозильній камері при температурі —10°С протягом 48 годин. За 24 год до розморожування вони передавалися на режими поступового розморожування для отримання рівноважної вологості всередині зразків. Вміст вологи в зразках — від 11,46 до 23,16% та 4,93 до 32,25% відповідно.

Експерименти з визначення фізичних властивості горіхів проводилися з десятьма повторами кожного досліду за кожного з трьох показників вологості. При цьому вимірювали довжину, ширину, товщину набором мікрометрів з точністю до 0,01 мм, масу випадково вибраних 100 горіхів. Середній геометричний параметр і сферичність обчислювалися залежностями:

$$Д_{д} = \sqrt[3]{LWT}\ ; \tag{1}$$

$$\Phi = \left[\frac{Д_{д}}{L}\right], \tag{2}$$

де L — довжина; W — ширина; T — товщина, мм об'єкта.

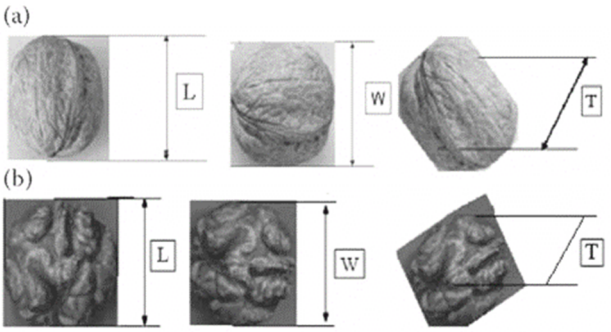


Рис. 1. Опис трьох перпендикулярних розмірів волоського горіха в оболонці (а) і його ядра (b)

Маса горіха визначалася з використанням цифрових електронних ваг з чутливістю 0,01 г. Межові лінії плодів визначали їх розміщенням на папері (рис. 1).

Істинну щільність масиву горіхів визначали методом Толуолу [5], а об'ємну — за використання стандартної методики досліджуваної маси. Пористість масиву визначалася умовою:

$$e = \left[1 - \frac{P_в}{P_t}\right] \cdot 100\,, \qquad (3)$$

де $P_в$ і P_t — об'ємна та істинна щільність відповідно.

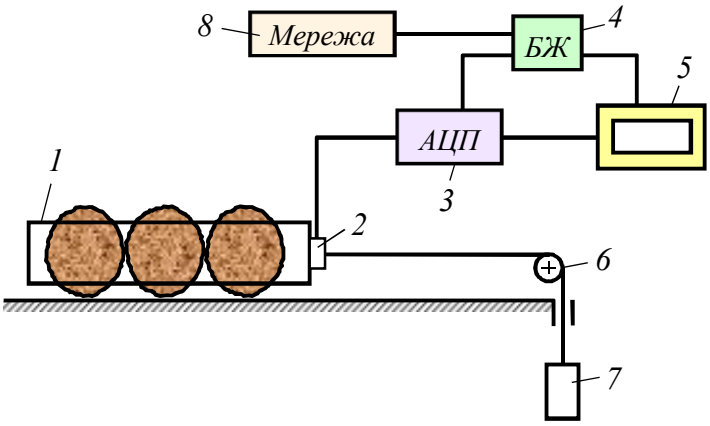


Рис. 2. Схематичний вигляд вимірювального приладу сили тертя

Коефіцієнти тертя горіхів і ядер з опорними площинами визначалися з використанням фрикційного пристрою (рис. 2).

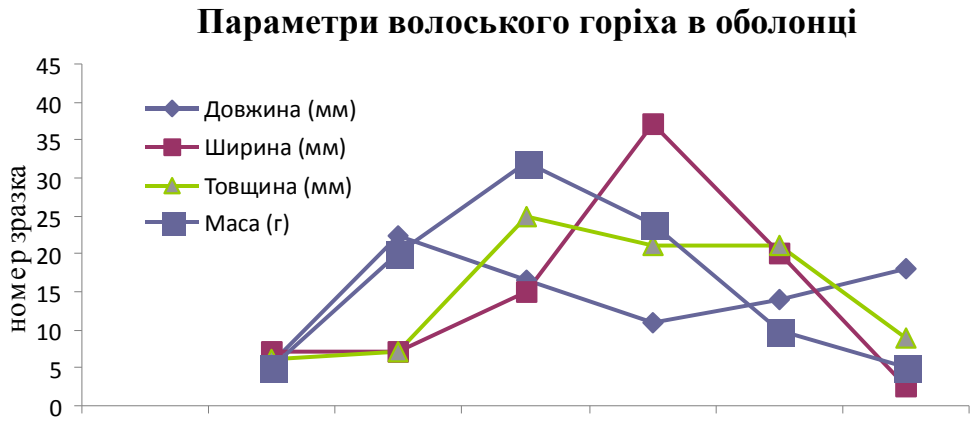
Зусилля тертя визначалися за допомогою навантажувальної комірки 1 з тензодатчиком 2 силового навантаження, сигнал від якого транслювався аналоговим цифровим перетворювачем 3 в комп'ютер 5. Живлення електронної системи здійснювалося через блок живлення 5 від мережі 8, а механічне зусилля для здійснення переміщення забезпечувалося гравітаційним пристроєм у складі блока 6, рушійної маси 7 і гнучкого зв'язку між ними.

Максимальне навантаження системи (і сили тертя) відповідало статичному положенню і початку руху. В кожному експерименті вантажі в навантажувальній комірці змінювалися з реєстрацією результатів. За опорні площини використані листи ДСП і фанери.

Швидкості витання горіхів і ядер визначалися з використанням повітряної колони, в якій створювався висхідний повітряний потік. Горіхи вводили в потік з верхньої частини колони. Влаштування колони дало змогу створювати повітряні потоки зі швидкостями в межах від 0 до 20 м/с. Виміри швидкості потоку здійснювалися електронним анемометром Testo H25 (Lenzkireh, Німеччина).

Статистичний аналіз проводили за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel і SPSS 10.0 (SPSS 2000). Результати дослідів були проаналізовані на основі рандомізованої повної блокової конструкції з розбиттям ділянки.

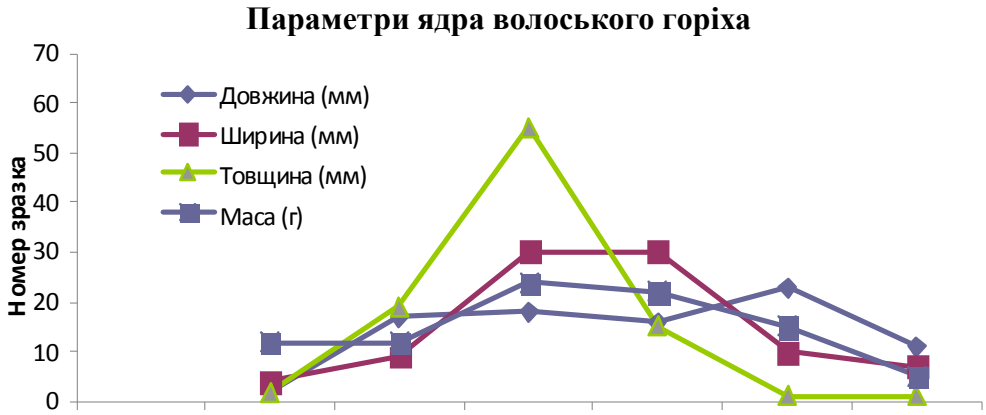
Результати і обговорення. Приблизно 72% волоських горіхів мали довжину від 42,79 до 45,46 мм, приблизно 78% — ширину від 35,96 до 37,58 мм, приблизно 75% — товщину від 34,21 до 36,21 мм, а близько 79% — масу одного горіха від 17,42 до 19,79 г при вологості 11,46% (рис. 3).



Маса (г)	16.63-17.42	17.42-18.21	18.21-19.00	19.00-19.79	19.79-20.58	20.58-21.38
Товщина (мм)	32.88-33.54	33.54-34.21	34.21-34.88	34.88-35.54	35.54-36.21	36.21-36.88
Ширина (мм)	34.88-35.42	35.42-35.96	35-96-6.50	36.50-37.04	37.04-37.58	37.58-38.13
Довжина (мм)	42.13-42.79	42.79-43.46	43.46-44.13	44.13-44.79	44.79-45.46	45.46-46.13

Рис. 3. Частотні розподіли кривих довжини, ширини, товщини та маса одного горіха при вологості 11,46%

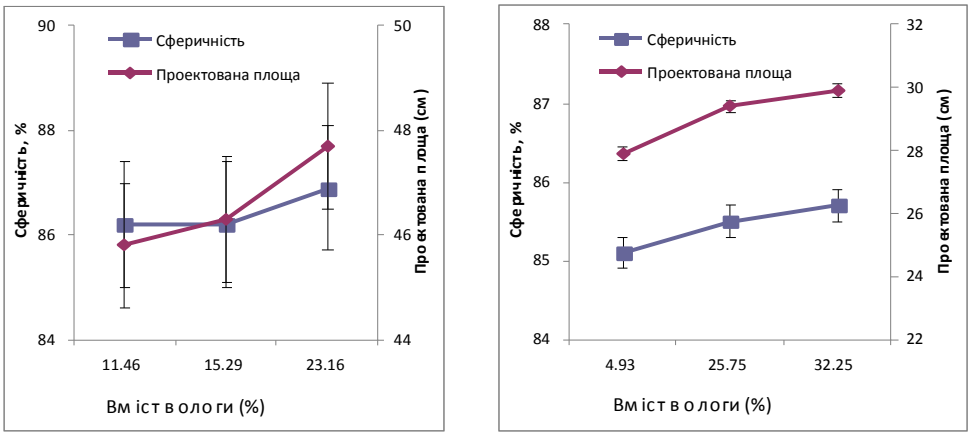
Близько 85% волоських горіхів мали довжину від 32,08 до 35,42 мм, приблизно 79 % — ширину від 28,08 до 32,33 мм, приблизно 96% — товщину від 23,5 до 27,25 мм і у 69% маса одного горіха становить від 6,96 до 8,58 г при вмісті вологи 4,93% (рис. 4).



Маса (г)	5.88-6.42	6.42-6.96	6.96-7.50	7.50-8.04	8.04-8.58	8.58-9.13
Товщина (мм)	31.25-32.08	32.08-32.93	32.92-33.75	33.75-34.58	34.58-35.42	35.42-36.25
Ширина (мм)	25.25-26.67	26.67-28.08	28.08-29.50	29.50-30.92	30.92-32.33	32.33-33.75
Довжина (мм)	22.25-23.50	23.50-24.75	24.75-26.00	26.00-27.25	27.25-28.50	28.50-29.75

Рис. 4. Криві розподілу частот довжини, ширини, товщини та маси одного ядра горіха при вологості 4,93%

Оскільки вміст вологи збільшився з 11,46 до 23,16%, то середня товщина волоського горіха зросла з 1,628 мм до 1,667 мм. Вплив вологості на товщину оболонки волоських горіхів не був суттєвим.



а б

Рис. 5. Вплив вологості на сферичність і проектовану площу лущеного (а) і ядра (б) волоських горіхів

Сферичність

Отримані заміри сферичності лущеного і ядра горіхів представлені на рис. 5. Оскільки вміст вологи збільшився з 11,46 до 23,16%, середня сферичність волоського горіха зросла, відповідно, з 86,34 до 86,85%. Значення сферичності для ядер зросли з 85,26 до 86,03%, оскільки вологість зросла з 4,93 до 32,25% відповідно. Вплив вмісту вологи на сферичність ядра горіхів був статистично значущим ($P < 0{,}05$). Взаємозв'язок між вмістом вологи (M_c) і сферичністю волоських горіхів (Φ_s) та сферичністю ядра волоських горіхів (Φ_k) визначався такими рівняннями:

$$\Phi_s = 86.01 + 0.26 M_c; \quad (4)$$

$$\Phi_k = 84.93 + 0.39 M_c. \quad (5)$$

Досліджувана площа

Експериментальні результати визначення площі проекцій горіхів та ядер:

$$P_s = 44.74 + 0.97 M_c, \text{ см}^2; \quad (6)$$

$$P_k = 26.14 + 1.35 M_c, \text{ см}^2. \quad (7)$$

Лінійний приріст площ для волоського горіха в оболонці та ядра знаходиться в межах від 45,80 до 47,74 см^2 і від 27,24 до 29,93 см^2 при збільшенні вологості з 11,46 до 23,16% і від 4,93 до 32,25% відповідно. Значення площі волоського горіха, як правило, збільшується із збільшенням вмісту вологи як в оболонці, так і в ядрі. В досліджених ділянках збільшення поверхонь оболонок складає 4,06%, а збільшення площ ядер — 8,99%. Впливи вмісту вологи на досліджуваних ділянках для горіхів і ядер були статистично значущими ($P < 0{,}05$). Взаємозв'язок між вмістом вологи (M_c) і досліджуваною площею волоських горіхів (P_s) або досліджуваною областю ядра волоських горіхів (P_k) описуються рівняннями (6) та (7).

Об'ємна щільність

Об'ємна щільність при різних показниках вологості для нелущених (p_{bs}) і ядер волоських горіхів (p_{bk}) зростала від 259,19 до 318,04 кг/м^3 і від 227,22 до 248,63 кг/м^3 відповідно (рис. 6), що свідчить про збільшення об'ємної щільності при збільшенні вмісту вологи. Зростання об'ємної щільності горіхів в оболонках і ядер є відгуком на зростання вологості. Вплив вологості на об'ємну щільність волоських горіхів в оболонках та ядрах був статистично значущим ($P < 0,05$). Відношення між вмістом вологи (M_c) і об'ємною щільністю горіхів і ядер описуються такими лінійними рівняннями:

$$\rho_{bs} = 232.57 + 29.43M_c, \text{ кг/м}^3; \quad (8)$$

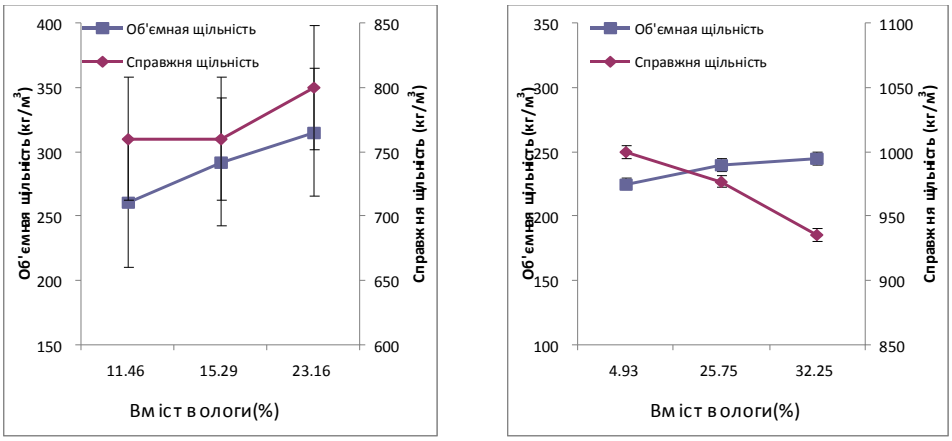
$$\rho_{bk} = 218.6 + 10.71M_c, \text{ кг/м}^3. \quad (9)$$

Справжня щільність

Справжня щільність волоських горіхів та їх ядер при показниках вологості змінювалася від 761,6 до 803,42 кг/м^3 і від 1000,44 до 924,91 кг/м^3 (рис. 6). Справжня щільність волоських горіхів та ядер загалом зменшувалася, коли вологість збільшувалася. Вплив вологості на справжню щільність горіхів не був статистично значущим. Збільшення (5,20%) для горіхів та зменшення (7,55%) для ядер у справжній щільності було зафіксовано в діапазоні від 11,46 до 23,16% і від 4,93 до 32,25% відповідно. Негативні лінійні співвідношення між вмістом вологи (M_c) і справжньою щільністю горіха (ρ_{ts}) і ядра (ρ_{tk}) описуються такими рівняннями:

$$\rho_{ts} = 734.86 - 20.91M_c, \text{ кг/м}^3; \quad (10)$$

$$\rho_{tk} = 1041.4 - 37.77M_c, \text{ кг/м}^3. \quad (11)$$



а б

Рис. 6. Вплив вологості на об'ємну і справжню щільності горіхів (а) і ядер (б)

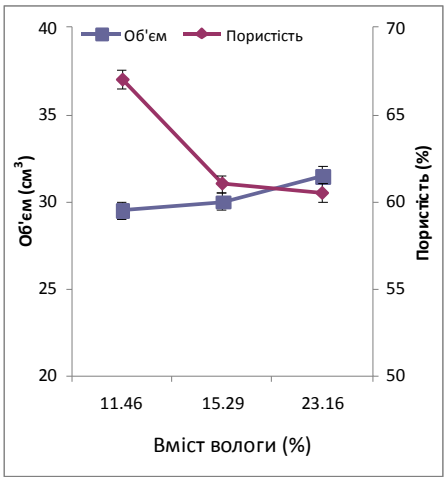
Пористість

Отримані результати пористості горіхів та ядер представлені на рис. 7. Пористість зменшувалася зі збільшенням вмісту вологи. Вплив вмісту вологи на

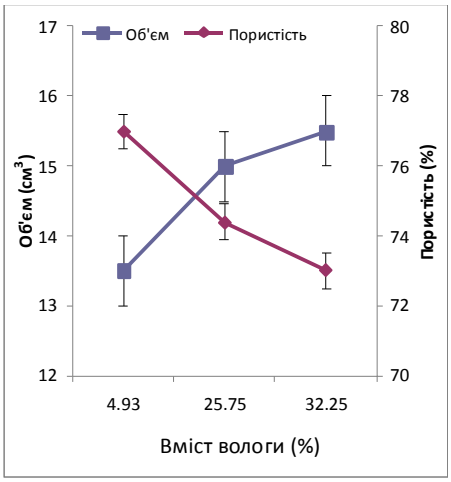
пористість був статистично значущим. Взаємозв'язки між вмістом вологи (M_c) і пористістю для горіхів (ε_s) і ядер (ε_k) описувалися такими рівняннями:

$$\varepsilon_s = 68.08 - 2.78M_c,\ \%;; \quad (12)$$

$$\varepsilon_k = 79.27 - 2.09M_c,\ \%. \quad (13)$$



а



б

Рис. 7. Вплив вмісту вологи на об'єм і пористість масива горіхів (а) і ядер (б)

Об'єм волоського горіха

Отримані дані про об'єми горіхів та їх ядер представлені на рис. 7. Їхні середні об'єми зростають зі збільшенням вмісту вологи. При дослідженні вмісту вологи зафіксовано збільшення об'єму для нелущених горіхів (6,08%) і ядер (13,17%). Вплив вмісту вологи на об'єм горіхів та ядер був значним ($P < 0,05$). Співвідношення між вмістом вологи (M_c) і об'ємами горіхів (V_s) і ядер (V_k) можна описати такими рівняннями:

$$V_s = 28.44 + 0.96M_c,\ \text{см}^3; \quad (14)$$

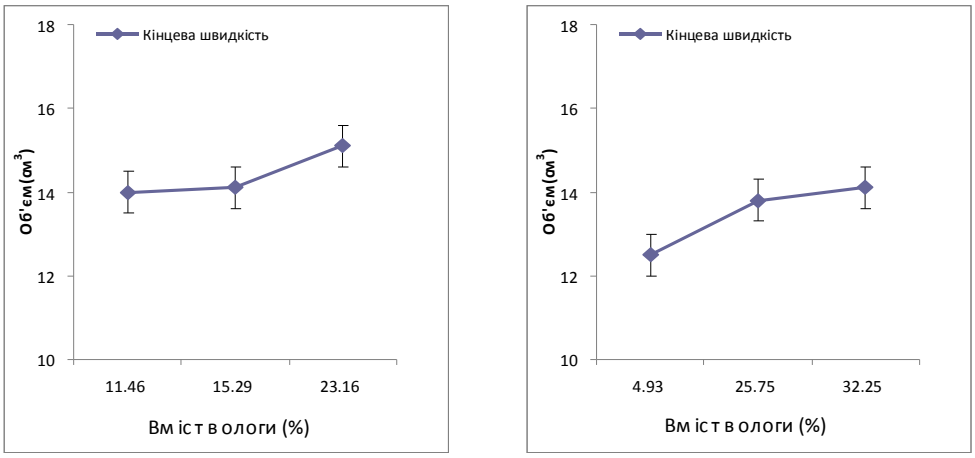
$$V_k = 12.68 + 1.03M_c,\ \text{см}^3 \left(R^2 = 0.914\right). \quad (15)$$

Швидкість витання

Зі збільшенням вмісту вологи збільшується щільність горіхів та ядер (рис. 8). Їхні кінцеві швидкості витання збільшилися з 14,17 до 15,5 м/с при збільшенні вмісту вологи відповідно. Швидкість витання збільшилася з 12,6 до 14,35 м/с. Вплив вологості на кінцеву швидкість ядер був статистично значущим ($P < 0,01$). Співвідношення між вмістом вологи (M_c) та кінцевими швидкостями горіхів (W_{ts}) та ядер (W_{tk}) описуються такими рівняннями:

$$W_{ts} = 13.33 + 0.67M_c,\ \text{м/с}; \quad (16)$$

$$W_{tk} = 11.9 + 0.88M_c,\ \text{м/с}. \quad (17)$$



а б

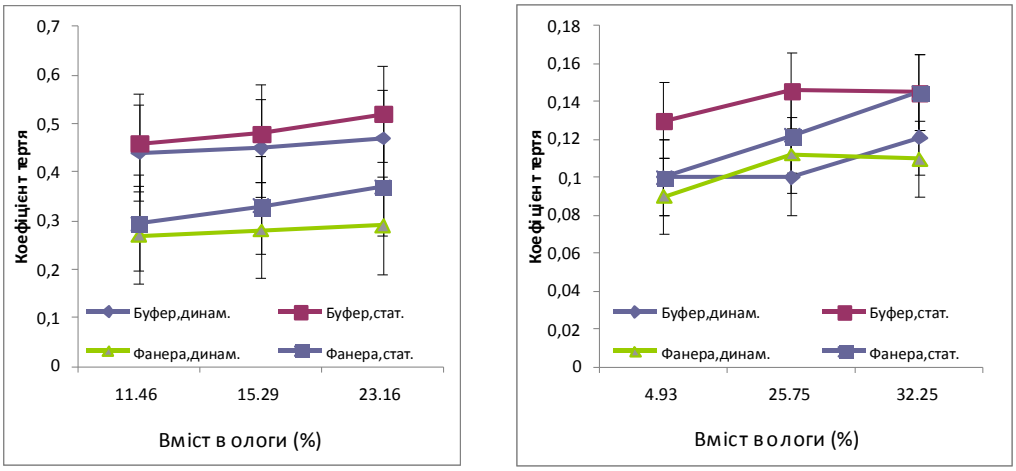
Рис. 8. Вплив вмісту вологи на кінцеву швидкість витання горіхів (а) і ядер (б)

Статичний і динамічний коефіцієнт тертя

Порівняння результатів визначених статичних і динамічних коефіцієнтів тертя на поверхнях ДСП і фанери, отриманих з горіхами та ядрами, наведені на рис. 9 і в таблиці. Статичний коефіцієнт тертя був більшим за різних значень вологості, ніж динамічний. Статичні та динамічні коефіцієнти тертя лінійно збільшуються з урахуванням вмісту вологи на обох поверхнях. Лінійні рівняння для статичних і динамічних коефіцієнтів тертя представлені у формі:

$$\mu = A + BM_c, \tag{18}$$

де μ — коефіцієнт тертя; A, B — коефіцієнти регресії; відповідні значення яких наведені в таблиці.



а б

Рис. 9. Вплив вмісту вологи на статичний і динамічний коефіцієнти тертя горіха (а) і ядра (б) на поверхні ДСП і фанери

Таблиця. **Коефіцієнти регресії та коефіцієнт визначення для статичних і динамічних коефіцієнтів тертя на різних поверхнях тертя**

Волоський горіх	Поверхня	Коефіцієнт регресії		Коефіцієнт детермінації
		перехоплення (А)	нахил (В)	
Горіх нелущений	Статичний коефіцієнт тертя			
	дошка ДСП	0.42	0.04	0.923
	фанера	0.25	0.05	0.996
	Динамічній коефіцієнт тертя			
	дошка ДСП	0.40	0.03	0.964
	фанера	0.26	0.02	0.964
Ядро	Статичний коефіцієнт тертя			
	дошка ДСП	0.12	0.01	0.750
	фанера	0.09	0.02	1.000
	Динамічній коефіцієнт тертя			
	дошка ДСП	0.11	0.01	0.750
	фанера	0.08	0.02	0.964

Статичний та динамічний коефіцієнти тертя горіхів були вищими на ДСП, ніж на фанері для всіх показників вологовмісту. Внаслідок підвищення адгезії між продуктом і поверхнею при більш високому вмісті вологи горіхів значно збільшилися статичні та динамічні коефіцієнти. Вплив вологості та поверхонь тертя на статичні та динамічні коефіцієнти тертя були значущими для ядер волоських горіхів ($P < 0,05$). Вплив вмісту вологи та поверхні фанери на статичні та динамічні коефіцієнти тертя були значущими ($P < 0,05$).

Висновки. У результаті проведеного дослідження фізичних властивостей волоських горіхів та їхніх ядер як функцій вмісту вологи можна зробити такі висновки:

1. Розміри, одинична маса, сферичність, площа проекції, об’ємна щільність, об’єм, пористість і кінцева швидкість витання волоських в оболонці та їх ядер зросли.

2. Справжня щільність лінійно зменшується зі збільшенням вмісту вологи.

3. Статичні та динамічні коефіцієнти тертя волоських горіхів і їхніх ядер на поверхнях ДСП та фанери збільшуються зі збільшенням вмісту вологи.

4. Одержані результати експериментальних досліджень і їхні математичні формалізації дають відповіді на діапазони впливів змінної вологості на геометричні параметри, форму горіхів, значення питомих одиничних і насипних мас, щільностей масивів, статичних і динамічних коефіцієнтів тертя.

5. Наявність одержаних результатів дає змогуздійснити перехід до синтезу систем приймання, зберігання, транспортування потоків продуктів, створення з них недетермінованих і детермінованих потоків із заданими кількостями та інтервалами і частотами їх реалізації. Щодо названих матеріальних потоків визначеними є потоки їх енергетичного забезпечення.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Затоковський Ф. Т.* Стан і перспективи розвитку горіха грецького в регіоні Карпат / Затоковський Ф. Т., Сатіна Л. Ф., Сатіна Г. М. // Проблеми агропромислового

комплексу Карпат: міжвідомчий тематик. зб. В.: Бакта. 2004—2005. Вип. 13—14. С. 119—123.

2. Криза харчування сучасної людини: питання якості та безпеки харчових продуктів / Позняковській В. М та ін. // Відомості вузів. Харчова технологія. — 2004. — № 1. — С. 6—7.

3. *Сатіна Г. М.* Грецький горіх в Україні: економічний огляд і перспективи / Сатіна Г. М. — М.-К.: НАУ, 2006. — 24 с.

4. *Сатіна Г. М.* Потенціал промислового виробництва грецького горіха в Україні та шляхи його ефективного використання / Сатіна Г. М. — Режим доступу: -http://disser.-com.ua/content/241007.html/ (02.03.2019).

5. Статистичні дані ФАО. Режим доступу: http://faostat.fao.org. (дата звертання 05.03.2019).

6. ГОСТ 16832—71. Межгосударственный стандарт. Орехи грецкие. Технические условия. — Москва: Стандартинформ, 2006. — 7с.

7. ГОСТ 16833-71. Межгосударственный стандарт. Ядро ореха грецкого. Технические условия. — Москва: Стандартинформ, 2006. — 7с.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРЕЦКИХ ОРЕХОВ

А. И. Украинец, Е. В. Негрей
Национальный университет пищевых технологий

Статья посвящена результатам экспериментального определения физических свойств грецких орехов по изменениям их влажности в диапазоне, который может быть откликом на природные условия или создаваться искусственно. Экспериментальные данные по определению скоростей витания орехов в потоках воздуха открывают перспективы расчетов пневматических транспортных систем.

Приведенные материалы в первом приближении являются важной основой по созданию комплексной программы расчетов в синтезе систем для переработки и получения ореховой продукции.

***Ключевые слова**: грецкий орех, физические свойства, лущение, витание, пневматическая транспортная система.*

УДК 663.6, 628.16.081.32, 628.16.162.1

EFFECT OF PREPARED WATER ON THE CONTENT OF VOLATILE IMPURITIES IN A FERMENTED WORT

O. Dulka, V. Prybylskyi
National University of Food Technologies

Key words:
bread kvass,
water,
watertreatment,
volatile impurities

Article history:
Received 22.03.2019
Received in revised form 22.04.2019
Accepted 29.05.2019

Corresponding author:
undihp63@ukr.net

ABSTRACT

The results of theoretical and experimental research have been brought into the water, repaired by natural minerals and active carbon for volatile impurities in a fermented wort and organoleptic power of the kvas. It has been outlined that in most enterprises the main requirement for water is its compliance with drinking water requirements. The expediency of use in water preparation of natural minerals (clinoptilolite, rock crystal) and activated coal for improvement of qualitative indicators of the finished product is substantiated. The characteristic of volatile substances formed during fermentation on the taste and aroma properties of kvass is given. The purpose of the research was to determine the effect of natural mineral and active coal produced by the water on the content of volatile fermentation products in the kvass and the organoleptic properties of bread kvass.

The description of objects and methods of research is given, the general method of water treatment by klinoptilolite, active coal and mountain crystal is given. The parameters of cooking and digestion of kvass wort by pure culture of yeast *Saccharomyces cerevisiae* MP-10 are presented.

The significant influence of the prepared water on the content of volatile substances in the fermented wort is established. At the same time, the content of compounds that negatively affects the organoleptic parameters of the drink significantly decreases, in particular for acetaldehyde and diacetyl — respectively, 1.3 and 6.2. The content of compounds that positively affects the taste and aroma properties of the kvass increased or did not undergo significant changes (esters, higher alcohols).

The development of the taste-aromatic profile of bread kvass found that the use of prepared water significantly improved the organoleptic characteristics of kvass, in particular, the completeness of taste, the sense of saturation with carbon dioxide, the flavor of rye bread and its intensity.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-6

© О. С. Дулька, В. Л. Прибильський, 2019

ВПЛИВ ПІДГОТОВЛЕНОЇ ВОДИ НА ВМІСТ ЛЕТКИХ ДОМІШОК У ЗБРОДЖЕНОМУ КВАСНОМУ СУСЛІ

О. С. Дулька
В. Л. Прибильський, д-р техн. наук
Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень впливу води, обробленої природними мінералами й активним вугіллям, на вміст летких домішок у збродженому квасному суслі та органолептичні властивості хлібного квасу. Метою досліджень було встановлення впливу піготовленої природними мінералами та активним вугіллям води на вміст летких продуктів бродіння у квасному суслі й органолептичні властивості хлібного квасу. При розробленні смако-ароматичного профілю хлібного квасу встановлено, що при використанні підготовленої води суттєво покращувались органолептичні показники квасу, зокрема повнота смаку, відчуття насиченості діоксидом вуглецю, аромату житнього хлібу та його інтенсивності.
Ключові слова: *хлібний квас, вода, водопідготовка, леткі домішки.*

Постановка проблеми. Технологія хлібного квасу передбачає використання як основної сировини питної води і не вимагає її додаткової підготовки [1]. Однак мінеральний склад води суттєво впливає на життєдіяльність дріжджів, утворення основних, побічних і вторинних продуктів метаболізму, які безпосередньо беруть участь у формуванні смако-ароматичних властивостей хлібного квасу. Тому використання підготовленої води у його виробництві здатне не тільки інтенсифікувати технологічний процес, але й покращити органолептичні показники готового продукту.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Хлібний квас, який готують на основі житньої сировини, є традиційним слов'янським напоєм, містить широкий спектр біологічно активних речовин. В Україні хлібний квас завжди був одним з найбільш популярних ферментованих безалкогольних напоїв, однак протягом останніх десятиліть багато вітчизняних виробників збанкрутували, тому виробництво квасу суттєво скоротилося. На сьогодні квас знову повертає свою популярність і його виробництво займає все більшу частку на ринку безалкогольних напоїв [1; 2].

Вода є однією з основних складових хлібного квасу. Однак на більшості підприємств додаткову обробку води як сировини для його виробництва не здійснюють [2]. Перспективним напрямом у технологіях харчових продуктів, що передбачають використання води, є застосування природних мінералів, зокрема клиноптилоліту та гірського кришталю, а також активного вугілля на стадії водопідготовки [3; 4].

За органолептичними характеристиками хлібний квас є напоєм темно-коричневого кольору з приємним кисло-солодким смаком і характерним ароматом житнього хліба. Напій одержують шляхом незакінченого комбінованого спиртового і молочнокислого бродіння. Проте на більшості підприємств з метою спрощення технології використовують тільки спиртове бродіння, а необхідна кислотність напою досягається внесенням молочної кислоти [1; 2].

Леткі речовини хлібного квасу утворюються переважно в процесі бродіння. Вони зумовлюють аромат напоїв і суттєво впливають на смакові характе-

ристики. Крім етанолу, зброджене сусло містить леткі побічні і вторинні продукти, які і формують смако-ароматичні властивості готового напою [1; 5].

Механізм утворення метаболітів при життєдіяльності дріжджів здійснюється різними шляхами. При цьому оцтовий альдегід є однією з основних сполук для синтезу вторинних продуктів бродіння. Утворення побічних продуктів (головним чином вищих спиртів) відбувається як з піровиноградної кислоти, яка є проміжним продуктом спиртового бродіння, так і за участі амінокислот, наявних у суслі [5; 6].

Етиловий спирт як один з основних продуктів утилізації глюкози переважає серед інших метаболітів (до 0,5%об.). У менших кількостях містяться вищі спирти, альдегіди та ефіри. Етанол при низьких концентраціях суттєво не впливає на органолептику напою, а більшість побічних і вторинних продуктів бродіння навіть у незначній кількості мають виразний смак і аромат [6].

Мета дослідження: встановити вплив піготовленої природними мінералами та активним вугіллям води на вміст летких продуктів бродіння квасного сусла і органолептичні властивості хлібного квасу.

Матеріали і методи. Квасне сусло готували з концентрату (ГОСТ 28538-90), цукру (ДСТУ 2316-93) і питної води (ДСанПіН 2.4-171-10). Для приготування сусла використовували два зразки води: контроль — вода питна без обробки; дослід — вода питна, оброблена природними мінералами (клиноптилоліт, гірський кришталь) та активним кокосовим вугіллям. Отримане сусло зброджували чистою культурою дріжджів Saccharomyces cerevisiae МП-10 при температурі 32°С до зниження вмісту сухих речовин на 0,8 %.

У дослідженнях використовували методи технохімконтролю пиво-безалкогольній галузі харчової промисловості, а також метод газорідинної хроматографії.

Результати досліджень. Найбільше значення при формуванні органолептичних властивостей ферментованих напоїв мають вищі спирти, альдегіди, ефіри, леткі кислоти [6]. При цьому негативний вплив мають ацетальдегід і діацетил [1; 5]. Ацетальдегід утворюється з вуглеводів і при підвищених концентраціях надає квасу нехарактерний трав'яний, різкий, сидровий аромат, тон «підвалу». Його попередниками можуть бути амінокислоти, нуклеїнові кислоти і фосфоліпіди. Головним джерелом утворення ацетальдегіду є проміжні продукти бродіння глюкози: піруват і ацетилфосфат [1; 6]. Похідні пірувату й ацетилфосфату у вигляді Ацетил-Ко або ацетату відновлюються в ацетальдегід при участі ферментів альдегіддегідрогеназ:

$$CH_3CO\text{-}SKoA \xrightarrow{+2H} CH_3CHO + HS\text{-}KoA;$$

НАД·H_2 НАД

$$CH_3COOH \xrightarrow{+2H} CH_3CHO + H_2O$$

НАД·H_2 НАД.

Піруватдекарбоксилаза дріжджів перетворює піруват безпосередньо в ацетальдегід:

$$CH_3COCOOH \xrightarrow{ТПФ, Mg^{2+}} CH_3CHO + CO_2.$$

Діацетил надає квасу неприємний маслянистий тон. Він є наступником альфа-ацетолактата — проміжного продукту біосинтезу амінокислоти валіну.

До побічних і вторинних продуктів бродіння відносяться також ефіри карбонових кислот, сірчисті сполуки, карбонові кислоти та ін. З ефірів, як правило, наявні етилацетат і етилформіат. Складні ефіри утворюються при взаємодії карбонових кислот із спиртами або при взаємодії альдегідів.

При визначенні впливу окремих речовин на смак і аромат напою необхідно враховувати їх концентрацію та поріг чутливості. При цьому сполуки, що мають низький поріг чутливості, можуть суттєво впливати на смак і аромат продукту навіть у незначних концентраціях (ефект синергізму для сумішей, зниження порогу чутливості компонентів суміші за рахунок їх взаємодії) і, навпаки, речовини, що мають значну концентрацію в продукті, але з високим порогом чутливості, можуть практично не впливати на органолептичні показники [7]. Пороги чутливості деяких побічних і вторинних продуктів бродіння приведені в табл. 1 [7].

Таблиця 1. **Поріг чутливості побічних і вторинних продуктів бродіння**

Компонент	Поріг чутливості при розведенні 1:1000000
Ацетальдегід	0,6
Ацетон	450,0
Етилацетат	6,6
Діацетил	0,0054
Пропанол	5,0
Ізобутанол	2,5

Наведені дані свідчать, що найменший поріг чутливості — у діацетилу та ацетальдегіду.

У табл. 2 наведено вміст летких сполук у дослідному та контрольному зразках збродженого сусла.

Таблиця 2. **Вміст летких речовин у збродженому суслі**

Вміст летких речовин, мг/100 см^3	Контроль	Дослід
Етанол	485,2	486,3
Ацетальдегід	2,459	1,855
Етилформіат	3,020	3,150
Ацетон	3,608	3,894
Етилацетат	0,791	0,429
Етиллактат	1,323	1,651
Діацетил	2,531	0,408
1-пропанол	0,623	0,537
Ізобутанол	1,932	1,537
Ізопентанол	4,434	3,269

Встановлено, що вміст летких речовин у досліджуваних зразках мав суттєві відмінності. Найбільшу різницю спостерігали для ацетальдегіду та діацетилу. Їхня концентрація у дослідному зразку порівняно з контрольним збільшилася с в 1,3 та 6,2 раза відповідно. Зниження вмісту ацетальдегіду, який відновлюється під дією алкогольдегідрогенази в етиловий спирт, можна пояснити високою фізіологічною активністю дріжджів на останній стадії спиртового бродіння. Зниження кількості діацетилу пояснюється більш високим вмістом валіну в

суслі і, відповідно, зменшенням концентрації альфа-ацетолактата, який є попередником діацетилу.

Часткове збільшення у дослідному зразку (на 5%) вмісту етилформіату, який позитивно впливає на органолептичні показники квасу можна пояснити збільшенням кількості органічних кислот і спиртів у процесі бродіння. Кількість вищих спиртів, які при вмісті, нижчому за поріг чутливості надають квасу приємний тон, суттєво не відрізнялася.

Загалом, можна зазначити, що в досліджуваних зразках вміст летких речовин не перевищував їхніх порогів чутливості. При цьому ідентифіковані сполуки та їхнє кількісне співвідношення формували специфічний букет і впливали на смако-ароматичний профіль квасу.

На рисунку наведено профілограми смаку, післясмаку й аромату готового квасу з урахуванням таких дескрипторів: гармонійний (збалансований) смак, інтенсивність аромату та насичення діоксидом вуглецю, солодкість і кислотність. При цьому застосовували шкалу оцінювання: 0 — ознака відсутня, 1 — ознака ледь відчутна, 2 — ознака має слабку інтенсивність, 3 — помірна інтенсивність ознаки, 4 — значно виражена ознака, 5 — яскраво виражена ознака.

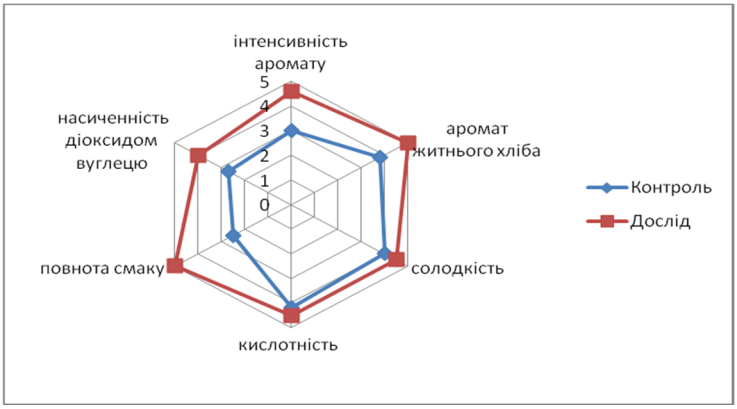


Рис. 1. Смако-ароматичний профіль квасу

Встановлено, при використанні підготовленої води суттєво покращувались органолептичні показники квасу, зокрема повнота смаку, відчуття насиченості діоксидом вуглецю, аромату житнього хлібу та його інтенсивності. Низькі показники контрольного зразка обумовлені надлишковою мутністю та неприємним відтінком у смаку та ароматі.

Висновки. Використання клиноптилоліту, гірського кришталю та активного вугілля при підготовці води зменшує у збродженому квасному суслі вміст ацетальдегіду й діацетилу, відповідно, у 1,3 та 6,2 раза. Використання підготовленої води покращує органолептичні показники хлібного квасу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства: підруч. / С. В. Іванов, В. А. Домарецький, В. Л. Прибильський та ін. // За заг. ред. д-ра хім.. наук, проф. С. В. Іванова. — К.: НУХТ, 2012. — 487 с.

2. Технологія безалкогольних напоїв: підруч. / В. Л. Прибильський, З. М. Романова, В.М. Сидор та ін.; за ред. докт. техн. наук, проф. В. Л. Прибильського. — К. : НУХТ, 2014. — 312с.

3. *Шатнюк Л. Н.* О тенденциях в области здорового питания / Л. Н. Шатнюк, О. В. Антипова // Кондитерское производство. — 2013 — №3. — С. 22—23.

4. Патент 116963 UA, МПК A23L 2/38 (2006.01) C02F 1/28 (2006.01) Спосіб підготовки води для виробництва квасу / Дулька О. С., Прибильський В. Л., Грабовська О. В., Шарико О. О., Олійник С. І., Кушнір О. В.; заявник Національний університет харчових технологій. — № а 201706795; заявл. 30.06.2017; опубл. 25.05.2018, Бюл. № 10, 2018 р.

5. Технологія екстрактів, концентратів і напоїв із рослинної сировини : підруч. / В. А. Домарецький, В. Л. Прибильський, М. Г.Михайлов ; за ред. В. А. Домарецького. — Вінниця : Нова Книга, 2005. — 408 с.

6. Технологія солодових екстрактів, концентратів квасного сусла і квасу / Н. О. Ємельянова, Н. Я. Гречко, В. М. Кошова, В. Х. Суходол; за ред. Н. О. Ємельянової. — К. : ІСДО, 1994. — 152 с.

7. *Кунце В.* Технология солода и пива / В. Кунце, Г. Мит ; пер. с нем. — Санкт-Петербург : Профессия, 2009. — 1100 с.

ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВЛЕННОЙ ВОДЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ЛЕТУЧИХ ПРИМЕСЕЙ В СБРОЖЕННОМ КВАСНОМ СУСЛЕ

О. С. Дулька, В. Л. Прибыльский
Национальный университет пищевых технологий

В работе приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния воды, обработанной природными минералами и активным углем, на содержание летучих примесей в сброженном квасном сусле и органолептические показатели хлебного кваса. Целью исследований было установление влияния подготовленой природными минералами и активным углем воды на содержание летучих продуктов брожения в квасном сусле и органолептические свойства хлебного кваса.

При разработке вкусо-ароматического профиля хлебного кваса установлено, что при использовании подготовленной воды существенно улучшаются органолептические показатели кваса, в частности полноту вкуса, ощущение насыщенности диоксидом углерода, аромат ржаного хлеба и его интенсивность.

Ключевые слова: *хлебный квас, вода, водоподготовка, летучие примеси.*

УДК 664.664.4:664.644.5-048.78

USEFULLNESS OF FERMENTED RYE MALT IN CUPCAKE PRODUCTION TECHNOLOGY

N. Romanchenko, A. Rindin, E. Pavliuchenko
National University of Food Technologies

Key words:
cupcake,
malt fermented,
functional,
muffins,
pastries

Article history:
Received 08.01.2019
Received in revised form 03.03.2019
Accepted 07.05.2019

Corresponding author:
nataromano@ukr.net

ABSTRACT

Peculiarities of production, chemical composition, energy value and recommendations of a manufacturer concerning the use of fermented rye malt have been defined.

Usefulness of cupcake production with the addition of fermented rye malt has been proved, a number of organoleptic and physico-chemical quality indicators has been provided.

The results of research on quality and nutritional value of cupcakes made from non-traditional types of raw products are presented. It is suggested to replace a part of wheat flour with rennet fermented malt in the formulation in order to improve the quality, nutritional and biological value. The developed technology of "Chocolate" muffin does not complicate the technological process of its production , since it almost does not differ from the traditional recipe. Still the stage of rye malt introduction is added, and also the optimal ratio of recipe components is established.

The addition of fermented rye malt positively affects on the consistency of final products. The cupcakes have high energy value. Due to the amount of fats and carbohydrates 100g of such cupcake with rye malt provides the adult with 31,6% of daily need in these elements, as well as 25% of daily energy need.

It has been established that malt will not worsen the taste of the final product, but due to its chemical composition it will increase the nutritional value, as well as improve the taste and color of the final product, and therefore can be used in the technology of making muffins. Experimentally confirmed optimum dosage of rye fermented malt in the recipe of cupcake "Chocolate" is 15% of the flour mass. This dosage provides high organoleptic parameters and the corresponding physicochemical parameters compared to control. The use of the "Chocolate" muffin enriched with rennet malt fermented in restaurants will allow to expand the range of products with functional purpose.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-7

© Н. М. Романченко, А. В. Риндін, О. С. Павлюченко, 2019

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СОЛОДУ ЖИТНЬОГО ФЕРМЕНТОВАНОГО В ТЕХНОЛОГІЇ КЕКСІВ

Н. М. Романченко, канд. техн. наук
А. В. Риндін
О. С. Павлюченко, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

У статті охарактеризовано особливості виробництва, хімічного складу, енергетичної цінності та рекомендації виробника стосовно використання солоду житнього ферментованого. Обґрунтовано доцільність виробництва кексів з додаванням солоду житнього ферментованого, наведено ряд органолептичних та фізико-хімічних показників їх якості. Запропоновано замінити в рецептурі кексу «Шоколадний» частину борошна пшеничного в/с на солод житній ферментований у кількості 15%. Розглянуто склад, харчову, біологічну цінність готового виробу та встановлено його відповідність добовій потребі дорослої людини.
Ключові слова: *кекс, солод житній ферментований, якість готових виробів.*

Постановка проблеми. Борошняні кондитерські вироби користуються значним попитом і займають вагоме місце у харчуванні населення нашої країни. Проте істотним недоліком цих продуктів є високий вміст вуглеводів і жирів та низький вміст есенційних речовин (поліненасичених жирних кислот, вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон), необхідних для повноцінного функціонування організму. Враховуючи сучасні вимоги до харчування, актуальним є питання удосконалення технології борошняних кондитерських виробів, збагачених біологічно активними речовинами.

Як збагачувач може бути використано житній солод ферментований, який є джерелом білка з комплексом незамінних амінокислот, у тому числі лізину, треоніну і валіну, які є незамінними для організму людини. Також житній солод ферментований є джерелом олігопептидів, легкозасвоюваних полісахаридів (глюкози, фруктози, мальтози, декстрину), поліненасичених жирних кислот, мінералів (фосфору, калію, магнію, заліза, марганцю, кальцію, міді, йоду, фтору, цинку, селену); вітамінів групи В, а також вітамінів РР та Е, фосфоліпідів, фітогормонів та інших біологічно активних речовин, харчових волокон, необхідних для людей з порушеннями процесів травлення, а також калію, заліза, магнію, каротинів і токоферолу [1; 2].

Метою дослідження є розроблення рецептури кексів підвищеної харчової цінності та збагачення їх есенційними речовинами за рахунок внесення ферментованого житнього солоду.

Матеріали і методи. Об’єктом дослідження була технологія кексів. Предметом дослідження були борошняні кондитерські вироби (кекси), їх рецептурний склад та солод житній ферментований. Дослідження з визначення якості сировини і готових виробів проводили з використанням загальноприйнятих і спеціальних методів. Дослідження показників якості солоду житнього ферментованого здійснювали згідно з ГОСТ 29272-92. «Солод ржаной сухой. Технические условия». Якість готових виробів контролювали згідно з вимогами ДСТУ 4505:2005 «Кекси. Загальні технічні умови».

Викладення основних результатів дослідження. Солод — це продукт штучного пророщення зерна різних видів, переважно злакових культур у спе-

ціально створених і регульованих умовах. Основною метою пророщування зерна є активізація в ньому гідролітичних ферментів, переважно амілолітичних і протеолітичних. Для одержання солоду використовують такі злакові культури: ячмінь, жито, рідше рис, пшеницю, овес і просо. Для отримання ферментованого солоду проросле зерно деякий час витримують при підвищеній температурі. Завдяки цьому відбувається його ферментація, яка надає йому червоно-коричневого кольору і приємного специфічного аромату. В роботі використовували солод житній ферментований подрібнений ТМ «Август». Виробник рекомендує використовувати його для приготування житніх, житньо-пшеничних, солодових сортів хліба, пряників, печива, напоїв та квасу. Хімічний склад житнього солоду ферментованого ТМ «Август» наведено в табл. 1.

Таблиця 1. **Хімічний склад та енергетична цінність житнього солоду ферментованого, на 100г [3]**

Назва сировини	Вміст, г				
	Вміст вологи	Білки	Вуглеводи	Жири	Енергетична цінність, Ккал
Солод житній ферментований	8,0	9,9	70,4	2,0	340,0
Борошно пшеничне в/с	14,0	10,3	69,9	1,1	330,7

Отже, житній солод ферментований є концентрованим джерелом основних поживних речовин, таких як вуглеводи, білки та жири. Як і в інших продуктах переробки злакових культур, в його складі переважають вуглеводи — 70,4%. Порівняно з борошном пшеничним в/с, солод житній ферментований містить меншу кількість білків і більшу частку жирів — на 0,4% та 0,9%, відповідно.

Таблиця 2. **Рецептурний склад кексу «Шоколадний»**

№	Сировина	Витрата сировини на 1 кг напівфабрикату, г
1.	Масло вершкове	217,0
2.	Какао-порошок	12,0
3.	Цукор білий	220,0
4.	Молоко	140,0
5.	Розпушувач	5,0
6.	Борошно пшеничне в/с	370,0
7.	Яйця	198,0
Всього		1162,0
Вихід		1000

Враховуючи особливості органолептичних показників якості житнього солоду ферментованого, який має жовтувато-коричневий колір, для визначення можливості збагачення кексів використовували рецептуру кексу «Шоколадного» (табл. 2).

Для визначення оптимального дозування солоду в рецептурній суміші здійснювали заміну борошна пшеничного в/с у кількості: зразок № 1 — 5, зразок № 2 — 10, зразок № 3 — 15 та зразок № 4 — 20%.

Дослідні зразки готували за традиційною технологією, яка передбачає такі етапи: приймання, зберігання і підготовку сировини до виробництва; приготування емульсії; замішування тіста та формування напівфабрикату; випікання

виробів; оформлення та подавання. Житній солод ферментований подрібнений змішували з борошном та вносили на стадії замішування тіста. Кекси випікали протягом 15…20 хв при температурі 180°С [4].

Отримані зразки кексів аналізували за органолептичними показниками, наведеними в табл. 3.

Таблиця 3. **Вимоги до органолептичних показників кексів згідно з нормативною документацією**

Назва показника	Характеристика
Форма	Правильна, що відповідає формі, встановленій за рецептурою без надломів.
Поверхня	Непідгоріла. Поверхня глазурованих кексів не повинна мати слідів «посивіння» та плям. Поверхня кексів, виготовлених на хімічних розпушувачах, може бути з наявністю тріщин і розривів, які не змінюють товарного виду продукції. Помадна глазур не повинна бути липкою або зацукрованою.
Колір	Від світло-коричневого до темно-коричневого. Колір нижньої кірочки може відрізнятися від кольору верхньої і бокової кірочки
Вид в розломі	Добре пропечений кекс, без закалу і слідів непромісу. За наявності крупних добавок вони повинні бути достатньо рівномірно розподілені у виробах
Смак та запах	Властиві даному сорту кексу, без стороннього присмаку та запаху.

Органолептичні показники оцінювали шляхом дегустації дослідних зразків за десятибальною шкалою з урахуванням коефіцієнта вагомості. Результати наведено в табл. 4.

Таблиця 4. **Результати дегустаційної оцінки органолептичних показників якості дослідних зразків кексів**

Показники	Коефіцієнт вагомості, од.	Контроль	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3	Зразок № 4
Зовнішній вигляд	0,2	9,9	9,6	9,5	9,6	9,6
Смак	0,25	10	9,2	9,3	9,7	9,5
Запах	0,15	9,8	9,4	9,5	9,5	9,2
Колір	0,15	10	9,6	9,7	9,8	9,7
Консистенція	0,25	9,5	9,8	9,8	9,7	9,7
Загальна оцінка	1,0	9,8	9,5	9,6	9,7	9,5

За результатами органолептичної оцінки, представленими в табл. 4, можна зробити висновок, що внесення житнього солоду ферментованого позитивно впливає на консистенцію готових виробів. Зразок № 3, приготований з додаванням 15% житнього солоду, має найкращі органолептичні показники. Цей зразок отримав найбільшу кількість балі, за результатами проведеної дегустації.

У ході науково-дослідницької роботи було проведено визначення фізико-хімічних показників якості (табл. 5).

Таблиця 5. **Фізико-хімічні показники отриманих кексів**

Назва показника	Згідно вимог нормативної документації	Зразок № 3 (15% солоду)
1	2	3
Масова частка загального цукру (за сахарозою) в перерахунку на суху речовину, %	16,0—60,8	22,0

Продовження табл. 5

1	2	3
Масова частка жиру в перерахунку на суху речовину, %	2,2—34,2	20,5
Масова частка вологи, %	10,0—31,0	10
Лужність у перерахунку на сухі речовини в кексах, виготовлених на хімічних розпушувачах, градуси, не більше ніж	2,0	1,2
Масова частка золи, нерозчинної в розчині з масовою часткою соляної кислоти 10 %, не більше ніж	0,1	0,06

Отже, отриманий зразок шоколадного кексу з 15% вмістом житнього солоду ферментованого за фізико-хімічними показниками відповідає вимогам нормативної документації.

Харчова цінність — це комплекс властивостей харчових продуктів, що забезпечують фізіологічні потреби організму людини в основних поживних речовинах та енергії.

Визначення харчової цінності розроблених кексів, їх енергетичної та біологічної цінності наведено в табл. 6.

Таблиця 6. **Харчова, енергетична та біологічна цінності кексу шоколадного з додаванням солоду житнього ферментованого, на 100 г**

Нутрієнт	Кількість в продукті	Добова потреба [8]	Відсоток від норми
1	2	3	4
Поживні речовини, г			
Білки	6,2	81	7,7
Жири	20,2	64	31,6
Вуглеводи	52,8	126	41,9
Харчові волокна	0,6	20	3
Волога	18	2560	0,7
Калорійність (Ккал)	356,3	1408	25,3
Вітаміни			
Вітамін А, (мкг)	200	900	22,2
Вітамін B_1, (мг)	0,06	1,5	4
Вітамін B_2, (мг)	0,1	1,8	5,6
Вітамін B_4, (мг)	58,9	500	11,8
Вітамін B_5, (мг)	0,3	5	6
Вітамін B_6, (мг)	0,07	2	3,5
Вітамін B_9, (мкг)	8,1	400	2
Вітамін B_{12}, (мкг)	0,09	3	3
Вітамін D, (мкг)	0,4	10	4
Вітамін Е, альфа токоферол, (мг)	1,3	15	8,7
Вітамін Н, (мкг)	4,2	50	8,4
Вітамін РР, (мг)	1,5292	20	7,6
Мінеральні речовини			
Калій, К (мг)	139,9	2500	5,6
Кальцій, Са (мг)	17,5	1000	1,8
Кремній, Si (мг)	1	30	3,3
Магній, Mg (мг)	9,3	400	2,3
Натрій, Na (мг)	28,2	1300	2,2

Продовження табл. 6

1	2	3	4
Сірка, S (мг)	49,3	1000	4,9
Фосфор, P (мг)	86,2	800	10,8
Хлор, Cl (мг)	33,4	2300	1,5
Залізо, Fe (мг)	1,2	18	6,7
Йод, I (мкг)	4	150	2,7
Кобальт, Co (мкг)	2,2	10	22
Марганець, Mn (мг)	0,1458	2	7,3
Мідь, Cu (мкг)	40,1	1000	4
Молібден, Mo (мкг)	4,2	70	6
Селен, Se (мкг)	1,5	55	2,7
Фтор, F (мкг)	15,4	4000	0,4
Хром, Cr (мкг)	1,3	50	2,6

Отримані результати (табл. 6) вказують на те, що кекси з додаванням 15% житнього солоду ферментованого найбільш повно задовольняють потребу у вуглеводах та жирах — на 41,9 та 31,6% відповідно. Також кекси характеризуються високою енергетичною цінністю, адже 100 г готового продукту на 25 % задовольняє добову потребу дорослої людини в енергії.

Встановлено, що за середніми нормами добової потреби у вітамінах і мінеральних речовинах для дорослої людини за даними USDA National Nutrient Database for Standard Reference [8] кекс шоколадний з додаванням житнього солоду задовольняє найбільш повно добову потребу у вітамінах: B_4 — на 11,8; E — на 8,7; H — на 8,4% та макро- і мікроелементах: кобальту — на 22; фосфору — на 10,8; марганцю — на 7,3 і заліза — на 6,7%.

Висновки. За результатами проведених досліджень було підтверджено доцільність використання житнього солоду ферментованого в технології кексів.

Експериментально підтверджено, що дозування солоду житнього ферментованого в рецептурі кексу «Шоколадного» в кількості 15%, на заміну борошна пшеничного в/с, дає змогу отримати готові вироби з високими органолептичними властивостями та відповідними фізико-хімічними показниками.

Отримані вироби характеризуються високою харчовою та енергетичною цінністю. Так, за вмістом вуглеводів і жирів 100 г кексу з житнім солодом на 41,9 і 31,6% забезпечує добову потребу дорослої людини в цих речовинах і на 25% задовольняє добову потребу в енергії.

Серед вітамінного складу в отриманих зразках кексів переважають вітаміни групи В, вітаміни Е та Н. У мінеральному складі максимально представлені кобальт, фосфор, марганець і залізо, які на 22; 10,8; 7,3 та 6,7% задовольняють добову потребу дорослої людини.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Українець А. І.* Змінення хімічного складу злаків, як сировини для лікувально-оздоровчого харчування в процесі їх солодорощення / А. І. Українець, Н. О.Емельянова, С. І. Потапенко // Харчова промисловість. — К.: НУХТ, 2005. —№4. — С. 73—75.

2. *Мазаракі А. А.* Технологія продуктів функціонального призначення / А. А. Мазаракі, М. І. Пересічний, М. Ф. Кравченко та ін.: монографія. — К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2012. — 116 с.

3. Солод ржаной Август. Формула здоровья. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://zakaz.ua/ru/04820019601106/%D1%81%D0%BE%D0%B%D0%BE%D0%B4.%B3.

4. *Павлюченко О. С.* Доцільність використання сироваткових білків у технології кексів / О. С. Павлюченко, І. В. Дочинець, М. Ю. Машовець // Хранение и переработка зерна. — 2017. — № 1(209). — С. 53—55.

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛОДА РЖАНОГО ФЕРМЕНТИРОВАННОГО В ТЕХНОЛОГИИ КЕКСОВ

Н. Н. Романченко, А. В. Рындин, Е. С. Павлюченко
Национальный университет пищевых технологий

Охарактеризованы особенности производства, химического состава, энергетической ценности и рекомендаций производителя по использованию солода ржаного ферментированного. Обоснована целесообразность производства кексов с использованием солода ржаного ферментированного, приведён ряд органолептических и физико-химических показателей его качества. Предложено заменить в рецептуре кекса «Шоколадный» часть пшеничной муки в/с на солод ржаной ферментированный в количестве 15%. Рассмотрен состав, пищевая, биологическая ценность готового изделия и установлено его соответствие суточной потребности взрослого человека.
Ключевые слова: *кекс, солод ржаной ферментированный, качество готовых изделий.*

УДК 637.5

STERILIZED SAUSAGES WITH HIGH HEME IRON CONTENT

T. Khorunzha, V. Pasichnyi, V. Rudiuk
National University of Food Technology
V. Guts
Kiev National University of Culture and Art

Key words:
sausages,
fats,
protein-fat emulsion,
heme iron,
food blood

Article history:
Received 12.03.2019
Received in revised form 15.04.2019
Accepted 10.05.2019

Corresponding author:
pasww1@ukr.net

ABSTRACT

The segment of sausage production is one of the leading in the meat industry of Ukraine. One of the most popular meat products on the Ukrainian market is boiled sausage products. A significant disadvantage of this group is the limited shelf life of the product. The appropriate packaging, repeated heat treatment can be a solution to this issue. Although the nutritional and biological value of these products is somewhat inferior to the traditional types of meat products, however, with proper selection of prescription enrichers, the targeted use of related products obtained in the production of meat, in combination with biological enrichers of animal origin allows the development of new types of sausage products of the target appointment. We have developed new formulations of sausages, sterilized with high heme iron content. To improve the nutritional value and heme iron in the product used the blood of food pig. The blood of slaughtered animals obtained during slaughter at meat farms is one of the most valuable sources of raw materials for obtaining food products. It is determined by the high content of proteins (16—18%), which by their nutritional value are similar to the values of protein in the meat. However, the biological value of blood is lower than that of meat, since 60% of all blood proteins is defective hemoglobin. Instead, the plasma proteins (albumins, globulins and fibrinogen) are completely complete and well-balanced for the content of essential amino acids. Due to the high content of proteins, vitamins (A, B1, B2, B3, B12, E, C, D, H, K) carbohydrates and mineral substances are widely used in food production. The influence of different temperature regimes on the organoleptic, physical and chemical properties of the finished product is investigated. The effect of sterilization on the biological value of the finished sausages is also researched.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-8

© Т. Хорунжа, В. Пасічний, В. Рудюк, В. Гуць, 2019

СОСИСКИ СТЕРИЛІЗОВАНІ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ГЕМОВОГО ЗАЛІЗА

Т. Хорунжа, В. Пасічний, В. Рудюк
Національний університет харчових технологий
В. Гуць
Київський національний університет культури і мистецтв

Одними з найбільш популярних м'ясних продуктів на українському ринку є варені групи ковбасних виробів. У результаті проведених досліджень було розроблено нові рецептури сосисок стерилізованих з підвищеним вмістом гемового заліза. Для підвищення харчової цінності та гемового заліза в продукті використовували кров харчову свинячу. Досліджено вплив різних температурних режимів на органолептичні, фізико-хімічні властивості готового продукту, а також вплив стерилізації на біологічну цінність готових сосисок.
Ключові слова: *сосиски, жири, білково-жирова емульсія, гемове залізо, харчова кров.*

Постановка проблеми. Останніми роками різко змінилася структура споживчого ринку. В усьому світі чітко простежується тенденція розширення асортименту продуктів, що потребує мінімального часу приготування у домашніх умовах, та продуктів, доведених до кулінарної готовності, які часто продаються в упаковках, придатних для швидкого розігрівання і подавання на стіл. У зв'язку з цим дедалі більшого значення набувають напівфабрикати, консерви і продукти швидкого приготування.

Актуальним питанням сьогодення є збільшення асортименту м'ясних консервів. Варені ковбасні вироби мають обмежений термін зберігання, а також вимагають особливих умов зберігання на відміну від м'ясних консервів, які мають набагато більший термін реалізації. В сучасних технологіях пакування набуває поширення новий клас виробів традиційного асортименту, який завдяки використанню фізичних методів впливу на сировину, підвищеним вимогам до організації санітарної безпечності виробництв дає змогувиробляти продукцію подовженого терміну зберігання. [1]. Важливим є також підвищення рівня збалансованості не тільки білкового, а й жирно-кислотного складу [2—4].

На жаль, споживач на українському ринку не має широкого вибору м'ясних продуктів тривалого зберігання, які збагачені макро- та мікроелементним складом [5; 6], що потребує пошуку шляхів для збагачення харчових продуктів мікроелементами. Для споживача велику роль відіграє зовнішній вигляд готового продукту, тому важливим питанням є правильне забарвлення готового виробу. Нині існує широкий асортимент натуральних харчових барвників, але з них лише невелика кількість може бути використана у виробництві м'ясопродуктів, що пов'язано з низькими функціонально-технологічними властивостями барвників у м'ясному середовищі. [7; 8].

Мета статті: дослідити фізико-хімічні показники, органолептичні показники та амінокислотний склад сосисок з різним складом рецептур після стерилізації.

Матеріали і методи включали в себе традиційні методи досліджень для м'ясних продуктів. Визначення вологовмісту проведено арбітражним методом за різницею маси наважки (3—5 г) продукту до і після сушіння у шафі за темпе- ратури 120°С до сталої маси [3]. Визначення вологозв'язуючої здатності ВЗЗа продукту проводилось методом пресування [4]. Вологоутримувальну здатність вимірювали арбітражним методом — порівнянням залишкової та відділеної вологи

у зразку, що проходив теплове оброблення. Визначення концентрації іонів водню проводили на pH-метрі-340 у водяній та сольовій витяжці подрібненої наважки з модулем гідратації 1:10 при 30-хвилинному настоюванні. Метод визначення буферної ємності полягає у визначені концентрації іонів водню на pH-метрі-340 у водяній витяжці подрібненої наважки з модулем гідратації 1:10 при 30-хвилинному настоюванні при додаванні розчину кислоти різної концентрації. Для визначення біологічної цінності застосовувалася іонообмінна хроматографія на колонках за допомогою автоматичного амінокислотного аналізатора Т-339 (Інститут біохімії ім. Паладіна).

Результати досліджень Було досліджено нові рецептури сосисок, збагачених гемовим залізом, для розширення асортименту ковбасних виробів з подовженим терміном зберігання.

Проводили дослідження за трьома видами рецептур.

Рецептура 1 включає: червоне м'ясо курчат бройлерів — 45%, суху молочну сироватку — 15%, Скан Про (гідратація 1:5) — 20%, кров харчова свиняча — 1%, ферментований рис — 2%, жирова емульсія (куряча шкірка) — 10%, мікронізована целюлоза — 12%.

Рецептура 2 включає: червоне м'ясо курчат бройлерів — 70%, суху молочну сироватку — 5%, Скан Про (гідратація 1:5) — 10%, кров харчова свиняча — 3%, жирова емульсія (куряча шкірка) — 10% , мікронізована целюлоза — 2%.

Рецептура 3 включає: червоне м'ясо курчат бройлерів — 50%, суху молочну сироватку — 5%, Скан Про (гідратація 1:5) — 5%, кров харчова свиняча — 3%, свинина напівжирна — 20%, жирова емульсія (куряча шкірка) — 15%, мікронізована целюлоза — 2%.

Як допоміжну сировину використовували сіль кухонну, у кількості 20 %, технологічну добавку Емулін (виробництва ТОВ «ВТР» м. Луцьк), у кількості 1,0%, та чорний мелений перець, у кількості 0,1%.

Як заливний соус використовували соус «Кисло-солодкий», за рецептурою — 50% води, 50% — кетчуп «Лагідний». Рецептури цих видів продуктів запатентовано патентом України на корисну модель [9].

Для визначення раціональних умов проведення стерилізації сосисок досліджувалася можливість стерилізації — за температури 115°С протягом 120 хв та за температури стерилізації 120°С протягом 90 хв.

На першому етапі досліджували соус кисло-солодкий за температури стерилізації (25-120-30) /115°С та 20-90-20/120°С.

Таблиця 1. **Значення буферної ємності кисло-солодкого соусу сосисок консервованих за температури стерилізації 115°С протягом 120 хв та за температури стерилізації 120°С протягом 90 хв**

Показник	Середня проба	
	t стерилізації 115°С	*t* стерилізації 120°С
pH_0	6,4	6,6
$pH_{0,005}$	6,45	6,3
$pH_{0,01}$	6,55	6,4
$pH_{0,02}$	6,25	5,9
$pH_{0,04}$	5,4	5,1
$pH_{0,06}$	5,2	5,0

Як видно з даних табл.1, різниці в температурних режимах практично не впливають на буферну ємність соусу, що контактував з сосисками в процесі

стерилізації. Однак фізико-хімічні показники сосисок залежно від рецептури та способу термічного оброблення дещо відрізнялись.

Так, для сосисок за рецептурою 1 при тепловій обробці (20-90-20/120): вміст вологи становить ВЗЗа — 53,5%, pH соусу — 6,2, pH сосисок — 5,8, значення Aw було на рівні 0,986.

Для рецептури № 2 та рецептури № 3 при температурі стерилізації 120°, 90 хв, та після обробки за температурою 115°, 120 хв, найбільший вміст вологи був у сосисках до повторної теплової обробки — 73,2%, найменший вміст вологи був у сосок після стерилізації за температури 115°С — 68,3%.

Найвище значення ВЗЗа було у сосисок до стерилізації — 65,6%, для сосисок після стерилізації при температурі 115°С значення ВЗЗа склало 65,3%.

Значення pH сосиски до повторної теплової обробки і після стерилізації не змінювались. А значення pH соусу, який контактував з сосисками при стерилізації, змінювалось в діапазоні від 4,8 до 5,2.

При проведенні стерилізації для всіх рецептур сосисок в кисло-солодкому соусі відбувалось зменшення рівня ВЗЗа в межах 8,2—12,8%, що можна пояснити занадто низькими значеннями pH заливного соусу. pH сосисок до стерилізації було на рівні 6,3, а після стерилізації сосисок при 115ºС змістилось до 5,8 од. pH. Для сосисок стерилізованих при 120°С значення pH зміщувалось до 5.5.

У табл. 2 наведені результати дослідження амінокислотного складу готового продукту після теплової обробки за температури 115°С протягом 120 хв для сосисок за рецептурою № 3.

Таблиця 2. **Реальні значення амінокислотного аналізу сосиски вареної після стерилізації за температури 115°С, 120 хв, рецептура 3**

Амінокислота	Кількість, мг	% по мг	СКОР, %
Лізин	1,134	7,72	140
Треонін	0,684	4,66	116
Цистин	0,139	0,94	96
Валін	0,876	5,96	119
Метіонин	0,353	2,40	69
Ізолейцин	0,479	3,26	82
Лейцин	1,501	10,22	146
Тирозин	0,581	3,95	162
Фенілаланин	0,848	5,77	96
Сума	14,692	100,00	

З даних табл. 2 видно, що сосиски після стерилізації мають достатньо високий рівень збалансованості незамінних амінокислот для сосисок консервованих. Температурний режим є оптимальним для досягнення стерилізаційного ефекту та збереження збалансованості незамінних амінокислот.

Проведені обрахунки біологічної цінності білка сосисок до та після стерилізації представлено в табл. 3.

Таблиця 3. **Показники біологічної цінності білків**

Показник	Сосиска до стерилізації	Сосиска після стерилізації
Коефіцієнт різниці амінокислотного скору незамінних і лімітованої амінокислот (КРАС), %	19	42,43
Біологічна цінність (БЦ), %	81	57,57

З даних видно, що в процесі стерилізації втрачається частина незамінних амінокислот, що знижує рівень біологічної повноцінності стерилізованих сосисок. Це підтверджує необхідність зменшення впливу стерилізації на біологічну цінність сосисок, тобто стерилізацію слід проводити за більш помірних умов.

Дослідження органолептичних показників сосисок за температури стерилізації 120°С наведено на рис. 1. В процесі органолептичного оцінювання визначали зовнішній вигляд, консистенцію, соковитість, смак, запах і колір для сосисок за різними рецептурами (з додаванням ферментованого рису, як барвника рецептура 1) або крові харчової (рецептура 2, 3).

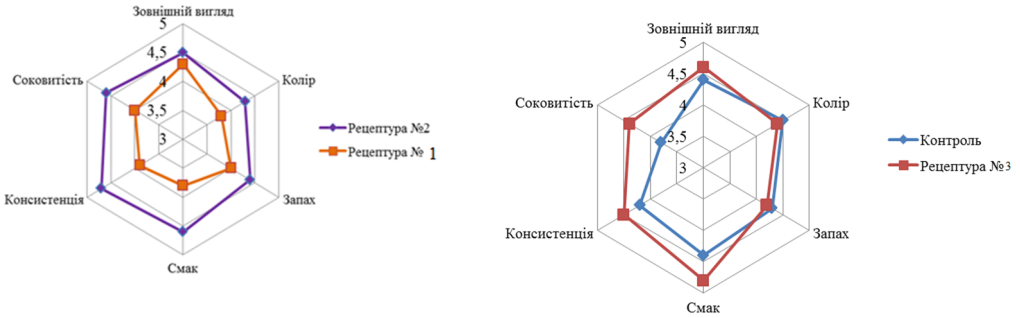


Рис. 1. Профілограми органолептичних властивостей готового продукту

У рецептурах 1 і 3 покращення консистенції та соковитості можна пояснити більшим вмістом м’яса у ре-цептурі, що поліпшує кон-систенцію та підвищує соковитість, а також забез-печує приємний смак про-дукту. У рецептурі 1 загальна оцінка нижча порів-няно із контрольним та дослідними зразками, адже заміна м’ясної сировини значною кількістю мікроні-зованої целюлози призводить до утворення надто щільної консистенції, що погіршує загальні органолептичні показники.

При використанні в рецептурі ферментовано рису готові вироби мають занадто яскравий відтінок, при додаванні крові харчової колір готових виробів був більш природний.

Висновки. Дослідження фізико-хімічних показників сосисок стерилізованих показали, що стерилізація сосисок з використанням кисло-солодкого соусу впливає на зміну pH значення ВЗЗа. Однак величина змін значень фізико-хімічних показників несуттєво впливає на органолептичні показники сосисок. Після стерилізації за температури 115°С, 120 хв, виявлено, що сосиски мають достатньо високий рівень збалансованості незамінних амінокислот для сосисок консервованих. Подальші дослідження будуть спрямовані на підбір раціональної формули стерилізації сосисок консервованих та визначення здатності до протеолітичної ферментації в системі in vitro.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Пасічний В. М.* Дослідження факторів пролонгації термінів зберігання м’ясних і м’ясомістких продуктів / В. М. Пасічний, А. М. Гередчук, О. О. Мороз, Ю. А. Ястреба // Харчові технології Наукові праці НУХТ. — 2015. — Том 21, № 4. — С. 224—230.

2. *Пасічний, В. М.* Застосування крові як кольороформуючої добавки / В. М. Пасічний, І. В. Кремешна, П. М. Сабадаш, І. З. Жук, С. І. Усатюк // Науковий вісник Львівської державної академії ветеринарної академії ім. С.З.Гжицького. — 2004. — Т. 6. — № 3., Ч. 6. — С. 119—123.

3. *Хорунжа Т.* Сосиски консервовані з підвищеним вмістом гемового заліза / Пасічний В.М., Логвиненко Н.П.//Журнал Аграрні науки і технології ВНАУ — 2017 — випуск 5(99) том 2 — С. 155—161.

4. *Can Ö. P.* Shelf life of chicken meat balls submitted to sous vide treatment / Ö. P. Can, F. Harun // Rev. Bras. Cienc. Avic. [online], 2015 — Vol. 17, No. 2. — P. 137—144. http://-dx.doi.org/10.1590/1516-635x1702137-144.

5. Ishiwatari Naomi. Decomposition kinetics of umami component during meat cooking / Ishiwatari Naomi, Mika Fukuoka, Naoko Hamada-Sato, Noboru Sakai// Journal of Food Engineering. — 2013 — Vol. 119, No. 2. — P. 324—331.

6. *Пасічний, В. М., Сабадаш, П. М., Жук, І. З., & Кремешна, І. В.* Білково-жирова емульсія з кров'ю. Декларативний патент України, (70714).

7. *Пасічний В.* Стабілізація технологічних властивостей ферментованого рису для виробництва м'ясопродуктів / Василь Пасічний, Ірина Кремешна // Наукові праці НУХТ. — 2004. — No 15. — С. 49—50

8. *Pasichnyi, V., Khrapachov, O., Ukrainets, A., Marynin, A., Lohvynenko, N., & Kapitula, E.* (2018). Використання повторної пастеризації при виготовленні варених ковбасних виробів. НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Харчові технології, 20(85), 29-34. https://doi.org/10.15421/nvlvet8506.

9. *Хорунжа Т.О., Пасічний В.М. Костишин В.Д, Пасічна С.П., Рамік О.С., Харпачов О.В.* Національний університет харчових технологій, патентовласник. Сосиски консервовані, Патент України № Ukrayiny № 122445. 2018

СОСИСКИ СТЕРИЛИЗОВАННЫЕ, С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ГЕМОВОГО ЖЕЛЕЗА

Т. Хорунжая, В. Пасичный, В. Рудюк
Национальный университет пищевых технологий
В. Гуць
Киевский национальный университет культуры и искусств

Одними из самых популярных мясных продуктов на украинском рынке являються вареные группы колбасных изделий. В результате проведеных исследований были разработаны новые рецептуры сосисок стерилизованных с повышенным содержанием гемового железа. Для повышения пищевой ценности и гемового железа в продукте использовали кровь пищевую свиную. Исследовано влияние различных температурных режимов на органолептические, физико-химические свойства готового продукта. Также исследовано влияние стерилизации на биологическую ценность готовых сосисок.

Ключевые слова: *сосиски, жиры, белково-жировая эмульсия, гемовое железо, пищевая кровь.*

УДК 339.138:339.133.2:[664.6:621.798.18

MARKETING RESEARCHING OF CONSUMER ADVANTAGES OF BUYING CONFECTIONTRY WITH EDIBLE COATING

A. Chorna, A. Robotko
National University of Food Technologies

Key words:
confectionery,
consumer preferences,
questioning,
edible covering

Article history:
Received 13.04.2019
Received in revised form 05.05.2019
Accepted 15.05.2019

Corresponding author:
robotko.a17@gmail.com

ABSTRACT

The developed edible coating is made from food raw materials and is edible with the food product to which it is applied. More than half of the confectionery production in Ukraine is occupied by various flour confectionery products (55.3%). The creation of this type of coating is not only an alternative to complete or partial replacement of the polymer packaging, but also to provide the food product with a new look and provide additional functional properties (protection against shrinkage, oxidation of fats, microbiological damage, etc.).

The article analyzes the developed types of edible coatings for various confectionery products and the expediency of their use. Consumer preferences are determined when purchasing confectionery products with edible coatings compared to products in plastic packaging. The results of marketing research of the demand for confectionery products developed by the edible coating by questioning respondents are given. It has been established that the younger generation and middle-aged people are more open to innovation, striving to try new products with high organoleptic properties, ecological and safe packaging, regardless of its design.

The purpose of the study is to analyze consumer preferences when buying confectionery products and to bring to the market a new, competitive and environmentally friendly packaging. The object of the study was chosen edible bio-folding coating for confectionery, prevents the oxidation of fat during storage.

As a result of the research conducted, the probability of consumers buying a cookie in an edible coating was determined. The consumer characteristics of the organoleptic properties, namely the appearance, taste, smell, color, appearance in the fault, the edible coating, and the profiles of the corresponding descriptors are given. An estimation of the competitiveness of the edible coating for baking cookies compared with polyethylene packaging.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-9

© А. І. Чорна, А. Ю. Роботько, 2019

МАРКЕТИНГОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ СПОЖИВЧИХ ПЕРЕВАГ ПРИДБАННЯ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ З ЇСТІВНИМ ПОКРИТТЯМ

А. І. Чорна, канд. техн. наук
А. Ю. Роботько
Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано розроблені види їстівного покриття для різних кондитерських виробів і доцільність їх використання. Визначено споживчі переваги під час придбання кондитерських виробів з їстівним покриттям та конкурентоспроможність порівняно з виробами в полімерній упаковці. Наведено результати маркетингових досліджень попиту на кондитерські вироби із розробленим їстівним покриттям анкетуванням респондентів.
Ключові слова: *кондитерські вироби, споживчі переваги, анкетування, їстівне покриття.*

Постановка проблеми. Кондитерські вироби відіграють значну роль у харчуванні людини, задовольняючи потреби населення в смакових та енергетичних потребах. Упаковка з точки зору маркетингу — це оболонка товару, оформлена певним чином, яка може бути складовою частиною харчового продукту. В умовах конкуренції між товаровиробниками, зазвичай, одним із чинників є особливе інноваційне паковання. Перспективним напрямком дослідження є впровадження їстівного покриття, яке продовжить термін зберігання здобного печива та покращить екологічну ситуацію на планеті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Здобне печиво має високу енергетичну цінність за рахунок високого вмісту жиру (до 20%), проте строк його придатності менший (до 2 міс.), ніж в інших видах печива (до 6 міс.) [1].

В останні роки ринок кондитерських виробів в Україні змінився, що пов'язано з несприятливою економічною ситуацією. Це змушує споживачів переорієнтуватися на більш дешеву продукцію. З огляду на такі споживчі настрої, виробники кондитерських виробів збільшили обсяги виробництва продукції середньої і низької цінових категорій [2].

Найбільшими виробниками кондитерської продукції в Україні є Рошен (22,5%), АВК (12,4%), Конті (11,7%) та інші [3]. За обсягами виробництва печиво та вафлі займають друге місце (19,6%) після хлібобулочних виробів (70,9%) [4]. Серед торговельних марок печива найбільшою популярністю в українців користується вітчизняна продукція, що має найкраще співвідношення ціни і якості. Рейтинг торговельних марок печива в минулому році очолив СуперКонтік (5%) [5].

У наш час все більше зростає споживчий попит на харчові продукти органічного походження, функціонального і спеціалізованого харчування, що призводить до розширення асортименту на ринку, зокрема кондитерських виробів [6]. У зв'язку з погіршенням екологічної ситуації в країні з метою підвищення захисних функцій організму, зниження ризику шкідливого впливу низки речовин актуальним є створення харчових продуктів з лікувально-профілактичними властивостями [7].

Для покращення екологічної ситуації розробляється та впроваджується їстівне покриття. Ще в давні часи, у Стародавньому Китаї у XII ст. викорис-

товували харчову упаковку (віск) для збереження вологи та пружності товару. Перший патент на створення харчової упаковки було видано у США у XIX ст., коли запропонували загортати м'ясні продукти в желатинову оболонку [8].

Розроблено біодеградабельну плівку, що містить плівкоутворювач, пластифікатор, воду та додатково біологічно активну добавку, для збільшення біологічної цінності виробів для кондитерських виробів (пряникові вироби, помадні цукерки, мармеладні вироби тощо). Недоліком такого складу покриття є те, що біологічна добавка у складі плівки не запобігає окисленню жирів, які містяться в кондитерських виробах у великих кількостях (до 20%) [9]. Проведено експериментальні дослідження доцільності використання їстівного покриття з фруктовими порошками: чорничний, полуничний, лимонний для запобігання черствіння зефіру та розширення асортименту [10]. Було розроблено харчове покриття на основі інуліну з додаванням 2% *Lactobacillus casei Shirota (LBC)* та досліджено його вплив на зміну текстури, вологи і кольору крекеру. Застосування їстівного покриття з LBC для крекеру значно підвищило вологість і зменшило міцність до розриву. При оцінці смаку 49% дегустаторів сподобалося печиво і лише 4% — назвали його неприйнятним [11].

Оскільки маркетингове поняття ринку містить у собі «сукупність потенційних і реальних споживачів товару», доцільно провести дослідження споживчих переваг і чинників, що впливають на вибір споживача під час придбання товару у розробленому пакуванні методом анкетного опитування стосовно нового товару [12]. Передумовою вибору цього методу є те, що опитування в маркетингових дослідженнях виступає як основний спосіб збору первинної інформації, має досить високу точність одержаних даних і визначену оперативність.

Мета дослідження: проаналізувати, які головні чинники вливають на споживачів при купівлі кондитерських виробів і визначити доцільність конкурентоспроможності печива з їстівним покриттям.

Матеріали і методи досліджень. Як інструментарій для проведення маркетингових досліджень використовували розроблену анкету, яка складається з взаємопов'язаних, поставлених у логічній послідовності, дев'яти запитань. Анкету розроблено виходячи з поставленої мети та завдань. Обробку анкет маркетингового дослідження проводили методом комп'ютерного статистичного моделювання.

Для розроблення їстівного покриття використовували крохмаль кукурудзяний (ТМ «Сто пудів»), желатин марки П-11 (ТМ «Мрія»), гліцерин харчовий 99% (ТМ «Galette») і вітамін Е (ПрАТ «Технолог»).

Методи досліджень — загальноприйняті та спеціальні, виконані з використанням сучасних приладів інформаційних технологій, методика оцінки конкурентоспроможності продукції.

Конкурентоспроможність товару оцінюють за допомогою інтегрального показника конкурентоспроможності:

$$k_{інт} = \frac{I_{ТП}}{I_{ЕП}}, \qquad (1)$$

де $I_{ЕП}$ — індекс економічних параметрів (індекс цін); $I_{ТП}$ — індекс технічних параметрів (індекс якості):

$$I_{ТП} = \sum_{i=1}^{n} q_i \cdot v_i \,, \tag{2}$$

де, v_i — коефіцієнт вагомості і-го параметра; q_i — одиничний показник і-го технічного параметра:

$$q_i = \frac{P_{оцін}}{P_{баз}}, \tag{3}$$

де $P_{оцін}$ — значення параметра виробу, який оцінюється; $P_{баз}$ — значення цього параметра базового товару.

$$I_{ЕП} = \frac{Ц_{спож}^{оцін}}{Ц_{спож}^{баз}}, \tag{4}$$

де $Ц_{спож}^{оцін}$, $Ц_{спож}^{баз}$ — ціна споживання, відповідно, оцінюваного та базового товарів.

Результати та їх обговорення. Розроблене їстівне покриття містить плівкоутворювачі (крохмаль і желатин), пластифікатор (гліцерин), розчинник (воду) та додатково вітамін Е, який запобігає окисленню жиру під час тривалого зберігання. Таке покриття застосовується для печива здобного, яке містить згідно з рецептурою до 20% жиру, за рахунок чого зменшується його термін зберігання.

Розроблене покриття перш за все покращує органолептичні властивості, а саме: зовнішній вигляд (вирівнює поверхню та надає блиск).

Посилення конкурентних процесів актуалізує необхідність вивчення і розуміння психології споживача та причин прийняття ним певних рішень. Успішна діяльність підприємства залежить насамперед від того, наскільки кожна стадія бізнесу — харчовий продукт, реклама, обслуговування після продажу тощо — задовольняє потреби споживача [13].

Опитування респондентів проходило серед студентів і працівників Національного університету харчових технологій. В анкетуванні брало участь 60 респондентів, серед яких:

- за статтю: 44 (73,3%) жінки та 16 (26,7%) чоловіків;
- за віком: від 18 до 25 років (91,7%), від 26 до 30 років (5%), від 31 до 45 років (3,3%);
- за складом сім'ї: з двох осіб (18,3%), трьох осіб (26,7%), більше трьох (55%);
- за родом занять: студент (83,4 %), робітник (13,3 %), підприємець (3,3 %).

Серед опитаних респондентів частіше зустрічалися люди, щомісячний дохід яких складає від 1500 до 4000 грн. Отже, основна цільова група покупців — споживачі з невисоким рівнем заробітної платні (студенти та робітники).

Встановлено, що споживачі рідше купують кондитерські вироби в упаковці на основі паперу, ніж в поліетилені (рис. 1). Припустима помилка під час відповіді на це питання: 0,12 (дуже мала), дисперсія (0,91) — несуттєва. Найчастіше купують кондитерські вироби в поліетиленових пакетах —53,3%.

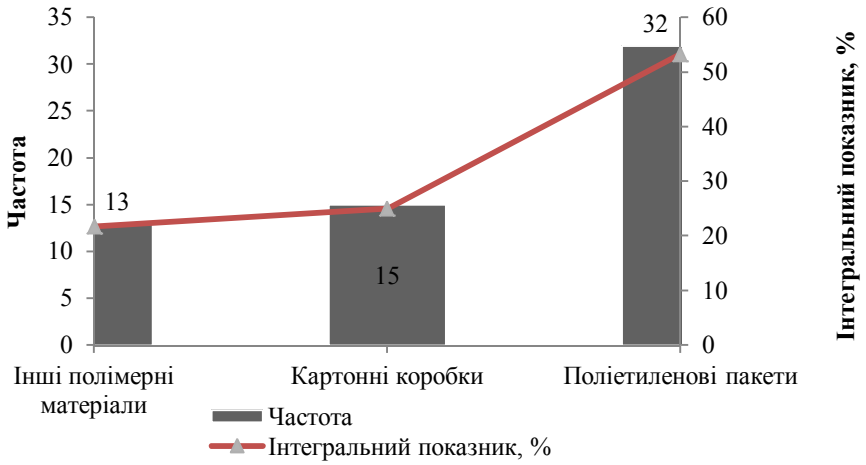


Рис. 1. Розподіл частоти споживання кондитерських виробів у різних видах паковання

Наступний крок полягав у тому, щоб виявити ступінь важливості різних факторів, які впливають на вибір споживачів під час купівлі кондитерських виробів за 5-баловою шкалою. Кожен фактор було проаналізовано окремо: зовнішній вигляд, смакові переваги, ціна, торговельна марка та упаковка. Чинник «торговельна марка» виявився не надто важливим для споживачів, на перше місце його поставили лише 8,3% респондентів, майже так як і упаковка — 10% та ціна — 6,7%. Для всіх опитуваних важливим чинником були смакові переваги — 40 респондентів поставили їх на 1 місце (66,7%). Варто відзначити, що багато респондентів небайдужі до зовнішнього вигляду, на 1 місце його поставили 18,3% респондентів. За результатами ранжування респондентами різних чинників під час придбання кондитерських виробів за ступенем важливості їх можна розподілити так: смакові переваги > зовнішній вигляд > упаковка > торговельнаа марка > ціна.

Опитування показало, що для більшості опитуваних важливими факторами є екологічність і безпечність пакування (рис. 2).

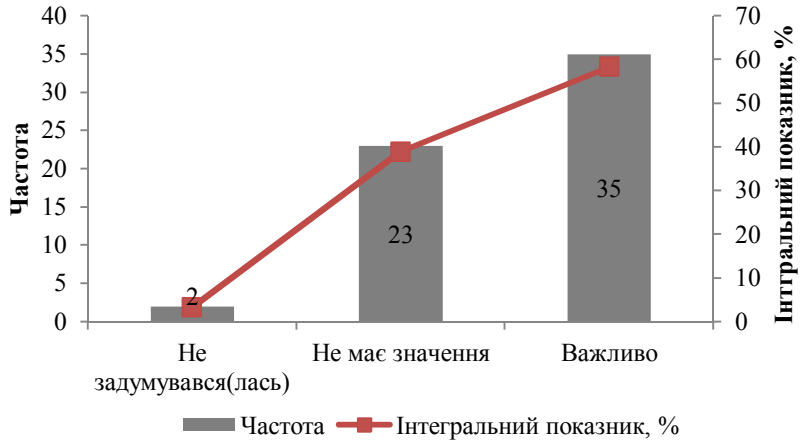


Рис. 2. Гістограма розподілу частот важливості чинників екологічності та безпечності паковання

Для 58,3% респондентів екологічність і безпечність пакування важлива, лише для 3,3% цей чинник не має значення. Майже для всіх не відіграє ролі оформлення пакування, лише для 25% респондентів воно було важливим. Найчастіше кондитерські вироби купують у торговельних мережах —86,7% респондентів. Більшість респондентів (58,3%) витрачають 1—5% свого бюджету для купівлі кондитерських виробів, що свідчить про слабку платоспроможність респондентів.

Наступним було визначення ймовірності придбання кондитерських виробів у їстівному покритті, оскільки за цим показником можна спрогнозувати зацікавеність споживачів і майбутній попит на нову продукцію. Результати анкетування, у %: звісно куплю — 36; мабуть, куплю — 25; або куплю, або не куплю — 18; ймовірно не куплю — 13; напевно, не куплю — 8.

Можна стверджувати, що значна частина населення різних вікових категорій зацікавлена в нових видах пакування харчових продуктів, яке повинно відповідати таким вимогам: не впливати на смакові властивості продукту; не змінювати його форму; бути якісним і безпечним; бути ергономічним (зручним у використанні); мати прийнятну ціну.

Проявом конкурентоспроможності є вироблена продукція, цінність якої визначається ступенем задоволення потреб споживачів. Конкурентоспроможність продукції визначається трьома необхідними елементами: властивостями продукції; властивостями продуктів-конкурентів; особливостями споживачів. Необхідно визначити інтегральні показники конкурентоспроможності їстівного покриття для здобного печива відносно поліетиленової упаковки [14]. Розрахунок коефіцієнта конкурентоспроможності здобного печива у різних видах споживчої упаковки (поліетиленової та їстівної) за показниками наведено нижче.

Параметри упаковки для здобного печива

Показники за 5-баловою шкалою	Здобне печиво в упаковці		Коефіцієнт вагомості
	поліетиленова	їстівна	
Споживні:			
Харчова цінність	5	5	0,1
Дегустаційна оцінка	5	5	0,2
Екологічність пакування	1	5	0,4
Економічні:			
Ціна	5	3	0,3

Визначення конкурентоспроможності здобного печива в їстівній упаковці відносно поліетиленової:

1. Технічні параметри: $q_1 = \frac{5}{5} = 1$; $q_2 = \frac{5}{5} = 1$; $q_3 = \frac{5}{1} = 5$; $I_{ТП} = 1 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,2 + +5 \cdot 0,4 = 2,3$.

2.Економічні параметри: $I_{ЕП} = \frac{5}{3} = 1,7$.

3. Інтегральний показник: $k_{інт} = \frac{2,3}{1,7} = 1,35 > 1$.

Отже, можна виходити на досліджуваний ринок із печивом здобним в їстівній упаковці, інтегральний показник конкурентоспроможності якого $k_{інт}$=1,35>1.

Висновки. Як виявили дослідження, найбільший важливим чинником під час купівлі кондитерських виробів є їхні смакові властивості, екологічність пакування і безпечність. Узагальнюючи маркетингове дослідження, слід відмітити, що кондитерські вироби з їстівним покриттям будуть користуватися найбільшим попитом серед населення, яке може витрачати на їх купівлю 1—5% свого бюджету. Розроблені кондитерські вироби з їстівним покриттям знайдуть свій сегмент в торговельних мережах як альтернативна заміна синтетичного пакування на споживчому ринку.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 3781:2014. Печиво. Загальні технічні умови. — Київ, 2014. — 19 с.

2. Кондитерський ринок України напередодні змін. URL: http://kviten.com/news-business/konditerskij-rynok-ukrainy-nakanune (дата звернення 26.03.2019).

3. Експорт-імпорт окремих видів товарів за країнами світу. Державна служба статистики України. URL: http://ukrstat.gov.ua (дата звернення 21.03.2019).

4. Огляд ринку хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів в Україні. URL: https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/obzor-rynka-hlebobulochnyh-i-muchnyh-konditerskih-izdelij-v-ukraine (дата звернення 20.03.2019).

5. Повернення до «солодкого життя»: аналіз ринку кондитерських виробів України. URL: https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/vozvrashenie-k-sladkoj-zhizni-analiz-rynka-konditerskih-izdelij-ukrainy (дата звернення 21.03.2019).

6. *Лисюк Г. М.* Нові напрями використання вторинних продуктів переробки винограду у виробництві борошняних виробів: монографія / Лисюк Г. М., Верешко Н. В., Чуйко А. М.. — Харків. 2014. — С. 175.

7. *Хиллиам М.* Мировые тенденции развития ассортимента функциональных кондитерских изделий / Хиллиам М. // Кондитерское и хлебопекарное производство. — 2008. — № 9. — С. 31—33.

8. Pavlath A. E. Edible Films and Coating: Why, What and How? / Pavlath A. E., Embuscado M., Huber K. C. // Edible Films and Coatings for Food Applications. — Springer,2009. — 1.— P. 1—25.

9. Патент 120727 A21D15/08 (2006.01), Україна. Біодеградабельна їстівна плівка для харчових продуктів / Шульга О. С., Чорна А. І., Шульга С. І.; заявники та власники: Національний Університет Харчових Технологій — № u201706037; заявл. 16.06.2017; опубл. 10.11.2017, Бюл.№21/2017 р.

10. *Казмазан В. Б.* Дослідження органолептичних і фізико—хімічних показників зефіру в їстівному покритті з фруктовими порошками / Казмазан В. Б., Чорна А. І. // Наукові праці Національного університету харчвоих технологій. — 2018. — Том 24, №3. — С. 232—238.

11. García-Argueta et al. Effect of Edible Coating Based on Whey, Inulin and Gelatine with Lactobacillus casei on the Textural and Sensorial Properties of a Cracker Cookie // Journal of Probiotics & Health. URL: https://www.omicsonline.org/open-access/effect-of-edible-coating-based-on-whey-inulin-and-gelatine-withlactobacillus-casei-on-the-textural-and-sensorial-properties-of-a-c-2329-8901-1000153.php?aid=82073 (дата звернення 26.03.2019).

12. *Белявцев М. И.* Маркетинг: учебное пособие/ Белявцев М. И., Иваненко Л. М. — Донецк, 2003. — 340 с.

13. *Ларіна Я. С.* Поведінка споживача: навч. посіб. / Ларіна Я. С., Рябчик А. В. — К.: ВЦ «Академія», 2014. — 224 с.

14. *Кубатко О. В.* Методичні вказівки та тематика практичних занять з дисципліни «Конкурентна політика» / Кубатко О. В. — Суми: Сумський державний університет, 2012. — 49 с.

МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕИМУЩЕСТВ ПРИОБРЕТЕНИЯ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ СО СЪЕДОБНЫМ ПОКРЫТИЕМ

А. И. Черная, А. Ю. Роботько
Национальный университет пищевых технологий

В статье проанализированы разработанные виды съедобного покрытия для различных кондитерских изделий и целесообразность их использования. Определены потребительские предпочтения при приобретении кондитерских изделий со съедобным покрытием и конкурентоспособность по сравнению с изделиями в полимерной упаковке. Приведены результаты маркетинговых исследований спроса на кондитерские изделия с разработанным съедобным покрытием анкетированием респондентов.
Ключевые слова: *кондитерские изделия, потребительские предпочтения, анкетирование, съедобное покрытие.*

УДК 664.614.3

THE SAFETY MANAGEMENT OF THE QUICK-FROZEN FRUIT AND BERRY PRODUCTION ON THE STAGES OF ITS LIFE CYCLE

G. Simakhina, S. Kaminska, R. Naumenko
National University of Food Technologies

Key words:
fruit and berries,
HACCP plan,
safety management,
critical points of control,
identification,
correctional affairs

Article history:
Received 18.04.2019
Received in revised form 06.05.2019
Accepted 15.05.2019

Corresponding author:
lyutik.0101@gmail.com

ABSTRACT

Today, Ukraine's entrance to European market and the problem to provide Ukrainians with foodstuffs corresponding to the main principles of the 21st century (safety, quality, and effectiveness) make the producers and technologists observe of all the novelty requirements to safety and quality of foodstuffs production. The international experience in this field evidences that these tasks can be completed by exposure, analysis, and control of the dangerous factors of biological, chemical, and physical origin on all of the stages of the technological sequence of food production (which is also called the life cycle of the product). Therefore, the necessity for Ukrainian food enterprises to use the accumulated experience of food safety management (in this case — the quick-frozen fruit and berry half products) is relevant and scientifically proved.

The purpose of this research is to define the sources of the potential risks (biological, chemical, and physical) on the life cycle of the production of quick-frozen fruit and berry half products; to display their sources and the means of management; to elaborate the scheme of control of the processes of food production on the base of HACCP principles.

The research was conducted on bilberries, blackberries, and chokeberries. The main methods of research were the expert evaluation of the risks with usage of the traditional 'decision-making tree,' identification of the dangerous factors, determination of the critical points of control on the stages of technological process of frozen fruit and berries' production, and definition of the certain correctional affairs. To enhance the work of the enterprises dealing with frozen fruit and berries, the authors of the article proposed the model of HACCP plan outstanding with its originality and universality, which would be equally expedient to obtain the safe foodstuffs in both the traditional and improved freezing technologies; the latter foresee the raw material procession by the cryoprotector solutions before freezing.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-10

© Г.О. Сімахіна, С.В. Камінська, Р.Ю. Науменко, 2019

УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ШВИДКОЗАМОРОЖЕНОЇ ПЛОДОВО-ЯГІДНОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ЕТАПАХ ЇЇ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

Г. О. Сімахіна, д-р техн. наук
С. В. Камінська
Р. Ю. Науменко
Національний університет харчових технологій

У статті обґрунтовано необхідність використання міжнародного досвіду управління безпекою харчових продуктів, у тому числі швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів, і впродовж життєвого циклу їх виробництва здійснено оцінку та виявлено джерела потенційних ризиків (біологічних, хімічних, фізичних). На основі цього визначено критичні точки керування на тих етапах, де існує висока ймовірність виникнення небезпечного чинника при недотриманні оптимальних умов проведення технологічного процесу. Запропоновано модель плану НАССР для підприємств із виробництва заморожених плодів та ягід, який відзначається оригінальністю та універсальністю і може бути однаково придатним для отримання безпечних продуктів як при традиційних технологіях заморожування, так і вдосконалених — з обробленням сировини перед заморожуванням розчинами кріопротекторів.
Ключові слова: *плоди і ягоди, план НАССР, управління безпекою, критичні точки керування, ідентифікація, корегувальні дії.*

Постановка проблеми. Аналіз досвіду в сфері управління якістю харчових продуктів свідчить [1—3], що ефективно управляти цим процесом можна лише комплексно на основі всіх чинників, які формують і забезпечують якість. До них належать ретельний та аргументований вибір сировини за її біохімічними, органолептичними й технологічними показниками [4], технології її перероблення [5]; особливості ринку збуту; апріорна необхідність дотримання усіх вимог до безпеки та якості отриманих продуктів [6].

Основними критеріями формування та збереження якості заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів є якість сировини, умови виробництва, пакування, зберігання, транспортування, дефростації, реалізації продукції, створення комбінованих сумішей плодів та ягід за принципами харчової комбінаторики тощо.

Виникнення небезпечних чинників при отриманні швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів зумовлено переважно перевищенням гранично допустимих рівнів біологічних, хімічних або фізичних забруднювачів у сировині, напівфабрикатах, тарі, готовій продукції; створенням сприятливих умов для виживання або розвитку мікроорганізмів; накопичення небезпечних хімічних сполук вище гранично допустимого рівня; повторним забрудненням сировини й готового продукту протягом життєвого циклу.

Відповідно до міжнародної практики безпека харчових продуктів досягається шляхом аналізу та контролю небезпечних чинників на етапах усього технологічного ланцюга виробництва продукції [7]. Продукти мають задовольняти всі мікробіологічні вимоги, наведені у «Принципах встановлення та застосування мікробіологічних критеріїв для продуктів харчування (CAC/GL 21-1997)» [8].

Безпека харчових продуктів, у тому числі швидкозаморожених, є головним завданням системи HACCP (Hazard Analysis Control Critical Points) [9; 10]. Це

науково обґрунтований раціональний і системний підхід до ідентифікації харчової продукції, оцінки та управління ризиками, які можуть виникнути при виробництві, переробленні, зберіганні та використанні продуктів. Саме його визнано сьогодні найефективнішим способом гарантування безпеки продуктів за критичними точками контролю (КТК) на етапах їх життєвого циклу.

Процеси інтеграції у глобальний економічний простір національних підходів до законодавчого регулювання виробництва та ринкового обігу продуктів, що відповідають основним принципам XXI століття (якість, безпека, ефективність), свідчать про необхідність використання міжнародного досвіду у цій сфері, а саме — методології управління якістю та безпекою харчових продуктів.

На жаль, в Україні система НАССР досі не знайшла широкого впровадження на підприємствах харчової промисловості, хоча ще в 2003 р. Всеукраїнським державним науково-виробничим центром стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів Держспоживстандарту України було розроблено і затверджено національний стандарт ДСТУ 4161-2003 «Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги», який поєднав загальні принципи функціонування системи, а також вимоги Директиви 93/43 «Про гігієну харчових продуктів».

Досить актуальним є впровадження системи НАССР на підприємствах із виробництва замороженої продукції рослинного та тваринного походження, оскільки на сьогодні консервування сировини із використанням штучного холоду є пріоритетним методом збереження її якісних та органолептичних показників упродовж тривалого терміну зберігання, а заморожені плоди, ягоди, овочі є практично єдиним джерелом вітамінів у міжсезонний період за відсутності свіжої продукції.

Мета дослідження: визначення на етапах життєвого циклу швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів потенційних біологічних, хімічних та фізичних ризиків і розроблення схеми контролю процесів виробництва цільової продукції з точки зору її безпеки.

Матеріали і методи. Дослідження проводили на різних представниках плодово-ягідних культур (дикорослих і культивованих): ягоди чорниці ДСТУ 691:2004; ягоди ожини ДСТУ 692:2004; ягоди горобини чорноплідної РСТ УССР 1723-86. Після етапів відбору сировини, миття, звільнення від домішок усі досліджувані зразки обробляли розчинами кріопротекторів, ефективність яких було попередньо встановлено [11], як із точки зору захисту біооб’єктів від кріоушкоджень, так і з позицій позитивного впливу на їхню мікробіологічну чистоту [12]. Експертним методом з використанням традиційного «дерева прийняття рішень» [13], на основі аналізу джерел інформації та результатів власних досліджень на етапах виробництва швидкозаморожених напівфабрикатів ідентифікували біологічні, хімічні та фізичні небезпечні чинники, внаслідок чого установили критичні точки керування (КТК) на кожному етапі та розробили приклад плану НАССР для підприємства з виробництва швидкозаморожених плодів і ягід.

Результати досліджень. Ключовим аспектом взаємозв’язку всіх етапів життєвого циклу заморожених напівфабрикатів є те, що кожному із наступних етапів технологічного процесу передує аналіз результатів попереднього етапу і прийняття конкретних рішень і корегувальних дій.

Згідно з [14], етапи життєвого циклу продуктів повинні включати виконання всіх елементів управління якістю, забезпечуючи таким чином системність і

комплексність такої діяльності: це планування якості; забезпечення якості; контроль якості; поліпшення якості. Такий підхід цілком придатний і для пропонованого дослідження.

У табл. 1 наведено послідовність усіх етапів виробництва заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів від вибору сировини до реалізації готової продукції (тобто її життєвий цикл як цілісна закрита система), визначення небезпечних чинників на кожному з етапів, імовірний ступінь ризику і засоби управління безпекою продуктів.

Таблиця 1. **Ідентифікація та оцінювання біологічних небезпечних біологічних чинників на етапах життєвого циклу швидкозамороженої плодово-ягідної продукції**

Назва етапу	Небезпечні чинники, що виникають, посилюються або контролюються на цій стадії	Джерела виникнення чи посилення небезпечного чинника	Результати оцінювання ризику	Заходи управління
1	2	3	4	5
Приймання сировини та матеріалів	Патогенні, умовно патогенні мікроорганізми, загальне мікробне забруднення, плісеневі гриби, дріжджі (вегетативні та спорові форми), шкідники, комахи	Забруднення сировини, тари, ушкодження пакувальних одиниць, навколишнє середовище, персонал	Високий	Робота з постачальниками, контроль відповідності сировини вимогам нормативних документів
Зберігання	Патогенні, умовно патогенні мікроорганізми, загальне мікробне забруднення, плісеневі гриби, дріжджі, шкідники, комахи	Недотримання умов зберігання (температурний, вологісний режими), санітарний стан приміщення, порушення товарного сусідства	Низький	Контроль правил складування та товарного сусідства. Контроль температурно-вологісних режимів, санітарного стану приміщення
Миття	Загальне мікробне забруднення, БГКП, віруси	Вода, обладнання, навколишнє середовище	Низький	Контроль якості води, санітарної обробки обладнання
Звільнення від домішок	Загальне мікробне забруднення, БГКП, віруси	Персонал, обладнання, навколишнє середовище	Низький	Контроль якості обробки обладнання та дотримання санітарних вимог
Нарізання	Загальне мікробне забруднення, БГКП, віруси	Персонал, обладнання, навколишнє середовище	Низький	Контроль якості обробки обладнання та дотримання санітарних вимог
Оброблення розчинами кріопротекторів	Загальне мікробне забруднення, БГКП, віруси	Персонал, обладнання, навколишнє середовище	Низький	Контроль якості обробки обладнання та дотримання санітарних вимог

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5
Звільнення від залишків вологи	Загальне мікробне забруднення, БГКП, віруси	Персонал, обладнання, навколишнє середовище	Низький	Контроль якості обробки обладнання та дотримання санітарних вимог
Заморожування	БГКП, спорові форми мікроорганізмів	Персонал, обладнання	Низький	Контроль якості обробки обладнання та дотримання санітарних вимог
Пакування	БГКП, спорові форми мікроорганізмів	Персонал, обладнання	Середній	Контроль герметичності пакування
Маркування	БГКП, загальне мікробне забруднення	Персонал, навколишнє середовище	Низький	Контроль цілісності тари
Зберігання	БГКП, загальне мікробне забруднення, спорові форми мікроорганізмів	Навколишнє середовище, умови зберігання	Середній	Контроль температури та вологості, цілісності тари
Транспорту-вання	БГКП, загальне мікробне забруднення, спорові форми мікроорганізмів	Транспортні засоби	Низький	Контроль температури, вологості, цілісності тари
Зберігання	БГКП, загальне мікробне забруднення, спорові форми мікроорганізмів	Навколишнє середовище, санітарний стан приміщення, холодильне обладнання	Середній	Контроль температури, цілісності споживчої тари
Реалізація	БГКП, загальне мікробне забруднення, спорові форми мікроорганізмів	Навколишнє середовище, персонал, санітарний стан приміщення	Середній	Контроль температури, вологості, цілісності споживчої тари
Дефростація	БГКП, загальне мікробне забруднення, спорові форми мікроорганізмів, віруси	Навколишнє середовище, вода, посуд, гігієна споживача і медичного персоналу	Середній	Контроль тривалості зберігання, дотримання рекомендацій до споживання; дотримання умов дефростації

За результатом ідентифікації та оцінювання ризику небезпечних чинників і джерел їхнього надходження визначено критичні точки керування (КТК). При аналізі стадій життєвого циклу швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів КТК є конкретною реперною точкою, де існує висока ймовірність того, що невідповідне управління процесом може спричинити виникнення небезпечного чинника. КТК визначали на всіх етапах життєвого циклу продукції та розглядали як етап, на якому контроль небезпечних чинників є можливим і суттєвим для їх запобігання, усунення чи зменшення ризиків до прийнятого рівня [15].

З кожного потенційно небезпечного ризику на всіх етапах технологічного процесу отримання швидкозаморожених напівфабрикатів було сформульовано і дано відповідь на передбачені у класичному «дереві прийняття рішень» питання [13]. Наприклад, стосовно оцінки сировини процедура має такий вигляд.

Перше питання: Чи є потенційно небезпечний ризик у сировині?

Відповідь: Так, це випливає з даних табл. 1, і ризик досить високий.

Друге питання: Чи зберігається небезпечний чинник на неприйнятному рівні і чи є небезпека росту цього чинника?

Відповідь: Ні, цей чинник контролюється на етапі прийому сировини і далі при її кріообробленні, заморожуванні, зберіганні та дефростації.

Третє питання: Чи є зниження рівня забруднення на наступних етапах адекватним?

Відповідь: Так, це здійснюється, передусім на етапі миття, де не лише плоди та ягоди очищуються від механічних домішок, а й зменшується їх мікробіологічне забруднення. Більшість розчинів кріопротекторів також пригнічують розвиток мікроорганізмів.

Четверте питання: Чи наступна операція усуватиме небезпечний чинник або знижуватиме можливість його виникнення до допустимого рівня?

Відповідь: Так, наступний етап — заморожування — сприяє зниженню рівня активності мікрофлори за рахунок холодового стресу та анабіозу; підвищення ризику можливе на етапі пакування при недотриманні санітарно-гігієнічних вимог, а також при дефростації.

Аналогічну оцінку потенційних ризиків було проведено для інших етапів технологічного процесу. В результаті встановлено, що критичними точками керування при виробництві швидкозаморожених напівфабрикатів з плодів та ягід є сировина, етапи пакування та зберігання готової продукції, дефростація (підготовка до безпосереднього використання).

Разом з тим, для гарантії повної безпеки замороженої плодово-ягідної продукції для споживачів вважаємо за доцільне здійснювати постійний контроль також на етапах зберігання сировини, її нарізання, оброблення кріопротекторами, заморожування, маркування готової продукції, оскільки порушення технологічних регламентів зазначених процесів може зумовити додаткову контамінацію продукції, зниження її якісних та органолептичних показників. Для обґрунтування визначених КТК проведено відповідні дослідження, зокрема з точки зору змін мікробіологічних показників сировини при заморожуванні, зберіганні та дефростації (у зв’язку з обмеженим обсягом статті ці дані не наводяться).

На етапі пакування, який визнано як КТК, контамінація продукції можлива при використанні пакувальних матеріалів, мікробіологічні показники яких не відповідають вимогам нормативних документів (ДСТУ 4837:2007) та гігієнічним і санітарним нормам при даній операції. З нашої точки зору, на цьому етапі важливо забезпечити контроль таких показників як герметичність і цілісність упаковки, вона має бути непрозорою для захисту продукції від сонячного світла. Оптимальна маса напівфабрикату в упаковці 500±10 г, щоб її вміст можна було використати відразу (особливо в домашніх умовах) без повторного зберігання.

Аналогічно до аналізу біологічних небезпечних чинників на всіх етапах виробництва провели також аналіз хімічних та фізичних. У результаті аналізу потенційних ризиків (біологічних, хімічних, фізичних) на етапах життєвого циклу заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів установили критичні

точки контролю на таких стадіях виробництва: **КТК № 1** — сировина та допоміжні матеріали (біологічні, хімічні та фізичні чинники); **КТК № 2** — етап пакування продукції (біологічні, хімічні та фізичні чинники); **КТК № 3** — етап зберігання продукції безпосередньо на підприємстві та в мережах реалізації (біологічні чинники); **КТК № 4** — етап дефростації заморожених плодів та ягід, тобто їх підготовка до безпосереднього використання (біологічні чинники); **КТК № 5** — етап миття сировини та звільнення її від домішок (фізичні чинники).

Для кожної критичної точки контролю визначили критичні межі, процедури моніторингу, розробили конкретні корегувальні дії, які забезпечують недопущення переходу параметрів безпеки у зони критичного ризику і за допомогою яких усуватимуться відхилення на кожній КТК.

На основі отриманих результатів розроблено план НАССР для підприємства з виробництва швидкозамороженої плодово-ягідної сировини (табл. 2).

Таблиця 2. **План НАССР для підприємства з виробництва швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів**

КТК етапу	Небезпечні чинники	Критичні межі	Процедура моніторингу	Контрольні заходи (корегувальні дії)
1	2	3	4	5
КТК №1 Сировина та допоміжні матеріали	*Біологічний* — БГКП, загальне мікробне забруднення, спорові форми мікроорганізмів, комахи	Невідповідність сировини вимогам нормативних документів; порушення технології при використанні допоміжних матеріалів	Контроль відповідності сировини; робота з постачальниками. Проводиться щоразу при надходженні нової партії сировини	Повернення неякісної сировини постачальникам, пошук нових джерел надходження плодів і ягід
	Хімічний — забруднення сировини залишками пестицидів, хімічними контамінантами, підвищений вміст шкідливих сполук у сировині	Перевищення вмісту токсичних сполук, пестицидів у сировині вище допустимих значень	Аналітичний контроль компонентного складу сировинних матеріалів. Проводиться з кожною партією сировини, яка надходить для заморожування	У разі невідповідності результатів досліджень вимогам нормативних документів до сировини, її вилучають із технологічного процесу
	Фізичний — сторонні предмети, каміння, скло, фрагменти некондиційної сировини	Наявність сторонніх, чужорідних предметів, металічних домішок, що спостерігаються візуально	Візуальне спостереження, контроль на етапах миття сировини та звільнення її від сторонніх предметів	Рекламація постачальникам сировини, штрафні санкції
КТК №2 Пакування продукції	*Біологічний* — мікробне забруднення	Невідповідність сировини вимогам документів; порушення технології при виробництві пакувальних матеріалів	Контроль відповідності технологічного процесу нормативним документам	Усунення або значне зниження біологічної небезпеки; запобігання або мінімізація росту мікробів при пакуванні

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5
	Хімічний — забруднення пакувальних матеріалів хімічними контамінантами	Перевищення вмісту контамінантів у пакувальних матеріалах	Контроль компонентного складу пакувальних матеріалів	Належний контроль випадкового привнесення хімічних сполук при пакуванні
	Фізичний — сторонні предмети	Наявність сторонніх, чужорідних предметів	Візуальне спостереження, забезпечення контролю на етапі пакування	Контроль випадкового привнесення сторонніх предметів при пакуванні
КТК №3 Зберігання продукції	*Біологічний* — мікробне забруднення	Невідповідність продукції вимогам документів; порушення технології при зберіганні продукції	Контроль відповідності технологічного процесу нормативним документам	Усунення або значне зниження біологічної небезпеки; запобігання або мінімізація росту мікробів при зберіганні
КТК №4 Дефростація продукції	*Біологічний* — мікробне забруднення	Невідповідність умов дефростації вимогам нормативних документів	Контроль відповідності технологічного процесу дефростації нормативним документам	Усунення біологічної небезпеки; дотримання температурних параметрів дефростації
КТК №5 Миття сировини та звільнення від домішок	*Фізичний* — сторонні предмети, скло, пластмаса, ґрунт, фрагменти некондиційної сировини	Наявність сторонніх, чужорідних предметів	Технологічний контроль справності магнітів, метало детекторів, сит тощо.	Належний контроль за виробничим устаткуванням, обладнанням, робочими поверхнями

Висновки. Підприємствам із отримання заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів рекомендовано включити до своєї програми НАССР зазначені у таблиці основні заходи щодо запобігання біологічним, хімічним та фізичним небезпечним чинникам. Оперативні знання з передбачення можливості виникнення небезпечних чинників на етапах виробництва заморожених напівфабрикатів дали змогу розробити корегувальні дії для створення належних умов отримання безпечної продукції відповідно до принципів НАССР.

Наведений у роботі план НАССР є оригінальним, його розроблено вперше, він має універсальний характер, оскільки придатний до використання як при виробництві заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів за традиційною технологією, так і за вдосконаленою — із застосуванням операції оброблення плодів та ягід високоефективними кріопротекторами перед заморожуванням, що істотно підвищує їхню кріорезистентність і, відповідно, якість та органолептичні показники готової продукції.

Впровадження запропонованого плану НАССР на підприємстві з виробництва заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів забезпечує: отримання

якісної продукції і, відповідно, довіри споживачів до неї, що підвищуватиме рентабельність виробництва; дотримання належних гігієнічних і санітарних умов ведення технологічного процесу заморожування відповідно до міжнародних норм; підвищення відповідальності колективу за безпеку виробленої продукції на підприємстві, що веде до зростання його іміджу; постачання населенню України високовітамінної продукції впродовж року, що набирає особливої ваги у міжсезонний період за відсутності свіжих плодів і ягід.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги [Чинний від 2016-07-01]. — Київ: УкрНДНЦ, 2016. — 22с.

2. ДСТУ ISO 9000:2015. Система управління якістю. Основні положення та словник [Чинний від 2016-07-01]. — Київ: УкрНДНЦ, 2016. — 45с.

3. *Мачихин С. А.* Методы реализации методологии системного обеспечения безопасности технологических систем пищевых производств / Мачихин С. А., Стрелюхина А. Н. // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2006. — № 8. — С. 69—72.

4. *Сімахіна Г. О.* Основні показники придатності плодів та ягід до заморожування / Сімахіна Г. О. // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. =— 2018. Т. 29(68), № 1(3). — С. 73—78.

5. *Сімахіна Г. О.* Оцінка втрат клітинного соку та зміни органолептичних показників заморожених плодів при тривалому зберіганні та дефростації / Сімахіна Г. О., Камінська С. В., Мартиненко Т. А. // Харчова промисловість. — 2018. — Вип. 23. — С. 13—21.

6. *Халапсіна С. В.* Використання речовин антимікробної дії в якості кріопротекторів для обробки ягід. / Халапсіна С. В., Сімахіна Г. О. ; Матеріали Міжн. наук.-практ. конф. «Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека», Київ, 25-26 травня 2017 р. — Київ: НУХТ, 2017. — С. 116.

7. *Грищенко Ф. О.* Європейська система безпечності харчових продуктів. Історія створення. / Грищенко Ф. О. // Стандартизація. Сертифікація. Якість. — 2013. — № 1. — С. 40—43.

8. Principles and guidelines for the establishment and application of microbiological criteria related to food. CAC/GL 21 — 1997 Codex Alimentarius. URL: www.fao.org/-input/download/standards/394/CXG_021e.pdf

9. *Василенко Г.* Посібник для малих та середніх підприємств плодоовочевої галузі з підготовки та впровадження системи управління безпечністю харчових продуктів на основі концепції ХАССП / Василенко Г., Миронюк Г., Дорофєєва О. — Київ: IIFSQ, 2008. — 126 с.

10. ДСТУ ISO 22000:2007. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга. [Чинний від 2007-04-02]. — Київ: УкрНДНЦ, 2007. — 30 с.

11. *Сімахіна Г. О.* Порівняльна характеристика ефективності кріопротекторів при заморожуванні дикорослих ягід / Сімахіна Г. О., Халапсіна С. В. //Наукові праці НУХТ. — 2017. Т. 24, №3. — С. 207—216.

12. *Сімахіна Г. О.* Оцінка мікробіологічної чистоти заморожених і дефростованих ягід / Сімахіна Г. О., Халапсіна С. В. // Наукові праці НУХТ. — 2017. — Т. 24, №6. — С. 119—126.

13. Система НАССР. Довідник. — Львів: НТЦ «Леонорм-Стандарт», 2003. — 218 с.

14. Ентеральна нутрітивна підтримка населення в умовах надзвичайних ситуацій: монографія / Притульська Н. В., Гуліч М. П., Мотузка Ю. М. та ін. — Київ. Нац. торг.-екон. ун-т, 2018. — 280 с.

15. Розробка та запровадження систем управління безпечністю харчових продуктів на основі принципів НАССР. Методичні вказівки (Настанова). URL: https://www.codex.co.ua.

УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ БЫСТРОЗАМОРОЖЕННОЙ ПЛОДОВО-ЯГОДНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ЭТАПАХ ЕЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Г. О. Симахина, С. В. Каминская, Р. Ю. Науменко
Национальный университет пищевых технологий

В статье обоснована необходимость использования международного опыта управления безопасностью пищевых продуктов, в том числе быстрозамороженных плодово-ягодных полуфабрикатов, и в течение жизненного цикла их производства осуществлена оценка и выявлены источники потенциальных рисков (биологических, химических, физических). На этом основании определены критические точки управления на тех этапах, на которых существует высокая вероятность возникновения опасного фактора при несоблюдении оптимальных условий проведения технологического процесса. Предложена модель плана НАССР для предприятий по производству замороженных плодов и ягод, отличающегося оригинальностью и универсальностью, который может быть одинаково пригоден для получения безопасных продуктов как при традиционных технологиях замораживания, так и усовершенствованных — с обработкой сырья перед замораживанием растворами криопротекторов.

Ключевые слова: *плоды и ягоды, план НАССР, управление безопасностью, критические точки управления, идентификация, корректировочные действия.*

УДК 637.1

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE USE OF PROTEIN CONCENTRATES ON THE RHEOLOGICAL INDEX OF SOUR-MILK PRODUCTS AND THEIR SHELF-LIFE

V. Rudiuk, V. Pasichnyi, T. Khorunzha, O. Krasulya
National University of Food Technology

Key words:
protein concentrate,
casein,
protein,
milk,
syneresis

Article history:
Received 17.02.2019
Received in revised form 19.04.2019
Accepted 23.05.2019

Corresponding author:
pasww1@ukr.net

ABSTRACT

The purpose of the work was a scientific substantiation of the use of protein concentrates of dairy origin, in the manufacture of sour-milk products. Milk proteins are a mixture of several protein substances, some of which are interconnected by chemical or physical bonding. The fractional composition of milk proteins is studied and refined as the methods for separating protein substances into separate fractions are improved. Functional properties of milk proteins are due to their tertiary structure and its dependent physical and chemical properties, as well as the flexibility of the structure. Proteins in milk-side concentrates are protein complexes of casein and whey proteins. Casein in a milk protein concentrate is present in a micellar form similar to casein in milk, and serum proteins - in a native or denatured form. Concentrate of milk protein or milk protein concentrate (coprecipitate, MBC) is obtained from skimmed milk using ultrafiltration / diafiltration methods. The research was based on the determination of physico-chemical and organoleptic properties of sour milk and protein mixtures that were made on the basis of normalized milk with the addition of micellar casein and dry whey protein. The micellar casein is a natural ingredient formed by microparticles, each of which has a diameter of about one thousandth of a millimeter. Concentrates of serum proteins obtained in the process of ultrafiltration can be used not only for the replacement of dry milk, but also in confectionery, mayonnaise, ice cream, baby food and functional foods, including protein mixes for sports nutrition, while producing sour milk and cheese products. The influence of protein supplements on the process of manufacturing process and influence on rheological properties during storage of sour-milk product is analyzed. According to the conducted studies, the expediency of the introduction of protein concentrates.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-11

© В. П. Рудюк, В. М. Пасічний, Т. О. Хорунжа, О. О. Красуля, 2019

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИКОРИСТАННЯ БІЛКОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ НА РЕОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ ТА ТЕРМІНИ ЇХ ЗБЕРІГАННЯ

В. П. Рудюк, В. М. Пасічний, Т. О. Хорунжа, О. О. Красуля
Національний університет харчових технологій

У статті обґрунтовано використання білкових концентратів молочного походження при виготовленні кисломолочних продуктів. Дослідження будувались на основі визначення фізико-хімічних та органолептичних властивостей сквашених молочно-білкових сумішей, які виготовлялись з нормалізованого молока з додаванням міцелярного казеїну та сухого сироваткового білка. Проаналізовано вплив білкових добавок на хід технологічного процесу виготовлення та вплив на реологічні властивості під час зберігання кисломолочного продукту, обґрунтовано доцільність внесення білкових концентратів.
***Ключові слова**: білковий концентрат, казеїн, білок, молоко, синерезис.*

Постановка проблеми. У зв'язку з дефіцитом білків у раціонах населення серед великого асортименту молочних продуктів особливе місце належить молочно-білковим продуктам, виробництво яких необхідно суттєво збільшити [1]. Потреба населення в білках у середньому визначена в кількості 80…100 г білка в добу, в тому числі 55% з них має забезпечуватися білками тваринного походження [2]. Один із способів усунення дефіциту білка в харчуванні населення — збагачення молочними білками, молочних продуктів, що часто споживаються, наприклад, кисломолочні напоїв [3; 4], кисломолочні пасти [5], а також продуктів з комбінованим складом сировини на основі продуктів тваринного походження [6; 7]. З цієї точки зору істотного значення набуває ефективне використання білкових концентратів молочного походження для збагачення кисломолочних продуктів [8]. Використання сироваткових білків при виготовленні продуктів масового споживання позитивно впливатиме на два фактори — компенсуватиме дефіцит білка та збільшить обсяг використання вторинної сировини [9]. Внесення мікропартикульваного білка дає змогу покращити консистенцію та загальну якість продукту при проблемі сезонності молока. Використання білкових концентратів, як допоміжної сировини у молочній промисловості, допоможе збільшити вихід продукту за рахунок підвищення вмісту сухих речовин, збільшуючи таким чином ступінь використання виробничих потужностей [10]. Збагачений природним тваринним білком продукт розширить асортиментний ряд продуктів дієтичного та спортивного спрямування.

Мета статті: дослідження впливу білкових концентратів на реологічні характеристики готового продукту та ефектів синерезису кисломолочних продуктів із підвищеною білковою складовою, виготовлених термостатним способом протягом терміну зберігання.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження є вдосконалення технології кисломолочних продуктів, шляхом внесення до їх складу білкових концентратів. Дослідження впливу на консистенцію, ступінь синерезису та термін зберігання продукту залежно від концентрації та виду внесеного білкового препарату. При розробленні модельних зразків використовувались, концентрат сироватковий білковий «КСБ-УФ-65» (ТУ У 15.5-35293993-002:2011) та концентрат молочний

білковий сухий «КМБС-65» (ТУ У 10.5-35293993-021:2016. Під час виконання дослідів застосовувались стандартні та загальновідомі методи досліджень.

Результати досліджень. У процесі досліджень використовувались модельні зразки суміші молока та білкових концентратів в кількості 3; 5; 7; 10% від загальної маси зразків. Контрольним був зразок без внесення білкового концентрату.

Виробництво кисломолочних продуктів проводили за класичною технологією термостатним способом. У підготовлені суміші вносили закваску VIVO «Віталакт» (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*, *Lactococcus lactis* ssp. *Cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *Lactis*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *Diacetylactis*, *Streptococcus thermophilus*, Микрофлора кефирных зерен, Lc. *Lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus* ssp., *Kefir* yeast) (ТУ 9229-166-00419785-99).

Сквашування проводили при температурі (40±2)°С протягом 6—8 год до наростання титрованої кислотності (90±2)°Т.

Модельні рецептури кисломолочних продуктів з використанням білкових концентратів наведено в табл.1

Таблиця 1. **Модельні рецептури кисломолочних продуктів з використанням КСБ — УФ-65 та КМБС-65**

Складові рецептури	Вміст у рецептурі, %			
	Рецепт. 1	Рецептура 2	Рецептура 3	Рецептура 4
Молоко пастеризоване 3,2%	97	95	93	90
КСБ-УФ-65 або КМБС-65	3	5	7	10
Всього	100	100	100	100

Перед внесенням концентрати розчиняли відібраною від загальної кількості молока частині (15—18%) при температурі (60±2) С, з подальшою витримкою протягом 10±1 хв для повного розчинення і набухання. Після чого проводилось фільтрування для забезпечення однорідності суміші. Розчинений білковий концентрат вносили в молочну основу. З метою інактивації сторонньої мікрофлори застосовували пастеризацію при температурі (85±2)°С без витримки. Суміш охолоджували та вносили закваску. Ферментація відбувалась за температури 40±2°С протягом 6—8 год.

Після сквашування визначено ряд показників, зокрема: pH, ступінь синерезису (%), титровану кислотність, (°Т), ефективну в’язкість (Па*с), масову частку сухих речовин (%).

Результати досліджень наведено в табл. 2.

Таблиця 2. **Фізико-хімічні показники продукту після сквашування**

Назва показника	Дослідний зразок								
	Контр. Зразок	КМБС-65				КСБ-УФ-65			
		3%	5%	7%	10%	3%	5%	7%	10%
pH	4,81	4,76	4,55	4,22	4,2	4,78	4,4	4,19	4,1
Титрована кислотність, °Т	87	89	94	102	104	88	90	110	114
Ступінь синерезису, %	34	25	15	10	7,5	28	17	12	9
В’язкість, Па*с	55,5 ±0,2	60,3 ±0,1	69,5 ±0,1	88,4 ±0,2	145,4±0,2	46,5 ±0,1	59,6±0,1	76,5,±0,2	130 ±0,2
Масова частка. сухих речовин, %	8,5	9,3	10,4	12,2	14,4	9,2	10,1	11,6	13,7

Наведені дані свідчать про те, що внесення у продукт білкових концентратів здійснює значний вплив на в'язкість готового продукту. В середньому на 18% зростає в'язкість при внесенні 10% як КСБ-УФ-65, так і КМБС-65.

Ступінь синерезису зменшується при збільшенні концентрації білкового препарату, сироватка виділяється повільно та у малій кількості.

Збільшується вміст сухих речовин. Це пояснюється тим, що при збільшенні вмісту сухих речовин з гідрофільними властивостями зменшується кількість вільної незв'язаної води.

При внесенні 7% КМБС -65 значення синерезису зменшується до 7,5%, що майже у двічі менше, ніж у контрольному зразку. При цьому зростає в'язкість, згусток набуває більшої пружності при внесенні КСБ-УФ-65 та КМБС-65 у кількості 5% та 7%. При концентрації 10% згусток дуже міцний, важко руйнується.

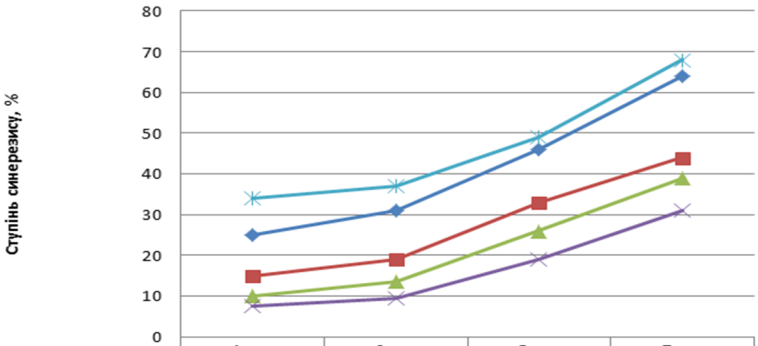
У дослідженнях виявлено, що пропорційно збільшенню кількості концентрату в продукті підвищується титрована кислотність і знижується pH. Ймовірно, це пов'язано зі зміною сольової рівноваги системи і збільшенням частки речовин, здатних до протеолізу під дією мікрофлори.

Подальші дослідження проводились під час зберігання продукту (4±2°С).

Найбільш чутливими і перспективними для оцінювання якості кисломолочних продуктів є реологічні властивості та здатність до синерезису згустку, зокрема в'язкість і ступінь синерезису. Вони залежать від складу молока і бактеріальних заквасок, режимів теплової і механічної обробки, способу і тривалості коагуляції білків молока.

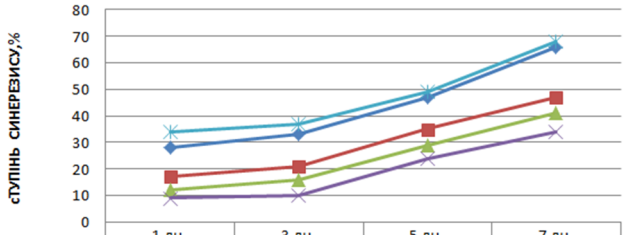
Під час дослідження зразків протягом 7 днів спостерігалася тенденція підвищення кількості відділеної сироватки. Контрольний зразок на 7-й день дослідження мав значення синерезису 68%, що є найвищим значенням серед досліджуваних зразків. Зразки з додавання білкових концентратів мали значно менші значення виділеної сироватки протягом всього терміну зберігання. Результати наведені на рис. 1, рис. 2 і рис. 3.

Зміну ступеня синерезису під час зберігання для зразків з КМБС-65 представлено на рис. 1, для зразків з КСБ-УФ-65 — на рис. 2.



	1 дн.	3 дн.	5 дн.	7 дн.
КМБС -65 3%	25	31	46	64
КМБС -65 5%	15	19	33	44
КМБС -65 7%	10	13,5	26	39
КМБС -65 10%	7,5	9,5	19	31
Конт. зраз.	34	37	49	68

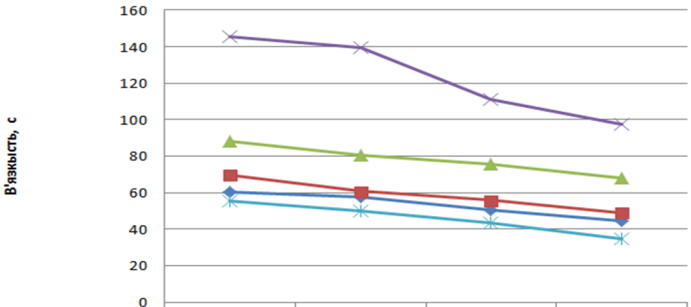
Рис. 1. Зміна ступеня синерезису під час зберігання, зразки з КМБС-65



	1 дн.	3 дн.	5 дн.	7 дн.
КСБ-УФ-65 3%	28	33	47	66
КСБ-УФ-65 5%	17	21	35	47
КСБ-УФ-65 7%	12	16	29	41
КМБС -65 10%	9	10	24	34
Конт. зраз.	34	37	49	68

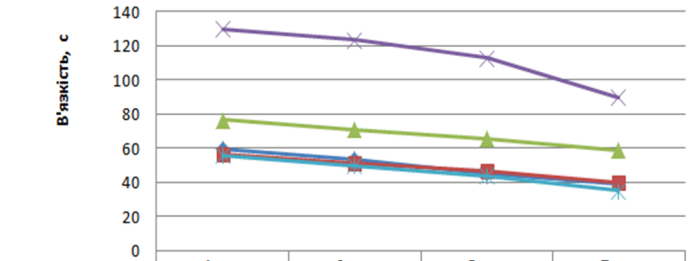
Рис. 2. Зміна ступеня синерезису під час зберігання, зразки з КСБ-УФ-65

Поряд зі зміною ступеня синерезису протягом зберігання знижується в'язкість продукту. Зміну в'язкості досліджуваних зразків протягом терміну зберігання зразків з КМБС-65 представлено на рис. 3, для зразків з КСБ-УФ-65 — на рис. 4.



	1 дн.	3 дн.	5 дн.	7 дн.
КМБС -65 3%	60,3	57,5	50,4	44,4
КМБС -65 5%	69,5	60,7	55,8	48,8
КМБС -65 7%	88,4	80,4	75,8	68,1
КМБС -65 10%	145,4	139,4	111,4	97,5
Конт. зраз.	55,5	50	43,6	35

Рис. 3. Зміна в'язкості досліджуваних зразків з КМБС-65 протягом терміну зберігання



	1 дн.	3 дн.	5 дн.	7 дн.
КСБ-УФ-65 3%	59,6	53,5	45,5	39,2
КСБ-УФ-65 5%	56,7	51,1	46,9	40,1
КСБ-УФ-65 7%	76,5	70,8	65,4	58,5
КМБС -65 10%	130	123,4	112,8	89,6
Конт. зраз.	55,5	50	43,6	35

Рис. 4. Зміна в'язкості досліджуваних зразків з КСБ-УФ-65 протягом терміну зберігання

Ефективна в'язкість досліджуваних зразків знижувалась під час зберігання. Найменш відчутна зміна відбувалась у зразках з високим вмістом білкових концентратів — 7% та 10%.

На 7-й день значення з КМБС-65 (10%) становило 97,5 Па*с. із КСБ-УФ-65 89,6 Па*с. Протягом терміну зберігання визначалась зміна титрованої кислотності.

Таблиця 3. **Зміна титрованої кислотності продукту**

Частка білкового концентрату	Термін зберігання, діб							
	1		3		5		7	
	Титрована кислотність, °Т							
	КМБС-65	КСБ-УФ-65 89	КМБС-65	КСБ-УФ-65 89	КМБС-65	КСБ-УФ-65 89	КМБС-65	КСБ-УФ-65 89
3%	89	88	93	83	99	103	123	141
5%	94	96	98	89	107	109	145	154
7%	102	110	107	101	126	138	167	165
10%	104	114	114	110	154	159	169	176
Контроль	87		87		93		107	

Титрована кислотність під час зберігання суттєво зростає, зразки з внесеними КСБ-УФ-65 та КМБС-65 у кількостях 7% та 10% вже на 5-й день досягають значення титрованої кислотності (КМБС-65 — 127**°Т ,** КСБ-УФ-65 — 138**°Т).**

Це свідчить про те, що продукти з такою кількістю внесеного білка не можуть зберігатися більше 5 діб, оскільки значення титрованої кислотності виходять за допустимі межі 130°Т. Зразки з меншими концентраціями 3% та 5% досягли критичних меж на 7-й день зберігання. Із цих даних випливає, що продукти з додаванням білкових концентратів мають термін придатності 5—7 діб, що залежить від виду внесеного концентрату та його масової частки в продукті.

Органолептична оцінка проводилась і період всього зберігання. У перші 3 дні змін у смаку, запаху та консистенції не відбувалося. Ознаки псування проявлятись у зразках із внесенням 7% та 10% на 5-й день зберігання, у зразках із 5% і 3% внесеного концентрату — на 7-й день.

Таблиця 4. **Зміни органолептичних властивостей 7% та 10% зразків на 5-у добу зберігання**

Назва показника	Досліджуваний зразок			
	КМБС-65		КСБ УФ-65	
	7%	10%	7%	10%
Консистенція і зовнішній вигляд	Пружна, щільна, однорідна	Дуже щільна, однорідна	М'яка, в'язка без видимих грудочок та вкраплень	Дуже щільна , з відшаруванням білкового пилу
Смак та запах	Кислий смак та аромат	Дуже кислий, гіркий неприємний ,властивий зіпсованому продукту	Відчутно кислий, властивий зіпсованому продукту	Кислий смак та аромат. Із суттєвою прогірклістю
Колір	Без змін	Без змін	Без змін	Без змін

За органолептичною оцінкою було виявлено, що на 5-й день зберігання зразки із 7% та 10% внесеного концентрату мають ознаки псування. Смак та

запах був неприємним. Спираючись на значення титрованої кислотності та органолептичної оцінки можна стверджувати, що зразки із внесеними КСБ-УФ-65 та КМБС-65 у кількості 7% та 10% стають непридатними для споживання на 5-й день зберігання.

За представленими показниками можна зробити висновок, що зразки із вищим вмістом білкових концентратів (табл. 4) схильні до швидшого псування. Зразки із 7% та 10% внесеного концентрату почали проявляти ознаки псування вже на 5-й день зберігання.

Відчутна зміна органолептичних властивостей у зразках із масовими частками КСБ-УФ-65 та КМБС-65 3% та 5% відбувалась на 7-й день зберігання. Результати органолептичної оцінки представлено у табл. 5.

Таблиця 5. **Органолептична оцінка зразків із масовими частками КСБ-УФ-65 та КМБС-65 в кількості 3% та 5% на 7-й день зберігання**

Назва показника	Досліджуваний зразок			
	КМБС-65		КСБ УФ-65	
	3%	5%	3%	5%
Консистенція і зовнішній вигляд	М'яка, в'язка з невеликим виділенням сироватки	М'яка, в'язка без видимих грудочок та вкраплень	М'яка, в'язка з невеликим виділенням сироватки	М'яка, в'язка
Смак та запах	Дуже кислий, гіркий неприємний, властивий зіпсованому продукту	Відчутно кислий, властивий зіпсованому продукту	Кислий, гіркий неприємний, властивий зіпсованому продукту	Відчутно кислий, властивий зіпсованому продукту
Колір	Без змін	Без змін	Без змін	Без змін

Зразки із 3% та 5% почали проявляти ознаки псування на 7-й день. Отже, зростання титрованої кислотності та зміна мікрофлори корелюється з органолептичними показниками зразків.

Висновок. Представлені дослідження доводять, що раціональна частка введення білкових концентратів типу КСБ-УФ-65 та КМБС-65 у склад кисломолочних напоїв знаходиться в діапазоні від 3 до 5%.

Внесення білкових концентратів в кількості від 3 до 5% дає змогу досягти покращення консистенції і стабільності кисломолочних напоїв за показником титрованої кислотності в термінах зберігання до 7 діб.

Подальші дослідження будуть спрямовані на розроблення рецептури продукту із внесенням комбінованої суміші різних білкових концентратів і визначення їх впливу на мікробіологічні показники продукту.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Jelen P.* Whey processing. Utilization and products / Encyclopedia of dairy sciences (Second edition), 2011. — P. 731—737.

2. *Alice B.* Nongonierma, Richard J. FitzGerald Bioactive properties of milk proteins in humans: A review. — Peptides. — 2015. — Vol. 73. — P. 20—34.

3. *Храмцов А. Г.* Феномен молочной сыворотки. Монография. — СПб.: Професия, 2011. — 802 с.

4. *Чернюшок О. А.* Сироватка молочна — біологічно цінний продукт / О. А. Чернюшок, О. В. Кочубей-Литвиненко, В. П. Василів та ін. // Харчова наука і технологія. — 2011. — № 1. — С. 40—42.

5. Structure stabilization of fermented-milk pastes / V. Pasichnyi, N. Yushchenko, I. Mykoliv, U. Kuzmyk // Ukrainian Food Journal. — 2015. — Volume IV, Issue 3. — P. 431—439.

6. *Пасічний, В. М.* (2009). Перспективні напрямки виробництва м'ясних та м'ясорослинних напівфабрикатів. Мясное дело, (8), 15—19.

7. *Пасічний, В. М., Сабадаш, П. М., Жук, І. З., & Кремешна, І. В.* Білково-жирова емульсія з кров'ю. Декларативний патент України, (70714).

8. Грек О.В. Перспективы использования белков молочной сыворотки / О. В. Грек, А. В. Тимчук // «Україна — Польша — ЄС: економіко-правові аспекти розвитку освіти і бізнесу» Збірник матеріалів міжнародного науково-практичного форуму. — Херсон: ПП Вишемирский В.С., 2013. — С. 42—47.

9. *Юдіна Т. І.* Визначення показників безпеки молочно-білкових напівфабрикатів зі сколотин // Технологічні аспекти, 2014. — С. 225—232.

10. *Дейниченко Г. В.,* Нові види копреципітатів та їх використання в харчових технологіях: Монографія. — 2010. — С.176—179.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ И СРОКИ ИХ ХРАНЕНИЯ

В. Рудюк, В. Пасичный, Т. Хорунжа, Е. Красуля
Национальный университет пищевых технологий

Целью работы было научное обоснование использования белковых концентратов молочного происхождения при изготовлении кисломолочных продуктов. Исследования строились на основе определения физико-химических и органолептических свойств сквашенных молочно-белковых смесей, которые изготовлялись из нормализованного молока с добавлением мицеллярного казеина и сухого сывороточного белка. Проанализировано влияние белковых добавок на ход технологического процесса изготовления и влияние на реологические свойства при хранения кисломолочного продукта, обоснована целесообразность внесения белковых концентратов.

***Ключевые слова**: белковый концентрат, казеин, белок, молоко, синерезис.*

УДК 663.18-044.3

CONTROL OF QUALITY AND SAFETY OF PRODUCTS WITH PROBIOTIC CULTURES

N. Riabokon
SMART FOOD PRODAKTS LLC
D. Rindyuk
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
S. Lementar, L. Martsinkevich
National University of Food Technologies

Key words:
probiotic,
quality system,
technological parameters,
control,
health,
dangerous factor

Article history:
Received 16.04.2019
Received in revised form 03.05.2019
Accepted 25.05.2019

Corresponding author:
lementar911@ukr.net

ABSTRACT

Probiotics are one of the groups of products that help improve the functioning of human body systems. As is known, these are complexes of living microorganisms that can normalize the composition and function of the microflora of the gastrointestinal tract. The high demand for probiotic products results in significant growth in the supply market. In order to ensure their maximum activity and functionality, food and pharmaceutical manufacturers should provide integrated control at all stages of production.

The purpose of the article is to create a method for evaluating the effectiveness of quality control and product safety processes in the production of probiotic products.

For this purpose, a map of the analysis of the risks of the production cycle was developed and their assessment was made according to the degree of importance and probability of occurrence.

In order to determine the overall level of the effectiveness of processes, an integral indicator is used, which calculates the achieved levels of performance of the main, managerial and security processes. This is possible due to the use of weighting factors that reflect the contribution of the effectiveness of each group of processes to the overall performance of the whole system of quality control and safety at the enterprise.

The proposed method for assessing the effectiveness of quality control and product safety processes provides an opportunity to carry out a comprehensive assessment of their functioning, which is ensured using a consolidated (integral) indicator and allows management to obtain relevant information regarding the functioning of any local process. It also enables them to identify in a timely manner those processes whose ineffective functioning causes inaccessibility of planned values, strategic indicators of the company's activity and reduces the efficiency of the company as a whole.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-12

© Н. В. Рябоконь, Д. В. Риндюк, С. Ю. Лементар, Л. В. Марцинкевич, 2019

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ПРОДУКТІВ З ПРОБІОТИЧНИМИ КУЛЬТУРАМИ

Н. В. Рябоконь, канд. техн. наук
ТОВ «СМАРТ ФУД ПРОДАКТС»
Д. В. Риндюк, канд. техн. наук
Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»
С. Ю. Лементар, канд. техн. наук
Л. В. Марцинкевич
Національний університет харчових технологій

У статті наведено основні стадії контролю якості та безпечності при виробництві продуктів з пробіотичними культурами ТМ bilancio. Розглянуто приклад впровадження принципів системи НАССР на виробничих потужностях ТОВ «СМАРТ ФУД ПРОДАКТС». Представлено метод оцінки результативності процесів контролю якості та безпечності продукції на основі аналізу ризиків виробничого циклу дільниці фасування продуктів ТМ bilancio. Наведено математичні моделі для оцінювання ефективності основних, управлінських і забезпечувальних процесів при виробництві цієї лінії продукції.
***Ключові слова**: пробіотик, система якості, технологічні параметри, контроль, здоров'я, небезпечний чинник.*

Постановка проблеми. Тенденцією сучасного ринку харчових продуктів є збільшення сектору продуктів оздоровчого, профілактичного, лікувального та дієтичного призначення.

Причинами стрімкого поширення таких продуктів є зростання захворювань, пов'язаних з розладами нормальної мікрофлори людського організму; нераціональне харчування; надмірне та неконтрольоване використання фармацевтичних препаратів; незадовільний стан довкілля; стреси тощо [1]. Тому дедалі частіше споживачі звертаються із запитом на придбання корисних і поживних харчових продуктів, які б допомогли їм покращити стан здоров'я в цілому. Покупець сподівається на високу якість такої продукції і тому виробник має бути впевненим у результативності процесів контролю якості та безпечності продукції, для чого мають бути розроблені відповідні методики оцінки ефективності таких процесів.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Однією з груп харчових продуктів, які сприяють покращенню функціонування систем організму людини є продукти, що містять пробіотики. Як відомо, пробіотики — це комплекси живих мікроорганізмів, які нормалізують склад і функції мікрофлори шлунково-кишкового тракту. Найчастіше до таких мікроорганізмів відносять біфідо- і лактобактерії, які здатні виявляти антагонізм проти патогенних й умовно-патогенних мікробів [2; 3].

Харчові продукти, що містять у своєму складі пробіотичні мікроорганізми, допомагають відновлювати мікрофлору кишечника після лікування антибіотиками, запобігають всмоктуванню алергенів і токсинів тощо [5; 6].

Великий попит на продукти з пробіотиками обумовлює значний ріст на ринку пропозицій. Але слід зазначити, що специфіка технологічного циклу виробництва такої продукції потребує особливо чіткого виробничого контролю.

Для попередження та швидкого усунення можливих проблем на виробництві, крім виконання типових для подібних виробництв норм і стандартів, також повинні забезпечуватись безперервний збір та оперативний комплексний

аналіз різнопланової інформації, до якої також належить інформація щодо процесів контролю якості та безпечності продукції [7].

Мета статті: розробка методу оцінки результативності процесів контролю якості та безпечності продукції з пробіотичними культурами на базі аналізу ефективності основних, управлінських і забезпечувальних процесів на виробництві.

Матеріали і методи. Загальна методика оцінки результативності впровадженої системи контролю показників якості та безпечності харчових продуктів базується на критеріях і показниках, які дають змогу помітити зміни, що відбулися в діяльності підприємства, визначити ступінь реалізації запланованих завдань і досягнення запланованих результатів, вибрати найбільш раціональний спосіб вдосконалення діяльності.

Оцінка результативності здійснюється за ключовими показниками, розробленими з урахуванням основних видів діяльності підприємства та вимог стандартів. При розробці інструментарію для оцінки результативності, враховано наявність базових процесів (управлінських, основних та забезпечувальних).

За допомогою методу аналізу ієрархій визначено пріоритетність (вагомість) кожного із базових процесів щодо обов'язкового дотримання вимог стандартів, тобто виділені ті процеси, які безпосередньо впливають на безпеку та якість продуктів з пробіотиками ТМ bilancio, виробником яких є ТОВ «СМАРТ ФУД ПРОДАКТС».

Результати досліджень. У належному контролі за якістю виготовленої продукції виробникам допомагає дотримання принципів НАССР. Це логічна і зрозуміла система, яка враховує всі інгредієнти та матеріали, що входять до складу продукту, процес виготовлення та подальше використання продукту [8; 9].

Розуміючи важливість показників якості готової продукції, керівництво молодої компанії ТОВ «СМАРТ ФУД ПРОДАКТС» системно дотримується принципів НАССР.

Розроблено технологічну схему виробництва продуктів ТМ bilancio (рис. 1). Після затвердження схеми технологічного процесу виробництва, зважаючи на ризикорієнтованість стандартів ISO 9001, 22000 [10], на першому етапі було розроблено карту аналізу ризиків виробничого циклу на прикладі дільниці з фасування продуктів ТМ bilancio (табл. 1) та виконано їх оцінку за ступенем важливості та ймовірністю виникнення (табл. 2).

Таблиця 1. **Карта аналізу ризиків виробничого циклу дільниці з фасування харчових продуктів**

№ з/п	Назва операції/ процесу	Ризики	Причини виникнення ризиків	Наслідки ризиків
1	2	3	4	5
1	Планування і управління інтегрованою системою менеджменту (ІСМ) якості	Інтегрована система менеджменту не функціонує; процеси і дії не сплановані	Відсутність зацікавленості керівництва у системності та налагодженості виробничого циклу; низька кваліфікація персоналу	Неконтрольована якість виготовленої продукції
2	Отримання послуг	Послуги отримано невчасно; послуги неякісні	Слабкий вхідний контроль; порушення договірних умов	Невчасне виконання замовлень, збій виробничого циклу; неконтрольована якість готової продукції

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5
Серйозність наслідків ризику (важливість фактора)	Вірогідність ризиків	Значимість ризиків	Управління ризиком (можливі заходи /коригуючі дії; посилання на інструкції, процедури)	Відповідальні особи*
6	7	8	9	10
4	1	4	Виконання вимог законодавчих актів та вимог міжнародних стандартів ISO	
4	2	8	Посилення заходів вхідного контролю; конкретизація умов співпраці у договорах; удосконалення системи простежуваності	

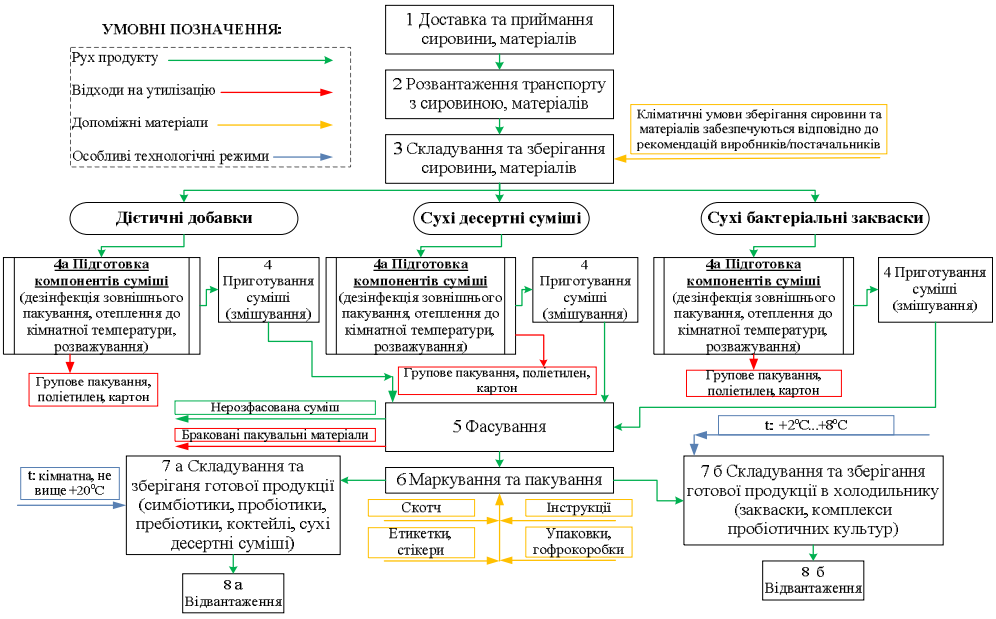


Рис. 1. Схема технологічного процесу виробництва продуктів з пробіотиками ТМ bilancio

Таблиця 2. **Пояснення до критеріїв оцінювання**

Важливість	Бал	Вірогідність	Бал
Не впливає	0	1 раз на рік	1
Майже не впливає	1	1 раз в пів року	2
Невеликий вплив	2	1 раз в квартал	3
Впливає	3	1 раз в місяць	4
Впливає значною мірою	4	1 раз в тиждень	5
		1 раз в день	6

Значимість ризиків розраховується за формулою:

Значимість = Важливість* Імовірність

Всі ризики за рівнем значимості поділено на три основні категорії:

- допустимий ризик — від 0 до 6 балів;
- середній ризик — від 7 до 12 балів;
- недопустимий ризик — від 13 до 24 балів.

Зазначимо, що недопустимих ризиків за картою не встановлено.

Область середніх ризиків на прикладі етапу технологічного процесу «Зберігання сировини, матеріалів» проаналізовано в протоколі аналізу небезпечних чинників за їх видами (фізичні, хімічні, біологічні) (табл. 3).

Область допустимих ризиків (значимість від 0 до 6 балів) регламентується та контролюється встановленими та затвердженими базовими програмами-передумовами [9]. До переліку базових програм-передумов (ПП) відносяться:

1. Конструкція і планування виробничих будівель.
2. Планування виробничих приміщень і робочої зони.
3. Електроенергія, повітря, вода. Системи їх подачі та відведення.
4. Утилізація відходів.
5. Придатність обладнання, очистка та обслуговування.
6. Управління закупівельними процесами. Постачальники.
7. Запобіжні заходи щодо перехресного забруднення.
8. Прибирання, чищення, санітарна обробка.
9. Боротьба зі шкідниками.
10. Особиста гігієна і приміщення для персоналу, вимоги до відвідувачів.
11. Відгук/відклик продукції.
12. Складське зберігання.
13. Інформація про продукти, обізнаність споживачів.
14. Захист харчових продуктів. Біотероризм, біопильність.

Таблиця 3. **Протокол аналізу небезпечних чинників дільниці з фасування харчових продуктів (сухих сумішей) (на базі карти аналізу ризиків, принципів аналізу небезпечних чинників та плану НАССР)**

Етап технологічного процесу	Операція	Види небезпечних чинників	Причини виникнення небезпечних чинників та їх джерела	Міри управління	(Шкала аналізу небезпечних чинників)			
					Важливість	Вірогідність	Значимість	Область ризику
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Зберігання сировини, матеріалів	Зберігання з пошкодженою упаковкою	Біологічні: *БГКП, патогенні мікроорганізми, дріжджі* Хімічні: *мікотоксини, залишки пестицидів* Фізичні: *сторонні предмети, домішки*	Неякісний вхідний контроль; неправильне складування	Ретельна перевірка цілісності пакування під час вхідного контролю	3	3	9	СР

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Невідповідність фактичних умов зберігання регламентованим умовам, що зазначені в документах про якість	Біологічні: *БГКП, патогенні мікро-організми, дріжджі* Хімічні: *мікотоксини, залишки пестицидів*	Відсутність контролю кліматичних умов в складських приміщеннях; недотримання заявлених умов зберігання; неуважність працівників	Щоденне заповнення журналів температурних режимів та вологості складських приміщень	4	2	8	СР
Відповідь на питання блок-схеми ІСМ-Сх.02:2019, №					ККТ / ПП/ ОПП	Запобіжні заходи щодо появи, усунення або зниження небезпечного чинника до прийнятного рівня	Примітки	
1	2	3	4	5				
10	11	12	13	14	15	16	17	
Так	Ні	-	-	-	ОПП 1	Роз'яснювальна робота з працівниками; повторні інструктажі		
Так	Так	Так	Так	Ні	ОПП 1	Вживання заходів щодо посилення контролю кліматичних та інших умов на складських приміщеннях		

Контрольний аналіз ризиків і небезпечних чинників згідно із затвердженою технологічною схемою також проведено за деревом рішень (рис. 2).

Такий подвійний аналіз дає змогу коректно ідентифікувати, яким чином необхідно контролювати показники якості та безпечності вироблених продуктів: як критичні контрольні точки (ККТ), так і базові чи операційні програми-передумови (БПП і ОПП) [7; 11].

Алгоритм та критерії оцінювання

Оцінка результативності процесів на підприємстві за групами основних, управлінських і забезпечувальних процесів здійснюється за допомогою методу аналізу ієрархії, загальна результативність процесів — за інтегральним показником.

Математична модель для оцінювання рівня результативності основних процесів:

$$X_{\text{ОСН}} = 0,04 \cdot R_{\text{М}} + 0,137 \cdot R_{\text{ЗАК}} + 0,036 \cdot R_{\text{РОЗ}} + 0,38 \cdot R_{\text{УПР ВИР}} +$$
$$+ 0,256 \cdot R_{\text{КУ}} + 0,09 \cdot R_{\text{Р}} + 0,06 \cdot R_{РЕК},$$

де $X_{\text{ОСН}}$ — загальна результативність групи основних процесів з урахуванням вагомості кожного процесу; $R_{\text{М}}$ — результативність процесу «Маркетинг»; $R_{\text{ЗАК}}$ — результативність процесу «Закупівлі сировини, таро-пакувальних та допоміжних матеріалів»; $R_{\text{РОЗ}}$ — результативність процесу «Розробка нових видів продукції ТМ bilancio»; $R_{\text{УПР ВИР}}$ — результативність процесу «Управління процесами виробництва»; $R_{\text{КУ}}$ — результативність процесу «Контроль якості та управління сировиною, наповнювачами, таро-пакувальними матеріалами /продукції невідповідної якості»; $R_{\text{Р}}$ — результативність процесу «Реалізація продукції ТМ bilancio»; $R_{\text{РЕК}}$ — результативність процесу «Рекламації та відкликання продукції ТМ bilancio».

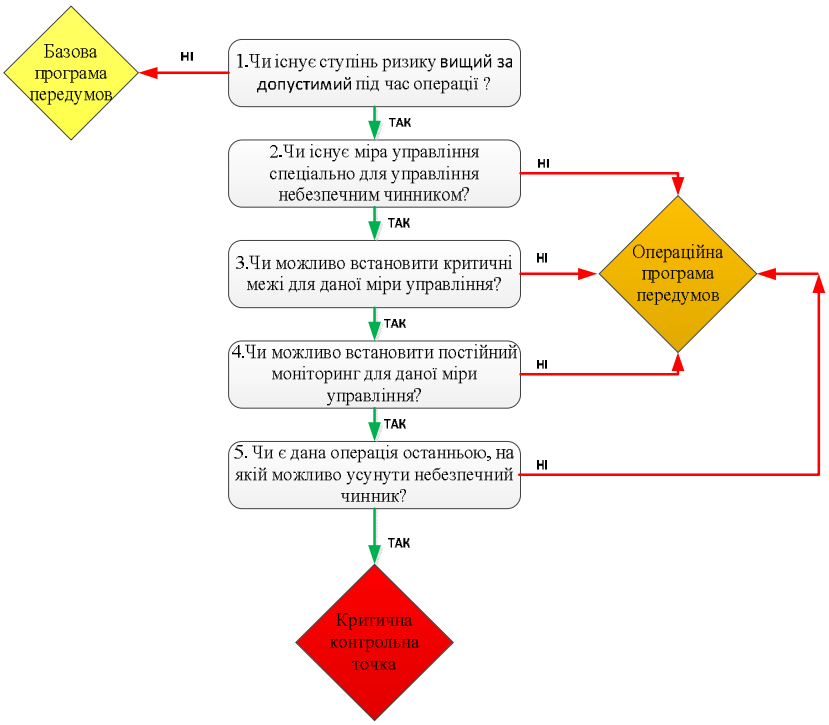


Рис. 2. Дерево рішень для класифікації ККТ, ОП, ОПП

Математична модель для оцінювання рівня результативності управлінських процесів:

$$X_{\text{УПР}} = 0,257 \cdot R_{\text{АВ}} + 0,49 \cdot R_{\text{ВА}} + 0,252 \cdot R_{\text{ВК}},$$

де $X_{\text{УПР}}$ — загальна результативність групи управлінських процесів з урахуванням вагомості кожного процесу в цій групі; $R_{\text{АВ}}$ — результативність процесу «Аналіз та вдосконалення»; $R_{\text{ВА}}$ — результативність процесу «Внутрішні аудити»; $R_{\text{ВК}}$ — результативність процесу «Відповідальність з боку керівництва».

Математична модель для оцінювання рівня результативності забезпечувальних процесів:

$$X_{\text{ЗАБЕЗ}} = 0{,}183 \cdot R_{\text{УД}} + 0{,}46 \cdot R_{\text{УП}} + 0{,}3 \cdot R_{\text{УО}} + \\ +0{,}038 \cdot R_{\text{ЕМ}} + 0{,}062 \cdot R_{\text{УПБ}},$$

де $X_{\text{ЗАБЕЗ}}$ — загальна результативність групи забезпечувальних процесів з урахуванням вагомості кожного процесу в цій групі; $R_{\text{УД}}$ — результативність процесу «Управління документацією та записами»; $R_{\text{УП}}$ — результативність процесу «Управління персоналом»; $R_{\text{УО}}$ — результативність процесу «Управління обладнанням»; $R_{\text{ЕМ}}$ — результативність процесу «Екологічний моніторинг»; $R_{\text{УПБ}}$ — результативність процесу «Управління професійною безпекою».

Для визначення загального рівня результативності процесів застосовано інтегральний показник, при розрахунку якого враховуються досягнуті рівні результативності основних, управлінських і забезпечувальних процесів, що стало можливим за умови застосування коефіцієнтів вагомості, які відбивають внесок результативності кожної групи процесів у загальну результативність функціонування всієї системи контролю якості та безпечності на підприємстві:

$$Y_{ICM} = 1 - \left[X_{\text{осн}}^{E_{\text{осн}}} \cdot X_{\text{упр}}^{E_{\text{упр}}} \cdot X_{\text{забез}}^{E_{\text{забез}}} \right],$$

де Y_{ICM} — інтегральний показник загального рівня результативності всієї системи контролю якості та безпечності на підприємстві; $X_{\text{осн}}$, $X_{\text{упр}}$, $X_{\text{забез}}$ — фактичні рівні результативності по групах основних, управлінських та забезпечувальних процесів; $E_{\text{осн}}$, $E_{\text{упр}}$, $E_{\text{забез}}$ — коефіцієнти вагомості, що відбивають внесок результативності кожної групи процесів у загальну результативність функціонування процесів.

Коефіцієнти вагомості встановлюються керівництвом безпосередньо перед початком роботи з оцінювання результативності процесів.

З огляду на необхідність інтерпретації розрахованого числового значення інтегрального показника загальної результативності процесів, використовується шкала оцінки, яка знаходиться у діапазоні від 0 до 1: чим вищий рівень загальної результативності, тим ближче знаходиться розраховане числове значення інтегрального показника до 1 і, навпаки, чим нижчий рівень загальної результативності, тим ближче знаходиться розраховане числове значення інтегрального показника до 0.

Висновки. Отже, наведений метод оцінки результативності процесів контролю якості та безпечності продукції надає можливість провести комплексну та всебічну оцінку їх функціонування, що забезпечується, по-перше, завдяки використанню зведеного (інтегрального) показника; по-друге, дає змогу керівництву отримувати релевантну інформацію стосовно функціонування будь-якого локального процесу та своєчасно ідентифікувати ті процеси, нерезультативне функціонування яких спричиняє недосягання планових значень, стратегічних показників діяльності підприємства, результативність й ефективність роботи підприємства в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Янковский Д. С.* Микрофлора и здоровье человека / Д. С. Янковский, Г. С. Дымент. — К.: ТОВ «Червона Рута-Турс», 2008. — 552 с.

2. *Fujimori S.* A randomized controlled trial on the efficacy of symbiotic versus probiotic or prebiotic treatment to improve the quality of life in patients with ulcerative colitis. / S. Fujimori, K. Gudis, K. Mitsui. // Nutrition. — 2009. — Vol.25, No.5. — P.520—525.

3. *Sungsoo S. C.* Handbook of prebiotics and probiotics ingredients: health benefits and food applications. / Susan Sungsoo Cho, E. Terry Finocchiaro. — CRC Press is an imprint of the Taylor & Francis Group, 2010. — 435 p.

4. Effect of processing conditions on the prebiotic activity of commercial prebiotics / J. Huebner, R.L. Wehling, A. Parkhurst, R. W. Hutkins // International Dairy Journal. — 2008. — Vol.18. — P. 287—293.

5. *Перлмуттер Д.* Кишечник и мозги / Д. Перлмуттер, К. Лоберг. — М.:Манн, Иванов и Фербер, 2017. — 336 с.

6. *Эндерс Д.* Очаровательный кишечник. Как самый могущественный орган управляет нами / Д. Эндерс; пер. с нем. А.А. Перевощиковой. — Київ: Форс Україна, 2017. — 336 с.

7. Система НАССР. Довідник: / Львів: НТЦ «Леонорм-Стандарт», 2003 — 218 с. — (Серія «Нормативна база підприємства»)

8. *Егоров В. С.* Система менеджмента безопасности пищевой продукции на малых предприятиях в соответствии с требованиями международного стандарта НАССР / В. С. Егоров, П.И. Пашков, А.Е. Сомков. — М.: Клюква-М, 2009. — 80 с.

9. GMP в пищевой промышленности: Пособие по ответственному управлению / Британский институт пищевых наук и технологий. — Перев. с англ. - СПБ.: ИД «Профессия», 2017 — 292 с.

10. *Мортимор С*, НАССР. Практические рекомендации / С. Мортимор, К. Уоллес; перев. с англ. 3-го перераб. изд. — СПБ.: ИД «Профессия», 2014 — 520 с.

11. *Hazard* analysis and critical control point (HACCP) system and guidelines for its application / Codex (Joint FAO/WHO Food Standards Programmer, Codex Alimentarius Commission) // Food Hygiene Basic Texts. — 4th ed. — Rome: Joint FAO/WHO Food Standards Programmer, FAO, WHO, 2009.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКТОВ С ПРОБИОТИЧЕСКИМИ КУЛЬТУРАМИ

Н. В. Рябоконь
ООО «СМАРТ ФУД ПРОДАКТС»
Д. В. Рындюк
Национальный технический университет Украины «КПИ имени Игоря Сикорского»
С. Ю. Лементарь, Л. В. Марцинкевич
Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены основные стадии контроля качества и безопасности при производстве продуктов с пробиотическими культурами ТМ bilancio. Рассмотрен пример внедрения принципов системы НАССР на производственных мощностях ООО «СМАРТ ФУД ПРОДАКТС». Представлен метод оценки результативности процессов контроля качества и безопасности продукции на основе анализа рисков производственного цикла участка фасовки продуктов ТМ bilancio. Приведены математические модели для оценки эффективности основных, управленческих и обеспечивающих процессов при производстве этой линии продукции.

***Ключевые слова**: пробиотик, система качества, технологические параметры, контроль, здоровье, опасный фактор.*

УДК: 628.356; 628.113; 628.543.

JUSTIFICATION OF BIOCHEMICAL OXIDATION FROM CONTAMINATION OF OIL WASTEWATER

O. Semenova, N. Bublienko, T. Suleyko
National University of Food Technology
L. Reshetnyak
National Aviation University

Key words:
sewage,
petroleum products,
pinotek,
active sludge,
biochemical purification

Article history:
Received 13.04.2019
Received in revised form 15.05.2019
Accepted 29.05.2019

Corresponding author:
tata_t2008@ukr.net

ABSTRACT

The main indicators of pollution of oil-containing sewage produced at food industry enterprises are analyzed. The suitability of the waste data for the biochemical purification process has been confirmed.

The study of the process of biological oxidation of hydrocarbon sewage at the biochemical purification unit is carried out, which helps to ensure saturation of sewage with oxygen and the removal of hydrocarbon-containing contaminants from the water by active sludge due to adsorption. The basic hydrochemical and technological parameters of the purification process are determined. The possibility of partial degradation by organisms of active sludge pollution of hydrocarbon sewage is confirmed. It has been established that a silt-water mixture, saturated with oxygen in a pinot tank, requires a shorter duration of stay in aerotanks-luminaires, which results in a high efficiency of sewage treatment at a shorter time of treatment.

The hydrobiological composition of active sludge is investigated. It is confirmed that the laws of development and formation of biocenose active sludge of the experimental plant, although having features, but in general, are similar to the laws of development of hydrobionts in aerotanks. The species and quantitative composition of the active sludge involved in the purification process was analyzed. It was determined that quantitative content of active sludge is more than quantitative, which is explained by the fact that in the experimental plant prevailing forms that are catalyzed by monooxygenases, which is determined by their significant ability to oxidize hydrocarbon sewage.

The efficiency of work confirms the presence of indicator organisms that are part of the active sludge treatment plant. It is assumed that the basis of the ecosystem of active sludge involved in the purification process, both in terms of quantity and significance in the process of purification, are gram-negative, aerobic rod-shaped bacteria in the form of plasmoid-like clusters of Zoogloea.

Tests have been conducted on the intensification of the operation of the treatment plant.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-13

© О. І. Семенова, Н. О. Бублієнко, Т. Л. Сулейко, Л. Р. Решетняк, 2019

ОБҐРУНТУВАННЯ БІОХІМІЧНОГО ОКИСНЕННЯ ЗАБРУДНЕНЬ ВУГЛЕВОДНЕВМІСНИХ СТІЧНИХ ВОД

О. І. Семенова, канд. техн. наук
Н. О. Бублієнко, канд. техн. наук
Т. Л. Сулейко
Національний університет харчових технологій
Л. Р. Решетняк, канд. техн. наук
Національний авіаційний університет

У статті проведено дослідження процесу біологічного окиснення вуглеводневмісних стоків на блоці біохімічного очищення. Визначено основні гідрохімічні і технологічні показники процесу очищення. Підтверджено можливість часткової деструкції організмами активного мулу забруднень вуглеводневмісних стічних вод. Досліджено гідробіологічний склад активного мулу та проведені випробування з інтенсифікації роботи очисної споруди.
Ключові слова: *стічні води, нафтопродукти, пінотенк, активний мул, біохімічне очищення.*

Постановка проблеми. Вплив антропогенного чинника на біосферу Землі призвів до потрапляння в атмосферу, воду і ґрунт забруднюючих речовин і токсикантів, зміни хімічного складу об’єктів довкілля і, як наслідок, до деградації екосистем і глобальної екологічної кризи. Поліпшення стану навколишнього середовища потребує узгодженої взаємодії людського суспільства з природою і суттєвих екологічних знань.

Одним із небезпечних забруднювачів навколишнього середовища вважаються стічні води, оскільки вони взаємодіють з повітрям і ґрунтом, є джерелом токсичних компонентів. Складніше піддаються очищенню вуглеводневмісні стічні води, які містять нафтопродукти, що складно виділити з води.

На кожному підприємстві харчової промисловості в результаті миття обладнання, автомобільних цистерн, потрапляння технічних масел у воду, утворюються нафтовмісні стічні води. Також потужним джерелом таких стоків на харчових підприємствах є, зазвичай, розвинуте автомобільне господарство, яке призначене для перевезення тваринної та рослинної сировини, допоміжних матеріалів і кінцевих продуктів.

Для очищення цієї категорії стоків використовують в основному механічні та фізико-хімічні способи [1; 9]. Оскільки нафтопродукти в стічних водах перебувають у розчиненому вигляді або емульгованому стані, це не дає змоги повною мірою вирішити проблему видалення таких забруднень із них. Тому, з метою забезпечення виконання вимог стандарту за якістю води, необхідно використовувати біохімічне очищення, адже в таких стоках містяться легкі фракції нафти, зокрема бензин, гас, дизельне паливо, уайт-спірит, лігроїн тощо [3].

Для очищення вуглеводневмісних стічних вод використовують комбіновані установки, що виконують функції аеротенка та вторинного відстійника, аероакселератора, оксидатора, реактиватора, в яких у різних комбінаціях поєднуються процеси аеробного біохімічного окиснення, біокоагуляції, відстоювання тощо [4; 7].

Біохімічне окиснення забруднень вуглеводневмісних стічних вод залежить від здатності їх піддаватись окисненню.

Мета дослідження: визначення ефективності роботи блоку біохімічного очищення на основі визначення організмів активного мулу.

Матеріали і методи. Досліди проводились на лабораторній установці — блоці біохімічного очищення. Процес відбувався в безперервному режимі. Для підтримання постійної концентрації активного мулу в очисних спорудах здійснювали його рециркуляцію.

Для визначення основних гідрохімічних і технологічних показників процесу очищення були використані стандартні методики [5]. Так, визначали показники забрудненості за ХСК і $БСК_5$; концентрації нафтопродуктів, завислих речовин, азоту амонійних солей, нітратів, нітритів; pH; ефективність очищення, яка визначається як співвідношення кількості вилучених забруднювальних речовин до початкової їх концентрації за ХСК.

Результати досліджень. У процесі дослідження були визначені основні показники забрудненості нафтовмісних стічних вод, які показали, що стоки придатні для біохімічного очищення, а саме: концентрація нафтопродуктів — 80 мг/дм^3, $БСК_5$ — 130 мг O_2/дм^3, ХСК — 300 мг O_2/дм^3, завислі речовини — 125 мг/дм^3, pH 6,9, азот амонійних солей — 36 мг/дм^3, нітрити — 0,30 мг/дм^3, нітрати — 0,25 мг/дм^3.

Згідно з результатами проведених аналізів співвідношення $БСК_5$/ХСК становить 0,43, що свідчить про можливість часткової деструкції організмами активного мулу забруднень вуглеводневмісних стічних вод.

Процес аеробного очищення вуглеводневмісних стічних вод здійснювали на лабораторній установці — блоці біохімічного очищення, який складається з пінотенка й аеротенка-освітлювача (рис. 1).

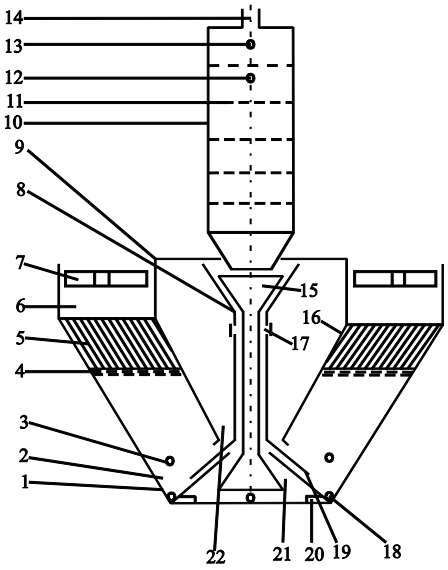


Рис. 1. — Схема блоку біохімічного очищення: 1 — корпус; 2 — зона завислого шару; 3 — випускання циркулюючого активного мулу; 4 — сітка-електрод; 5 — ламінаризатор; 6 — захисна зона; 7 — збірні лотки, вихід очищеної води; 8 — перегородка; 9 — перекриття; 10 — корпус пінотенка; 11 — тарілки; 12 — впускання циркулюючого активного мулу; 13 — впускання стічної води; 14 — випускання повітря; 15 — напрямна колонка; 16 — перегородка; 17 — переливні вікна із шиберами; 18 — система випускання; 19 — «зуб»; 20 — аератори; 21 — зона аерації; 22 — зона дегазації

Пінотенк використовується для насичення стічної води киснем і вилучення вуглеводневмісних забруднень із води активним мулом за рахунок адсорбції. Проведено вимірювання концентрації кисню, розчиненого в муло-водяній суміші, на різних рівнях висоти пінотенка, а також концентрації забруднень за $БСК_5$ у відстояних пробах, відібраних на тих же рівнях. Результати вимірювань наведені на рис. 2.

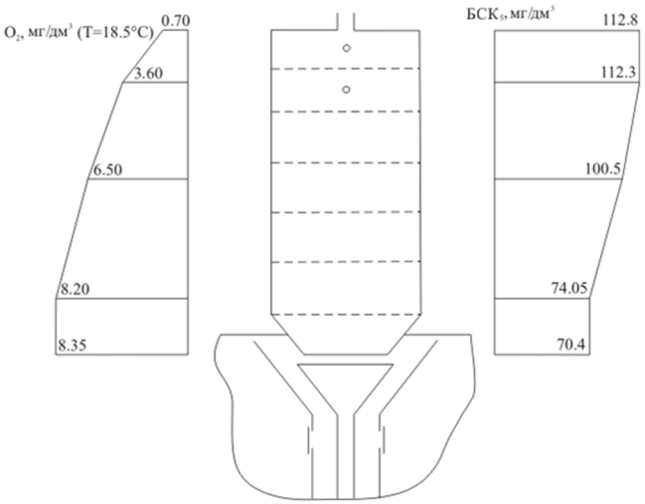


Рис. 2. Розподіл концентрацій O_2 и $БСК_5$ по висоті пінотенка

Результати свідчать про те, що муло-водяна суміш, яка виходить із пінотенка в аеротенк-освітлювач, практично насичена киснем, а забруднення за $БСК_5$ у стічній воді частково переміщені з рідкої фази на пластівці мулу, який надходить ерліфтом із зони завислого шару аеротенка-освітлювача в пінотенк. Без сумніву, частина забруднень, що знаходиться в розчиненій фазі і легко окиснюється, використовуються мулом як поживні речовини.

Муло-водяна суміш, насичена киснем у пінотенку, потребує меншої тривалості перебування в аеротенку-освітлювачі, за рахунок чого досягається висока ефективність очищення стічної води при меншому часі її обробки. Завислий шар в аеротенку-освітлювачі є не лише зоною розділення муло-водяної суміші, а й реактором окиснення.

Зона розміщення ламінаризаторів (над завислим шаром) забезпечує, з одного боку, підвищення ефективності освітлення очищеної води, а з іншого — стабілізує роботу установки при динамічних порушеннях, у чому і полягає їх головне призначення.

Повне біохімічне окиснення органічних сполук, їх мінералізація з утворенням неорганічних речовин досягається в результаті цілого ряду послідовних реакцій — біохімічних перетворень чи трансформацій. Хімічний і композиційний склад нафти визначають особливості метаболізму утилізації їх організмами активного мулу. Швидкість деградації вуглеводнів нафти оцінюється тільки з огляду на можливості складноорганізованих біоспільнот, а не окремих видів організмів [2; 10].

У різних типах очисних споруд створюються різні фізико-хімічні умови, в результаті чого в них розвиваються різні групи організмів. За період випро-

бувань процесу біохімічного очищення вуглеводневмісних стічних вод на лабораторній установці було визначено біоценоз активного мулу, включаючи індикатори — найпростіші і безхребетні.

У результаті аналізу індикаторних форм гідробіонтів встановлено, що закономірності розвитку і формування біоценозу активного мулу, хоч і мають особливості, але загалом подібні до закономірностей розвитку гідробіонтів в аеротенках.

В активному мулі аеротенків переважаючою групою організмів є бактерії. За видовим складом практично не встановлено різниці, але за кількісним — активний мул споруд з очищення стоків харчової промисловості багатший. Цей факт пояснюється тим, що в дослідній установці переважали форми, які каталізуються монооксигеназами, чим і обумовлюється їх значна здатність до окиснення вуглеводневмісних стічних вод. Також визначені найпростіші, інфузорії, зооглеї, гриби, черви та коловертки.

Висновки. Результати досліджень свідчать про інтенсифікацію процесу біохімічного очищення вуглеводневмісних стічних вод, за рахунок апаратурного оформлення, зокрема наявності пінотенка. В останньому за рахунок насичення стоків великою кількістю кисню активний мул виявляє здатність до окиснення вуглеводнів і до додаткової сорбції нафтопродуктів у пінних шарах і на пластівцях активного мулу. Ефективність роботи підтверджується наявністю в активному мулі найпростіших *Aspidisca*, *Zoogloea*, інфузорій *Vorticella convallaria*, *Opercularia*, які є індикаторами якісно працюючого мулу.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Бондар О. А.* Технологічні аспекти процесів очищення стічних вод промислових підприємств, що містять нафтопродукти та поверхнево-активні речовини / Бондар О. А., Нікітін Г. О., Шевченко Л. Ю., Шевченко О. Ю. // Харчова промисловість. — 2007. — № 5. — С. 53—55.

2. Выделение и изучение прикладных свойств микроорганизмов нефтедеструкторов / Бакулин М. К., Кучеренко А. С., Алпашкин Р. И. и др. // Сборник материалов Всероссийской науч.-техн. конф. «Наука — производство — технологии — экология». — Киров, 2003. — Т. 3. — С. 78—79.

3. *Канский А. Б.* К вопросу о повышении эффективности очистки воды от масел и нефтепродуктов в производственных водоемах / А. Б. Каннский // Промышленная энергетика. — 2009. — № 1. — С. 19—21.

4. *Куприенко П. И.* Все об очистке сточных вод / Куприенко П. И. // Водоподготовка. — 2005. — № 2 — С. 29—37.

5. *Муравьев А. Г.* Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами / Муравьев А. Г. — СПб.: Крисмас, 2004. — 248 с.

6. Пат. 75309 Україна, МПК C02F 11/02 (2006.01). Аеротенк-прояснювач / Семенова О. І., Ткаченко Т. Л., Бублієнко Н. О., Шилофост Т. О.; власник Національний університет харчових технологій. — № u 2012 06205; заявл. 23.05.2012; опубл. 26.11.2012, Бюл. № 22.

7. *Семенова О. І.* Очищення стічних вод, що містять нафтопродукти / Семенова О. І., Бублієнко Н. О., Ткаченко Т. Л., Говоруха Т. О. // Наукові праці Національного університу харчових технологій. — 2012. — № 42. — С. 53—60.

8. Семёнова Е. И. Биохимическая очистка нефтесодержащих сточных вод / Семёнова Е. И., Бублиенко Н. А., Шилофост Т. А., Бублиенко А. В. // Химия и технология води. — 2013. — Т.35, № 4. — С. 331—340.

9. *Халилова Х. Х.* Способ очистки воды от нефтяных загрязнений / Халилова Х. Х., Мамедов М. К. // Химия и технология воды, 2008. — Т. 30. — № 3 — С. 339—344.

10. *Semenova O.* Process parameters investigation of biochemical oxidation of wastewater oil processing products unit / Semenova O., Bublienko N., Smirnova J., Shylofost T. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2014. — Т. 20, № 1. — С. 34—37.

ОБОСНОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ УГЛЕВОДОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

Е. И. Семёнова, Н. А. Бублиенко, Т. Л. Сулейко
Национальный университет пищевых технологий
Л. Р. Решетняк
Национальный авиационный университет

Проведено исследование процесса биологического окисления углеводосодержащих стоков в блоке биохимической очистки. Определены основные гидрохимические и технологические показатели процесса очистки. Подтверждена возможность частичной деструкции загрязнений анализируемых сточных вод организмами активного ила. Исследован гидробиологический состав активного ила и проведены испытания по интенсификации работы очистного сооружения.
Ключевые слова: *сточные воды, нефтепродукты, пинотенк, активный ил, биохимическая очистка.*

УДК 628.1.663.6

OXIDATIVE RESTORING BALANCE OF DRINKING WATER — INDICATOR OF ITS QUALITY AND PHYSIOLOGICAL FULLNESS

A. Ukrainets, Yu. Bolshak, A. Marynin, V. Shpak
National University of Food Technologies

Key words:
basalt fiber,
oil sorbents,
oil absorption,
water absorption,
theoretical model of modified fibrous sorbent

Article history:
Received 20.04.2019
Received in revised form 10.05.2019
Accepted 29.05.2019

Corresponding author:
svyatnenko@i.ua

ABSTRACT

The physicochemical regularities of the processes of redistribution of film oil products from the phase boundaries of water/air to the boundary of the sorbent fiber/water are considered. Increase the efficiency of using a microfiber sorbent from modified microfiber basalt fiber. Development of an improved method for fiber modification by hydrophobizing fibers in a colloidly modified aqueous hydrophobic dispersion, which allows to significantly improve the techno-economic and environmental parameters of the process. The geometric model of a fibrous sorbent is described as a system of capillary membranes and is formed by closely spaced elementary fibers of the same size. The model of the mechanism sorption of the nonpolar component of the water system on the hydrophobic fiber location is proposed as the equivalent of a linear micelle with a hydrophobic nucleus and two linear hydrophilic sprouts. Then, the modified basalt fiber can be considered as a spatially chaotically wired chain of linear micelles. This theoretical model corresponds to high sorption kinetics and increased adhesion properties of the sorbent in relation to film oil products. The comparative characteristics of various natural mineral oil sorbents based on inorganic and synthetic organic materials and modified basalt ultrahigh fiber with highly dispersed oleophilic polysiloxane polymers are presented. The uncontested advantages of composite thin-fiber and oil-sorbent have been substantiated and demonstrated. The author's contribution to perfection of oil-sorbent by means of colloid-chemical modification of basalt fiber with a composition oleophilic polymer film formulation from aqueous polyelectrolytes and polymeric dispersions is described. The high technical, economic and environmental potential of the new highly effective development is substantiated.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-14

© А. І. Українець, Ю. В. Большак, А. І. Маринін, В. В. Шпак, 2019 р.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ СОРБЦІЇ НАФТОПРОДУКТІВ З ПОВЕРХНІ ВОДИ ТОНКОВОЛОКНИСТИМИ КОМПОЗИЦІЙНИМИ СТРУКТУРАМИ, ІНВЕРСНИМИ МЕМБРАННИМ СТРУКТУРАМ

А. І. Українець, д-р техн. наук
Ю. В. Большак, канд. хім. наук
А. І. Маринін, канд. техн. наук
В. В. Шпак, інженер
Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто фізико-хімічні закономірності процесів перерозподілу плівкових нафтопродуктів з фазових меж вода/повітря на межу волокно сорбенту/вода. Запропоновано модель механізму сорбції неполярного компонента водної системи на гідрофобізованій локації волокна як еквівалент лінійної міцели з гідрофобним ядром і двома лінійними гідрофільними відростками. Тоді модифіковане базальтове волокно може розглядатися як просторово хаотично звитий ланцюг з лінійних міцел. Така теоретична модель відповідає високій кінетиці сорбції та підвищеним адгезійним властивостям сорбенту щодо плівкових нафтопродуктів

Ключові слова: *базальтове волокно, нафтосорбенти, нафтопоглинання, водопоглинання, теоретична модель модефікованого волокнистого сорбенту.*

Постановка проблеми Класична мембрана являє собою твердотільний матрикс, наскрізь прорізаний повітряними капілярними порожнинами. Серед методів очищення поверхні води від нафтопродуктів відомі своєю високою ефективністю тонковолокнисті просторові структури з надтонкого гідрофільного волокна з гідрофобізованими фрагментами на його поверхні. Структура таких нафтосорбентів натомість являє собою повітряний матрикс, наскрізь прорізаний надтонкими волокнами, тобто така структура є, по суті, інверсною стосовно мембранних структур. У такій, на перший погляд, альтернативній мембранам структурі фізико-хімічні явища, які обумовлюють ефективність їх застосування, насправді є тотожними колоїдно-хімічним явищам, притаманним мембранним процесам: гідрофобно-гідрофільним фазовим взаємодіям, капілярним явищам тощо.

Надтонкі базальтові промислові волокна з товщиною 0,2—2,0 мкм є об’єктами, інверсними реальним мембранним порам, тому обґрунтованим при розгляданні механізму розділення двох фаз в обох процесах є використання уявлень капілярної хімії.

Мета статті: підвищення ефективності використання мікроволокнистого сорбенту з модифікованого мікроволокнистого базальтового волокна. Розробка вдосконаленого методу модифікації волокна шляхом гідрофобізації волокна в колоїдно модифікованій водній гідрофобній дисперсії, що дає змогу значно поліпшити техніко економічні та екологічні показники процесу.

Викладення основних результатів дослідження. Для очищення поверхонь водойм від плівкових нафтопродуктів використовують масу різноманітних дисперсних нафтосорбентів як природного, так і синтетичного походження, кожний з яких має свої переваги та недоліки. Природні нафтсорбенти є, як правило, одноразового використання. Застосування синтетичних тонковолокнистих

структур підвищило ефективність сорбції, дозволило утримувати нафтопродукти в об'ємі матеріалу з подальшою регенерацією та повторним використанням. Але на відміну від розпушеного вуглецевого сорбенту, який після використання залишається калорійним паливом, його синтетичні конкуренти при спалюванні стають джерелом високотоксичних ксенобіотиків.

Надтонкі гідрофобізовані базальтові волокна мають позитивну плавучість на відміну від гідрофільної промислової базальтової вати. Плаваючи на поверхні, композиційна базальтова ватна структура досить швидко — за лічені хвилини — здатна насичуватися нафтопродуктом, заповнюючи останнім весь свій геометричний об'єм. Крім цього, сорбована на волокнах нафта здатна вигорати у плаваючому стані, тоді як плівка нафтопродукту на поверхні води не горить.

Процес сорбції волокнистим сорбентом описаний геометричною моделлю в [4]. Зв'язані структурою сорбенту нафтопродукти легко видаляти з води і вони здатні до регенерації та повторного використання. Порівняльні характеристики різних нафтосорбентів наведено у табл. 1.

Таблиця 1.

Матеріал	Нафтопоглинання, г/г	Водопоглинання,г/г	Частка віджиму нафти, %
Солома пшенична (січка)	4,1	4,3	36
Лушпиння гречане	3,0—3,5	2,2	44
Кора осики чи осини	0,5/0,3	0,8/0,8	25/0
Деревинна тирса	1,7	4,3	10—20
Лігнін гідролізний	1,5—3,0	4,1	25
Торф	17,7	24,3	74
Мох сухий	3,5—5,8	3,1—3,5	—
Шерсть	8,0—10,0	4,5	87
Вугілля буре подрібнене	1,0—2,0	0,2	—
Макропористий технічний вуглець	4,0—4,5	0—1,0	10—81
Синтетичні органічні матеріали			
Пінополістирол, гранули, волокна	9,3/7,0—12,0	4,5/6,0—11,5	0/80—90
Поліпропілен, гранули/волокна	1,6/12—40	1—60	0/40—80
Шини подрібнені	3,6	7,2	55
Каучукова крихта	5,1	0,3	0
Формальдегідна крихта	22,3	0,1	0
порошок	39,6	0,1	60
Поролон листовий	14,5—35,2	1,3—25,9	—
гранульований	36,9	30,7	75—85
Синтапон	46,3	42—52	94
Лавсан (волокно)	4,7—14,1	4,3—13,0	60—82
Неорганічні матеріали			
Вспінений нікель	2,9	3,0	0
Скловолокно	5,4	1,7	60
Графіт модифікований	40,0—60,0	0,5—1,0	10—65
Перліт	5,0—7,0	0,5	0
Базальтове волокно модифіковане	37	0,5	27

Авторами геометричної моделі теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено модель волокнистого сорбенту як систему, інверсну капілярам, утвореним близько розташованими елементарними волокнами однакового розміру [1]. Сам термін «поглинання нафти сорбентом» є, по-суті, є інтегруючим визначенням складного процесу сорбції, який складається з таких явищ, як адсорбція, адгезія та капілярні процеси, а також змочування нафтопродуктом гідрофобної частини поверхні сорбенту, накопичення й утримання останньою (аж до повного заповнення нафтопродуктом просторових меж, які визначають геометричний об'єм сорбційного матеріалу [2].

Результатом сукупності означених фізико-хімічних явищ, що відбуваються між двома фазами, стає те, що визначає саму сутність сорбційних процесів, а саме: самочинний перерозподіл компонентів системи між двома фазами.

Для тонковолокнистих базальтових композиційних структур (ТБКС) та деяких інших волокнистих сорбційних матеріалів виявлено здатність повністю заповнювати їхній геометричний об'єм. Якщо ж сорбент з волокнистою структурою дрібно диспергується, то, як встановлено в [3], максимальна величина нафтопоглинання досягається, коли товщина шару диспергованого волокнистого сорбенту, розподіленого по поверхні розлитого нафтопродукту, наближається до товщини плівки розлитого нафтопродукту.

Поглинаюча здатність сорбенту «DULRAMOBSORB» [3].

Таблиця 2.

Тип розлитого нафтопродукту	Товщина шару, мм	Кількість нафтопродукту, г/г поглинутого	Ступінь віджиму нафтопродукту, %
Сибірська нафта	33—43	28,6—37,8	86.6—90,5
Мастило «NOVOIL»	50—60	43,9—52,6	87,8—91,3
Дизельне паливо	24,9—30,9	19,4—26,1	77,1—84,4
Автомобільний бензин	32,8—33,0	25,8—36,6	78,7—80,6

Як видно з даних табл. 2, в якій наведено поглинаючу здатність ефективного природного тонковолокнистого сорбенту «DULROMABSORB», нафтопоглинання досягає 60 г/г і не є меншою за 24,9 г/г. При цьому досягається висока ступінь віджиму до 77,1—91,3%.

Дані табл. 2 підкреслюють обґрунтованість вибору оптимальної товщини уніфікованих нафтосорбуючих матів 3—5 см, що надало їм максимальних сорбуючих показників, які зберігаються при очищенні від різних типів нафтопродуктів.

У [3] пропонується прийняти модель умовного каналу (трубки) як просторового каналу, утвореного між зовнішніми поверхнями волокон, стиснутих у лінійних пучках. Було проведено також порівняння підйому нафтопродуктів у скляних трубках та в умовних каналах між волокнами сорбенту. Для умовних каналів з щільною та вільною упаковкою волокон була розрахована теоретична висота підйому нафтопродукту H за формулою:

$$H = \delta / g\, de, \qquad (1)$$

де δ — коефіцієнт поверхневого натягу і щільність нафтопродукту; g — прискорення вільного падіння; de — еквівалентний діаметр каналу.

Розрахунки [3] показали, що максимальна висота підйому нафтопродуктів у шарі сорбенту 6,8 см можлива в умовах капілярного механізму всмоктування нафтопродукту в шарі з вільною упаковкою волокон сорбенту, коли канал формується з 3—6 волокон «DURABSORB». (Волокна цього сорбенту — це пучки нитковидних лінійних структур довжиною 15—20 см і діаметром нитки 5—6 мкм, які є волокнистою частиною плода дерева SUMAUMA, Мозамбік).

Для ТБКС характерне поглинання нафтопродуктів усім об'ємом сорбенту. Як зазначається в [3], гідрофобізацію базальтових волокон здійснюють шляхом розпилення в боксі з волокном аерозолю поліорганосилоксанової смоли з подальшою термополімеризацією. В результаті на поверхні волокон фіксуються частинки гідрофобного полімеру з певною густиною вздовж волокон. Кожний такий центр гідрофобізації, який можна також розглядати як адгезійну локацію щодо сорбції нафтопродуктів, з іншого боку, нагадує елементарну лінійну міцелу, яка має гідрофобне ядро і два гідрофільних відростки. Тоді модифіковану базальтову вату можна розглядати як просторово хаотично звитий ланцюг лінійних міцел. Але на відміну від класичної міцели, гідрофобне ядро нашої моделі розподілено у тримірному об'ємі як сукупність дисперсії смоли, імобілізованої на поверхні базальтових волокон і ниток. Така структурна будова сорбенту має суттєві переваги для сорбції нафтопродутів з поверхні води. Гідрофільність базальтових волокон забезпечує просторову стабільність структури сорбенту у воді, а підвищені адгезійні стосовно нафтопродуктів властивості полімерних включень забезпечують високий показник нафтопоглинання сорбенту. Ті ж адгезійні властивості забезпечують здатність сорбенту утримувати в собі поглинуті нафтопродукти і не припускати повернення їх у воду, зберігаючи такий стан аж до моменту примусової регенерації (віджимом, гострою парою тощо).

Поглинання нафти починається з контакту сорбенту з нафтовмісним водним середовищем і швидким змочуванням нафтою поверхневого шару сорбенту (негідрофбізована базальтова вата миттєво тоне в воді, а ТБКС вільно плаває на поверхні частково занурюючись у воду в міру заповнення нафтопродуктом). Потім нафта вже повільніше проникає в структуру сорбенту, заповнюючи всі порожнини завдяки дії капілярних та адгезійних сил. Про ймовірне домінування капілярних сил свідчать результати, одержані в [4], де наведено порівняльна оцінку розмірів мікропор мікропористих сорбентів і мікропор у переплетенні базальтових волокон: мікропористість обох структур відповідає розмірам 0,4—0,6 мкм.

Аналогічна гідрофобізація поверхні зерен забезпечує підвищення фільтрувальних властивостей при очищенні води від нафтопродуктів модифікованого базальтового піску [5].

Характерно, що співавтором описаного ефективно діючого технічного рішення, як і в багатьох науково-технічних розробках і винаходах, є сама природа з її незбагненною досконалістю. На підтвердження цього наводимо дослідження китайських вчених, які вивчали роль особливих наноструктурних утворень на поверхні листка лотосу, що забезпечують безперервний процес його самоочищення. Мікроскопічні дослідження вивили на поверхні листа лотосу чередування мікропухирців і мікровпадин. Розмір мікропухирців складає 3—5 мкм, відстань між ними — 10—20 мкм. Досліджено, що поверхня мікропухирців вкрита нано-

волокнистою гідрофобною «рослинністю», а в прогалинах між пухирцями утримуються мікробульбашки повітря. На фотографії краплина води діаметром 20 мкм ніби опирається на декілька голчатих нановолосинок, які покривають пухирці. При найменшому порусі крапелька води скочується по гідрофобній поверхні листка лотоса, збираючи на своєму шляху різноманітні забруднення. Китайські вчені, позичивши у лотоса принцип конструювання наноструктурної поверхні з дискретною лінією контакту трьох фаз (повітря, тверда поверхня і рідина), синтезували кремнійорганічний поверхневий шар сітчастої структури надолеофобний на повітрі та надолеофільний під водою. На відміну від одноразових олеофобізованих сорбентів новий нафто сорбент забезпечує регенерацію та повторне використання.

Використавши свій досвід формування композиційних полімерних покриттів з водних середовищ методом колоїдно-хімічної модифікації водорозчинних плівкоутворювачих поліелектролітів, автори [6]створили технологію колоїдно-хімічної модифікації (гідрофобізації) базальтових волокон. Для цього водопоглинаючі пори волокон (5% водопоглинання) насичувались коагулюючим електролітом, завдяки чому при зануренні волокон у модифікований водний поліелектроліт на поверхні волокна відбувалась коагуляція гідрофобного композиційного полімерного матеріалу.

Нафтосорбент на основі ТБКС багатократно застосовувався авторами [2] для ліквідації локальних аварійних розливів нафтопродуктів на поверхнях водойм. Але його унікальні нафтосорбуючі можливості й техніко-економічні та екологічні показники ще чекають на свій час широкомасштабного виробництва та ефективного застосування для захисту довкілля.

Висновок. Розглянуто фізико-хімічні закономірності процесу сорбції плівкових нафтопродуктів на поверхні води композиційним мікроволокнистим композиційним сорбентом на основі промивного базальтового волокна. Обґрунтовано перспективи широкого застосування нових композиційних нафт сорбентів для захисту водних екосистем від нафтопродуктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Фонарева К. А.* Сорбция нефтепродуктов полиэтилен терифталатным волокном и его регенерация центробежным способом: дисс. канд. тех. наук./ Фонарева К. А. — Ижевск, 2017. — 159с.

2. *Павлик П. Е.* Сорбент для сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности воды: материалы 14 Международный съезд по общей и прикладной химии / Павлик П. Е., Бочманов А. Д. — М.,1989. — Т 2. — С. 444.

3.*Консейсао А. А.* Сорбент «DULROMASORB» для сбора нефтепродуктов с мест аварийных разливов / Консейсао А. А. да, Самойлов В. А., Хлесткин Р. Н. // Химия и технология топлив и масел. — 2007. — № 2. — С. 42—46.

4. *Пенкина Н. А.* Катионобменные мембраны на основе базальтовых волокон и нитей: дисс. канд. тех. наук / Пенкина Н. А. — Саратов, 2010. — 122с.

5. *Бочманов А. Д.* Применение базальтового песка для интенсификации фильтрационной очистки воды / Бочманов А. Д., Шевчук А., Большак Ю. В., Гончарук В. В. // Химия и технология воды. — 1996. — Т.18, № 6. — С.656—661.

6. *Большак Ю. В.* Электроосаждение композиции водорастворимой анионактивной смолы и кремнийорганического лака / Большак Ю. В., Тертых Л. И., Власюк Н. В., Дейнега Ю. Ф. // Лакокрасочные материалы и их применение. — 1983. — № 4. — С. 51—52.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СОРБЦИИ НАФТОПРОДУКТОВ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ ТОНКОВОЛОКНИСТОЙ КОМПОЗИЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ, ИНВЕРСНОЙ МЕМБРАННЫМ СТРУКТУРАМ

А. И. Украинец, Ю.В. Большак, А. И. Маринин, В. В. Шпак
Национальный университет пищевых технологий

В статье рассмотрены физико-химические закономерности процессов перераспределения пленочных нефтепродуктов с фазовых границ вода/воздух на грань волокно сорбента/вода. Предложена модель механизма сорбции неполярного компонента водной системы на гидрофобизированные локации волокна как эквивалент линейной мицеллы с гидрофобным ядром и двумя линейными гидрофильными отростками. Такое модифицированное базальтовое волокно может рассматриваться, как пространственно хаотично свитая цепь из линейных мицелл. Данная теоретическая модель соответствует высокой кинетике сорбции и повышенным адгезионным свойствам сорбента относительно пленочных нефтепродуктов.

***Ключевые слова**: слова: базальтовое волокно, нефтесорбенты, нефтепоглощения, водопоглощение, теоретическая модель модифицированного волокнистого сорбента.*

УДК 621.694.3

DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERSOF JET APPARATUS WITH NON-STATIONARY STREAM OF LIQUID

V. Ponomarenko, A. Slyusenko, Ya. Khitriy, S. Lementar
National University of Food Technologies

Key words:
jet apparatus,
non-stationarity,
pulsation frequency,
ejection

Article history:
Received 03.02.2019
Received in revised form 05.03.2019
Accepted 22.05.2019

Corresponding author:
andriy_slyusenko@ukr.net

ABSTRACT

The article discusses the advantages of discrete-pulse energy input with the working fluid and the possibility of using this method for jet apparatus. Their wide application in various industries is due to the extraordinary technical simplicity of the design, compactness, reliability. The creation of energy-efficient jet apparatus with high efficiency and their implementation in the processes of food production will solve many problems of intensification of processes.

One of the promising and innovative types of jet apparatus are ejectors with non-stationary (pulse) jet of liquid. However, research on their work is extremely scarce. The non-stationarity is seen only as a period of the output of the ejector in the operating mode and when starting it up. For the operation of the jet apparatus, the choice of a liquid sprayer is important, which will form a pulsed supply of the active flow to the mixing chamber. He needs to provide a dispersed the liquid jet of fluid (a significant surface of contact of phases) and be reliable (not to create when working hydraulic shocks).

The study of the ejector with non-stationarity liquid jet were carried out on a hydraulic bench. As a working nozzle of the ejector, a patented pulsating nozzle with a rotating inner cup is used, the advantage of which is the smooth opening and closing of the inlet channels, which prevents the formation of hydraulic shock when creating a significant contact surface of the phases.

Comparison of the ejector operation with the pulse supply of the working liquid and the dependences of the ejection coefficient on the frequency of the jet pulsations are found. Is established the optimal value of the ripple frequency in the range 18…22 s^{-1}, at which the maximum K_{ej} is reached, which exceeds almost five times the numerical value of other ejectors with a similar geometric characteristic.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-15

© В. В. Пономаренко, А. М. Слюсенко, Я. С. Хитрий, С. Ю. Лементар, 2019

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СТРУМИННОГО АПАРАТУ З НЕСТАЦІОНАРНИМ СТРУМЕНЕМ РІДИНИ

В. В. Пономаренко, канд. техн. наук
А. М. Слюсенко
Я. С. Хитрий
С. Ю. Лементар, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто переваги дискретно-імпульсного введення енергії з робочою рідиною та можливість застосування цього методу для струминних апаратів. Досліджено роботу ежектора з нестаціонарним струменем рідини на гідравлічному стенді та знайдено залежність коефіцієнта ежекції від частоти пульсації струменя. Встановлено раціональне значення частоти пульсацій в діапазоні 18…22 с$^{-1}$, при якому досягається коефіцієнт ежекції, що перевищує майже в п'ять разів $K_{еж}$ інших ежекторів з аналогічною геометричною характеристикою.
Ключові слова: *струминний апарат, нестаціонарність, частота пульсацій, ежекція.*

Постановка проблеми. Широке застосування струминних апаратів в різних галузях промисловості як гідроструминних насосів, вакуумних установок для відсмоктування рідин і газів, змішувачів та ін., специфіка умов роботи та різноманітність виконання завдань обумовлено такими їхніми незаперечними перевагами: відсутність рухомих деталей з поверхнями тертя, що є важливим при роботі з гарячими або агресивними середовищами, технічна і технологічна простота, компактність та надійність роботи, що дає змогу створювати пристрої необхідної продуктивності та встановлювати їх в будь-якому місці.

Робота струминних апаратів поєднує в собі гідродинамічні та кавітаційні явища, кінцеві ефекти, інтенсивне оновлення поверхні контакту фаз, можливість ежекції достатньої кількості газової фази без додаткових затрат енергії.

Однак загальним недоліком струминних апаратів є низький коефіцієнт корисної дії (ККД), що знаходиться в межах 30…40%. Дослідження роботи струминних апаратів вітчизняних і зарубіжних вчених проводяться в основному з метою інтенсифікації технологічних процесів у струминних течіях і створення апаратів з високим ККД.

Одним з перспективних впливів на двофазне середовище з метою прискорення обмінних процесів є дискретно-імпульсне введення енергії [1]. Його перевагами є:

- збільшення швидкості трансформації кінетичної енергії, яке можливе за рахунок збільшення рівня енергії на вході, що приводить до збільшення швидкості потоків;
- скорочення часу перетворення кінетичної енергії.

На жаль, про використання методу дискретно-імпульсного введення енергії для інтенсифікації роботи ежекційних апаратів відомо дуже обмежено. В основному нестаціонарність роботи ежекторів розглядається лише як епізод при виході на розрахунковий режим або при регулюванні [2; 3]. Проведені дослідження ежекторів з імпульсними струменями рідини і струминною форсункою показали

[4], що в цьому випадку коефіцієнт ежекції збільшується в 2…5 разів, що підтверджується також нашими дослідженнями.

У [2] відмічається, що струменеві насоси, маючи високу надійність, у багатьох випадках споживають надмірно високі обсяги робочої рідини та енергії, а ежекційні можливості нестаціонарних струменів і апаратів на їх основі вивчені недостатньо. Існуючі методи розрахунку орієнтовані виключно на сталі режими роботи струминних апаратів з безперервним активним струменем, а перехідні режими, характерні для багатьох гідросистем зі струминними насосами, практично не розглядаються.

На основі даних [2] встановлено, що найбільша ефективність імпульсних струминних насосів (ІСН) спостерігається при таких діапазонах значень параметрів його роботи: Sh = 0,008...0,012; F = 0,56...0,6; Q = 0,1...0,07; x = 17...23 (Sh — критерій Струхаля, F — відносна площа сопла, Q — параметр розривності струменя, x — відношення інерційних довжин сопла та проточної частини ежектора).

На цих режимах спостерігається значне збільшення ККД ІСН порівняно з класичними струминними насосами. Вихід за діапазони оптимальних значень параметрів Sh, F, Q, x може призвести або до різкого зниження коефіцієнта ежекції або до нестійкої роботи апарата, що супроводжується коливаннями коефіцієнта ежекції.

Слід зауважити, що хоча автор знайшов оптимум роботи ежекторів при F = 0,56...0,6, в подальшому досліджувались ежектори з F = 0,27...0,4. Діапазон головної геометричної характеристики ежекторів було таким чином розширено, однак не пояснено, чому досліди проводились в неоптимальному діапазоні.

У [5; 6] автори відмічають складні процеси, що відбуваються при змішуванні активного та пасивного потоків у струминних апаратах при перехідних процесах. Наявні напівемпіричні теорії не описують складність цих процесів, тому авторами зроблена спроба комп'ютерного моделювання на основі пакета ANSYS CFX та проведено експериментальне дослідження водяного ежектора з циліндричною камерою змішування без дифузора діаметром 20,3 мм та робочими соплами діаметрами 10,5 та 12,76 мм.

Порівняння числового експерименту з фізичним показало достовірність отриманих результатів, адекватність пакета програм і його перспективність. Такий пакет програм можливо використовувати як удосконалення відомих методик розрахунку і проектування ежекторів та створення принципово нових методик.

Можливість збільшення коефіцієнта ежекції за рахунок додаткового хвильового приєднання маси повітря, при використанні пульсуючого газодинамічного резонатору, показано в розрахунково-теоретичному дослідженні [7]. У разі стаціонарного витікання витрата газу знижується при віддаленні від сопла внаслідок розповсюдження в зовнішнє середовище. При нестаціонарному процесі витоку рідини її витрата при віддаленні від вихідного сопла збільшується, що пояснюється приєднаною масою. Ці дослідження зроблені для ежекторів з числами Маха близько одиниці.

З огляду на такі дані основним і надійним методом досліджень роботи струминних апаратів є експериментальний, який виявив складні взаємозв'язки розмірів, взаємного положення, конструктивних особливостей виконання окремих його елементів на кінцевий результат. Доволі часто отримані результати спірні та неоднозначні. Такі дані потребують перевірки та теоретичного пояснення.

На жаль, досліджень роботи імпульсних струминних апаратів, їхніх робочих характеристик, раціональних розмірів, при яких досягається найвища ефективність їх роботи, надзвичайно мало.

Розробка досконалих струминних апаратів з високим ККД і їх впровадження вирішує багато проблем інтенсифікації обмінних процесів у харчовій та інших галузях промисловості. Зокрема, в цукровій промисловості це дасть змогу: удосконалити процес сульфітації води і цукрових розчинів; проводити процес деамонізації конденсатів в інтенсивному та енергоефективному режимі; створити двосекційні сатуратори та одержати цукрові розчини з високими якісними показниками. Беззаперечні переваги струминних апаратів забезпечують їх використання при утилізації викидів цукрових заводів, що сприяє зменшенню матеріальних та енергетичних витрат на виробництво продукції і покращує екологічну й біологічну безпеку.

Мета дослідження: визначити раціональні параметри струминних апаратів з нестаціонарним (імпульсним) струменем рідини, встановити закономірності роботи та пояснити механізм дії.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- створити гідравлічний стенд для дослідження роботи ежектора в нестаціонарному режимі;
- знайти раціональні значення частот пульсацій активного потоку, при яких досягається найбільша ефективність роботи струминного апарата;
- визначити перспективні напрями досліджень ежекторів з нестаціонарним струменем рідини.

Матеріали і методи. Для встановлення закономірностей гідродинаміки двофазного потоку в циліндричній камері змішування ежектора та раціональних значень частот пульсацій, при яких досягається найбільша ефективність роботи струминного апарата, на кафедрі технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування НУХТ був виготовлений гідравлічний стенд (рис. 1).

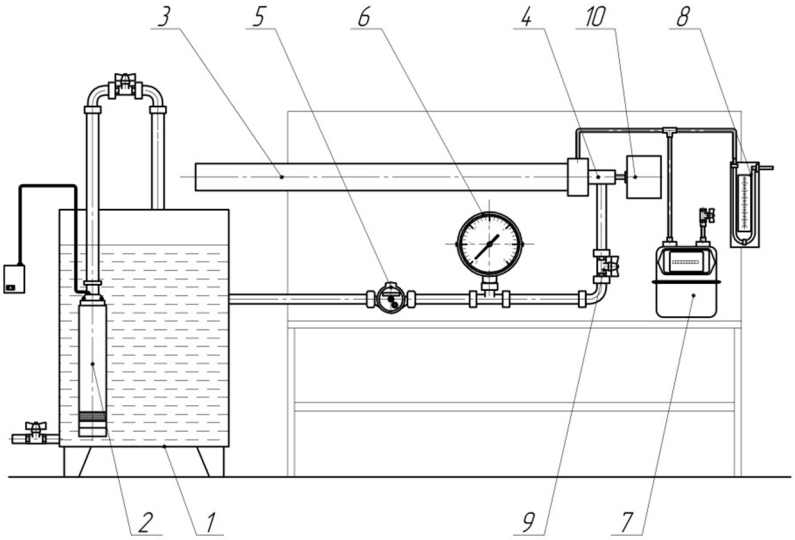


Рис. 1. Експериментальна установка: 1 — ємність для рідини; 2 — насос; 3 — камера змішування ежектора; 4 — форсунка; 5 — витратомір рідини; 6 — манометр; 7 — витратомір газу; 8 — дифманометр; 9 — регулювальний кран; 10 — привідний механізм

Витрата рідини вимірювалась ротаційним витратоміром типу КВ-1,5, клас точності 1,5. Тиск рідини на форсунці контролювався манометром ОБМ1-160, кл. точності — 1,5. Витрата газу вимірювалась лічильником Compteur magnol S6.20 M об'ємного типу. Розрідження в камері змішування контролювалось диференційним манометром.

Обробка експериментальних даних проводилась в програмах Microsoft Excel (обробка табличних даних), побудова графіків в програмах OriginPro 8, CurveExpertPro-2.2.0, Microsoft Excel.

Як робоче сопло використовувалась розроблена та запатентована форсунка, яка працювала в імпульсному режимі (рис. 2) [8].

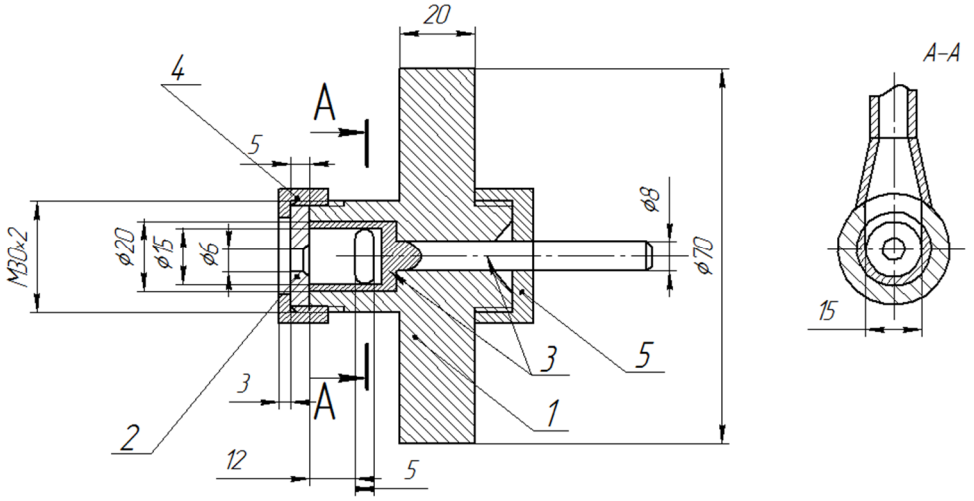


Рис. 2. Експериментальна форсунка:
1 — корпус; 2 — сопло; 3 — стакан зі штоком; 4, 5 — притискні гайки

Камера змішування ежектора була скляною, що надавало можливість візуально спостерігати за течією рідинно-газової суміші.

Методика проведення досліджень. Робоча рідина (вода при температурі 20°С) насосом через витратомір об'ємного типу подається в розпилювач. Контроль тиску здійснювався манометром, який знаходився на одній висоті з віссю форсунки.

Частота пульсацій робочої рідини змінювалась шляхом періодичного перекриття вхідних каналів корпусу та стакана зі штоком форсунки за допомогою привідного механізму 10 (рис. 1) зі змінним числом обертів. Внаслідок цього створювався пульсаційний ефект витоку активного потоку в камеру змішування ежектора.

Витрата повітря, що ежектувалось при температурі 20°С та відносній вологості 80%, вимірювалась об'ємним методом, а розрідження в камері змішування — дифманометром.

Дослідження роботи ежектора проводилось при відносній площі сопла:

$$F = f_c / F_{к.з} = 0{,}016,$$

де f_c — площа сопла форсунки (d_c = 6 мм); $F_{к.з}$ — площа камери змішування ($D_{кз}$ = 45 мм).

Частота пульсацій рідини змінювалась в межах 1…20 $с^{-1}$. Широкий діапазон зміни частот пульсацій пояснюється необхідністю знайти для такого типу розпилювача його раціональне значення, при якому досягається найвищий коефіцієнт ежекції.

Результати досліджень. Енергія до ежектора підводиться з робочою рідиною з тиском p_p, низьконапірне пасивне середовище (газ) має тиск $p_н$. Суміш після проходження ежектора буде мати тиск p_s , який є проміжним між p_p та $p_н$. Зазвичай, аналіз роботи струминних апаратів виконується з використанням безрозмірних режимних і геометричних параметрів.

Найважливішими *режимними* параметрами є:

Δh — відносний напір (відношення підвищення повного тиску пасивного потоку до різниці повних тисків активного і пасивного потоків перед входом в ежектор):

$$\Delta h = (p_s - p_н) / (p_p - p_н). \quad (1)$$

$K_{еж}$ — коефіцієнт ежекції (відношення витрати пасивного потоку до витрати активного):

$$K_{еж} = Q_г / Q_p. \quad (2)$$

Коефіцієнт корисної дії ежектора:

$$\eta = \Delta h K_{еж}. \quad (3)$$

Основним *геометричним* параметром, що є також критерієм геометричної подібності струминних апаратів, є відносна площа сопла (відношення площ поперечних перерізів сопла і робочої камери):

$$F = f_{с.} / F_{к.з}. \quad (4)$$

Для імпульсних (нестаціонарних) течій рідин і газів при даних режимах обтікання крапель рідини потоком газу (в діапазоні значень критерія Рейнольдса Re = 50…150) користуються критерієм подібності — числом Струхаля, яке, зазвичай, визначається співвідношенням:

$$Sh = fL / v, \quad (5)$$

де f — характерна частота процесу (частота утворення вихорів), L — характерний лінійний розмір (гідравлічний діаметр), v — характерна швидкість потоку.

Відповідно до мети досліджень, на гідравлічному стенді (рис. 1) були проведені пілотні дослідження роботи ежектора з нестаціонарним струменем рідини, який створювався пульсаційною форсункою (рис. 2).

При частоті обертів штока 300 об./хв, що відповідає частоті пульсацій 5 $с^{-1}$, коефіцієнт ежекції досягає числового значення 1,5 (рис. 3). Тиск рідини в соплі форсунки коливається в межах 0,1…0,5 МПа. При збільшенні частоти обертання штоку до 1200 об./хв, що відповідає частоті пульсацій 20 $с^{-1}$, коефіцієнт ежекції досягає свого максимального числового значення 2,9…3,1. Коефіцієнт ежекції зростає майже вдвічі.

У дослідженому ежекторі число Струхаля нестаціонарної течії лежить у межах 0,0012…0,0054, відношення інерційних довжин проточної частини ежектора та сопла $x = 50$. Слід зауважити, що вибрані параметри ежектора були хоч і не оптимальними з точки зору отримання максимального коефіцієнта ежекції, проте навіть при цьому були досягнуті позитивні результати. Крім того, значною відмінністю від досліджених ежекторів є використання пульсаційної форсунки, яка в процесі одного циклу пульсацій змінює факел розпилення рідини з відцентрового на відцентрово-струминний і потім на струминний, що гарантовано створює зону розрідження в камері змішування, а отже, і ежекції. Другою перевагою даної форсунки є плавне відкриття та перекриття вхідних каналів, що запобігає виникненню гідравлічного удару в трубопроводах.

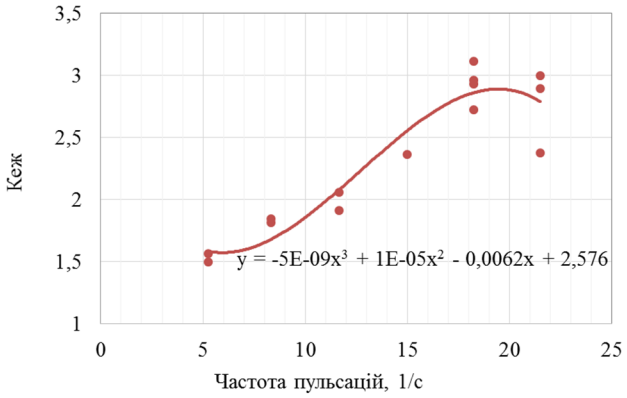


Рис. 3. Залежність коефіцієнта ежекції $K_{еж}$ від частоти пульсацій активного потоку

Для порівняння на рис. 4 представлені результати дослідження роботи ежектора з $d_c = 6$ *мм*, $D_{кз} = 45$ *мм*, тобто з ідентичними розмірами, та відцентрово-струминною форсункою як сопла. Максимальний коефіцієнт ежекції досягає числового значення 0,6.

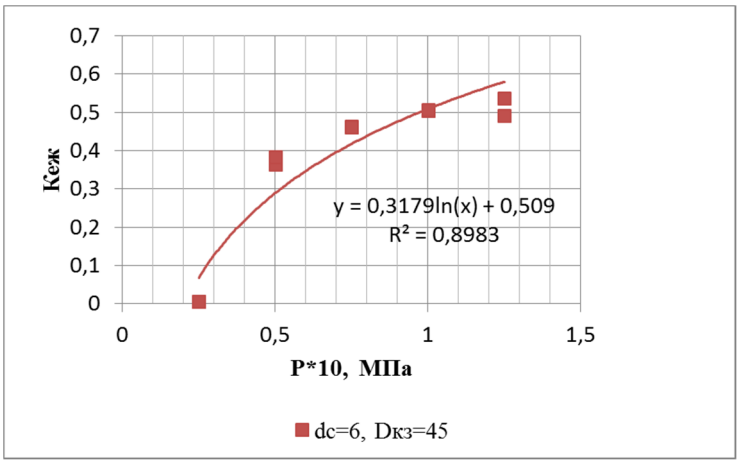


Рис. 4. Залежність $K_{еж}$ від тиску подачі робочої рідини для ежектора з d_c = 6 мм $D_{кз}$ = 45 мм (F = 0,016)

Порівняння роботи струминних апаратів з однаковою відносною площею сопла *F*, з пульсаційною та відцентрово-струминною форсункою як сопла показує незаперечні переваги ежектора з пульсаційною подачею рідини в камеру змішування ежектора. Коефіцієнт ежекції навіть за частоти пульсацій 5 $с^{-1}$ перевищує аналогічний показник для ежектора з відцентрово-струминною форсункою при співрозмірних тисках подачі рідини майже в 2,5 раза, а при збільшенні частоти пульсацій до 20 $с^{-1}$ коефіцієнта ежекції зростає майже в 5 разів.

Збільшення коефіцієнта ежекції струминного апарату з нестаціонарним струменем рідини пояснюється тим, що, крім зсувних зусиль, що виникають при русі активного потоку, виникають додаткові сили тиску від його руху (імпульсна подача рідкої фази викликає тиск, подібний до тиску від руху поршнів).

Висновки.

1. Для дослідження роботи ежекторів в нестаціонарному режимі створено гідравлічний стенд.

2. Встановлено раціональне значення частоти пульсацій активного потоку (18…22 $с^{-1}$) в діапазоні зміни числа Струхаля 0,0012…0,0054 та відносній площі сопла F = 0,016, при якому досягається коефіцієнт ежекції $K_{еж}$ = 2,9, що перевищує майже в 5 разів $K_{еж}$ для ежекторів з аналогічною геометричною характеристикою та відцентрово-струминною форсункою як сопла.

3. Подальші дослідження будуть направлені на встановлення оптимальних геометричних розмірів ежекторів з нестаціонарним струменем рідини, особливостей течії пульсуючого потоку та проведення комп'ютерного моделювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Ободович А. Н.* Разработка научно-технических основ процессов перемешивания и диспергирования жидкостных гетерогенных систем и их аппаратурное обеспечение: дис. … докт. техн. наук: 05.18.12 / Ободович Александр Николаевич. Национальный университет пищевых технологий. — Киев, 2009. — 321 с.

2. *Дурасов А. А.* Повышение эффективности жидкостных струйных насосов путем реализации возможностей нестационарной эжекции: автореф. дис. … к.т.н.: 05.04.13 / Дурасов Алексей Анатольевич. — Южно-Уральский государственный университет. — Омск, 2009. — 19 с.

3. *Афанасенко В. Г.* Совершенствование конструкции массообменного устройства для проведения процесса абсорбции: автореф. дис. … к.т.н.: 05.04.13 / Афанасенко Виталий Геннадьевич. — Уфимский государственный нефтяной технический университет. Уфа, 2008 — 24 с.

4. *Спиридонов Е. К.* Моделирование нестационарной эжекции / Е. К. Спиридонов, А. А. Дурасов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение», выпуск 13. — 2009. — № 11. — С. 28—36.

5. *Нафиков И. Р.* Повышение эффективности промывки доильной установки путем разработки эжектора вакуумного агрегата: автореф. дис. … к.т.н.: 05.20.01 / Нафиков Инсаф Рафитович. — Казанский государственный аграрный университет. Казань, 2016. — 16 с.

6. *Спиридонов Е. К.* Характеристики нестационарной эжекции в жидкостном струйном насосе / Е. К. Спиридонов, А. А. Дурасов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение», выпуск 10. — 2007. — № 25. — С. 35—43.

7. Влияние взаимодействия масс газа на тяговую эффективность пульсирующих двигателей [Электронный ресурс] / Россия, ОАО «НПО «Сатурн», РГАТА им. П.А. Соловьёва. — Режим доступа: \ http://technomag.bmstu.ru/doc/522954.html / — 01.01.2013 г. — Загл. с экрана

8. А.с. №1623776. СССР, МКИ 3 В 05 В 3 / 34. Форсунка / В. Б. Выскребцов, Н. И. Безлюда, В. В. Пономаренко, А. Н. Ганжа (СССР). — 4454643/31-05; опубл. 30.01.91, Бюл. № 4. — 4 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТРУЙНОГО АППАРАТА С НЕСТАЦИОНАРНОЙ СТРУЕЙ ЖИДКОСТИ

В. В. Пономаренко, А. М. Слюсенко, Я. С. Хитрый, С. Ю. Лементарь
Национальный университет пищевых технологий

Рассмотрены преимущества дискретно-импульсного ввода энергии с рабочей жидкостью и возможность применения этого метода для струйных аппаратов. Исследована работа эжектора с нестационарной струей жидкости на гидравлическом стенде и найдена зависимость коэффициента эжекции от частоты пульсации струи. Установлено рациональное значение частоты пульсаций в диапазоне 18 ... 22 с$^{-1}$, при котором достигается коэффициент эжекции, что превышает почти в пять раз $K_{эж}$ других эжекторов с аналогичной геометрической характеристикой.

Ключевые слова: *струйный аппарат, нестационарность, частота пульсаций, эжекция.*

УДК 621.87

RESEARCH OF SCIENTIFIC RATIONAL CHARACTERISTICS FOR THE EXTRACTION OF POLYMERIC ARTICLES

M. Yakymchuk, H. Valiulin, S. Myronenko, V. Yakymchuk
National University of Food Technologies

Key words:
confectionery,
consumer preferences,
questioning,
edible covering

Article history:
Received 25.03.2019
Received in revised form 15.04.2019
Accepted 06.05.2019

Corresponding author:
mykolaiakymchuk.2016@gmail.com

ABSTRACT

One of the first processing operations of recycling polymer products is grinding. Prospective equipment for the processing of polymers is "shredders". Analysis of domestic and foreign structures of shredders has shown that such devices are poorly investigated equipment for optimization of grinding efficiency and reduction of energy consumption. The article presents the results of investigations of the characteristics of the work of a single-rotor shredder for secondary crushing of polymer products at different operating modes, a method for determining the rational parameters of the elements of the design of its drive. On the basis of the analysis of the results of analytical and experimental studies, graphical dependences of the shredder power change on time were obtained. It is established that the average power difference of a shredder drive at rotation of a shaft in the range from 18 to 27 rpm makes up 35% in favor of smaller revolutions. To determine the identity of the shredder's work, an experimental installation was developed and manufactured. The recording device for technological and kinematic indices during the study was a personal computer, and the instant indicators of the corresponding characteristics with the help of the developed program were obtained in the form of charts. To analyze the adequacy of the mathematical model of shredding products from polymers to real processes, a full-featured experiment was conducted. The results of the research received a mathematical-statistical equation for determining the power of a shredder drive. The results can be recommended for use when designing new shredder samples.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-16

ДОСЛІДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШРЕДЕРА ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ ВИРОБІВ

М. В. Якимчук, д-р техн. наук
Г. Р. Валіулін, канд. техн. наук
С. М. Мироненко
В. М. Якимчук
Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати досліджень характеристик роботи однороторного шредера для вторинного подрібнення полімерних виробів при різних

© М. В. Якимчук, Г. Р. Валіулін, С. М. Мироненко, В. М. Якимчук, 2019

режимах експлуатації, запропоновано методику визначення раціональних параметрів елементів конструкції його приводу. На основі отриманих аналітичних результатів досліджень розроблено та виготовлено модернізовану експериментальну установку шредера. Під час проведення експериментальних досліджень встановлено вплив зовнішніх факторів на ефективність подрібнення та характеристику роботи електродвигуна. Визначено вплив товщини полімерного матеріалу та його густини на зміну потужності привода. Результати досліджень представлені у вигляді критеріального рівняння.

Ключові слова: *шредер, подрібнення полімерного матеріалу, привод, частота обертання.*

Постановка проблеми. Процес подрібнення полімерних матеріалів передбачає етап руйнування часток зовнішньою силою та етап подальшої агрегації цих часток. Якість процесу руйнування полімеру залежать від його природи, зовнішнього середовища переробки та кінематичних і геометричних характеристик ріжучих інструментів.

Дослідження умов, при яких руйнування полімерного матеріалу набуває мінімального значення потужності, має велику практичну цінність, оскільки допомагає на етапі проектування подрібнювального пристрою вибрати найбільш раціональний спосіб подрібнення виробів з полімерних матеріалів і проводити механічні перетворення з найменшими витратами енергії.

Однією з перших технологічних операцій вторинної переробки виробів з полімерів є подрібнення. Конструкція подрібнювальних пристроїв залежить від типу полімерного матеріалу.

Так, щокові дробарки передбачають подрібнення за допомогою сталевих рифлених плит шляхом роздавлювання; молоткові дробарки ударного типу роздрібнюють полімерні відходи за допомогою ударних молотків, закріплених шарнірно на роторі; конусні дробарки мають два сталеві конуси, між якими виріб з полімерного матеріалу стирається та роздавлюється.

Найпоширенішим видом подрібнювачів є роторна дробарка. Одним з перспективним напрямків розвитку роторних дробарок є «шредери». Аналіз вітчизняних і зарубіжних конструкцій шредерів показав, що такі пристрої є малодослідженим обладнанням для оптимізації ефективності подрібнення та зменшення енерговитрат.

Метою дослідження є удосконалення конструкції шредера шляхом підвищення ефективності процесу подрібнення та зменшення енерговитрат.

Результати та їх обговорення. Для опису математичної моделі подрібнення полімерів за допомогою шредера використаний математичний апарат [1], який дає змогу отримати математичні залежності у вигляді матричних моделей [2]. У таких моделях процес подрібнення та руйнуються виробів з полімерних матеріалів описується з певною ймовірністю отриманих частинок у вигляді кусків крупності всіх класів (рис. 1). Продукти руйнування при цьому характеризуються класом точності та можуть потрапляти у вихідний (заданий) отвір або продовжувати дрібнитися [3; 4].

Модель подрібнення представлена у вигляді диференціальних рівнянь (рис. 1) і встановлює залежність між C — головною характеристикою подрібнення (залишком на контрольному ситі / часткою недомолоту матеріалу) та параметрами процесу (Q — ваговою витратою, V — ваговим завантаженням, U — лінійною швидкістю руху матеріалу, DL — коефіцієнтом зворотного перемішування, n — числом осередків, x — лінійної координатою, L — довжиною різальної частини).

Вид моделі	Структурна схема моделі	Рівняння структури потока моделі
Ідеальне змішування	$QC_{вх}$ → V → $QC_{вых}$	$\frac{dC}{dt} = \frac{Q}{V}(C_{вх} - C)$
Ідеальне витіснення	$QC_{вх}$ → V → $QC_{вых}$	$\frac{\partial C}{\partial t} = -U\frac{\partial C}{\partial x}$
Дифузійна	$QC_{вх}$ → V → $QC_{вых}$	$\frac{\partial C}{\partial t} = D_L\frac{\partial^2 C}{\partial X^2} - U\frac{\partial C}{\partial x}$
Коміркова	$QC_{вх}$ → 1 ··· i ··· n → $QC_{вых}$	$\frac{1}{n}\frac{dC_i}{dt} = \frac{Q}{v}(C_{i-1} - C_i)$

Рис. 1. Результуючі рівняння потоку матеріалу в подрібнювачі

Поряд з цим було досліджено вплив зміни частоти обертання валу шредера, товщини стінок та густини виробу з полімерного матеріалу на потужність електродвигуна (рис. 2).

Слід зазначити, що запропонована модель процесу подрібнення шредером виробів з полімерного матеріалу має неповний опис процесу. Складність опису такого процесу полягає у визначенні значної кількості ідентифікаційних параметрів і, як наслідок, у необхідності додаткових експериментальних досліджень.

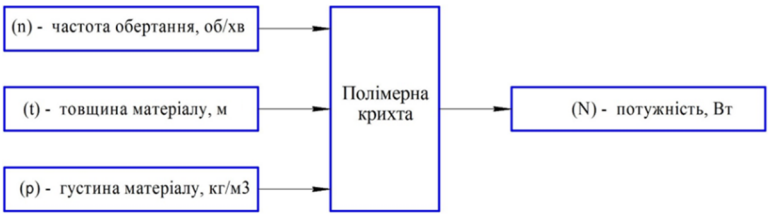


Рис. 2. Графічна модель досліджуваного процесу

Для визначення ідентифікаційних параметрів роботи шредера розроблена і виготовлена експериментальна установка, схема і загальний вигляд якої представлена на рис. 3. Експериментальна установка складається із 1 — шредера; 2 — рами; 3 — муфти; 4 — черв'ячного редуктора; 5 — пасової передачі; 6 — натяжного пристрою; 7 — асинхронного електродвигуна; елементів управління і захисту.

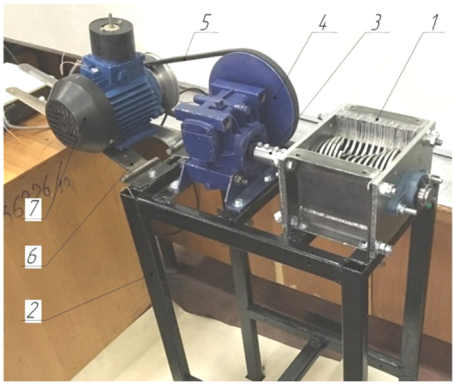


Рис. 3. Експериментальна установка шредера

Вимірювальна частина установки складається з блоку керування «А2», блоку живлення 24V, аналогово-цифрового перетворювача, персонального комп'ютера. Об'єкт, що досліджувався, — шредер (рис. 4). Конструкція шредера складається з: 1 — валу з ножами; 2 — блоку контр-ножів; 3, 4 — бічних стінок, що закріплюють контр-ножі; 5 — двох опорних плит; 6 — двох радіальних самоорієнтовних корпусних підшипників UCFL205.

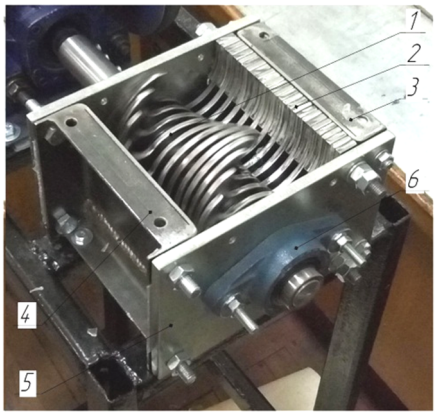


Рис. 4. Конструкція шредера

Реєструючим пристроєм технологічних і кінематичних показників під час дослідження був персональний комп'ютер, а миттєві показники відповідних характеристик за допомогою розробленої програми були отримані у вигляді графіків (рис. 5).

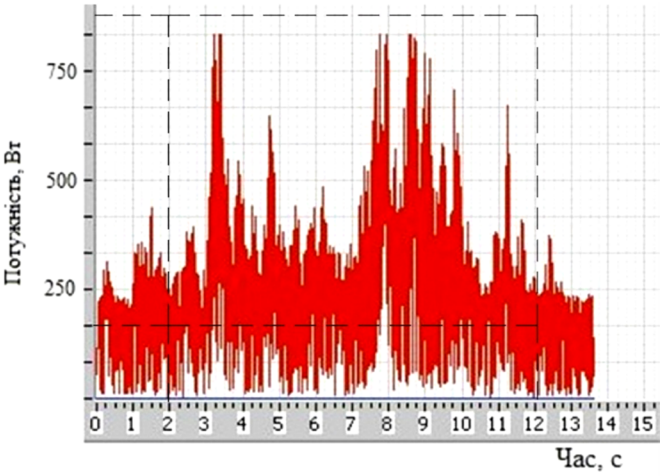


Рис. 5 Графік залежності зміни потужності електродвигуна приводу шредера від часу при частоті обертання ротора 27 об/хв, товщині стінок виробу з полімерного матеріалу 1,5 мм та його густині 900 кг/м^3

Для роботи шредера під час проведення експериментів використовувались залишки упаковки з полімерних матеріалів, які є найбільш вживаними в пакувальній галузі. Рівні зміни характеристик полімерних матеріалів використаних упаковок та обертів ротора шредера наведені в табл. 1.

Таблиця 1. **Рівні зміни характеристик матеріалів**

	$x_1(n)$ — частота обертання, об/хв	x_2 (t) — товщина матеріалу, мм	$x_3(\rho)$ — густина матеріалу, кг/м^3
0-рівень	23,125	0,95	1150
Крок варіювання Δx	4,625	0,55	250
Верхній рівень (+1)	27,75	1,5	1400
Нижній рівень (–1)	18,5	0,4	900

Результати експериментальних досліджень було оброблено за допомогою програми «Grafula 3» (рис. 6).

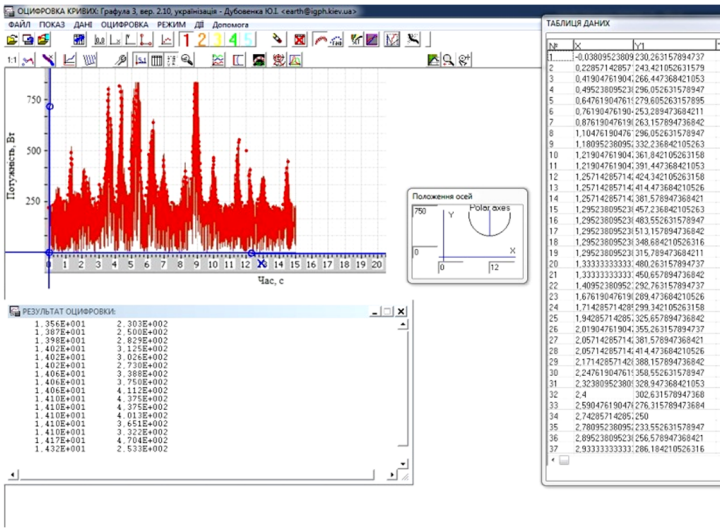


Рис. 6. Аналіз графіка зміни потужності електродвигуна привода шредера за допомогою програми «Grafula 3»

Результати експериментальних досліджень зміни потужності електродвигуна привода шредера від часу для різних полімерних матеріалів наведено на графіках (рис. 7).

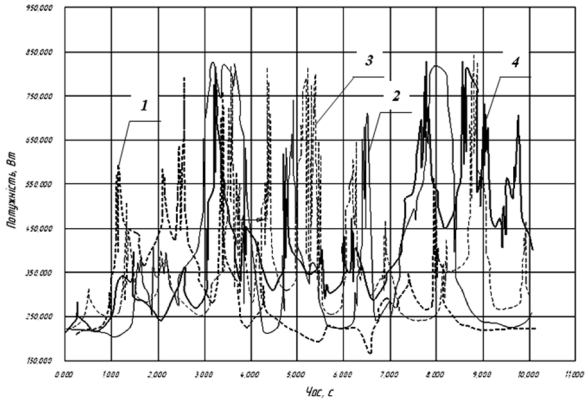


Рис. 7. Графіки залежності потужності від часу для різних режимів роботи шредера при частоті обертання ротора 27 об/хв для рівнів зміни : 1, 3 — товщині полімерного матеріалу; 2, 4 — густині полімерного матеріалу

Для аналізу адекватності отриманої математичної моделі подрібнення виробів з полімерів реальним процесам було проведено повнофакторний експеримент. За результатами досліджень отримано математично-статистичне рівняння для визначення потужності привода шредера:

$$\overline{N} = 538,084 + 0,184n - 520,815t - 0,375\rho +$$
$$+18,261nt + 0,01018n\rho + 0,334t\rho - 0,0107nt\rho,$$

де n — частота обертання ротора шредера, об/хв; t — товщина полімерного матеріалу, мм; ρ — густина матеріалу, кг/м^3.

Висновки. На основі аналізу результатів аналітичних та експериментальних досліджень було отримано графічні залежності зміни потужності привода шредера від часу. Встановлено, що середня різниця потужностей привода шредера при обертах валу ротора в межах від 18 до і 27 об/хв становить до 35% на користь менших обертів.

Проведене статистичне опрацювання результатів аналітичних досліджень і розроблена математично-статистична модель процесу подрібнення виробів з полімерів дали змогу встановити залежність потужності привода від частоти обертів ротора, товщини та густини подрібнюваного полімеру.

Отримані результати можна рекомендувати до застосування під час проектування нових зразків шредерів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Никитин А. Г.* Сравнительный анализ энергозатрат дробилок, работающих на сжатие / А. Г. Никитин, Д. Ф. Сахаров. // Изв. вузов. Черная металлургия. — 2011. — С. 56—57.

2. *Яблонский А. А.* Курс теоретической механики: Учебник для вузов / А. А. Яблонский, А. Н. Никифорова. — Москва: Интеграл-Пресс, 2006. — 608 с.

3. *Никитин А. Г.* Влияние величины зазора между валком и неподвижной щекой одновалковой дробилки на фракционный состав готового продукта / Никитин А. Г., Сахаров Д. Ф. // Тезисы докладов «Уголь России». — Новокузнецк, 2011 р. — С. 109—112.

4. *Клушанцев Б. В.* Валковые дробилки. Их параметры и метод расчета мощности / Б. В. Клушанцев. // Строительные и дорожные машины. — 2002. — № 8. — С. 23—24.

5. *Якимчук М. В.* Дослідження характеристик подрібнення полімерних матеріалів шредером / М. В. Якимчук, І. Черпак, Є. Скуйбіда // Програма і матеріали 83 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», 5—6 квітня 2017 р. — К. : НУХТ, 2017 р. — Ч. 2. — 112 с.

6. Дослідження подрібнення ПЕТ пляшок методом різання з одночасним відокремленням горловини та днища / М. В.Якимчук, А. П. Беспалько, Г. Р. Валіулін, М. І. Юхно. // Харчова промисловість. — 2013. — № 14. — С. 119—124.

7. Патент України на корисну модель №116204, МПК B02C 4/30 (2006.01). Пристрій для подрібнення твердих матеріалів / М. В. Якимчук, Л. І. Іванова, І. Л. Черпак; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. — № u201612134; заявл. 30.11.2016; опубл. 10.05.2017, бюл. № 9.

8. *Якимчук М. В.* Сортування полімерних пляшок із використанням елементів «технічного» зору / М. В. Якимчук, О. М. Гавва, А. П. Беспалько, К. В. Пащенко // Упаковка. — 2015. — № 2. — С. 48—52.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШРЕДЕРА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Н. В. Якимчук, Г. Р. Валиулин, С. М. Мироненко, В. Н. Якимчук
Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены результаты исследований характеристик работы однороторного шредера для вторичного измельчения полимерных изделий при различных режимах эксплуатации, предложена методика определения рациональных параметров элементов конструкции его поводу. На основе полученных аналитических результатов исследований разработана и изготовлена модернизированна экспериментальная установка шредера. При проведении экспериментальных исследований установлено влияние внешних факторов на эффективность измельчения и характеристику работы электродвигателя. Определено влияние толщины полимерного материала и его плотности на изменение мощности привода. Результаты исследований представлены в виде критериального уравнения.

Ключевые слова: *шредер, измельчения полимерного материала, привод, частота вращения.*

УДК 004:658.5:664.1

NETWORK STRUCTURES FOR MANAGING COMPLEX ORGANIZATIONAL-TECHNICAL (TECHNOLOGICAL) SYSTEMS

R. Boyko, S. Hrybkov
National University of Food Technologies

Key words:
network structures, decision support system, fuzzy situational networks, organizational and technical (technological) systems

Article history:
Received 17.03.2019
Received in revised form 16.04.2019
Accepted 08.05.2019

Corresponding author:
sergio_nuft@i.ua

ABSTRACT

The article presents and substantiates the structure of the fuzzy situational network for the decision support system taking into account the weakly structured or unstructured problems and the lack of precise models for describing problem situations, improving the management efficiency of organizational and technological (technological) systems, for example, sugar mill operating on significant time intervals.

The structure of the fuzzy situational network provides an ability to describe the set of states of the control system in the form of nodes of the network and the ways of transition between it, which correspond to an effective management decisions. The structure uses clear states, which are considered as partial, but fuzzy as generalized. The states of the system are represented by sets of fuzzy values of the system's characteristics, which can be used for situation's analysis, and the fuzzy state describes at once and a certain set of possible distinct states.

The main purpose of the fuzzy situational network is to enable, in a limited set of situations, to analyze any state of the system and generate control strategies that translate the system from initial to final (aim), the fuzzy situational network is served in the form of a fuzzy oriented graph of transitions in reference fuzzy situations, and a set of management solutions that translate the system from one state to another (from one situation to another) is a management strategy. Then the strategy of management — the sequence of transitions between fuzzy situations in the situational network.

In the proposed structure of the fuzzy situational network, management solutions are evaluated through the assessment of the nodes to which it leads, collapsed in accordance with the chosen decision-making strategy.

The proposed structure of the fuzzy situational network as part of the decision support system allows, in the conditions of considerable uncertainty, characteristic of most real complex objects, to increase the efficiency of management of organizational and technical systems.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-17

© Р. О. Бойко, С. В. Грибков, 2019

МЕРЕЖЕВІ СТРУКТУРИ ПРИ КЕРУВАННІ СКЛАДНИМИ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИМИ (ТЕХНОЛОГІЧНИМИ) СИСТЕМАМИ

Р. О. Бойко, канд. техн. наук
С. В. Грибков, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

У статті запропоновано та обґрунтовано структуру нечіткої ситуаційної мережі для системи підтримки прийняття рішень з урахуванням слабкоструктурованих або неструктурованих проблем і відсутністю точних моделей для опису проблемних ситуацій підвищення ефективності керування організаційно-технічними (технологічними) системами на прикладі цукрового заводу, що працює на значних часових інтервалах.
Ключові слова: *мережеві структури, система підтримки прийняття рішень, нечіткі ситуаційні мереж, організаційно-технічні (технологічні) системи.*

Постановка проблеми. Одним із напрямів підвищення ефективності керування організаційно-технічними (технологічними) системами (ОТС) є створення систем підтримки прийняття рішень (СППР) з урахуванням слабко-структурованих або неструктурованих проблем і відсутністю точних моделей для опису проблемних ситуацій. Сучасні системи підтримки прийняття рішень є гібридом стаціонарних і web-орієнтованих інформаційних систем, систем управління баз та сховищ даних, систем інтелектуального аналізу даних, що максимально направлені до підтримки управлінської діяльності [1].

Використання продукційних правил, фреймових моделей, когнітивних карт потребує урахування:

- високих вимог до оперативності управління в умовах дефіциту часу;
- значної кількості факторів, які неможливо формалізувати в аналітичній формі;
- неповноти, неточності, нечіткості інформації для отримання ефективних рішень;
- якісного характеру опису ситуацій та управлінських рішень;
- змінюваних цілей управління;
- розвитку нештатних ситуацій тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У технічній літературі описано ряд методів, які реалізують ситуаційний підхід: формування штучної мови опису ситуацій і відношень між об’єктами, що призводить до громіздких конструкцій; представлення ситуацій у вигляді сукупності значень фіксованого набору ознак. Використовуються також класичні моделі — семантичні ситуаційні мережі, дискретні ситуаційні мережі, висновки на основі аналогій (прецедентів).

Достатньо розвиненим є підхід, коли використовується сукупність ситуаційних методів і нечіткої логіки (нечіткий ситуаційний підхід). В той же час для складних ОТС, насамперед для технологічних комплексів (ТК), необхідно не лише ідентифікувати ситуацію, а й ппривести їй у відповідність множину ефективних рішень з керування й оцінити можливі напрями розвитку подій. Розвиток цього підходу відобразився в створенні нечітких ситуаційних мереж (НСМ), однак для цих мереж не розроблено способів зменшення розмірності простору

ознак, а в класичних постановках моделей «ситуація — дія» і «ситуація — стратегія керування — дія» недостатньо уваги приділяється оцінці застосування рішень.

Нечітка ситуаційна мережа — це структура, яка описує можливу сукупність станів системи керування у вигляді вузлів мережі та шляхів переходу між ними, які відповідають ефективним рішенням керування. Доцільно виділити деякі основні поняття*: стан системи* (набір нечітких значень характеристик системи, які можна використовувати для аналізу ситуацій; нечіткий стан описує одразу і деяку множину можливих чітких станів). При цьому чіткі стани розглядаються як частинні, а нечіткі — як узагальнені. Використовуються різні типи ситуаційних мереж, застосування яких визначається особливостями предметної області (складністю структури, складом характеристик, особливостями рішень управління) та вимогами до мережі як складової частини, системи підтримки прийняття рішень.

У загальному випадку для побудови НСМ необхідно визначити еталонні ситуації як групи узагальнених станів, які об'єднуються набором системних характеристик для отримання рішень. Еталонні ситуації узагальнюють близькі стани системи, які характерні для різних типових ситуацій прийняття рішення. Варто зауважити, що при описі еталонних ситуацій використовують лінгвістичні змінні, які утворюють множину ситуаційних ознак.

Узагальнений стан, який збігається за набором системних характеристик і форматом представлення з еталонними ситуаціями, які є в мережі, подається для порівняння з еталонними ситуаціями та утворює вхідну ситуацію. В деяких випадках [2] розглядаються мережі, в яких вузлами є узагальнені стани, які збігаються за форматом з еталонними ситуаціями. Це ускладнює можливості збігу еталонних ситуацій та узагальненого стану.

Метою дослідження є розробка та використання такого типу мереж, у яких еталонні ситуації та вузли відрізняються за форматом з урахуванням усіх зазначених.

Матеріали і методи. Під час дослідження використано методи теоретичного узагальнення, наукової індукції та дедукції, математичного та структурного аналізів, праці зарубіжних і вітчизняних вчених, у яких вивчаються особливості використання нечітких ситуаційних мереж для системи підтримки прийняття рішень.

Результати досліджень. У технічній літературі використовують таку класифікацію мереж щодо форматів еталонних ситуацій і вузлів мереж [3]:

1. Явні мережі (мережі ситуацій) та непрямі, посередні (мережі станів). В явних мережах як вузли використовуються еталонні ситуації. В посередніх мережах (мережах станів) як вузли використовуються узагальнені стани, які не збігаються з еталонними ситуаціями за складом або способом представлення системних характеристик.

2. Статичні та динамічні мережі. Статична мережа — це граф для визначення значень системних характеристик, початкових даних для конкретної задачі прийняття рішень. При побудові динамічної мережі використовується частина графової структури, початковим вузлом якої є вузол, який асоціюється з вхідними даними.

3. Ситуаційні мережі з жорстким та гнучким способами отримання значень ситуаційних ознак (за способом адаптації). Мережі з жорстким способом отримання ситуаційних ознак базуються на незмінному списку об'єктів та їх харак-

теристик, тобто структура систем не змінюється. В мережах з гнучким способом отримання значень ситуаційних ознак адаптація існуючої мережі до нових умов не змінює існуючу структуру груп еталонних ситуацій

4. Мережі з повністю керованими переходами та ймовірнісні (стохастичні) мережі. У ймовірнісних (стохастичних) мережах у переходах, крім керованої, наявна також випадкова складова, а результати застосування керувальних рішень мають подійний характер.

5. Прості (неієрархічні) та ієрархічні мережі. Ієрархічні мережі залежно від числа ситуаційних груп верхнього рівня поділяють на: одноаспектні (керувальні рішення асоціюються з однією групою еталонних ситуацій верхнього рівня ієрархії, при цьому результати аналізу груп нижнього рівня використовуються групами верхнього рівня) та багатоаспектні (керувальні рішення асоціюються з кількома ситуаційними групами верхнього рівня ієрархії, ефективно використовуються, коли можна виділити відносно незалежні аспекти функціонування керованої системи).

Основні вимоги до побудови НСМ формуються, виходячи з жорсткого списку рішень, які повинні оперативно прийматись при управлінні ОТС. При організації підсистем підтримки прийняття рішень враховуються такі властивості задачі:

- наявність типових сценаріїв розвитку ситуацій;
- можливість опису типових ситуацій прийняття рішень у вигляді подій обстановки;
- якісний характер описів подій;
- можливості нечіткого ситуаційного підходу.

Практично неможливо передбачити всі типові ситуації при прийнятті рішень і відобразити їх у вигляді структури статичної НСМ, саме це призводить до необхідності використання динамічної НСМ. Не існує адекватних механізмів взаємного відображення типових ситуацій на прийняття рішень, тому частіше використовується непряма мережа з розділенням вузлів мережі та набору еталонних ситуацій.

Необхідно враховувати також ряд інших особливостей задач прийняття рішень: залежність ситуацій від поведінки суміжних об’єктів (систем) й унікальність конкретних умов розв’язання задач; наявність невизначеностей і необхідність урахування наслідків рішень тощо.

Тож для оперативного управління ТК в класі ОТС необхідно створити найбільш досконалу ситуаційну мережу: нечітку, непряму, динамічну, ймовірнісну з використанням багатовершинної ієрархії еталонних ситуацій.

Ситуація розглядається як набір ознак, які описують стан об’єкта в певний момент часу. Всі можливі стани об’єкта описуються набором типових ситуацій, кожна з яких є сукупністю лінгвістичних значень ознак.

Головне призначення нечіткої ситуаційної мережі полягає у можливості на обмеженому наборі ситуацій аналізувати будь-які стани системи та генерувати керувальні стратегії, які переводять систему з початкового стану в кінцевий (цільовий). Фактично нечітка ситуаційна мережа подається у вигляді нечіткого орієнтованого графа переходів за еталонними нечіткими ситуаціями, а набір керувальних рішень, які переводять систему з одного стану в інший (з однієї ситуації в іншу), є стратегією керування. Тоді стратегія керування — послідовність переходів між нечіткими ситуаціями в ситуаційній мережі. Перехід

здійснюється на основі, як правило, нечіткої продукційної моделі або безпосередньо у мережі.

Задача ситуаційного управління формалізується так:

$$S_0 \xrightarrow{R^*, S} S^*, \qquad (1)$$

де: S_0 — поточний стан, S^* — кінцевий (цільовий) стан, $R^* = \{R_j\}$ — послідовність керувальних рішень (керувальної стратегії), які застосовуються на основі нечіткої ситуаційної мережі S. Послідовність R^* визначається як відношення суми переваг $\{R_j\}$ дуг, які входять у маршрут на графі мережі, до кількості дуг.

У загальному випадку задача нечіткого ситуаційного керування передбачає виконання етапів:

- формалізації типових (еталонних) нечітких ситуацій;
- побудови нечіткої ситуаційної мережі;
- вибору міри близькості нечітких ситуацій;
- побудови, при необхідності, матриці керувальних рішень;
- визначення степені переваг керувальних дій;
- реалізації алгоритму стратегії управління.

Застосування ситуаційного управління для різних підсистем потребує аналізу ситуацій з різними наборами факторів (ознак), тому використовується ієрархічна структура, яка об'єднує нечіткі ситуаційні мережі для керування підсистемами [4].

Нечітка ситуаційна мережа S подається у вигляді трьох рівнів. На ситуаційному рівні відображаються типи можливих ситуацій $\{S^1,....S^k\}$, кожен з яких характеризується певним набором чинників (ознак) $\{y_1,...y_m\}$.

На мережевому рівні розташовуються графічні зображення нечітких ситуаційних мереж. Види ситуацій зображуються колами, які з'єднанні стрілками, вага яких показує степінь нечіткого включення однієї типової нечіткої ситуації в іншу. Рівень чинників вказує той набір чинників, який визначає тип нечітких ситуацій. Стрілками показується належність підмножини ознак до типів ситуацій.

На прикладі випарної установки ТК цукрового заводу виділимо такі нечіткі ситуації:

S^I — низький вміст сухих речовин у сиропі;

S^{II} — підвищений вміст сухих речовин у сиропі;

S^{III} — підвищене забарвлення сиропу.

На рис. 1 показані лише типові нечіткі ситуації S^I та S^{III}. Для простоти графічного зображення обрано лише дві лінгвістичні змінні для ситуацій:

1-й рівень: S_{11} — суттєве зниження вмісту сухих речовин у сиропі; S_{12} — мале зниження вмісту сухих речовин у сиропі — $CP_{\text{сир}}$;

2-й рівень: S_{21}, S_{22} — суттєве та мале зниження тиску гріючої пари першого корпусу ($P_{П1}$);

3-й рівень: S_{31}, S_{32} — суттєве та мале зниження температури в корпусах, крім останнього (Т);

4-й рівень: S_{41}, S_{42} — суттєве та незначне відхилення від графіку роботи вакуум-апаратів (ВА);

5-й рівень: S_{51}, S_{52} — суттєве та мале відхилення від оптимальних значень рівнів за корпусами (Н);

6-й рівень: S_{61}, S_{62} — суттєве та незначне зниження вмісту сухих речовин у соку, який поступає на перший корпус ($CP_{сік}$);

7-й рівень: S_{71}, S_{72} — незначне відхилення від норми, норма (СР).

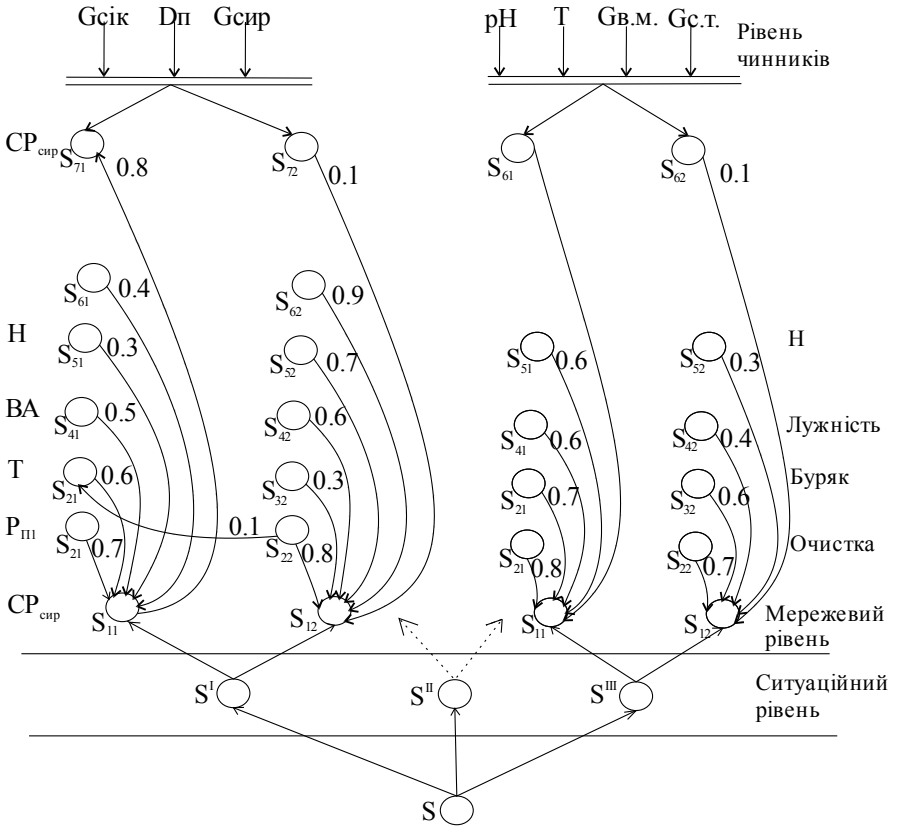


Рис. 1. Ієрархічна нечітка ситуаційна мережа

Для нечітких типових ситуацій типу S^{III} визначені такі лінгвістичні змінні:

1-й рівень: S_{11}, S_{12} — суттєве та незначне відхилення забарвлення соку;

2-й рівень: S_{21}, S_{22} — суттєве та незначне відхилення від оптимального режиму на станціях сокодобування та очистки (Очистка);

3-й рівень: S_{31}, S_{32} — суттєве та незначне зниження якості буряків (Буряк);

4-й рівень: S_{41}, S_{42} — суттєве та незначне підвищення лужності соку (Лужність);

5-й рівень: S_{51}, S_{52} — суттєве та незначне зниження рівня соку за корпусами (Н);

6-й рівень: S_{61}, S_{62} — незначне відхилення від норми, норма (Забарв.).

На типові нечіткі ситуації найбільший вплив мають такі чинники, які використовуються і як клерувальні дії: $G_{\text{сік}}$ — витрата соку на установку та між корпусами; $G_{\text{сир}}$ — витрата сиропу, D_n — витрата граючої пари. Наведені графічні структури дають наочне уявлення про ситуації на об'єкті та можливості досягнення кінцевої мети.

Виконання дії може зайняти декілька кроків, протягом яких функція результату буде визначати значення атрибутів об'єктів, для чого вводиться час початку дій t_0 відносно певного об'єкта первинного типу як параметра функції результату. Відповідно для обчислення функції результату потрібно знати час розрахунку значення результату t_r, тобто необхідно зняти інтервал часу $t' = t_r - t_o$. Можуть виникнути такі варіанти:

- дія не може бути перервана (транзактна дія), має кінцевий термін виконання $nt > 1$ (більше одного кроку), який не завершено $t < t_o + nt$. Тоді для часу t не проводиться ідентифікація ситуацій групи S^v в контексті об'єкта o_j^v, а у всіх породних варіантах $Vres(\overline{U}^t)$ не залежно від об'єкта, який розглядається, вказується один і той же варіант $\operatorname{Re}s_{G_{vj}}$ однієї і тієї ж дії $ags_{K_{vj}}^v$, причому ймовірність такого варіанта — вироджена одинична нечітка ймовірність $\Pr ob^E = \{1/1\}$;

- дія завершена $t \geq t_0 + nt$. Тоді ідентифікація ситуації групи S^v відносно об'єкта, формування для нього списку дозволених дій та використання його при побудові породних варіантів відбувається звичайним шляхом, а можливість переривання дії не має значення;

- дія не завершена $t < t_0 + nt$ (у загальному випадку для дій, які перериваються, час nt може не обмежуватись), може перериватись. Звичайним порядком формується список дозволених дій, а при підтвердженні продовження виконання дій породні варіанти формуються, як у 1-му випадку. Якщо ж виникає необхідність застосування іншої дії, то формування цієї дії здійснюється, як у 2-му випадку.

За допомогою моделі оцінки станів керованої системи оцінюються вузли верхнього шару мережі. Керувальні рішення оцінюються через оцінки вузлів, до яких вони призводять, згорнуті відповідно до обраної стратегії оцінки рішень. Варіантами стратегій можуть бути такі:

- песимістична, коли рішення оцінюється за найгіршою з оцінок вузлів, до яких воно приводить;

- оптимістична — за найкращою оцінкою;

- зменшення ризику, коли рішення оцінюється за сумою нечітких ймовірностей переходу до вузлів результату з оцінкою нижчою за порогову;

- підвищення ймовірності виграшу: рішення оцінюється за сумою нечітких ймовірностей переходу до вузлів результату з оцінкою вищою за порогову;

- зважена, яка усереднює оцінки результатів згідно з їх імовірностями (аналог математичного сподівання).

Максимальні оцінки керувальних рішень, які є вихідними з кожного вузла, це — аргументи для оцінки переходів нижнього рівня. Після визначення пере-

ходів з кореневого вузла, конструюється піддерево висновку (виведення), де для кожного вузла обирається груповий перехід з максимальною оцінкою. Довільний підграф виведення оцінюється за відхиленням оцінок обраних переходів від максимальних. Коли є можливість побудови двох піддерев виведення з однаковою оцінкою, вводяться додаткові критерії [5].

Висновки. За результатами проведених досліджень обґрунтовано використання нечіткої ситуаційної мережі для системи підтримки прийняття рішень, що орієнтовані на ТК неперервного типу, зокрема цукрового заводу, що працює на значних часових інтервалах.

Запропонована у статті нечітка ситуаційна мережа може бути використана в базі даних та знань при формуванні структури системи підтримки прийняття рішень для управління та контролю різними режимами функціонування, що може бути корисним для систем керування складними об'єктами різної природи ієрархічної структури.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Грибков С. В.* Web-орієнтована система підтримки прийняття рішень при плануванні виконання договорів / С. В. Грибков, Г. В. Олійник, В. А. Литвинов // Східноєвропейській журнал передових технологій. — 2018. — V 3, № 2(93). — С. 13—24.

2. *Мелихов А. Н.* Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой / А. Н. Мелихов, Л. С. Бернштейн, С. Л. Коровин — М.: Наука, 1990. — 272 с.

3. *Борисов В. В.* Реализация ситуационного подхода на основе нечеткой иерархической ситуационно-событийной сети / В. В. Борисов, М. М. Зернов // Искусственный интеллект и принятие решений. — 2009. — № 1. — С. 17—30.

4. *Ладанюк (Бойко) Р. О.* Інформаційна корпоративна система оцінки ефективності цукрового виробництва / Р. О. Ладанюк (Бойко), Л. Г. Загоровська // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2010. — № 1/4(43). — С. 49—51.

5. *Ладанюк А. П.* Системна задача координації в технологічних комплексах неперервного типу / А. П. Ладанюк, Д. А. Шумигай, Р. О. Бойко // Збірник наукових праць. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація, вип. 25, частина I — Кіровоград: КНТУ, 2012. — С. 288—294.

СЕТЕВЫЕ СТРУКТУРЫ ПРИ УПРАВЛЕНИИ СЛОЖНЫМИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИМИ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ) СИСТЕМАМИ

Р. О. Бойко, С. В. Грибков
Национальный университет пищевых технологий

В статье предложена и обоснована структура нечеткой ситуационной сети для системы поддержки принятия решений з учетом слабоструктурированных или неструктурированных проблем и отсутствия точных моделей для описания проблемных ситуаций повышения эффективности управления организационно-техническими (технологическими) системами на примере сахарного завода, который работает на достаточных часовых интервалах.

Ключевые слова: *сетевые структуры, система поддержки принятия решения, нечеткие ситуационные сети, организационно—технические (технологические) системы.*

УДК 331.452

THEORETICAL BASIS AND INFORMATION PROVISION FOR INDUSTRIAL RISK ASSESSMENT

O. Kruzhilko, I. Tkalych
Head of the Department of Information Technologies of the Public Agency "National Scientific Research Institute of Industrial Protection and Occupational Safety"
A. Siryk
National University of Food Technologies
O. Polukarov
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Key words:
occupational risk,
occupational safety,
traumatism,
planning

Article history:
Received 17.04.2019
Received in revised form 15.05.2019
Accepted 24.05.2019

Corresponding author:
sao30.dn@gmail.com

ABSTRACT

The article states the results of the analysis of existing approaches to planning measures based mainly on the processing of statistical data, and the results of the assessment of production risks are not used in full. Despite the availability of scientific developments that allow for the formulation of scientifically substantiated recommendations on the planning of occupational safety measures aimed at adhering to the permissible level of risk, their practical use is not sufficient. It is also noted that the results of statistical processing of data on occupational injuries are an important part of the information provision for the assessment of industrial risks at the initial stage. In particular, for the comparative analysis of the level of occupational injuries for different enterprises (industries, regions, etc.), the coefficients of frequency and severity of occupational injuries are often used.

The use of data on occupational injuries in food processing enterprises and processing of agricultural products to substantiate the plan of measures given as an example.

The theoretical bases of the estimation of industrial risks are suggested, the use of which will allow to carry out the justified planning of preventive measures. For an adequate assessment of production risks it is necessary to have objective data of different time periods: the occurrence of traumatic events in the past (traumatism statistics and data on dangerous situations, statistics of levels of production factors), the current state of threats to life and health of people (current non-compliance with safety requirements, identified through inspections, questionnaires), future state of threats (methods of forecasting, modeling, planning) are used.

It is shown that conditions for reducing the level of risk are the implementation of the sequence of the hierarchy (in descending order) of means and management methods: elimination of hazards; replacing processes, operations, materials or equipment with less dangerous; application of technical means and methods of management and reorganization of works; the application of administrative management methods, including the training of employees; administrative control, the use of adequate means of personal protection. The necessity of creation and use of information systems for information provision of the process of assessment of industrial risk is noted.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-18

© О. Є. Кружилко, І. М. Ткалич, А. О. Сірик, О. І. Полукаров, 2019 р.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЦІНЮВАННЯ ВИРОБНИЧОГО РИЗИКУ

О. Є. Кружилко, д-р техн. наук
І. М. Ткалич
Державна установа «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці»
А. О. Сірик, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій
О. І. Полукаров, канд. техн. наук
КПІ ім. Ігоря Сікорського

У статті викладено результати аналізу існуючих підходів до планування заходів, що базуються переважно на обробленні статистичних даних. Наведено приклад використання даних про виробничий травматизм на підприємствах харчової промисловості та переробки сільськогосподарських продуктів для обґрунтування плану заходів. Запропоновано теоретичні основи оцінювання виробничих ризиків, використання яких дасть змогу провести обґрунтоване планування профілактичних заходів. Відзначено необхідність створення та використання інформаційних систем для інформаційного забезпечення процесу оцінки виробничого ризику.
Ключові слова: *виробничий ризик, охорона праці, травматизм, планування.*

Постановка проблеми. У сучасних соціально-економічних умовах, які характеризуються переходом від адміністративно-командних методів управління суспільними відносинами до ринкових, управління охороною праці потребує нового методологічного підходу. Це зумовлено тим, що існуюча в Україні система управління охороною праці не забезпечує дієву профілактику небезпечних випадків і ситуацій, не дає змоги проводити обґрунтоване планування профілактичних заходів, спрямованих на запобігання виробничому травматизму.

Такий стан справ не сприяє заохоченню роботодавців до створення належних, безпечних і здорових умов праці, не створює умов для інтегрування системи управління охороною праці в загальну систему управління підприємством. Саме через це можна вважати актуальною проблему розроблення теоретичних основ системи ідентифікації та оцінювання виробничих ризиків.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Незважаючи на значну кількість наукових праць, присвячених питанню підвищенню ефективності управління охороною праці на різних рівнях, слід відзначити відсутність єдиного науково-обґрунтованого підходу до вирішення цієї проблеми [1; 2]. Не повною мірою використовуються результати оцінки ризиків і при встановленні профілактичних заходів для зниження рівня виробничого травматизму на підприємствах, незважаючи на достатньо великі наукові напрацювання, які дають змогу формувати науково-обґрунтовані рекомендації щодо планування заходів з охорони праці, спрямованих на додержання допустимого рівню ризику. Сучасний етап розвитку характеризується активною адаптацією законодавства України з охорони праці до європейського і міжнародного, посилюється використання світового наукового та практичного досвіду у сфері охорони праці.

Результати досліджень європейських та американських вчених [3—6], засвідчили, що на сучасному рівні удосконалення оцінки ризиків ведеться за такими

напрямками: поширення застосування оцінки ризиків; удосконалення методології оцінки ризиків; оброблення результатів оцінки ризиків. Існує декілька класифікацій методик оцінювання ризиків, наприклад, техніки оцінювання поділяються на кількісні, якісні та гібридні [6]. При цьому найбільш поширеними є кількісні методи оцінки, які передбачають розрахунок добутку кількісно визначених множників за встановленими шкалами. Також відзначено відсутність універсального методу оцінки ризику, тож обрання методу (методів) оцінки ризиків має бути пристосованим до контексту ризик-менеджменту конкретної організації [6]

Якщо в попередні періоди вибір способів і шляхів комплексного вирішення проблем розвитку підприємства проводилися на основі мінімізації економічних витрат, то на сьогодні все більшої актуальності набувають підходи на основі концепцій теорії ризику [7—10].

Метою дослідження є розроблення теоретичних основ ідентифікації та оцінки виробничих ризиків, прийнятних для підприємств різних видів економічної діяльності та формування пропозицій з їх практичної реалізації в сучасних умовах.

Результати досліджень. Загальна оцінка стану охорони праці з позицій державного управління традиційно починається з аналізу основних показників виробничого травматизму. Такий підхід притаманний системі управління охороною праці, яка базується на реагування на небезпечні випадки та ситуації, а не за принципом «запобіжних дій». Незважаючи на критику існуючого підходу, можна стверджувати, що він буде активно застосовуватись до тих пір, поки не буде забезпечений перехід від заходів реагування на нещасні випадки та системи безпеки та гігієни праці, що базуються на усуненні наслідків, до заходів, які передбачають точне і постійне оцінювання виробничих ризиків, їх запобігання, а також заохочення до створення безпечних і здорових умов праці [11].

Для інформаційного забезпечення державного нагляду та інспекційної діяльності в сфері охорони праці ДУ «ННДІПБОП» розроблено відповідні інформаційні системи, які встановлені та функціонують на рівні центрального апарату Держпраці, в територіальних управліннях та інспекціях. Зокрема, інформаційна система «Травматизм» призначена для автоматизованого збору даних, передачі за підпорядкуванням занесених даних, формування на кожному рівні ієрархічної структури Держпраці звітів та аналітичних матеріалів. Також реалізовано можливість проведення розрахунків за критеріями (коефіцієнтами), які формуються користувачем. Для порівняльного аналізу рівню виробничого травматизму для різних підприємств (галузей, областей тощо) використовується коефіцієнт частоти травматизму загального (Кчз), який розраховується як відношення кількості потерпілих до середньооблікової кількості працюючих, помножене на 1000. Коефіцієнт частоти травматизму смертельного (Кчс) розраховується як відношення кількості загиблих до середньооблікової кількості працюючих, помножене на 1000. Коефіцієнт тяжкості травматизму (Кт) розраховується як відношення кількості днів непрацездатності до кількості нещасних випадків без смертельного наслідку. Звіт про показники виробничого травматизму за видами економічної діяльності у 2018 р., отриманий з використанням інформаційної системи «Травматизм», представлений у табл. 1.

Зокрема, за результатами детального аналізу стану охорони праці, проведеного з використанням статистичних даних про виробничий травматизм на підприємствах харчової промисловості та переробки сільськогосподарської

продукції, було встановлено зростання показників виробничого травматизму та окремі порушення. Як захід реагування на виявлені проблеми за ініціативою Управління Держпраці у Кіровоградській області в грудні 2018 року проведено засідання «круглого столу» за участю представників Держпраці, Управління виконавчої дирекції Фонду соціального страхування, обласних структур Федерації профспілок, представників суб'єктів господарювання харчової промисловості та переробки сільськогосподарської продукції.

Таблиця 1. **Показники виробничого травматизму у 2018 р.**

Вид економічної діяльності	Коефіцієнти травматизму		
	Кчз	Кчс	Кт
Видавнича справа	0,11	0,00	106,67
Виробництво шкіри та виробів зі шкіри	0,06	0,00	94,00
Гірничорудна і нерудна промисловість	0,34	0,05	77,08
Водний транспорт	0,20	0,00	53,31
Лісове господарство	0,15	0,06	48,67
Автомобільний транспорт	0,14	0,04	37,59
Пошта, зв'язок	0,11	0,00	34,78
Підприємства та об'єкти теплокомуненерго, міського освітлення, ремонтно-будівельні підприємства	0,07	0,01	34,35
Енергетика	0,09	0,01	32,65
Харчова промисловість та переробка сільськогосподарських продуктів	0,08	0,01	28,16
Вугільна промисловість	2,19	0,04	26,37

Обговорено питання щодо мінімізації ризиків та запобігання виробничому травматизму на підприємствах харчової промисловості та переробки сільськогосподарської продукції. Наголошено на тому, що з 2015 року спостерігається збільшення кількості нещасних випадків. У минулому році зросла кількість травмованих працівників у харчовій промисловості та переробки сільськогосподарської продукції втричі — 12 проти 4 (2016 рік), за 11 місяців 2018 року проти відповідного періоду 2017 року — 12 проти 10 (2016 рік) [10]. Аналіз видів подій, що призвели до травмування, показав, що це насамперед дія рухомих і таких, що обертаються, деталей, обладнання, машин, механізмів; ДТП, падіння, у т.ч. з висоти; дія температур, погіршення стану здоров'я тощо. Також на засіданні озвучено, що в поточному році головними державними інспекторами Управління в плановому та позаплановому порядку проведено 22 перевірки суб'єктів господарювання харчової та переробної промисловості та 179 вироб-ничих об'єктів на предмет дотримання вимог законодавства з питань охорони праці та промислової безпеки. Під час перевірок виявлено 985 порушень вимог законодавчих актів. Одним з результатів роботи зібрання було опрацювання проекту плану заходів зі зниження виробничого травматизму у вищезазначених галузях на 2019 рік.

Можна стверджувати, що запровадження на державному рівні заходів, подібних до розглянутого вище, буде залишатися цілком виправданим до тих пір, поки не буде запроваджено національну систему запобігання виробничим ризикам, яка сприятиме створенню безпечних і здорових умов праці [11]. Аналіз теорії та практики планування профілактичних заходів на підприємствах свідчить, що оцінка виробничих ризиків враховується не повною мірою. Така ситуація пояснюється недосконалістю підходів до оцінки ризику, некоректним засто-

суванням існуючих методик, слабким зв'язком між результатами оцінки ризику і подальшими управлінськими рішеннями тощо. Також при оцінці ризику недостатньо враховуються особливості підприємств різних видів економічної діяльності, що не завжди дає змогу отримати прийнятний результат.

Існує декілька класифікацій методик оцінювання ризиків. При удосконаленні методик найбільш перспективним напрямком є зосередження насамперед на кількісних методиках, що найкраще зарекомендували себе на практиці [12]. Але необхідно враховувати той факт, що існуючі методичні підходи до оцінки виробничих ризиків не можуть вважатися універсальними для підприємств різних галузей, а результативність їх використання значною мірою залежить від конкретних виробничих умов.

Для проведення оцінки ризиків на підприємствах розроблено процедуру, що передбачає застосування існуючих методів оцінки ризиків, а також визначення результативності оцінки ризиків. Підхід, який передбачає збільшення точності оцінки ризиків шляхом комплексного використання декількох методів оцінки є найбільш перспективним. Існує позиція науковців, які вважають, що не існує універсального методу оцінки ризику, отже, раціональне обрання одного або декількох методів оцінки ризиків має бути пристосованим до контексту ризик-менеджменту підприємств [7; 8; 12].

Для адекватної оцінки виробничих ризиків необхідно мати об'єктивні дані різних часових періодів: настання травматичних подій у минулому часі (статистика травматизму та дані про небезпечні ситуації, статистика рівнів виробничих чинників); сучасний стан загроз життю та здоров'ю людей (поточні невідповідності вимогам безпеки, визначені шляхом перевірок, анкетувань тощо); майбутній стан загроз (прогнозування, моделювання, планування).

Таким чином формується інформаційне забезпечення, необхідне для оцінювання виробничих ризиків, яке охоплює різні часові періоди і необхідну номенклатуру даних. Зокрема, інформація про травматичні події, що призвели до травматизму із тимчасовою втратою працездатності міститься в актах за формою Н-1, а також у статистичних даних щодо причин та обставин виникнення випадків травматизму на підприємстві. Інформація про причини виникнення потенційно небезпечних випадків може надаватись працівниками. Інформацію про порушення вимог чинних нормативно-правових актів з охорони праці, які можуть стати причиною травмування, результати зовнішніх та внутрішніх аудитів, результати інспекційної діяльності.

Планування заходів зі зниження ризику передбачає таку послідовність дій. Вважаємо, що в результаті проведеного аналізу на підприємстві виявлено множину чинників $X = \{x_i\}$, що мають вплив на виробничий ризик. Для ідентифікації небезпек та аналізування ризику можуть використовувати такі методи: Елмері, Файн-Кінні та «Матриця наслідків / ймовірностей», HAZOP, LOPA. В результаті кожен виробничий чинник x_i буде оцінений з позицій фактичного впливу на рівень виробничого ризику r_i^{ϕ}. Для зручності подальших розрахунків доцільно перейти до нормованих значень оцінок виробничих ризиків, що розраховуються за формулою:

$$r_i = \frac{r_i^{\phi} - r_i^{\min}}{r_i^{\max} - r_i^{\min}}, \; r_i \in [0;\ 1], \tag{1}$$

де r_i, r_i^{ϕ} — відповідно нормоване та фактичне значення впливу чинника на виробничий ризик, $r_i^{\max}$, $r_i^{\min}$ — відповідно максимальне та мінімальне фактичне значення впливу чинника на виробничий ризик (визначаються за результатами статистичної обробки даних).

Формалізована постановка завдання планування заходів із зниження рівня виробничих ризиків полягає в обґрунтуванні вибору оптимальної альтернативи з множини наявних. Введемо такі позначення: $Z = \{z_i\}$, $i = 1,...,5$ — множина альтернативних заходів (альтернатив) зі зниження виробничого ризику, що можуть бути застосовані для нормалізації рівнів наявних чинників. Передбачається, що кожна з альтернатив сформованої множини забезпечує зниження рівня небезпеки (шкідливості) одного або декількох чинників множини $X = \{x_i\}$ на наступний (плановий) період. Тобто реалізація альтернативи у поточний момент часу забезпечить зниження рівня небезпеки (шкідливості) хоча б одного чинника множини. В разі, якщо альтернатива не буде реалізована, стан цього чинника залишиться незмінним, або рівень виробничого ризику, зумовлений цим чинником, зросте; $E = \{e_{ij}\}$ — множина очікуваних результатів (оцінка реалізації *j*-ї альтернативи для зниження рівня виробничого ризику, зумовленого *i*-м НШВФ), значення елементів множини E визначаються експертним шляхом.

Для заходів, спрямованих на зниження виробничих ризиків, пропонується використовувати такі рівні градації: z_1 — усунення НШВФ, z_2 — заміна НШВФ, z_3 — технічний контроль НШВФ, z_4 — адміністративний контроль НШВФ, z_5 — засоби індивідуального захисту.

Для порівняльної оцінки виробничого ризику пропонується використовувати такі рівні градації: R_1 — прийнятний (0…0,25), R_2 — середній (0,25…0,5), R_3 — високий (0,5…0,75), R_4 — неприйнятний (0,75…1).

Попереднє оцінювання кожного заходу із зниження виробничого ризику здійснюється групою експертів. Для проведення оцінювання можуть використовуватись такі критерії [12]: результативність заходу (ступінь забезпечення зниження ризику настання травматичної події); стабільність результату (ступінь забезпечення стійкого незмінного позитивного результату); ефективність заходу (зваженість витрат матеріальних і людських ресурсів для втілення заходу); швидкість впровадження (часовий період, за який даний захід може бути реалізований); легкість впровадження (відсутність потреби у складних технічних рішеннях, проектуванні, перериванні виробничого процесу, спецдозволах тощо).

Масив даних має вигляд таблиці, де по горизонталі вказано типи альтернативних заходів зі зниження виробничого ризику, по вертикалі — оцінка потенційного впливу чинника на виробничий ризик, на перетинах — експертна оцінка привабливості обрання відповідного заходу e_{ij} (найбільша привабливість відповідає оцінці 1, а найменшій — 0).

При цьому необхідно розташувати рядки масиву таким чином, щоб на першій позиції був НШВФ з найбільшим значенням ризику, а на останній — з найменшим, буде виконуватись нерівність:

$$r_1 \le r_2 \le ... \le r_n . \quad (2)$$

Тож можна стверджувати, що мінімальні значення результатів реалізації управлінських рішень знаходяться у першому стовпці, а максимальні — в останньому, тобто:

$$v_i = 1 - (\, e_i^0 - \max_j(e_{ij})), \;\; i = 1...n, \; j = 1...5 \,. \tag{3}$$

Загальна оцінка очікуваного результату реалізації плану заходів зі зниження ризику може бути розрахована за формулою:

$$\overline{v} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} v_i \,. \tag{4}$$

Граничні випадки: найвища оцінка очікуваної реалізації плану заходів становить 1, а найнижча — 0.

Масив даних, необхідних для обґрунтування заходів зі зниження виробничого ризику, наведено у табл. 2

Таблиця 2. **Дані для обґрунтування заходів зі зниження виробничого ризику**

НШВФ		Експертна оцінка альтернативних заходів зі зниження виробничого ризику					Оцінка обраного заходу	Відхилення
Найменування	Оцінка	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5		
x_1	r_1	e_{11}	e_{12}	…	…	e_{15}	e_1^0	v_1
…	…	…	…	…	…	…	…	…
x_n	r_n	e_{n1}	e_{n2}	…	…	e_{n5}	e_n^0	v_n

Для неприйнятного та високого рівнів ризиків необхідно запровадити заходи управління. Для неприйнятних ризиків умовою є застосування заходів трьох вищих щаблів ієрархії як найбільш результативних. Якщо рівень ризику відноситься до прийнятного, у застосуванні заходів для його зниження немає необхідності, доки не зміняться фактори впливу на даний ризик, умови оцінювання тощо.

Умовами для зниження рівня ризику є виконання послідовності ієрархії засобів та методів управління, як це зазначено у міжнародному стандарті ISO 45001 з системи управління охороною здоров'я і забезпечення безпеки праці, який був розроблений на заміну BS OHSAS 18001:2007 (у порядку убування): усунення небезпек; заміна процесів, операцій, матеріалів або обладнання на менш небезпечні; застосування технічних засобів і методів управління і реорганізація робіт; застосування адміністративних засобів і методів управління, включаючи підготовку працівників; адміністративний контроль, застосування адекватних засобів індивідуального захисту.

При цьому ефективність профілактичних заходів значною мірою залежить від наявності даних про виробничий травматизм і відповідних інформаційних систем, що забезпечують їх обробку.

Висновок. Для практичного використання запропоновано теоретичні основи планування профілактичних заходів, що базуються на оцінці виробничих ризиків. Для такої оцінки можуть використовуватись різні існуючі методи оцінки ризиків, найбільш прийнятні для використання в умовах конкретного підприємства.

Метод оцінки ризиків, заснований на оцінюванні даних про наявні на підприємстві НШВФ, має такі переваги: обумовлює збір та аналіз статистичних даних щодо травматизму і дослідження його причин; враховується наглядова діяльність інспекторів Держпраці та незалежних органів у сфері виробничої безпеки; стимулюється залучення працівників до питань безпеки шляхом їх участі у виявленні потенційно небезпечних факторів; застосовується один або декілька стандартних (загальноприйнятих) методів оцінки ризику; стимулюється регулярний збір даних про джерела небезпеки (шкідливості) на підприємстві, що відображає різні часові періоди.

Для забезпечення автоматизованих розрахунків, ведення баз даних і візуалізації результатів розроблена інформаційна система, яка забезпечує виконання усіх етапів обробки даних у процесі планування заходів зі зниження виробничих ризиків на підприємстві.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Євтушенко О. В.* Підвищення рівня безпеки праці на підприємствах харчової промисловості / Євтушенко О. В., Водяник А. О. // Проблеми охорони праці в Україні. — 2012. — Вип. 24. — С. 26—37.

2. *Сірик А. О.* Методика оцінки ефективності організаційно—технічних заходів забезпечення заданого рівня безпеки праці в енергетичному господарстві підприємств / Сірик А. О., Євтушенко О. В., Барабаш О. В. // Системи обробки інформації. — 2016. — № 8. — С. 191—193.

3. *Marhavilas P. K.* Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000—2009 / P. K. Marhavilas, D. Koulouriotis, V. Gemeni // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. — 2011. — № 24. — P. 477—523.

4. *Lee C. K. M.* Risk Modelling and Assessment for Distributed Manufacturing System / Lee C. K. M., Lv Y. & Hong Z. // International Journal of Production Research. — 2013. — № 51(9). — P. 1—15.

5. *Aven T.* Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. / Aven T. // European Journal of Operational Research. — 2016. — № 253. — P. 1—13.

6. *Heckmann I.* A critical review on supply chain risk — Definition, measure and modeling / Heckmann I., Comes T., Nickel S. // Omega. — 2015. — № 52. — P. 119—132.

7. *Лапшин О. О.* Сучасний підхід щодо впровадження комплексної системи оцінки ризиків на підприємствах гірничо-металургійного комплексу / Лапшин О. О., Лапшин О. Є. // Проблеми охорони праці в Україні. — 2015. — Вип. 29. — С.16—27.

8. *Кружилко О. Є.* Алгоритм підготовки управлінських рішень на основі комбінованого методу оцінки ризику виробничого травматизму / Кружилко О. Є., Богданова О. В. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2016. — № 3 (том 22). — С. 140—149.

9. *Сторож Я. Б.* Алгоритм інформаційно-аналітичної підтримки оцінки виробничих ризиків на основі методу Елмері. / Сторож Я. Б. // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. —2018. — Вип. 4/2018 (111). — С. 130—135.

10. За «круглим столом» обговорено мінімізацію ризиків виробничого травматизму на підприємствах харчової промисловості Кіровоградщини. — Режим доступу: URL: http://-dsp.gov.ua/za-kruhlym-stolom-obhovoreno-minimizatsiiu-ryzykiv-vyrobny choho-travmatyzmu-na-pidpryiemstvakh-kharchovoi-promyslovosti-kirovo hradshchyny (дата звернення 18.04.2019).

11. Про схвалення Концепції реформування системи управління охороною праці в Україні та затвердження плану заходів щодо її реалізації : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 12.12.2018 р. № 989-р. — Режим доступу: URL: https://zakon.-rada.gov.ua/laws/show/989-2018-%D1%80?lang=ru (дата звернення 23.04.2019).

12. *Богданова О. В.* Удосконалення науково—методичних підходів до планування заходів зі зниження виробничих ризиків: автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.26.01. — Київ, 2017. — 20 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РИСКОВ

О. Е. Кружилко, И. М. Ткалич
Государственное учреждение «Национальный научно-исследовательский институт промышленной безопасности и охраны труда»
А. О. Сирик
Национальный университет пищевых технологий
А. И. Полукаров
КПИ им. Игоря Сикорского

В статье изложены результаты анализа существующих подходов к планированию мероприятий, основанных преимущественно на обработке статистических данных. Приведен пример использования данных о производственном травматизме на предприятиях пищевой промышленности и переработки сельскохозяйственных продуктов для обоснования плана мероприятий. Предложены теоретические основы оценки производственных рисков, использование которых позволит провести обоснованное планирование профилактических мероприятий. Отмечена необходимость создания и использования информационных систем для информационного обеспечения процесса оценки производственного риска.
Ключевые слова: *производственный риск, охрана труда, травматизм, планирование.*

УДК 331.452

ANALYSIS OF THE SAFETY STATE OF PEOPLE WORKING IN FOOD INDUSTRY

V. Maystrenko, Y. Lyakh
Head of the Department of Information Technologies of the Public Agency "National Scientific Research Institute of Industrial Protection and Occupational Safety"
O. Evtushenko
National University of Food Technologies
G. Demchuk
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Key words:
traumatism,
cause,
event,
information system,
risk of accidents

Article history:
Received 15.04.2019
Received in revised form 16.05.2019
Accepted 28.05.2019

Corresponding author:
sao30.dn@gmail.com

ABSTRACT

The article outlines a method for analyzing the data on the state of occupational injuries in the food industry using the data of the information system "Povidomlennia". The main functions of the subsystem: the creation of a database of occupational injuries on the basis of special investigations; accumulation (insertion) of information in the database; editing information in a database; analysis of occupational injuries on different characters, formation of operational reference documents; reporting on occupational injuries; sampling and documenting information. The methodical approach to the analysis of occupational injuries, which is based on the identification of the causes of accidents, the events leading to them, the definition of the most traumatic occupations in the food industry, etc. is proposed. According to the results of the analysis of the most traumatic occupations of the food industry workers, the most vulnerable group of professions is food machinery operator, road transport drivers and loaders. It has been established that for the food industry, the main causes of road traffic accident are violations of traffic safety rules and failure to comply with instructions on labor protection. For cases of falling from a height — violation of safety requirements during the operation of equipment, equipment, machinery, mechanisms, non-compliance with the requirements of the instructions on occupational safety and personal carelessness of the victim. For accidents as a result of action of moving objects and parts that are flying, rotating — 10 cases — non-compliance with the requirements of the instructions on occu-pational safety, 7 cases — non-fulfillment of official duties and 5 cases — unsatisfactory technical condition of equipment. According to the results of the research it is possible to determine the most traumatic areas of production at food industry enterprises and to calculate the probability of occurrence of cases of injury to workers. The proposed approach provides an opportunity to carry out a detailed analysis of the condition of occupational injuries for a specific type of event, to identify the professions that for such an event have the highest risk of injury and the fields of supervision, which need to strengthen preven-tive work to reduce the level of injury.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-19

© В. В. Майстренко, Ю. М. Лях, О. В. Євтушенко, Г. В. Демчук, 2019 р.

АНАЛІЗ СТАНУ БЕЗПЕКИ ПРАЦІВНИКІВ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

В. В. Майстренко, канд. техн. наук
Ю. М. Лях
Державна установа «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці»
О. В. Євтушенко, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій
Г. В. Демчук, канд. техн. наук
КПІ ім. Ігоря Сікорського

У статті проаналізовано дані про стан виробничого травматизму у харчовій промисловості з використанням даних інформаційної системи «Повідомлення». Наведено основні характеристики цієї системи та її функціональні можливості. Запропоновано методичний підхід до аналізу виробничого травматизму, який базується на виявленні причин виникнення нещасних випадків, подій, які до них призводять, визначення найбільш травмонебезпечних професій у харчовій промисловості тощо. За результатами проведених досліджень можливо визначити найбільш травмонебезпечні ділянки виробництва на підприємствах харчової промисловості та розрахувати ймовірності виникнення на них випадків травмування працівників, що дає змогу оцінити економічні та соціальні втрати і ризик виникнення нещасних випадків для підприємства.
Ключові слова: *травматизм, причина, подія, інформаційна система, ризик виникнення нещасних випадків.*

Постановка проблеми. Одним із визначальних чинників ефективності управління в сфері охорони праці є високоякісне багатопланове інформаційно-аналітичне забезпечення, яке використовується під час опрацювання, прийняття й виконання рішень щодо підвищення безпеки виробництва [1; 2; 4].

На жаль, рівень виробничого травматизму у харчовій промисловості залишається високим. Кількість потерпілих з тяжкими та смертельними наслідками наведено в табл. 1.

Таблиця 1. **Динаміка виробничого травматизму у харчовій галузі**

Рік	2018		2017		2016	
	Всього	смертельно	Всього	смертельно	Всього	смертельно
Кількість травмованих	45	11	44	10	43	18

З даних, наведених у табл. 1, видно, що рівень виробничого травматизму залишається стабільно високим. Отже, виникає необхідність у впровадженні ефективних заходів щодо виправлення такої ситуації.

Останнім часом аналіз виробничого травматизму зводиться в основному до аналізу динаміки кількості нещасних випадків [6]. Тому актуальним є питання розробки нових методологічних підходів до аналізу виробничого травматизму та побудови моделі управління охороною праці, яка була б прийнятною для різних господарських структур і форм власності.

Одним із перспективних напрямків вирішення цієї задачі є впровадження ризикоорієнтованого підходу до планування заходів з охорони праці на підприємствах [2; 5]. Але при впровадженні цього підходу необхідно визначити

потенційні небезпеки та ймовірність виникнення таких ситуацій. Таке завдання можливо реалізувати на основі використання інформаційних технологій для аналізу стану виробничого травматизму. При наявності таких баз даних та інструментальних засобів для обробки інформації з'являється можливість оцінити ступінь впливу множини вхідних чинників на величину вихідних змінних і, як наслідок, підготувати оптимальні рішення щодо усунення впливу шкідливих та небезпечних виробничих чинників.

Мета дослідження: аналіз стану виробничого травматизму та визначення особливостей виникнення випадків травмування працівників харчової промисловості.

Результати досліджень. Аналіз існуючих інформаційних систем у галузі охорони праці свідчить, що накопичено позитивний досвід їх використання для вирішення завдань адміністративного моніторингу травматизму. Зокрема, такі системи дають змогу оперативно опрацьовувати великі обсяги інформації, здійснювати облік та обробку даних, проводити складні математичні розрахунки тощо [3; 7]. В інформаційних системах, що функціонують на рівні Держпраці та регіональному, реалізовано можливості формування сумарних форм звітності в розрізі галузей та за територіальною ознакою, підготовки порівняльного аналізу з аналогічним періодом минулого року та розрахунку показників за визначеними критеріями. Аналогічні підходи використовуються і фахівцями Міжнародної організації праці. Так, у документі «Національний профіль з безпеки та гігієни праці. Україна. 2018» наведено аналіз виробничого травматизму, в якому визначено кількісні дані та динаміку нещасних випадків. Крім того, визначені найбільш травмонебезпечні галузі народного господарства України. Але такий аналіз статистичних даних про нещасні випадки на виробництві є лише першим кроком на шляху до зниження рівня виробничого травматизму. Тому запропоновано методичні підходи, які дозволяють локалізувати джерела виробничого травматизму, виявити комбінацію причина-подія-професія, що дасть змогу підвищити ефективність планування заходів з безпеки виробництва.

Розроблена лабораторією інформаційних систем ДУ «ННДІПБОП» підсистема «Повідомлення» інформаційно-аналітичної системи Держпраці призначена для виконання всіх операцій з обробки даних про випадки виробничого травматизму, які підлягають спеціальному розслідуванню, а саме: смертельні та групові нещасні випадки, а також нещасні випадки з тяжкими наслідками та аварії. Підсистема встановлена на рівні центрального апарату Держпраці та в територіальних управліннях (ТУ) [7]. Основні функції підсистеми: формування бази даних про виробничий травматизм за матеріалами спеціальних розслідувань; накопичення (занесення) інформації до бази даних; редагування інформації в базі даних; аналіз виробничого травматизму за різними ознаками, формування оперативних довідкових документів; формування звітів про виробничий травматизм; побудова вибірок і документування інформації (друк, експорт в Excel).

У підсистемі використовуються класифікатори, передбачені Порядком розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві, а також загальнодержавні класифікатори КОАТУУ, КОДУ тощо.

Для підвищення ефективності аналізу виробничого травматизму розроблено алгоритм, який відрізняється від існуючих підходів поглибленим аналізом при-

чинно-наслідкових зв'язків виникнення виробничого травматизму та містить формалізований опис основних операцій.

При проведенні аналізу виробничого травматизму здійснюється: аналіз динаміки зміни показників виробничого травматизму за видами нагляду та територіальною ознакою; аналіз причин нещасних випадків, пов'язаних з виробництвом (як смертельних, так і тяжких); аналіз розподілу нещасних випадків за видами подій, унаслідок яких сталися випадки травматизму на виробництві; аналіз розподілу нещасних випадків за професіями; аналіз у динаміці коефіцієнтів травматизму.

Структурно дані про нещасні випадки розділено на три блоки [7]: загальна інформація про НВ (дата НВ, час НВ, ступінь ризику, причина НВ, тип та вид події, дані про склад комісії з розслідування НВ, дані про підприємство, дані про стан розслідування НВ); інформація про потерпілих (опис місця події, стислий опис обставин НВ, код події , код причини НВ, дані про потерпілого та характер травми); інформація про хід розслідування НВ.

За результатами аналізу найбільш травмонебезпечних професій працівників харчової промисловості виявилось, що найбільш уразливою групою професій є апаратник з виготовлення харчової продукції, водії автотранспортного транспорту та вантажники (табл. 2).

Таблиця 2. **Розподіл травмованих за професіями**

Травмонебезпечні професії	Код	Кількість потерпілих
Машиністи	02.01.00	3
Підсобний працівник	03.01.14	1
Монтажник з монтажу з/б конструкцій	03.02.04	1
Формувальник харчової продукції	05.01.09	2
Електромонтер з обслуговування підстанції	06.03.04	1
Токар	09.01.06	1
Слюсар з ремонту та обслуговування технологічного устаткування	10.01.09	2
Слюсар-ремонтник	10.01.14	3
Оператори	12.01.00	1
Апаратник з виготовлення харчової продукції	12.02.01	7
Апаратник фізичних процесів	12.02.02	1
Апаратник хімічних процесів	12.02.03	1
Транспортні працівники	14.00.00	1
Водій автотранспортного транспорту	14.04.01	6
Робітник на низькокваліфікованих ручних роботах у сільському господарстві	15.02.02	1
Начальник дільниці	17.01.05	1
Технічний директор	17.01.06	1
Інженер-фахівець	17.03.04	1
Менеджер	18.01.06	1
Вантажники	20.00.00	6
Інші	22.00.00	3
Всього по професіям	-	45

За результатами розподілу НВ зі смертельними наслідками за професіями працівників харчових підприємств найбільш уразливою групою професій є (табл. 3): апаратник з виготовлення харчової продукції (2 потерпілих) та аодій автотранспортного транспорту (2 потерпілих).

Таблиця 3. **Розподіл травмованих за професіями**

Травмонебезпечні професії	Код	Кількість потерпілих
Електромонтер з обслуговування підстанції	06.03.04	1
Апаратник з виготовлення харчової продукції	12.02.01	2
Апаратник фізичних процесів	12.02.02	1
Водій автотранспортного транспорту	14.04.01	2
Робітник на низькокваліфікованих ручних роботах у сільському господарстві	15.02.02	1
Технічний директор	17.01.06	1
Інженер-фахівець	17.03.04	1
Вантажники	20.00.00	1
Вантажник	20.01.01	1
Всього по професіям	-	11

Найпоширеніші події, унаслідок яких сталися випадки травматизму (рис. 1): дія предметів і деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються (14), пригоди (події) на транспорті (10), падіння потерпілого (7).

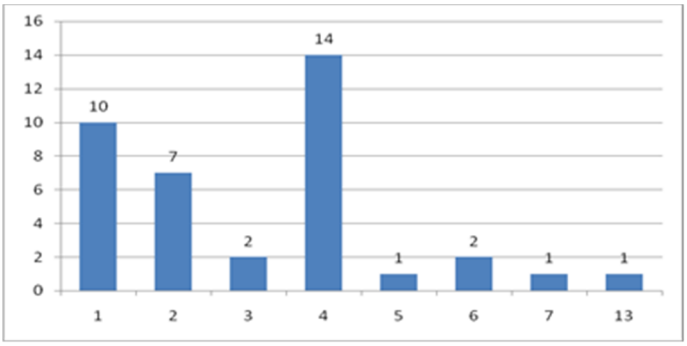


Рис. 1. Події виробничого травматизму: 1) пригоди (події) на транспорті; 2) падіння потерпілого; 3) падіння, обрушення, обвалення предметів, матеріалів, породи, ґрунту тощо; 4) дія предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються; 5) ураження електричним струмом; 6) дія температур; 7) дія шкідливих і токсичних речовин; 13) асфіксія; події 8—12 та ін. — нещасні випадки не зафіксовані

Проаналізуємо причини нещасних випадків для кожного виду події. Результати аналізу наведені в табл. 4.

Таблиця 4. **Розподіл причин нещасних випадків за подіями**

Подія	Причини НВ	
	Кількість НВ	Назва причини
1	2	3
1	1	неякісне розроблення, недосконалість інструкцій з охорони праці або їх відсутність
	1	порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів
	7	порушення правил безпеки руху
	1	невиконання посадових обов’язків
	2	невиконання вимог інструкцій з охорони праці
2	1	незадовільний стан виробничого середовища (перевищення гранично допустимого рівня небезпечних та шкідливих виробничих факторів)

Продовження табл. 4

1	2	3
	1	незадовільне функціонування, недосконалість або відсутність системи управління охороною праці
	3	порушення вимог безпеки під час експлуатації обладнання, устаткування, машин, механізмів тощо
	1	незастосування засобів індивідуального захисту
	1	невиконання посадових обов'язків
	2	невиконання вимог інструкцій з охорони праці
	2	особиста необережність потерпілого
3	1	порушення вимог безпеки під час експлуатації обладнання, устаткування, машин, механізмів тощо
	1	особиста необережність потерпілого
4	10	невиконання вимог інструкцій з охорони праці
	2	порушення вимог безпеки під час експлуатації обладнання, устаткування, машин, механізмів тощо
	7	невиконання посадових обов'язків
	1	порушення трудової і виробничої дисципліни
	1	виконання робіт з відключеними, несправними засобами колективного захисту, системами сигналізації, вентиляції, освітлення тощо
	5	незадовільний технічний стан
	1	допуск до роботи без навчання та перевірки знань з охорони праці
	2	конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність засобів виробництва
	1	особиста необережність потерпілого
5	1	невиконання вимог інструкцій з охорони праці
6	1	невиконання посадових обов'язків
	1	невиконання вимог інструкцій з охорони праці
	1	невикористання засобів індивідуального захисту через незабезпеченість ними
7	1	недосконалість технологічного процесу, його невідповідність вимогам безпеки
	1	незастосування засобів індивідуального захисту
	1	невиконання посадових обов'язків
13	1	невиконання вимог інструкцій з охорони праці

За результатами аналізу даних табл. 4 встановлено перелік причин, які можуть привести до небезпечної події, результатом якої може бути травмовано працівників. Так, основні причини дорожньо-транспортної пригоди є порушення правил безпеки руху та невиконання інструкцій з охорони праці. Для випадків падіння з висоти — порушення вимог безпеки під час експлуатації обладнання, устаткування, машин, механізмів, невиконання вимог інструкцій з охорони праці та особиста необережність потерпілого. Для нещасних випадків у результаті дії предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються — 10 випадків — невиконання вимог інструкцій з охорони праці, 7 випадків — невиконання посадових обов'язків та 5 випадків — незадовільний технічний стан обладнання.

З 45 потерпілих за 2018 р. 14 — в результаті дії предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються, тому розглянемо динаміку зміни кількості травмованих в наслідок такої події. Результати аналізу з використанням інформаційної системи «Повідомлення» представлені на рис. 2.

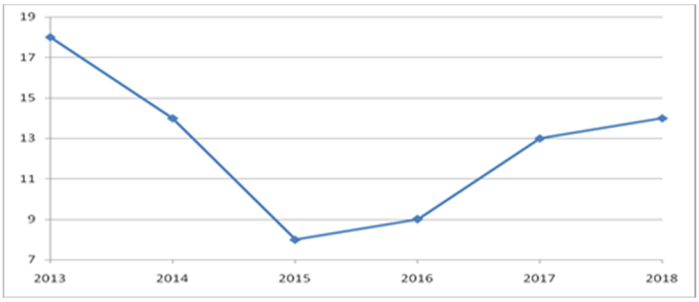


Рис. 2. Динаміка кількості травмованих працівників харчової промисловості в результаті дії предметів і деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються

Дані рис. 2 вказують на те, що в останні роки кількість травмованих у результаті дії предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються, є достатньо високою і з 2015 року стабільно зростає. Тому така ситуація вимагає підготовки заходів з охорони праці у зменшенні випадків виникнення такої події, причому не тільки на тих підприємствах харчової промисловості, на яких трапились нещасні випадки, а й на тих, де є подібне виробництво.

Висновок. Отримані результати дають змогу визначити найбільш травмонебезпечні ділянки виробництва на підприємствах харчової промисловості та розрахувати ймовірності виникнення на них випадків травмування працюючих. Аналіз результатів розслідування нещасних випадків та їх наслідків надає можливість оцінити економічні та соціальні втрати і ризик виникнення нещасних випадків для підприємства.

Запропонований підхід дає змогу провести детальний аналіз стану виробничого травматизму для конкретного виду події, визначити професії, які для такої події мають найвищий ризик отримання травми та галузі нагляду, що потребують посилити профілактичну роботу зі зниження рівня травматизму.

У результаті впровадження системи досягнуто: скорочення часу, що витрачають фахівці на збір та обробку даних, а також на формування звітності; забезпечення оперативності й об’єктивності аналізу стану виробничого травматизму; наукове обґрунтування планування заходів з охорони праці на основі прогнозування тенденцій й завчасної ідентифікації небезпек.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Лактіонов С. О.* Виробничий травматизм і професійна захворюваність як проблема сучасності: аспекти, причини, шляхи запобігання / Лактіонов С. О., Сєріков Я. О. // Міжнародна конференція: Безпека людини у сучасних умовах. — НТУ «ХПІ», 2015. — С. 219—224.

2. Рекомендації щодо розроблення системи профілактики виробничого травматизму (СПВТ) на основі ризикоорієнтованого підходу // Охорона праці. На допомогу спеціалісту з охорони праці. — К., 2012. — № 12. — С. 37—51.

3. *Ткачук К. Н.* Прогнозування виробничого травматизму [Текст]: монографія / К. Н. Ткачук, О. Є. Кружилко. — К.: Основа, 2014. — 345 с.

4. Information and analytical support improvement for production risk assessment in mining and processing industry. Resources and resource-saving technologies in mineral mining and processing: Multi-authored monograph / Ya Storozh, O. Kruzhilko, V. Maystrenko, O. Polukarov . — Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2018. — 363 p.

5. *Кружилко О. Є., Сторож Я. Б., Ткалич І. М., Полукаров О. І.* Підвищення ефективності управління охороною праці на основі виявлення небезпек та оцінки ризиків

виробничого травматизму / Адаптивні системи автоматичного управління // Міжвідомчий науково-технічний збірник. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка». — 2017. — Вип. 2(31) — С. 38—45.

6. *Малихін О. В.* Особливості виробничого травматизму за видами нагляду та регіонами України / Малихін О. В., Таірова Т. М, Левченко І. В. // Інформаційний бюлетень з охорони праці. — 2015. — № 2. — С. 3—12.

7. *Кружилко О. Є.* Інформаційно-аналітична система обліку та аналізу виробничого травматизму / Кружилко О. Є. // Інформаційний бюлетень з охорони праці: К. — ДУ «ННДІПБОП», 2014. — Вип. 3. — С. 130.

8. «Національний профіль з безпеки та гігієни праці. Україна»: МОП, www.ilo.org/-publns — 2018. 208 с.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТАЮЩИХ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В. В. Майстренко, Ю. М. Лях
Государственное учреждение «Национальный научно-исследовательский институт промышленной безопасности и охраны труда»
О. В. Евтушенко
Национальный университет пищевых технологий
Г. В. Демчук
КПИ им. Игоря Сикорского

В статье приведены результаты анализа данных о состоянии производственного травматизма в пищевой промышленности с использованием данных информационной системы «Сообщения». Предложен методический подход к анализу производственного травматизма, основанный на выявлении причин возникновения несчастных случаев, событий, которые к ним приводят, определении наиболее травмоопасных профессий в пищевой промышленности и др. По результатам проведенных исследований можно определить наиболее травмоопасные участки производства на предприятиях пищевой промышленности и рассчитать вероятности возникновения на них случаев травмирования работающих.

Ключевые слова: *травматизм, причина, событие, информационная система, риск возникновения несчастных случаев.*

УДК 65.011.56

THE EFFICIENCY OF INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS FOR PROCESS FACILITIES. PART 1. BASIC PROVISIONS

A. Ladaniuk, N. Lutska, Ya. Smitiukh, L. Vlasenko, M. Sashnova
National University of Food Technology

Key words:
energy efficiency,
resource efficiency,
intelligent control system,
robustness

Article history:
Received 26.03.2019
Received in revised form 08.04.2019
Accepted 10.05.2019

Corresponding author:
m.sashnova@gmail.com

ABSTRACT

The article deals with materials concerning estimation of efficiency of intelligent control systems for complex process facilities. Special attention is drawn to the general technical-economic indicators, used to assess the degree of reduction in total amount of work expended on the production of a unit of finished product, as well as indicators of energy and resource efficiency, and cost function minimizing. The traditional task of choosing a particular automation system is to compare the expectation effect of its implementation with the cost of equipment and maintenance of the system. In economic effect analysis of modern automation system for complex process facilities, which include ACS, ICS, algorithms of robustness, adaptability, coordination, diagnostics, forecasting, etc. there are distinguished such components as structural effect, technological effect, energy effect, labor effect.

There is a number of different approaches, which are offered to form a complex ICS efficiency indicator. It is shown that ICS efficiency is directly related to the time estimations of receipt and realization of making decisions, but main effects of their application are shown in possibility of assured achievement of management aim with the highest quality at the top level and the highest energy and resource efficiency indicators at the lower executive level “object of control + regulator” of hierarchical system.

An important requirement in intelligent control systems is ensuring of robustness of traditional regulators P, PI, PD, PID, which are used at the bottom executive level. Different level of intellectuality depending on the completeness and correctness of the knowledge base, can be obtained using hybrid intelligent control systems by means of integration of PID- and unclear regulators.

It is analysed, that in ICS more and more tasks for complex process facilities are solved on the basis of the use of neural, adaptive neural and neuron-sensitive methods, sensitivity functions.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-20

© А. П. Ладанюк, Н. М. Луцька, Я. В. Смітюх, Л. О. Власенко, М. В. Сашньова, 2019

ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ. ЧАСТИНА 1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

А. П. Ладанюк, д-р техн. наук
Н. М. Луцька, канд. техн. наук
Я. В. Смітюх, канд. техн. наук
Л. О. Власенко, канд. техн. наук
М. В. Сашньова, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

В останні десятиріччя в різних галузях промисловості, у тому числі харчовій, використовуються складні багаторівневі системи на базі мережевих структур, мікропроцесорних засобів та ЕОМ (цукрові та спиртові заводи, хлібопекарські виробництва тощо). При цьому постійно ускладнюються системи та методи керування, що потребує додаткових капіталовкладень. В той же час головний показник енерго- та ресурсоефективності забезпечується насамперед за рахунок інтелектуальних систем керування, які включають, крім стандартних регуляторів, підсистеми підтримки прийняття рішень, алгоритми адаптації й оптимізації. Важливою вимогою в таких системах керування є забезпечення робастності традиційних регуляторів, які використовуються на нижньому виконавчому рівні. Різного рівня інтелектуальності залежно від повноти та коректності бази знань (БЗ) можна отримати за допомогою гібридних інтелектуальних систем керування(ІСК) шляхом комплексування ПІД- та нечітких регуляторів.

Запропонована методика орієнтована на використання в навчальній роботі з дисциплін: «Методи сучасної теорії керування», «Інтелектуальні системи керування», «Оптимальні системи управління», «Проектування інтелектуальних систем керування». Особливого значення ця методика набуває при виконанні бакалаврських дипломних проектів і магістерських робіт. За нашими даними, запропонована методика цікавить виконавців з проектування та впровадження систем керування різного призначення для технологічних об'єктів і комплексів.

Ключові слова: *енергоефективність, ресурсоефективність, інтелектуальна система керування, робастність.*

Постановка проблеми. Розробка та провадження інтелектуальних систем керування (ІСК) в останні роки набула особливого значення в зв'язку зі зростанням вимог до підвищення енерго- та ресурсоефективності процесів функціонування об'єктів різної природи та призначення. Необхідно враховувати, що саме технологічні об'єкти (технологічні процеси, агрегати, комплекси) є основним джерелом отримання високих техніко-економічних показників підприємства в цілому. При формуванні загальних оцінок показників ефективності процесів керування складними об'єктами насамперед необхідно виділити дві групи кількісних та якісних методів: для стійкості та якості процесів автоматичного регулювання; для інтелектуальних методів, алгоритмів, способів та їх комплексування.

При оцінці якісних показників ефективності ІСК доцільно обрати як загальні, так і частинні оцінки, зокрема приріст ефективності при використанні інтелектуальних підсистем підтримки прийняття рішень. Важливе значення має якість даних, які використовуються для формування керувальних дій на різних рівнях ІСК, що має ієрархічну структуру.

Для визначення достатнього комплексу показників ефективності необхідно виконати ряд вимог:

- можливість оцінки роботи ІСК при виконанні основних і допоміжних задач функціонування об'єкта;
- відповідність фізичному змісту;
- критичність щодо тих характеристик системи, оптимальні значення яких необхідно підтримувати;
- визначення кількісних значень показників ефективності з достатньою точністю.

Метою статті є формування методів і системи показників для об'єктивної оцінки ефективності функціонування інтелектуальних систем, зокрема підсистем підтримки прийняття рішень і комплексування способів формування керувальних дій.

Матеріали і методи. На сьогодні об'єктивно склалось кілька підходів до оцінки ефективності функціонування інтелектуальних систем. Одним із зручних інструментів оцінки ефективності ІСК є використання функції втрат, яка має характерну особливість: є мінімальною при мінімальних відхиленнях змінних від технологічного режиму та зростає при відхиленнях регульованої координати від заданого значення як при зменшенні, так і при збільшенні. Функція втрат може безпосередньо виражатись через енергетичні витрати, вихід продукту та його втрати тощо [1].

Для реалізації загальної мети ІСК на досягнення високих показників виробництва використовується нижній (виконавчий) рівень ІСК — саме тут формується керувальні дії у вигляді витрат матеріальних та енергетичних ресурсів. Достатньо детально в [2; 3] проаналізовані сучасні методи автоматизації включаючи керування в умовах невизначеності на основі робастних та адаптивних підходів, багатоконтурних систем, методів компенсації запізнень і збурень, синергетичного підходу. Для систем автоматизації технологічними об'єктами в задачах аналізу та синтезу використовуються загальновідомі критерії, наприклад, для АСР критерії якості — кореневі, частотні, інтегральні. Свої критерії мають задачі АКОР (аналітичне конструювання оптимальних регуляторів) та АКАР (аналітичне конструювання агрегованих регуляторів). Для складних технологічних об'єктів при автоматизації в складі ІСК використовують узагальнені показники прибутку, продуктивності, собівартості тощо. В першій частині показана об'єктивна необхідність і важливість оперативності й обґрунтованості процесів підтримки прийняття рішень та формування ефективних керувальних дій.

У технічній літературі достатньо часто розглядаються ще два таких напрямки підвищення ефективності АСР та інтелектуальних систем керування:

- використання функціоналу узагальненої роботи (рос.: функционал обобщенной работы Красовского А.А.);
- отримання узагальнених формул для розрахунку параметрів регуляторів на основі математичних моделей об'єктів з використанням показників запасу стійкості [4].

Ефективність ІСК технологічними об'єктами часто оцінюють за загальними техніко-економічними показниками, наприклад за степенем зниження сукупності праці, яка витрачається на виробництво одиниці готової продукції, що збігаєтьсяз показниками енерго- та ресурсоефективності, а також з вимогою мінімізації функції витрат. Традиційна задача вибору варіанта системи автоматизації

полягає у порівнянні очікуваного ефекту від її впровадження з витратами на обладнання й обслуговування системи, маючи на увазі, що більш досконале обладнання, тобто технічне забезпечення і обслуговування потребують додаткових витрат.

При оцінці економічного ефекту сучасної системи автоматизації складними технологічними об'єктами, які включають АСР, ІСК, алгоритми робастності, адаптивності, координації, діагностики, прогнозування тощо, виділяють складові:

- структурний ефект пов'язаний з розподіленням комплексу задач зі своїми критеріями, обмеженнями та моделями між рівнями ієрархії і центрами обробки інформації та прийняття рішень;
- технологічний ефект визначається призначенням об'єкта, з випуском продукції гарантованої якості та урахуванням енергетичних і матеріальних ресурсів;
- енергетичний ефект виділяється додатково при існуванні жорсткого обмеження на витрату енергоносіїв та їх дефіцит;
- трудовий ефект формується на основі зменшення кількості працівників з обов'язковим підвищенням їх кваліфікації.

Загальні оцінки системи автоматизації формуються шляхом порівняння автоматизованого та існуючого виробництва за показниками й оцінками:

- капітальних затрат;
- річних експлуатаційних витрат;
- рентабельності;
- термінів окупності;
- приведених витрат тощо.

Додатковими вимогами можуть бути показники соціальних, екологічних чинників, покращення умов праці, її престижності тощо.

Тож основний ефект, який можна оцінити кількісно, від розробки і впровадження інтелектуальних методів для системи керування технологічними об'єктами, зводиться до оцінок ресурсо- та енергоефективності при використання умов виробництва в різних режимах функціонування. Так, у статті [5] показано, що досягти ефекту робастності можна за рахунок зміни параметрів регулятора за умовою максимального степеня стійкості та малою чутливості якості процесів регулювання щодо змін характеристик об'єкта, множина можливих значень параметрів передавальної функції якого є замкненою та обмеженою.

Інший підхід використано в [6], коли передбачається, що об'єкт може функціонувати і двох режимах: штатному та аварійному. Тут також наводяться методики корегування параметрів регулятора, які були оптимальними і штатному режимі таким чином, щоб вони задовольняли і умови роботи в аварійному режимі. Тобто в статичному режимі якість функціонування наближається до оптимальної за обраним критерієм, а в аварійному — забезпечується лише прийнятна роботоздатність системи.

Названі підходи отримали розвиток у праці [7], в якій ретельно досліджувалися перехідні процеси системи з урахуванням суттєвих невизначеностей характеристик об'єкта та неточності його моделі. Найкращу робастність системи визначено для випадку використання цифрового ПІД-регулятора — найменші зміни показників якості при суттєвих збуреннях. Досить часто результати у вигляді робастних систем інтерпретуються з використанням поліномів Харитонова, коли корені чотирьох поліномів мають від'ємні дійсні числа, що гарантує збереження нею стійкості при варіації параметрів у межах визначених інтервалів.

Результати досліджень. В ІСК все більше задач для складних технологічних об'єктів розв'язуються на основі використання нейронних, адаптивних нейронних і нейронечітких методів [8], функцій чутливості [9] тощо.

У технічній літературі є ряд різних підходів до формування комплексного показника ефективності ІСК, наприклад, для підсистеми підтримки прийняття рішень використано приріст [4]:

$$\Delta W(\Delta T_{\text{оп}}, \Delta P_{\text{уст}}, \Delta P_{\text{неп}}, \Delta P_{\text{об}}), \quad (1)$$

де, $\Delta T_{\text{оп}}, \Delta P_{\text{уст}}, \Delta P_{\text{неп}}, \Delta P_{\text{об}}$ — частинні показники ефективності керування, при цьому $\Delta T_{\text{оп}}$ — приріст оперативності, $\Delta P_{\text{об}}$ — приріст обґрунтованості керувальних дій, $\Delta P_{\text{уст}}, \Delta P_{\text{неп}}$ — прирости ефективності для процесів зупинки та неперервної роботи відповідно. При цьому обрані показники несуттєво впливають на оцінки стійкості процесів керування, що дає можливість виразити ці показники у вигляді функцій багатьох змінних:

$$\Delta T_{\text{оп}} = f(t_i), \quad i = \overline{1,n}; \quad \Delta P_{\text{об}} = f(t_j), \quad j = \overline{1,m}. \quad (2)$$

В останньому вигляді показники формуються на основі призначення й особливостей роботи об'єкта і системи в цілому.

Оцінка ефективності ІСК часто здійснюється за інформаційними критеріями. Процес управління в ІСК безпосередньо пов'язаний з обробленням великої кількості інформації. Для кількісного опису інформації, що використовується, розглядається ентропія процесу — міра невизначеності його стану. Ускладнення структури ІСК, неповнота інформації про стан цих систем і, як наслідок, невизначеність їх стану, а також механізмів взаємодії складових створюють додаткові передумови неефективного прийняття рішень на різних рівнях управління. Зарубіжні й українські вчені пропонують різні підходи, враховуючи безліч чинників за відповідними групами показників, однак найбільш ефективним підходом, за допомогою якого можна дійсно визначити ступінь невизначеності інформації, є ентропійний підхід.

Ефективність ІСК безпосередньо пов'язана з часовими оцінками отримання та реалізації прийняття рішень, але головні ефекти їх застосування виражаються у можливості гарантованого досягнення мети керування з максимальною якістю на верхньому рівні та максимальними показниками енерго- та ресурсоефективності на нижньому виконавчому рівні системи «об'єкт керування + регулятор» ієрархічної системи [10]. При цьому передбачається реалізація призначення цілеспрямованого функціонування ІСК в умовах невизначеності та урахування непередбачуваних ситуацій. Як показано вище, ефективність ІСК залежить від рівня інтелектуальності використовуваних методів, а також форми, виду та глибинного подання знань. При заданій або визначеній в процесі розробки ІСК меті керування використовуються технології інтелектуальних обчислень для проектування бази знань (БЗ) — нові види еволюційного програмування, алгоритми оптимізації імунного типу, поведінкові реакції натовпу (людей у тунелі, колоній мурах, зграй птахів і риб, тварин), квантові генетичні алгоритми глобальної оптимізації та квантові нейронні мережі навчання тощо.

Як правило, ІСК створюються на базі традиційних АСР для підвищення робастності, можливістю реалізації необхідних рівнів точності і надійності функціонування в умовах непередбачуваних ситуацій [11].

Одним із напрямків підвищення ефективності ІСК є забезпечення робастності традиційних регуляторів П, ПІ,ПД, ПІД, які використовуються на нижньому виконавчому рівні, а частка ПІД-регуляторів складає ~ 85%. При цьому використовується принцип «неруйнування виконавчого рівня», що забезпечує додаткову ефективність використання існуючих технологічних об'єктів, в яких отримуються високі техніко-економічні показники. Різного рівня інтелектуальності залежно від повноти та коректності БЗ можна отримати за допомогою гібридних ІСК шляхом комплексування ПІД- та нечітких регуляторів.

Для ІСК технологічними об'єктами в БЗ використовується найчастіше множина продукційних правил (look-up-table) певної моделі нечіткого висновку з конкретними станами та параметрами функцій належності, які формують закони керування об'єктом. Параметри і тип функції належності зберігаються в базі даних нечіткого регулятора, який використовується сумісно з адаптивним ПІД-регулятором, що має певний рівень інтелектуальності.

Висновки. Показано, що ефективність сучасних систем автоматизації складних технологічних об'єктів необхідно оцінювати на основі комплексного підходу, який включає нижній (виконавчий рівень), а також інтелектуальні методи та форми формування керувальних дій (верхні рівні).

Для об'єктивної оцінки ефективності систем автоматизованих технологічних об'єктів доцільно використовувати підхід, заснований на визначенні функцій втрат. Одним з найбільш ефективних методів підвищення ефективності ІСК є комплексування існуючих засобів і методів керування, зокрема ентропійний підхід.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Кузнєцов Б. Ф.* Оценка эффективности систем управления с использованием многомерных функций потерь / Б. Ф. Кузнєцов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. — 2008. — № 2. — С. 1—4.

2. *Ладанюк А. П.* Комплексування методів теорії керування в системах автоматизації технологічних об'єктів. Частина 1. Загальні положення. / А. П. Ладанюк, Н. Н. Луцька, В. Д. Кишенько, Я. В. Смітюх, Д. А. Шумигай // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2017. — Том 23, № 4. —С. 8—16.

3. *Ладанюк А. П.* Комплексування методів теорії керування в системах автоматизації технологічних об'єктів. Частина 2. Приклади. / А. П. Ладанюк, Н. Н. Луцька, В.Д. Кишенько, Я. В. Смітюх, Д. А. Шумигай // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2017. Том 23, № 6. — С. 7—20.

4. *Афанасьев Ю. И.* Показатели эффективности интеллектуальных систем управления / Ю. И. Афанасьев // Сборник материалов международной научной конференции «Наука современности» — 2015. — С. 87—93.

5. *Цирлин А. М.* Робастная устойчивость и выбор настройки регуляторов для технологических объектов с запаздыванием / А. М. Цирлин, В. С. Овсепян // Проблемы управления. — 2018. — № 4. — С. 21—27.

6. *Зотов М. Г.* О конструировании робастных по критерию качества систем управления / М. Г. Зотов // Известия РАН. Теория и системы управления. — 2012. —№ 4. — С. 3

7. *Арбузов Е. В.* Оценка робастности системы автоматического управления газотурбинным двигателем при различных цифровых регуляторах / Е. В. Арбузов, Д. Сейтенов // Инженерный вестник. — 2015. — № 10. — С. 557—565.

8. *Ишматов З. Ш.* Анализ чувствительности робастных систем автоматического управления / З. Ш. Ишматов, М. А. Волков, Е. А. Гурентьев и др. // Труды Международной шестнадцатой научно-технической конференции «Электроприводы переменного тока», [г. Екатеринбург], 05—09 октября 2015 г. —2015. — С. 95—98.

9. *Усов А. В.* Робастные методы в исследовании устойчивости экономических систем / А. В. Усов, Е. Н. Гончаренко // Економіка та управління підприємствами машинобудівної галузі / — 2009. — № 1. — С. 14—23. — Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/-UJRN/eupmg_2009_1_4.

10. *Литвинцева Л. В.* Интеллектуальные системы управления / Л. В. Литвинцева, С. В. Ульянов // Квантовые вычисления и алгоритм самоорганизации. Известия РАН. Теория и системы управления. — 2009. — № 6. — С. 102—141.

11. *Li Y.* Patent, software and hardware for PID control: an overview and analysis of the current art. / Y. Li, K.H. Ang, G.C.Y. // Chong IEEE Control Systems Magazine. — 2006. — V. 26(1). — P. 42—54.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ. ЧАСТЬ 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

А. П. Ладанюк, Н. Н. Луцкая, Я. В. Смитюх, Л. А. Власенко, М. В. Сашнева
Национальный университет пищевых технологий

В последние десятилетия в различных отраслях промышленности, в том числе пищевой, используются сложные многоуровневые системы на базе сетевых структур, микропроцессорных средств и ЭВМ (сахарные и спиртовые заводы, хлебопекарные производства и т.п.). При этом постоянно усложняются системы и методы управления, что требует дополнительных капиталовложений. В то же время главный показатель энерго- и ресурсоэффективности обеспечивается прежде всего за счет интеллектуальных систем управления, включающих помимо стандартных регуляторов подсистемы поддержки принятия решений, алгоритмы адаптации и оптимизации. Важным требованием в таких системах управления является обеспечение робастности традиционных регуляторов, которые используются на нижнем исполнительном уровне. Различного уровня интеллектуальности в зависимости от полноты и корректности базы знаний (БЗ) можно получить с помощью гибридных интеллектуальных систем управления (ИВК) путем комплексирования ПИД и нечетких регуляторов.

Предложенная методика ориентирована на использование в учебной работе по дисциплинам: «Методы современной теории управления», «Интеллектуальные системы управления», «Оптимальные системы управления», «Проектирование интеллектуальных систем управления». Особое значение эта методика приобретает при выполнении бакалаврских дипломных проектов и магистерских работ. По нашим данным, предложенная методика заинтересует исполнителей по проектированию и внедрению систем управления различного назначения для технологических объектов и комплексов.

Ключевые слова: *энергоэффективность, ресурсоэффективность, интеллектуальная система управления, робастность.*

УДК: 628.356; 628.113; 628.543.

ECOTECHNOLOGICAL APPLICATION FOR THE PROCESSING OF PORK FARM WASTE

N. Bublienko, O. Semenova, T. Suleyko
National University of Food Technologies

Key words:
pork farm,
sewage,
dry substances,
humidity,
biogas,
fermentation

Article history:
Received 03.04.2019
Received in revised form 08.05.2019
Accepted 11.05.2019

Corresponding author:
tata_t2008@ukr.net

ABSTRACT

The article confirms the expediency of utilization of concentrated wastewater from food and processing industry enterprises by applying methanogenesis. This method is the most optimal, because it has technological, economic and environmental advantages over others.

The process of methane fermentation of sewage of the pork farm in periodic conditions with a humidity of 96.1 is considered; 93.8 and 91.12%. The amount of sewage that was fermented in the reactor (loading dose) was 30 and 50% of the total volume of the culture fluid. It was established that an increase in the concentration of dry matter in the culture fluid leads to an extension of the duration of adaptation of the culture, an increase in the fermentation time and a reduction of the purification effect. The required duration of the methane fermentation process (5—12 days) has been determined, depending on the loading dose and the substrate humidity. The dependence between the volume of generated biogas and the parameters of cultivation was established: the maximum biogas output was recorded in a period corresponding to the average of the accepted duration of the process. It has been verified that the potential amount of biogas decreases with an increase in the loading dose, with the same substrate humidity, and increases at lower humidity, and the rate of removal of organic matter from the substrate decreases with increasing loading of the dose and decrease in the moisture content of the substrate. The appropriateness of the selected parameters of the purification process by analyzing the energy potential of the biogas is confirmed. It is confirmed that the content of methane in biogas depends to a large extent on the parameters of the fermentation process and the composition of the digestible raw material - the content of dry substances in the substrate and loading doses. It was established that the maximum amount of methane in biogas was obtained at the highest humidity and lower loading dose, and the minimum amount of biogas — at the least humidity and more load.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-21

© Н.О. Бублієнко, О.І. Семенова, Т.Л. Сулейко, 2019

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ СВИНОФЕРМИ

Н. О. Бублієнко, канд. техн. наук
О. І. Семенова, канд. техн. наук
Т. Л. Сулейко
Національний університет харчових технологій

Розглянуто процес метанової ферментації стічних вод свиноферм у періодичних умовах. Визначено необхідну тривалість процесу залежно від дози завантаження та вологості субстрату. Встановлено залежність між об'ємом утвореного біогазу та параметрами культивування. Підтверджено доцільність обраних параметрів процесу очищення шляхом аналізу енергетичного потенціалу отриманого біогазу.
***Ключові слова**: свиноферма, стічні води, сухі речовини, вологість, біогаз, зброджения.*

Постановка проблеми. Свинарство — динамічна та стратегічно важлива галузь, яка є однією зі складових продовольчої безпеки держави. Хоча в Україні цей сектор тваринництва знаходиться в стані перманентної кризи, екологічні проблеми, пов'язані з вирощуванням свиней залишаються актуальними. Станом на 01 серпня 2018 ріку поголів'я скоротилося на 4,9% — до 6,517 млн голів [1]. Для виробництва кілограма свинини потрібно 5—6 тис. дм^3 води [2], більша частина з якої повертається в навколишнє середовище у вигляді рідких відходів — стічних вод, «збагачених» продуктами життєдіяльності тварини. Здійснювати скид таких стоків у відкриті водойми — справжній екологічний злочин, наслідками якого може бути повна непридатність водних джерел для використання їх в господарсько-побутових цілях.

Вирішальна роль у запобіганні забрудненню водойм стічними водами агропромислового комплексу та свиноферм, зокрема, належить і, безумовно, буде належати способам біологічного очищення стічних вод, що зумовлюється технологічними, економічними й екологічними перевагами цих способів перед іншими.

Основною стадією біологічного очищення висококонцентрованих стоків (якими є і стоки свиноферм) є метанова ферментація, якій підлягають або весь загальний стік, або лише його найбільш концентрована частина, оскільки малозабруднені води суттєво розбавляють загальний стік. Попередньо очищена вода після метанового бродіння направляється в загальний стік, який очищається в типових аеротенках. Причому таке "попереднє очищення" дає змогу знизити концентрацію забруднень на 60—95% залежно від субстрату та умов проведення процесу. Крім того, метанове бродіння дозволяє отримати економічно цінний біогаз, що містить 50—80% метану та є газоподібним паливом.

На сьогодні практично всі розвинені країни світу для утилізації концентрованих стоків підприємств харчової та переробної промисловості застосовують метаногенез як основну стадію очищення. Широко використовується метанова обробка концентрованих стоків підприємств тваринництва, при цьому ефект очищення становить 63—85% за ХСК [3].

Мета дослідження: вивчення процесів біотрансформації висококонцентрованих стічних вод підприємств агропромислового комплексу.

Матеріали і методи. Була створена лабораторна установка для метанової ферментації рідких органічних відходів тваринництва та підприємств харчової

промисловості, здійснена модернізація деяких елементів традиційної установки для метанової ферментації з метою підвищення точності вимірювання кількості утвореного біогазу.

Враховуючи малі об'єми змодельованого обладнання та фізичні властивості субстрату, що ускладнює реалізацію безперервного метаногенезу, в лабораторних умовах проведена серія дослідів з періодичного зброджения рідких стоків Броварської свиноферми з метою з'ясування енергетичного потенціалу сировини.

Метановому бродінню піддавались рідкі стічні води свиноферм з вологістю 96,1; 93,8 та 91,12%. Бродіння проводилось у метантенку з корисним об'ємом 2 дм^3. Кількість стічної води, що зброджувалась у реакторі (доза завантаження), складала 30 та 50% від загального об'єму культуральної рідини. Початкові значення параметрів субстрату наведено в табл. 1.

Таблиця 1. **Початкові значення параметрів субстрату**

Вологість, %	Сухі речовини, г/дм^3	pH початкове	ХСК, мг O_2/дм^3
96,1	39,15	6,9	12 592
93,8	61,92	6,8	13 350
91,12	88,63	6,8	20 025

Для визначення основних гідрохімічних і технологічних показників очищення води (ХСК, кількість біогазу, вміст метану в ньому, зброджуваність субстрату за сухими речовинами тощо) використані стандартні методики [4—5].

Результати досліджень. Процес періодичного зброджения здійснювався при температурі 45°С, що, з одного боку, забезпечує необхідну інтенсивність процесу ферментації порівняно з мезофільним режимом (27—40°С), а з іншого — потребує менших енергозатрат, порівнюючи з термофільним (50—60°С).

Таблиця 2. **Вплив вологості субстрату та дози завантаженні на показники бродіння**

Вологість субстрату, %	Доза завантаження, %	Об'єм біогазу, дм^3/дм^3	Вміст метану, %	pH кінцеве	ХСК, кінцеве мг O_2/дм^3	Ефект очищення за ХСК, %
96,1	30	3,210	83,2	8	1 047	91,5
	50	5,240	80,1	8,2	1 220	90,3
93,8	30	5,202	80,9	8	1 480	88,9
	50	8,125	74,5	8,2	1 686	87,4
91,12	30	7,521	75,3	8,3	2 445	87,8
	50	11,750	68,4	8,5	2 680	86,2

Метанова ферментація при кількості субстрату 30% залежно від вологості (96,1; 93,8 та 91,12%) тривала 5, 7 та 9 діб, а при кількості субстрату 50% — 7,9 та 12 діб відповідно. Результати дослідів наведені в табл. 2.

Для визначення максимальної активності популяції метаноутворюючих мікроорганізмів (*Methanobacterium*, *Methanospirillum*, *Methanococcus*, *Methanosarcina*, *Methanothrix*) проводилось щоденне вимірювання ХСК, кількості утвореного біогазу та вмісту метану в ньому. Динаміка утворення біогазу та зниження ХСК представлена на рис. 1—3.

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що максимальний вихід біогазу зафіксовано в період, що відповідає середині прийнятої тривалості процесу.

З рис. 1—3 видно, що синтез біогазу та зменшення ХСК взаємопов'язані. Це пояснюється тим, що на початку процесу бродіння культура має найбільшу

активність і досягає піку свого розвитку, після чого спостерігається поступове уповільнення процесу метанової ферментації.

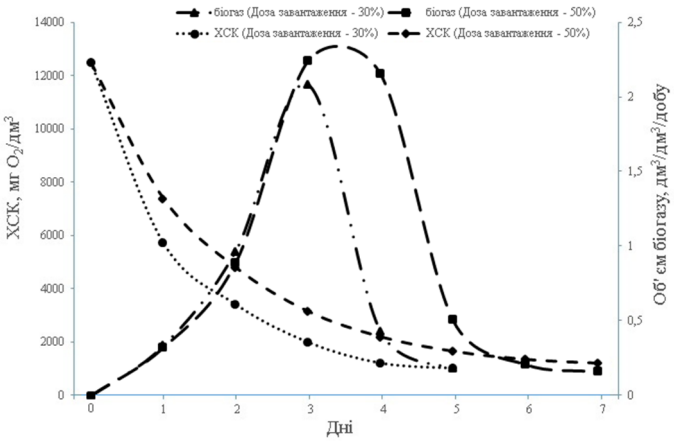


Рис. 1. Зміна об'єму біогазу та ХСК при вологості субстрату 96,1%

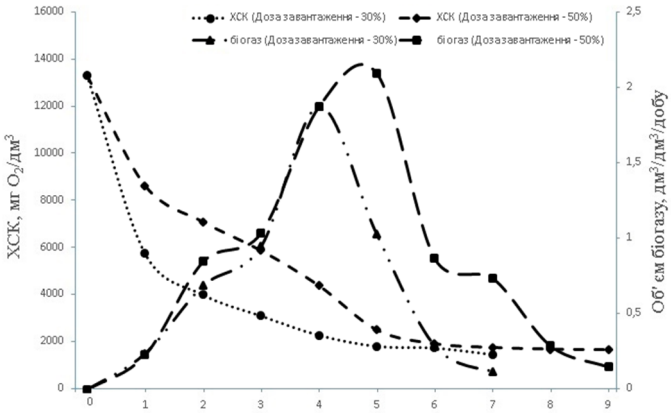


Рис. 2. Зміна об'єму біогазу та ХСК при вологості субстрату 93,8%

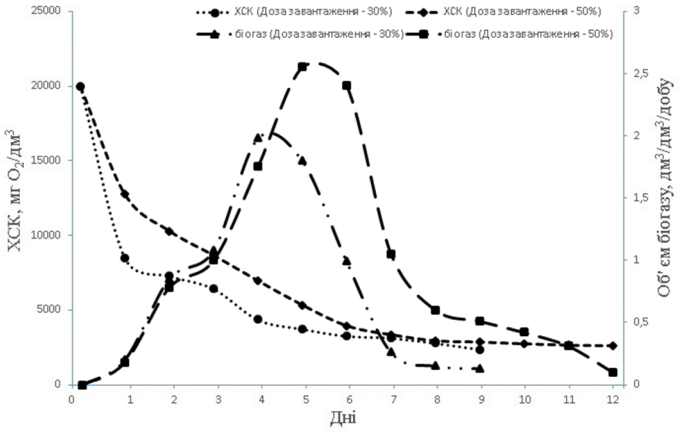


Рис. 3. Зміна об'єму біогазу та ХСК при вологості субстрату 91,12%

Максимально інтенсивне зниження ХСК відбувається на 1—2 добу процесу бродіння, в той час як період максимального газоутворення приходиться на середину періоду бродіння, що пояснюється логарифмічною фазою росту культури.

Аналізуючи вихід біогазу з одиниці завантаженої сухої біомаси (табл. 3), стає зрозуміло, що потенційна кількість біогазу зменшується зі збільшенням дози завантаження при однаковій вологості субстрату та збільшується при нижчій вологості. Це свідчить про те, що підвищена кількість сухих речовин у культуральній рідині не дає змоги популяції організмів активного мулу здійснювати повну їх асиміляцію. Це, у свою чергу, впливає на тривалість бродіння та підтверджується кінцевими значеннями ХСК.

Таблиця 3. **Глибина зброджения і вихід біогазу з одиниці завантаженої та зброджeної сировини**

Вологість субстрату, %	Доза завантаження, %	Доза завантаження, г СР[1]/дм^3 КР[2]	Об'єм біогазу дм^3/кг $СР_{завант.}$	Об'єм біогазу дм^3/кг $СР_{збродж.}$	Глибина зброджения, %
96,1	30	11,75	273	525	52,1
	50	19,58	260	578	46,3
93,8	30	18,58	280	588	47,6
	50	30,96	262	629	41,7
91,12	30	26,59	283	646	43,8
	50	44,32	265	694	38,2

Примітка: [1] СР — суха речовина; [2] КР — культуральна рідина.

На рис. 4 представлена залежність утворення біогазу від кількості сухих речовин дози завантаження. Видно, що більша доза завантаження спричинює зменшення об'єму утвореного газу. Але така залежність спостерігається тільки при 50-відсотковій заміні культуральної рідини свіжою порцією субстрату, а при 30%-відсотковій дозі завантаження спостерігається зворотна тенденція. Це, вочевидь, можна пояснити тим, що при меншій заміні субстрату популяція метаноутворюючих організмів може швидше адаптуватись до нової порції та більше продукувати біогазу.

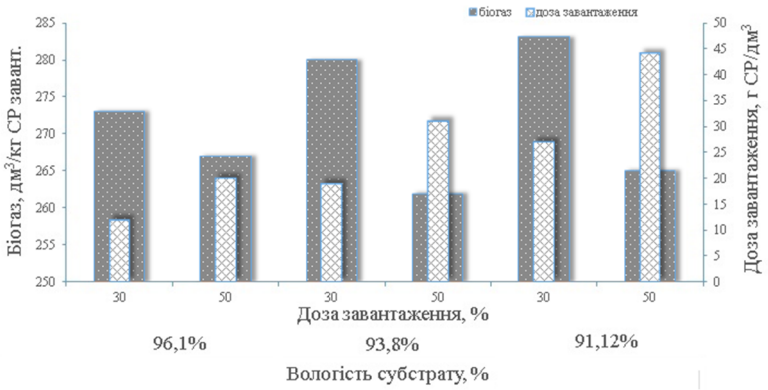


Рис. 4. Продуктивність виходу біогазу залежно від дози завантаження

Аналіз динаміки ХСК показує, що збільшення концентрації сухих речовин у культуральній рідині веде до подовження тривалості адаптації культури, збіль-

шення часу бродіння та зниження ефекту очищення (табл. 2). Так, збільшення дози завантаження при однаковій вологості субстрату знижує ефективність очищення за ХСК на 1,3; 1,7 та 1,8% відповідно вологостям 96,1; 93,8 та 91,12%. Дані дають змогу припустити, що збільшення концентрації сухих речовин субстрату призводить до того, що деякі компоненти субстрату проходять неповний шлях трансформації в гази. Це спричинює їх накопичення в культуральній рідині та зменшує ефективність очищення за ХСК і глибину зброджения.

У кінцевий період бродіння криві динамік ХСК і виділення біогазу також збігаються, що свідчить про поступове затухання процесу та інактивацію культури. Процес бродіння може продовжуватись і далі, але його ефективність та продуктивність порівняно з попереднім періодом різко падає, що вказує на межі доцільності тривалості процесу.

Відомо [6—7], що кількість активного мулу при періодичному режимі відіграє значну роль для часу розброджения культуральної рідини, швидкості трансформації субстрату, якісного та кількісного складу продуктів бродіння. Так, при вологості субстрату 93,8% та дозі завантаження 50% біогазу синтезується в період розброджения на 3,7% менше, ніж при вологості 91,12% з заміною 30% культуральної рідини, незважаючи на те, що в останньому випадку сухих речовин на одиницю об'єму реактора йде менше. Це пояснюється тим, що в першому випадку концентрація активного мулу нижча, ніж у другому, і процеси відтворення культури більш інтенсивні, ніж метаногенерації, що відображається на кількості синтезованого біогазу.

Енергетична цінність біогазу визначається вмістом метану в ньому. В промислових умовах вміст метану може сягає 50—85%. Ця величина значною мірою залежить від параметрів процесу бродіння та складу зброджувальної сировини. Дані табл. 2 підтверджують, що кількість метану в біогазі залежить від вмісту сухих речовин у субстраті та дози завантаження. Так, максимальна кількість метану в біогазі (83,3%) була отримана при найбільшій вологості та дозі завантаження 30%, а мінімальна (68,4%) — при найменшій вологості та 50-відсотковому завантаженні. При меншій кількості сухих речовин у субстраті процеси біотрансформації більш ефективні, можливо культура більш економно використовує його складові, що й впливає на кількісний вміст метану в біогазі.

При цільовій утилізації забруднень метановою ферментацією одним з найважливіших показників є глибина зброджения субстрату — показник, що характеризує величину вилучення органічних речовин з субстрату. На початку бродіння швидше засвоюються речовини, що легко розкладаються, а для тих, що розкладаються важче, потрібен більш тривалий час. Біорозклад свинячого гною при тривалій ферментації може досягати 90% [8], але на практиці досягнення такої величини є малодоцільним, бо потребує значного часу бродіння, що призводить до нераціонального використання об'єму реактора.

Як правило, при правильному проведенні процесу ця величина в промислових умовах складає 20—55%. Як видно з результатів, представлених у табл. 3, величина зброджения зменшується зі збільшенням дози завантаження та зменшенням вологості субстрату, що також підтверджується даними інших дослідників [9].

Найбільша глибина зброджения субстрату за сухими речовинами була досягнута при вологості субстрату 96,1% та дозі завантаження 30 % і становила 52,1%, а найменша — при вологості 91,12% з 50-відсотковим завантаженням і

сягала 38,2%. Аналізуючи дані, можна зробити висновок, що різниця між глибиною зброджения при 30- та 50-відсотковому завантаженні та зменшенні вологості субстрату зростає, і становить, відповідно, 11,1; 12,4 та 12,8%.

Зрозуміло, що між глибиною зброджения та кількістю завантажених сухих речовин існує чітка залежність, причому ці величини є обернено пропорційними: чим більше завантаженої сухої біомаси, тим менша її зброджуваність (рис. 5).

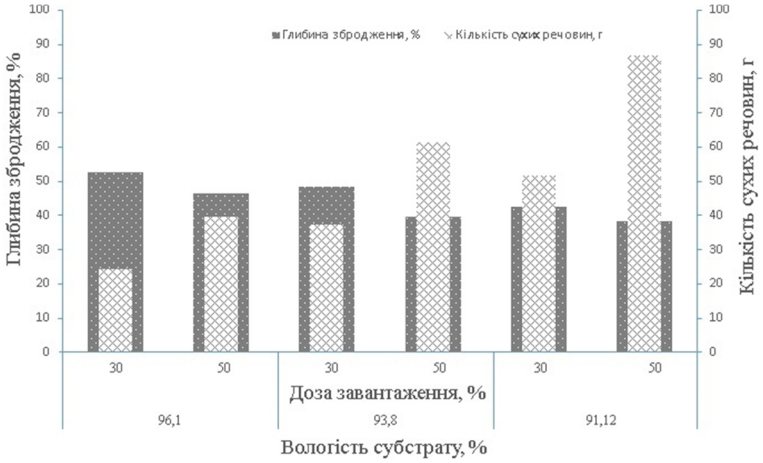


Рис 5. Залежність глибини зброджения від завантажених сухих речовин субстрату

Така залежність обумовлюється тим, що при збільшенні концентрації сухих речовин у субстраті не всі його складові трансформуються до кінця, що призводить до накопичення продуктів його неповного розкладу в культуральній рідині.

Висновки. Періодичне метанове бродіння стічних вод свиноферм може бути застосовано на невеликих фермах з метою їх утилізації й отримання додаткової енергії. Залежно від вологості та дози завантаженого субстрату можна отримати біогаз у кількості 260—280 дм^3/кг завантаженої сухої речовини. При вибраних дозах завантаження доцільна тривалість метанової ферментації з заданою вологістю буде 5—12 діб. Енергетична ємкість біогазу значною мірою залежить від характеристики субстрату і параметрів культивування та коливається в межах 68—83%. При метановому бродінні стічних вод свиноферм можна досягти значної ефективності процесу очищення — на рівні 86,91% вилучених забруднень за ХСК.

ЛІТЕРАТУРА

1. УкрАгроКонсалт: Информация. Стратегии. Рост. Поголовье свиней в Украине сократилось почти на 5% — статистика. URL:http:// www. ukragroconsult.com/news/pogolove-svinei-v-ukraine-sokratilos-pochti-na-5-statistika (дата звернення 20.02.2019).

2. Food Эстет. Кулинарный портал. Ученые подсчитали затраты воды на производство еды. URL: http://www.foodestet.ru/2012/10/uchenye-podschitali-zatraty-vody-na-proizvodstvo-edy/ (дата звернення 20.02.2019).

3. *Силин И. И.* Экология и экономика природных ресурсов бассейна реки Протвы (Калужская и Московская области) / Силин И. И. — Калуга, ВИЭМС, 2003. — 324 с.

4. *Муравьёв А. Г.* Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. 3-е изд. / Муравьёв А. Г. — СПб: Крисмас+, 2009. — 248 с.

5. *Жмур Н. С.* Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аеротенками / Жмур Н. С. — М.: АКВАРОС, 2003г. — 512с.

6. *Митчел Р.* Микробиология загрязненных вод / Митчел Р. — М.: Медицина, 1976. — 319 с.

7. Влияние водопотребления на эффективность метанового брожения куриного помета / А. И. Салюк, С. А. Жадан, Е. Б. Шаповалов, Р. А. Тарасенко. // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE). — 2015. — № 15—16. — С. 53—58.

8. *Рассолов С. Н.* Биологический способ утилизации свиного навоза / Рассолов С.Н., Багно О. А., Беспоместных К. В. // Вестник Красноярского государственного аграрного университета, 2015, № 11. — С. 220—225.

9. *Muradin M.* Potential for Producing Biogas from Agricultural Waste in Rural Plants in Poland / Muradin M., Foltynowich Z. // Sustainability. — 2014. — Vol. 6(8). — P. 5065—5074.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ СВИНОФЕРМЫ

Н. А. Бублиенко, Е. И. Семёнова, Т. Л. Сулейко
Национальный университет пищевых технологий

Рассмотрен процесс метановой ферментации сточных вод свиноферм в периодических условиях. Определенна необходимая продолжительность процесса в зависимости от дозы загрузки и влажности субстрата. Установлена зависимость между объемом образованного биогаза и параметрами культивирования. Подтверждена целесообразность выбранных параметров процесса очистки путем анализа энергетического потенциала полученного биогаза.
***Ключевые слова**: свиноферма, сточные воды, сухие вещества, влажность, биогаз, сбраживание.*

УДК 536.7

THERMODYNAMIC ANALYSIS OF RECUPERATIVE SYSTEMS

A. Chagayda, K. Vasylkivsky
National University of Food Technologies

Key words:
thermodynamics,
recovery,
regeneration,
exergy,
energy,
evaporation,
condensation,
compression,
balance

Article history:
Received 18.04.2019
Received in revised form 06.05.2019
Accepted 18.05.2019

Corresponding author:
mif63@i.ua

ABSTRACT

Structural construction of any technological system is carried out taking into account the flow of material and energy flows with the emphasis on the need to use secondary energy resources. The article gives an analysis of the possibilities of increasing the thermal efficiency coefficients in regenerative cycles, and evaluates the prospects for using energy, entropy and energy balances.

The purpose of the study is the energy analysis of ejection thermocompressors to evaluate the prospects for their application in food technologies. It is shown that a technological apparatus in a recuperative system can simultaneously perform the role of an evaporator and a condenser in a system that, in the presence of an ejector, as a thermodynamic compensator, is transformed into an analogue of a heat pump. It is determined that the main losses of the energy in the even-phase ejector transformers are related to the shock interaction for mixing two co-flows with different initial velocities. Impact losses are proportional to the square of the difference in flow rates. In such recuperative systems, the secondary energy resources of the food industry are often represented by the heat energy of liquid media or by a secondary vapor. The use of energy potentials of liquid or near to them according to the flow structure is achieved by heat exchange with counter flows. The result of this interaction is the energy recovery.

With the use of secondary energy resources of the steam or gas phases, the regenerative heat exchange on physical abilities may be complemented by regeneration and the advent of thermodynamic parameters to values that allow to be removed from systems or to restrict the power of primary sources. Regeneration of the secondary vapor allows, during its subsequent condensation, to return the heat potential of the steam to the environment in the environment. This means that in the systems where the increase in the thermodynamic parameters of the pair due to its compression, there is the use of Carnot's return cycle.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-22

© А. О. Чагайда, К. В. Васильківський, 2019

ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ РЕКУПЕРАТИВНИХ СИСТЕМ

А. О. Чагайда, канд. техн. наук
К. В. Васильківський, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

Мета дослідження — ексергетичний аналіз ежекційних термокомпресорів для оцінки перспектив їх застосування в харчових технологіях. Показано, що технологічний апарат в рекуперативній системі може одночасно виконувати роль випарника і конденсатора в системі, яка за наявності ежектора як термодинамічного компенсатора перетворюється в аналог теплового насоса. Визначено, що основні втрати ексергії в рівнофазних ежекторних трансформаторах пов'язані з ударною взаємодією за змішування двох співвісних потоків з різними початковими швидкостями. Регенерація вторинної пари в процесах її наступної конденсації дає змогу повертати в середовища потенціал теплоти пароутворення. Це означає, що в системах, у яких реалізується підвищення термодинамічних параметрів пари за рахунок її стискання, має місце використання зворотного циклу Карно.
***Ключові слова**: термодинаміка, рекуперація, регенерація, ексергія, енергія, випаровування, конденсація, компресія, баланс.*

Постановка проблеми. Інтенсивність і якість перебігу окремих енерго- і масообмінних процесів визначаються загальними вимогами технологій. Узагальненою оцінкою більшості систем виступає їх коефіцієнт корисної дії, однак відомо [1; 2], що більш високий термічний ККД, ніж у зворотного циклу Карно у заданому інтервалі температур отримати неможливо. Проте можливо здійснити інші зворотні цикли за існування двох джерел теплоти сталої температури, які відрізняються своєю конфігурацією від циклу Карно, але за деяких умов за показником термічного ККД відповідають останньому. На рис. 1 наведено цикл 1-2-3-4, що складається з двох ізотерм 1-2 і 3-4 і двох довільних зворотних процесів 2-3 та 4-1, еквідістантних у горизонтальному напрямку. В ізотермічному процесі 1-2 від тепловіддавача з температурою T_1 робочому тілу передається кількість теплоти $q_1 = T_1(s_2 - s_1)$. У процесі 2-3 робоче тіло змінює свій стан, віддаючи q_{2-3}, еквівалентне площі 7-3-2-8. Для здійснення зворотного переходу від точки 2 з температурою T_1 до точки 3 з температурою T_2 необхідно мати певні умови теплопередачі. На ділянці від точки 3 до точки 4 робоче тіло ізотермічно стискається і сприймає питому теплоту $q_2 = T_2(s_3 - s_2)$. На ділянці по лінії 4-1 робоче тіло поглинає кількість теплоти q_{4-1}, що відповідає площі 5-4-1-6 із забезпеченням тих же умов теплопередачі. Різниця питомої теплоти $q_1 - q_2$ забезпечує позитивну роботу циклу:

$$P = q_1 - q_{2-3} - q_2 + q_{4-1} = q_1 - q_2 \quad (1)$$

і відповідно до цього термічний ККД циклу:

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{T_1\left(s_2 - s_1\right) - T_2\left(s_3 - s_4\right)}{T_1\left(s_2 - s_1\right)}. \quad (2)$$

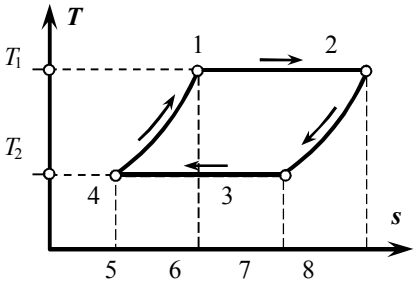


Рис. 1. Діаграма регенеративного циклу

За еквідістантних кривих 2-3 та 4-1 маємо:

$$s_1 - s_4 = s_2 - s_3 \text{ і } s_2 - s_1 = s_3 - s_4 \quad (3)$$

і тому ККД циклу:

$$\eta_t = \frac{T_1 - T_2}{T_1}. \quad (4)$$

Звідси термічний коефіцієнт розглянутого циклу дорівнює термічному ККД зворотного циклу Карно. У зв'язку з цим цикли за участю регенераторів теплоти мають назву регенеративних, а за участі в них двох ізотерм і довільних еквідістантних кривих вони вважаються узагальненими.

Звертання до адіабатної системи за необернених процесів в ній, як відомо, характеризується зростанням ентропії:

$$ds > \delta Q / T. \quad (5)$$

Оскільки в ній $\delta Q = 0$, то $ds > 0$. Таким чином в ізольованій системі виконується умова $ds \geq 0$ і оберненим процесам відповідає знак «дорівнює».

У випадку введення в систему проміжного теплоносія між тепловіддавачем і теплоприймачем зменшення роботоздатності робочого тіла внаслідок введення додаткового незворотного процесу визначається залежністю Гюі-Стодоли:

$$L_0 = T_2\left(Q_1 / T_1' - Q_1 / T\right) = T_2 \Delta s_{сист}. \quad (6)$$

У термодинаміці значна увага приділяється можливості отримання максимальної роботи від робочого тіла за зміни його стану від початкового до стану середовища за здійснення обернених адіабатних та ізотермічних процесів. Така робота має назву роботоздатності (повної ексергії). Сукупність матеріального і теплового балансів дають можливість визначити втрати маси і теплоти, а ексергетичний баланс — термодинамічний рівень якості будь-якого процесу, циклу, системи і здійснити можливості їх удосконалення [4; 5].

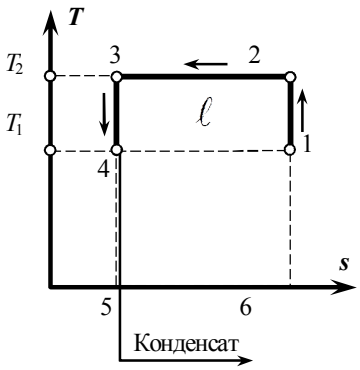


Рис. 2. Діаграма циклу з використанням вторинної пари

Перспективи такого удосконалення стосуються значної кількості термодинамічних процесів, пов'язаних з технологіями обробки сировинних потоків і виробництва продуктів харчування. Перетворення матеріальних потоків в них відбуваються під впливом температури й тиску і можуть відбуватися без пароутворення або з обмеженим генеруванням парової фракції, або навіть з активним пароутворенням [6; 7]. Наявність останнього означає температурну стабілізацію оброблюваного середовища і значні енергетичні витрати фазового переходу. Важливо, що генерована пара стає носієм такого енергетичного потенціалу, використання якого можливе в режимі конденсації. Останнє означає необхідність звернутися до процесу, в якому є потреба у використанні теплового потоку конденсації. Перш за все доцільно звернутися до енергозабезпечення первинного процесу і його завдання. Якщо для цього необхідно випаровування частини розчинника — води — для концентрування розчинених речовин, то наближене до адіабатного стискання вторинної пари приводить до підвищення її температури конденсації і це надає можливість передати потенціал конденсації середовищу з наближенням до повного обмеження витрат первинного енергоджерела. Такий процес має здійснюватися через герметичну поверхню теплопередачі. При цьому технологічний апарат виконує подвійну роль: випарника і конденсатора [8]. Необхідність здійснення випарювання означає подальше вилучення із схеми конденсату вторинної пари. Це, у свою чергу, означає, що з точки зору матеріального балансу цикл є незамкнутим, але з енергетичної оцінки він є замкнутим з добавкою в контурі енергії ℓ стискання пари (рис. 2). Енергія вторинної пари представлена площею 1-4-5-6-1, енергія стискання — площею 1-2-3-4-1, а енергія конденсації — площею 1-2-3-4-5-6-1. В циклі наявні адіабати 1-2 і 3-4, ізотерма 2-3 та умовна ізотерма 4-1. Механічна компресія вторинної пари може бути замінена на термокомпресію в ежекторі за рахунок первинної пари за збереження наведених термодинамічних властивостей.

Метою дослідження обрано ексергетичний аналіз ежекційних термокомпресорів для оцінки перспектив їх застосування в технологіях харчових виробництв.

Матеріали і методи дослідження представлені у формі аналітичних і феноменологічних узагальнень на основі законів класичної термодинаміки і механіки.

Результати дослідження. Частина матеріалів, викладених у вступі, дає змогу навести схему системи з рекуперативним використанням вторинної пари (рис. 3). Схему ежекційного термокомпресора наведено на рис. 4.

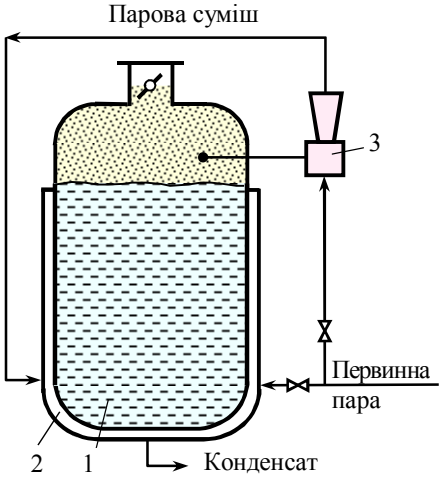


Рис. 3. Схема системи з рекуперативним використанням вторинної пари: 1 — випарний апарат; 2 — сорочка випарного апарата; 3 — ежектор

Потік первинної пари, як середовища з більш високим тиском, називається робочим. Він виходить із сопла в приймальну камеру з підвищеною швидкістю і затягує сюди вторинну пару, яка має менший тиск. кінетична енергія робочого потоку частково передається потоку вторинної пари. Подальше переміщення суміші супроводжується змішуванням потоків і перетворенням кінетичної енергії змішаного потоку в потенціальну енергію тиску з підвищенням температури. За швидкоплинного перебігу цей процес можна вважати наближеним до адіабатного.

Підвищення тиску вторинної пари відбувається без участі механічної енергії і робочих органів, що є принциповою якістю термокомпресорів. Стиснута суміш первинної і вторинної пари спрямовується в сорочку нагрівання з можливістю обмеження первинного енергоносія.

Опис фізичних процесів, наведений раніше, підлягає математичному моделюванню на основі трьох законів:

а) збереження енергії

$$i_{пер.} + u i_{вт.} = (1+u) i_{сум}, \tag{7}$$

де $u = m'_{вт.} / m'_{пер.}$ — коефіцієнт ежекції; $m'_{вт.}$ і $m'_{пер.}$ — масові потоки вторинної і первинної пари відповідно, кг/с;

б) збереження маси

$$m'_{сум.} = m'_{пер.} + m'_{вт.}, \tag{8}$$

де $m'_{сум.}$ — масовий потік суміші парових фаз на виході з ежектора, кг/с;

в) збереження імпульсів

$$m'_{пер.}w_{пер.1} + m'_{вт.}w_{вт.1} - \left(m'_{пер.} + m'_{вт.}\right)w_{сум.3} = \\ p_{сум.3}f_{сум.3} + \int_{f_3}^{f_1} pdf - \left(p_{пер.1}f_{пер.1} + p_{вт.}f_{вт.1}\right), \quad (9)$$

де $w_{пер.1}$, $w_{вт.1}$ та $w_{сум.3}$ — швидкості первинного і вторинного потоків пари у вхідному перерізі камери змішування та потоку суміші у вихідному перерізі цієї камери, м/с; $p_{пер.1}$, $p_{вт.1}$ та $p_{сум.3}$ — статичні тиски первинного і вторинного потоків пари у вхідному перерізі камери змішування і потоку суміші на виході з неї, Па; $f_{пер.1}$, $f_{вт.1}$ та $f_{сум.3}$ — площі перерізів первинного і вторинного потоків на вході в камеру змішування і потоку суміші на виході з камери, м^2; $\int_{f_3}^{f_1} pdf$ — інтеграл імпульсу сил на бічну поверхню камери змішування між перерізами 1-1 та 2-2.

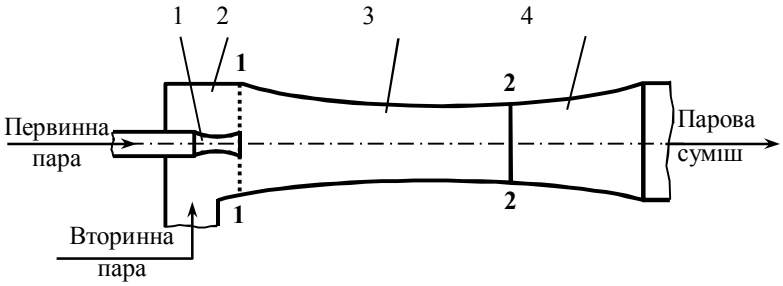


Рис. 4. Схема ежекційного термокомпресора:
1 — робоче сопло; 2 — приймальна камера; 3 — камера змішування; 4 — дифузор

Наведені термодинамічні співвідношення стосуються можливостей інтенсивного енергозаощадження, однак подальше удосконалення технологій енергетичних трансформацій потребує більш широкого використання теплотехнічних, технологічних та інших варіацій.

Оцінка придатності до використання вторинних енергетичних ресурсів потребує використання другого закону термодинаміки, відповідно до якого всі види теплових потоків характеризуються показником якості, тобто здатністю до виконання роботи.

Показник якості різних видів теплоти (ексергія) являє собою максимальну здатність матерії до здійснення роботи в такому процесі, кінцевий стан якого визначається рівновагою з навколишнім середовищем.

Ексергетичний метод використовується з метою оптимізації з енергетичної точки зору технологічних процесів і визначення шляхів їх подальшої термодинамічної досконалості. Реальні енергетичні процеси є незворотними і ця незворотність є причиною їх недосконалості. Енергетичний баланс за своєю фізичною природою, однак не відображує втрати системи від незворотності.

Основні втрати ексергії в рівнофазних ежекторних трансформаторах пов'язані з ударною взаємодією за змішування двох співвісних потоків з різними початковими швидкостями.

Визначимо величини цих енергетичних втрат та їх наслідки у випадку ізобарного процесу, коли тиск по довжині камери змішування залишається сталим. За ізобарного процесу маємо умову, за якою кількість руху суміші на виході з камери змішування дорівнює сумі кількостей руху потоків первинної і вторинної пари:

$$\left(m'_{пер.}+m'_{вт.}\right)w_{сум.3}=m'_{пер.}w_{пер.1}+m'_{вт.}w_{вт.1}\text{, Н,} \tag{10}$$

Звідки

$$w_{сум.3}=\frac{m'_{пер.}w_{пер.1}+m'_{вт.}w_{вт.1}}{m'_{пер.}+m'_{вт.}}\text{, м/с,} \tag{11}$$

За відомих значень швидкостей потоків визначимо їх потужності:

$$E_{пер.1}=\frac{m'_{пер.}}{2}w^2_{пер.1}\text{, Вт,} \tag{12}$$

$$E_{вт.1}=\frac{m'_{вт.}}{2}w^2_{вт.1}\text{, Вт.} \tag{13}$$

Потужність кінетичної енергії потоків після змішування:

$$E_{сум.3}=\frac{m'_{пер.}+m'_{вт.}}{2}w^2_{сум.3}=\frac{1}{2}\cdot\frac{\left(m'_{пер.}w_{пер.1}+m'_{вт.}w_{вт.1}\right)^2}{m'_{пер.}+m'_{вт.}}\text{, Вт.} \tag{14}$$

Втрати на удар внаслідок змішування потоків:

$$\Delta E=E_{пер.1}+E_{вт.1}-E_{сум.3}=\frac{1}{2}\cdot\frac{m'_{пер.}m'_{вт.}}{m'_{пер.}+m'_{вт.}}\left(w_{пер.1}-w_{вт.1}\right)^2\text{, Вт.} \tag{15}$$

Питома втрата на удар, віднесена до потоку первинної пари

$$\delta E_{пер.}=\frac{\Delta E}{m'_{пер.}}=\frac{1}{2}\cdot\frac{u}{1+u}\left(w_{пер.1}-w_{вт.1}\right)^2\text{, Дж/кг,} \tag{16}$$

або стосовно потоку вторинної пари

$$\delta E_{вт.}=\frac{\Delta E}{m'_{вт.}}=\frac{1}{2}\cdot\frac{\left(w_{пер.1}-w_{вт.1}\right)^2}{1+u}\text{, Дж/кг.} \tag{17}$$

Як видно з формули (15), втрати на удар пропорційні квадрату різниці швидкостей потоків. Збільшення швидкості потоку вторинної пари на вході в камеру змішування втрати на удар зменшує.

Досконалість струминних апаратів-трансформаторів визначається величиною коефіцієнта корисної дії, який є відношенням ексергії, отриманої вторинним потоком пари до ексергії, витраченої потоком первинної пари:

$$\eta = \frac{u\left(e_{сум.} - e_{вт.}\right)}{e_{пер.} - e_{сум.}}, \tag{18}$$

де $e_{пер.}$, $e_{вт.}$ та $e_{сум.}$ — питомі ексергії первинного, вторинного потоків і суміші цих потоків.

При цьому питомою ексергією вважається робота, яку можливо отримати за допомогою однієї масової одиниці робочого тіла, наприклад, 1 кг газу або пари, за оберненої її взаємодії з навколишнім середовищем.

Питома ексергія визначається за формулою:

$$e = i_0 - i_{н.с.} - T_{н.с.}\left(s_0 - s_{н.с.}\right), \text{ кДж/кг}, \tag{19}$$

де i_0, s_0 — питома ентальпія і питома ентропія первинної пари в ізоентропно загальмованому стані; $i_{н.с.}$, $s_{н.с.}$ — питома ентальпія і питома ентропія первинної пари в стані рівноваги з навколишнім середовищем; $T_{н.с.}$ — температура навколишнього середовища; надалі приймемо $T_{н.с.} = 293\ K$.

З урахуванням умов (18) та (19) маємо:

$$\eta = \frac{u\left[i_{сум.} - i_{вт.} - T_{н.с.}\left(s'_{сум.} - s_{вт.}\right)\right]}{i_{пер.} - i_{сум.} - T_{н.с.}\left(s'_{пер.} - s_{сум.}\right)}, \tag{20}$$

де $i_{пер.}$, $i_{вт.}$ та $i_{сум.}$ — питомі ентальпії первинного, вторинного і стиснутого потоків у загальному стані; $s_{пер.}$, $s_{вт.}$ та $s_{сум.}$ — питомі ентропії цих потоків у загальному стані.

Висновки.

1. Основним джерелом в енергетичному забезпеченні харчових підприємство продовжує залишатися хімічна енергія сполук навколишнього середовища. У зв'язку з особливостями трансформацій різних енергій стосовно теплової найбільша термодинамічна ефективність стосується перетворень хімічної енергії у теплову і максимально можливого використання останньої.

2. Вторинні енергетичні ресурси харчових виробництв частіше представлені тепловою енергією рідинних середовищ або вторинною парою. Використання енергетичних потенціалів рідинних або наближених до них за структурою потоків частіше досягається теплообміном із зустрічними потоками. Результатом такої взаємодії є енергетична рекуперація.

За використання вторинних енергетичних ресурсів парових або газових фаз рекуперативний теплообмін за фізичними можливостями може доповнюватися регенерацією і доведенням термодинамічних параметрів до значень, які дають змогу вилучати із систем або обмежувати дію енергетичних першоджерел. Регенерація вторинної пари в процесах її наступної конденсації повертає в середови-

ща потенціал теплоти пароутворення. Це означає, що в системах, у яких реалізується підвищення термодинамічних параметрів пари за рахунок її стискання, має місце використання зворотного циклу Карно. Таке використання відбувається як у замкнутих, так і у відкритих циклах.

3. Робота стискання вторинної пари у десятки і сотні разів менша за теплоту її конденсації. Саме це визначає високий рівень ефективності рекуперативних режимів. Однак пряме і безпосереднє використання вторинної пари в режимах конденсацій виключає доцільність наявності теплових насосів у таких системах.

4. В основу розрахунків систем рекуперації вторинної пари покладаються матеріальні і теплові баланси. Опис фізичних процесів, що супроводжують роботу термокомпресорів, підлягає математичному моделюванню на основі законів збереження енергії, збереження маси і збереження імпульсів. Оцінка придатності до використання вторинних енергетичних ресурсів здійснюється на основі ексергетичних методів з метою визначення напрямків подальшого їх вдосконалення.

5. Основні втрати ексергії в рівнофазних ежекторних трансформаторах пов'язані з ударною взаємодією співвісних потоків з різними початковими швидкостями. За ізобарних процесів енергетичні втрати на удар пропорційні квадрату різниці швидкостей потоків. Досконалість струминних апаратів-трансформаторів визначається ККД у формі відношення ексергії, отриманої вторинним потоком пари до ексергії, витраченої потоком первинної пари.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Нащокин В. В.* Техническая термодинамика и теплопередача / Нащокин В. В. — Москва: Высшая школа, 1980. — 367 с.

2. *Клемеш Й.* Синтез оптимальной структуры систем теплообмена / Й. Клемеш, Р. Панчик // Теоретические основы химической технологии. —1987. — Т. 1, № 4. — С. 488—499.

3. *Sama D. A.* The use of the Second Law of Thermodynamics in Process Design / D. A. Sama // Journal of Energy Resources Technology. — 1995. — Vol. 117. — P. 179—184.

4. *Соколенко А. І.* Енергоматеріальні трансформації в харчових технологіях на основі замкнутих контурів / Соколенко А. І., Піддубний В. А., Чагайда А. О. — Київ: Кондор-Видавництво, 2015. — 300 с.

5. Теплові насоси в системах теплохолодопостачання / Снежкін Ю. Ф. та ін. — Київ: Наукова думка, 2008. — 104 с.

6. *Соколенко А. І.* Про енергозбереження і енергоресурси / Соколенко А. І., Піддубний В. А. // Харчова промисловість. — 2007. — № 5. — С. 66—68.

7. Енергетичні трансформації і енергозбереження в харчових технологіях / Соколенко А. І. та ін. — Київ: Фенікс, 2012. — 484 с.

8. Інтенсифікація тепломасообмінних процесів в харчових технологіях / А. І. Соколенко та ін. — Київ: Фенікс, 2011. — 536 с.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕКУПЕРАТИВНЫХ СИСТЕМ

А. О. Чагайда, К. В. Васильковский
Национальный университет пищевых технологий

Цель исследования — эксергетический анализ эжекционных термокомпрессоров для оценки перспектив их применения в пищевых технологиях. Показано, что

технологический аппарат в рекуперативной системе может одновременно выполнять роль испарителя и конденсатора в системе, которая в присутствии эжектора в качестве термодинамического компенсатора превращается в аналог теплового насоса. Определено, что основные потери эксергии в равнофазных эжекторных трансформаторах связаны с ударным взаимодействием при смешивании двух соосных потоков с различными начальными скоростями. Регенерация вторичного пара позволяет в процессах его последующей конденсации возвращать в среды потенциал теплоты парообразования. Это означает, что в системах, в которых реализуется повышение термодинамических параметров пара за счет его сжатия, имеет место использование обратного цикла Карно.

***Ключевые слова**: термодинамика, рекуперация, регенерация, эксергия, энергия, испарение, конденсация, компрессия, баланс.*

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «*Харчова промисловість*» запрошує вас до публікації наукових праць.

Засновник і видавець журналу: Національний університет харчових технологій.

Журнал «Харчова промисловість» затверджений наказом МОН України (постанова № 241 від 09.03.2016) як наукове видання з технічних наук та включений до категорії «Б» (постанова № 612 від 07.05.2019) за спеціальностями 133, 162, 181.

У журналі висвітлюються результати науково-дослідних робіт з технології харчових продуктів, хімічних, біохімічних, мікробіологічних процесів, апаратів, обладнання, автоматизації харчових виробництв та економіки харчової промисловості.

Обсяг статей — до 10 машинописних аркушів (до 10000 друкованих знаків).

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті мають бути підготовлені з урахуванням Постанови Президії ВАК України № 7-05/6 «Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України». Друкуються наукові статті, які мають такі необхідні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання певної проблеми і на які спирається автор; виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

До публікації приймаються не публіковані раніше статті, що містять результати фундаментальних теоретичних розробок та найзначніших прикладних досліджень викладачів, наукових співробітників, докторантів, аспірантів і студентів. Усі статті підлягають обов'язковому рецензуванню провідними спеціалістами у відповідній галузі харчових технологій, яких призначає науковий редактор журналу.

Рукопис статті надсилається у двох примірниках, українською мовою, включаючи таблиці, рисунки, список літератури.

Статті подаються у вигляді **вичитаних** роздруківок на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, шрифт Arial або Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word) на електронному носії. На електронному носіїі не повинно бути інших версій та інших статей, у тексті статті — порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані.

На першій сторінці наводяться: у лівому верхньому куті — шифр УДК (напівжирним шрифтом), нижче ініціали і прізвища авторів (напівжирним шрифтом), наукові ступені авторів, назва установи, де працює автор; далі — назва статті великими напівжирними літерами, під назвою — анотація українською мовою з ключовими словами (5—6 слів/ключових словосполучень) набрана світлим курсивом; фраза «**Ключові слова» —** напівжирним шрифтом.

У кінці першої сторінки, під короткою рискою, ставиться знак авторського права, ініціали, прізвища авторів, рік.

Матеріали, представлені у статті, мають бути розділені на основні змістові розділи, такі як: постановка проблеми, огляд літератураи, мета досліджень, матеріали та методи, результати досліджень, висновки. Кожен із наведених розділів статті починається з нового абзацу («**Постановка проблеми**», «**Огляд літератури**», «**Мета досліджень**», «**Матеріали і методи**», «**Результати досліджень**», «**Висновки**» — напівжирним курсивом).

Після тексту статті в алфавітному або порядку згадування в тексті наводиться список літературних джерел (кожне джерело з абзацу). Бібліографічні описи оформляються згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання». 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 роботи останніх років.

Прізвища зарубіжних авторів у тексті статті треба наводити в українській транскрипції.

Після списку літератури наводяться: анотація та ключові слова російською мовою; ініціали і прізвища авторів, назва статті великими напівжирними літерами, анотація та ключові слова (Summary) англійською мовою (розмір анотації не менше 1800 знаків, має містити коротку інформацію по кожному із основних змістових розділів); фрази «**Ключевые слова**» та «**Key words**» — напівжирним шрифтом.

Усі анотації мають містити коротку інформацію щодо об'єкта та методик досліджень з наведенням основних результатів роботи та рекомендаціями щодо сфери їх застосування.

Після тексту анотацій та ключових слів наводиться фраза «Одержана редколегією (дата)» (набраним світлим курсивом). За дату одержання статті вважають дату надходження її до редакції.

Роздрукований варіант статті підписують усі автори.

У разі одержання статті, оформленої з порушенням запропонованих вимог, редакція статтю не реєструє. За необхідності доопрацювання статті відповідно до зауважень рецензента авторам направляється екземпляр рукопису, який разом із рецензією, відповіддю рецензентові, двома екземплярами виправленої статті та електронним носієм з виправленим текстом слід повернути до редакції.

Таблиці виконувати у Microsoft Office Word в форматі DOC. Кожна таблиця повинна мати тематичний заголовок, набраний напівжирним шрифтом, і порядковий номер (без знака №), якщо таблиць кілька. Якщо таблиця одна, то дається тільки заголовок (без слова «Таблиця»). Слово «Таблиця» і номер — курсивним шрифтом, заголовок — напівжирним. Таблиці мають бути закритими — з боковими, нижньою і горизонтальними лінійками у полі таблиці.

Ілюстрації мають бути виконані ретельно, в програмі CorelDraw або будь-якому іншому графічному редакторі, на білому папері й розміщені в тексті та в окремих файлах (формати CDR, TIF, JPG; роздільна здатність не менше 300 dpi).

Фотографії друкуються лише у разі крайньої потреби, вони мають бути чіткими, контрастними, виконаними на білому фотопапері, розмірами 6×9 см.

Підписи до рисунків набираються на окремій сторінці або безпосередньо під рисунками прямим шрифтом.

Повторення одних і тих самих даних у тексті, таблицях і на рисунках не допускаються.

Формули вставляються прямо в текст за допомогою редактора формул. Нумерація формул — арабськими цифрами у круглих дужках біля правого поля сторінки.

Використовувані в статті фізичні, хімічні, технічні та математичні терміни, одиниці фізичних величин та умовні позначення мають бути загальноприйнятими. Скорочення позначень одиниць фізичних величин мають відповідати Міжнародній системі одиниць (SI).

До статей додаються: виписка з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку; відомості про авторів (прізвище, повне ім'я та по батькові, науковий ступінь, місце роботи, номери контактних телефонів, адреса), кафедральний висновок/експертний висновок (для статей сторонніх організацій), заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і не подана до будь-яких інших видань

Головний редактор журналу: доктор технічних наук, професор
Анатолій Іванович Соколенко.
Відповідальний секретар журналу: кандидат технічних наук, доцент
Сергій Володимирович Токарчук.
Контактні телефони: міський — (044) 287-92-45, внутрішній — 92-45
E-mail: tmipt_xp@ukr.net

Наукове видання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

Науковий журнал

№ 25
Київ, НУХТ

Журнал «Харчова промисловість» затверджений наказом МОН України (постанова № 241 від 09.03.2016) як наукове видання з технічних наук та включений до категорії «Б» (постанова № 612 від 07.05.2019) за спеціальностями 133, 162, 181.
Реєстаційне свідоцтво: серія КВ № 6890 від 23.01.2003.
Засновник і видавець: Національний університет харчових технологій.

Журнал є продовженням міжвідомчого тематичного збірника «Харчова промисловість», заснованого в 1965 р. Виходить двічі на рік.

Видання подається в авторській редакції.

Комп'ютерна верстка: А. В. Стамбол

Підп. до друку 19.06.2019 р. Формат 70 × 100/16.
Гарнітура TimesNewRoman. Друк цифровий.
Ум. друк. арк. 11,45. Обл.-вид. арк. 12,32.
Наклад 100 прим. Вид. № 07/16. Зам. № 23-16

РВЦ НУХТ 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68
www.book.nuft.edu.ua
Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.2004