



НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

28

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Харчова
ПРОМИСЛОВІСТЬ

Заснований у 1965 р.

Київ НУХТ 2020

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, # 975 from July 11, 2019; in specialties 122, 133, 141, 144, 151, 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.

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» (Накази МОН України № 612 від 07.05.2019 р. та № 975 від 11.07.2019, за спеціальностями 122, 133, 141, 144, 151, 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 № 6 of
December 24, 2020

Рекомендовано вченою радою
Національного університету харчових
технологій.
Протокол № 6 від 24 грудня 2020 року

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:

Станка Дамянова
Stanka Damyanova

д-р техн. наук, доц., Болгарія
DSc, Assoc. Prof., Razgrad Branch of the University of Ruse, Bulgaria

Стефан Стефанов
Stefan Stefanov

д-р инж., проф., Болгарія
DSc, Prof., University of Food Technologies — Plovdiv, Bulgaria

Іван Шило
Ivan Shylo

д-р техн. наук, проф., Білорусь
Ph. D. Hab., Prof., Belarusian State Agrarian Technical University,
Republic of Belarus

Олександр Шевченко
Olexander Shevchenko

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

Лариса Арсенєва
Larysa Arsenieva

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

Олена Білик
Olena Bilik

канд. техн. наук, доц., Україна
Ph. D., As., 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

Наталія Гусятинська
Nataliia Husiatynska

д-р техн. наук, проф., 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

Юлія Камбулова
Yuliia Kambulova

д-р техн. наук, 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

Оксана Кочубей-Литвиненко
Oksana Kochubei-Lytvynenko

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

Олександр Кургаєв
Oleksandr Kurgaev

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

Анатолій Ладанюк
Anatoly Ladanyuk

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

Тетяна Лебеденко
Tetiana Lebedenko

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

Світлана Літвінчук
Svitlana Litvynchuk

канд. 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

Тамара Носенко
Tamara Nosenko

д-р техн. наук, доц., 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

Галина Поліщук Galina Polischuk	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Віталій Прибильський Vitaliy Prybyl'skyi	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Наталія Пушанко Nataliia Pushanko	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D., As. Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Серьогін Oleksandr Serohin	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Тетяна Сільчук Tetiana Silchuk	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
Віктор Стабніков Viktor Stabnikov	д-р техн. наук, доц., Україна Ph. D., As., 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
Микола Якимчук Mykola Yakymchuk	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЯ

Сировина та матеріали

Самченко І. О., Олійник С. І. Визначення ефективності оброблення сортівки вуглецевим активованим і модифікованим матеріалом

Булій Ю. В., Куц А. М., Бондар М. В., Мукоїд Р. М. Підвищення якості спирту етилового ректифікованого в процесі брагоректифікації

Гетьман І. А., Михонік Л. А. Технологічні аспекти використання вівсяної закваски спонтанного бродіння в технології пшенично-житнього хліба

Гриценко А. М. Дослідження впливу різних видів гречаного борошна на якість безглютенового хліба

Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В., Піддубний В. А., Білик О. А. Вплив насіння олійного льону на формування структурно-механічних властивостей пшеничного тіста

Лисенко О. Л. Дослідження сорбційних і десорбційних властивостей мармеладу

Городецька І. М., Камбулова Ю. В., Кохан О. О., Олексієнко Н. В. Якість здобного печива із застосуванням борошна зеленої гречки, цикорію і керобу

Пухляк А. Г., Кочубей-Литвиненко О. В., Тихончук І. С., Онофрей С. Ф. Комбінування сировини в технології сухих багатокомпонентних молочних сумішей

Леbedenko Т. С., Жигунов Д. О., Хвостенко К. В., Дубкова Т. П. Якість борошна: проблеми з огляду потужних виробництв борошняної продукції та підприємств HORECA

Дубовкіна І. О., Колесник В. В., Полупан В. В., Корецька І. Л. Оцінка якості спиртових напівфабрикатів з рослинної сировини в технології алкогольних напоїв

Технології: дослідження, застосування та впровадження

Гойко І. Ю., Стеценко Н. О. Розроблення напівфабрикату із солоду зернових культур для збагачення харчових продуктів

Кошак Ж. В., Кошак А. Э. Влияние технологических параметров производства на качество комбикормов для рыб

Мищенко О. С., Кизюн Г. О., Можаровська А. А., Олійник С. І. Енергоефективна технологія переробки фракції головної етилового спирту з отриманням спирту етилового ректифікованого

Вашека О. М., Петруша О. О., Арсенієва Л. Ю. Удосконалення методу визначення ефективності пастеризації молока за фосфатазою із застосуванням комп'ютерної колориметрії

РОЗДІЛ 2. ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Процеси харчових виробництв

Литвиненко О. А., Пащенко Б. С., Штефан Є. В. Дослідження властивостей керамічних матеріалів для харчової промисловості

CONTENTS

SECTION 1. TECHNOLOGY

Raw Materials and Materials

7 Samchenko I., Oliyunk S. Determination of efficiency of treatment of sorting with carbon activated and modified material

17 Buliy Y., Kutz A., Bondar M., Mukoid R. Improving the quality of rectified ethyl alcohol in the process of rectification

25 Hetman I., Mykhonik L. Technological aspects of using spontaneously fermented oat culture in wheat-rye bread technology

33 Hryshchenko A. Study of the influence of different kinds of buckwheat flour on the quality of gluten-free bread

40 Andronovich G., Bondarenko Yu., Piddubnyi V., Bilyk O. Influence of flax oil seeds on formation structural and mechanical properties of wheat dough

49 Lysenko O. Study of sorption and desorption properties of marmelad

54 Horodetska I., Kambulova Yu., Kokhan O., Oleksiienko N. Quality of butter cookies with the use of green buckwheat flour, chicory and ceroba

62 Pukhliak A., Kochubei-Lytvynenko O., Tykhonchuk I., Onofriy S. Combination of raw materials in technology of dry multi-component milk mixtures

74 Lebedenko L., Zhigunov D., Hvostenko K., Dubkova T. Flour quality: problems in overview of powerful flour products and HORECA enterprises

85 Dubovkina I., Kolesnyk V., Polupan V., Koretska I. Evaluation of the quality of alcoholic semi-finished products from vegetable raw materials in the technology of alcoholic beverages

Technologies: Researches, Application and Introduction

96 Goyko I., Stetsenko N. Development of semi-finished products from grain malt for enrichment of food products

103 Koshak Zh., Koshak A. Influence of technological production parameters on the quality of fish feeds

115 Mischenko O., Kizyn G., Mozharovska A., Oliyunk S. Energy efficient technology for processing the ethyl alcohol head fraction to obtain rectified ethyl alcohol

123 Vasheka O., Petrusha O., Arseniyeva L. Improvement of the method for assessment the efficiency of milk pasteurization using computer colorimetry

SECTION 2. PROCESSES AND EQUIPMENT

Processes of Food Industries

132 Litvinenko O., Pashchenko B., Shtefan E. Research of properties of ceramic materials for food industry

-
- Пакування: розробка, дослідження, переробка**
- Пасічний В. М., Маринін А. І., Желуденко Ю. В. 140
Дослідження впливу елементів активного пакування на мікробіологічну стабільність сосисок варених у процесі зберігання
- Керування виробничими процесами**
- Грибков С. В., Ханбабаєв Р. Р., Харкянен О. В. 149
Аналіз маркетингових заходів торговельної мережі методами Text Mining
- Енергетика та виробничі процеси**
- Степанець О. І., Васильківський К. В., Мироненко С. М., Максименко І. Ф. 158
Енергетична рекуперация і регулювання ходу машин
- Packing: Development, Researches, Processing**
- Pasichniy V., Marynin A., Zheludenko Yu.* Investigation of active packaging influence on cooked sausages microbiological stability during storage
- Control of Production Processes**
- Hrybkov S., Khanbabaev R., Kharkianen O.* Analysis of trading network marketing measures by Text Mining methods
- Power engineering and productions**
- Stepanets O., Vasytkivsky K., Myronenko S., Maksymenko I.* Energy recovery and adjustment of move of machines

УДК 663.5, 663.6

DETERMINATION OF EFFICIENCY OF TREATMENT OF SORTING WITH CARBON ACTIVATED AND MODIFIED MATERIAL

I. Samchenko, S. Oliynyk*National University of Food Technologies***Key words:**

production of vodka,
sorting,
cleaning efficiency,
activated carbon fiber

Article history:

Received 19.09.2020
Received in revised form
25.11.2020
Accepted 10.12.2020

Corresponding author:

samchenko_irina94@
ukr.net

ABSTRACT

The degree of purification of the water-alcohol mixture was investigated and the increase of tasting evaluation and oxidizability of the sorting after its treatment with carbon activated and modified materials was confirmed, which indicates the removal of unwanted organic micro-impurities from it.

The comparison of quality indicators of sorting prepared on different grades of rectified ethyl alcohol before and after its purification is carried out. It was found that the alkalinity of the grade purified with activated carbon fiber and activated carbon modified fiber increases by 1.16 times and is less than when using the control sample. It is determined that the optimal ratio of surface oxides of basic and acidic nature contributes to lower catalytic activity of the investigated materials and is confirmed by a smaller increase in mass concentration in anhydrous alcohol.

When using activated carbon modified fiber, the achievement of maximum transparency of the purified grade was observed. The higher efficiency of application of carbon activated modified material is evidenced by the higher difference in oxidation before and after cleaning the sort. It is shown that the treatment of the investigated materials is promising for additional cleaning of the sort without the use of additional equipment.

The transparency of the initial water-alcohol mixture is improved up to 20 times during cleaning by the investigated materials and reaches the values regulated by the national standard, while the maximum possible transparency is sorted, which was cleaned with activated and modified carbon fiber

The reduction of harmful organic micro-impurities in the water-alcohol mixture after its purification by the studied carbon fiber materials indicates the efficiency of processing by 70—87%, and is confirmed by the improvement of the overall tasting score by 0.3 points when using activated and modified carbon fiber and 0.2 points for activated carbon fiber.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-3

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБЛЕННЯ СОРТІВКИ ВУГЛЕЦЕВИМ АКТИВОВАНИМ І МОДИФІКОВАНИМ МАТЕРІАЛОМ

І. О. Самченко

С. І. Олійник

Національний університет харчових технологій

Досліджено ступінь очищення водно-спиртової суміші та підтверджено підвищення дегустаційної оцінки й окиснюваності сортівки після її оброблення вуглецевим активованим і модифікованим матеріалами, що вказує на видалення з неї небажаних органічних мікродомішок.

Визначено, що оптимальніше співвідношення поверхневих оксидів основного та кислотного характеру сприяє меншій каталітичній активності досліджуваних матеріалів і підтверджується зменшенням масової концентрації в безводному спирті.

Під час використання активованого вуглецевого модифікованого волокна спостерігалось досягнення максимальної прозорості очищеної сортівки. Показано, що обробка досліджуваними матеріалами є перспективною для додаткового очищення сортівки без застосування додаткового обладнання.

Ключові слова: виробництво горілок, сортівка, ефективність очищення, вуглецеве активоване та модифіковане волокно.

Постановка проблеми. На сьогодні в лікєро-горілчаному виробництві найважливішим питанням є підбір і використання якісних та ефективних сорбційних матеріалів для обробки водно-спиртових сумішей (ВСС) [1; 2]. Дегустаційна оцінка та фізико-хімічні показники горілок чи горілок особливих залежать від правильного вибору і застосування схеми обробки сорбційними матеріалами, оптимального технологічного режиму очищення сортівки [3].

Під час виробництва горілок і горілок особливих на лікєро-горілчаних заводах України використовують динамічний спосіб оброблення сортівок, який полягає у фільтрації ВСС через нерухомий шар активного вугілля у вугільній колоні [1; 3]. Технологія з динамічним способом обробки водно-спиртових сумішей (сортівок) активним вугіллям у виробництві горілок склалася багато десятиліть назад [1—3]. Вона, як і раніше, забезпечує високу якість продукції. Рівень механізації, автоматизації й енергетичного забезпечення визначили розміщення технологічного процесу по вертикалі, що максимально забезпечує принцип самопливу [1—3].

За цим способом під час обробки сортівки відбуваються сорбційні та окисно-відновні процеси, внаслідок яких зменшується вміст небажаних домішок, утворюються нові сполуки, які впливають на органолептичні властивості горілчаной продукції [1—3]. Глибина пеєрбігу цих процесів залежить від сорбційних і каталітичних властивостей сорбентів, а тому для отримання високого ефекту в покращенні органолептичних характеристик горілок велике значення має проведення процесу в оптимальних умовах [4; 5].

Застосовуваний на лікєро-горілчаних заводах динамічний спосіб виробництва горілок, за наявності багатьох позитивних чинників, має ряд недоліків, які негативно позначаються на якості продукції і, зокрема, на стабільності фізико-хімічних та органолептичних показників, що особливо проявляється під час неритмічності ви-

робництва. Під час зупинок вугільної колони або регенерації (пропарювання) активного вугілля виникають значні об'єми невідповідного браку, зниження механічної міцності й тривалості використання вугілля [5—7].

Недоліками традиційної схеми очищення є: низька продуктивність; нестабільна якість фільтрату, великі габаритні розміри вугільно-очисної батареї, регенерація та підготовка до виробництва фільтрувальних та адсорбційних матеріалів, пов'язана з простоями виробництва і використанням малопродуктивної ручної праці [1; 5—8].

Досягається вища ефективність існуючих технологій обробки сортівок лише за умови проведення додаткового адсорбційного очищення з використанням імпрегнованого активного вугілля або інших різних видів сорбційних матеріалів: порошко- та пилоподібних, зернистих, пористих, на тканинній, картонній основі тощо [1; 5—10].

Основою вдосконаленої технології використання імпрегнованого фільтрувального матеріалу є модифікування кокосового активного вугілля сріблом, золотом або платиною (Росія) [1; 6; 7; 10].

Якість горілчаної продукції безпосередньо залежить не тільки від якості вихідної сировини (води підготовленої та спирту етилового ректифікованого), але й від ступеня очищення ВСС. Ця стадія є найважливішою під час виробництва, а процес її модифікації пов'язаний з вдосконаленням апаратурного оформлення існуючої технології [1; 6; 7; 10; 11].

За недоліками існуючих технологій очищення ВСС можна визначити декілька напрямів подальшого вдосконалення техніки й технології приготування горілок, в тому числі пошук нових видів і форм сорбційних матеріалів для використання в існуючих апаратурних формах для інтенсифікації адсорбційних процесів, що відбуваються під час очищення сортівок.

З початку XXI ст. простежуються нові тенденції у виробництві горілок [1—3; 10; 11]. Перехід до ринкових умов виробництва та збуту готової продукції призвів до порушення ритмічності роботи лікеро-горілчаних підприємств і, як наслідок, до нестабільності технологічного режиму виробництва. Нові умови слугують приводом для розробки нових технологій і нового апаратурного оформлення, що забезпечили б необхідну мобільність і ефективність виробництва при високій якості продукції.

Метою досліджень є дослідження ефективності обробки сортівки вуглецевим активованим і модифікованим матеріалом.

Матеріали і методи. Досліджується технологія обробки ВСС активованим вуглецевим волокном (АВВ) та активованим вуглецевим модифікованим волокном (АМВВ).

АВВ та АМВВ — мікропористі адсорбенти, основою яких є нетканий текстильний матеріал з активним вугіллям.

АВВ — вискоефективний адсорбційний матеріал, виготовлений на основі синтетичних волокон, активованих карбонізацією.

АМВВ — модифікований АВВ з розвинутою однорідною мікропористою структурою з діаметром мікропор до 2 нм, товщиною матеріалу 5,0 мм.

ВСС готували змішуванням спирту етилового ректифікованого сорту «Люкс» та води підготовленої з отриманням ВСС міцністю $(40 \pm 0,3)\%$ об. [1; 3].

Прозорість ВСС визначали до та після очищення АВВ та АМВВ згідно з ДСТУ 5068 [12], фізико-хімічні показники — згідно з ДСТУ 4165 [13], мікрокомпоненти — газохроматографічним методом із використанням газового хроматографа

Кристал-2000М згідно з ДСТУ 4222:2003 [14], окиснюваність — згідно з ДСТУ 7404:2013 [15], спектри оптичного поглинання — згідно з ДСТУ 5068:2008 [12].

Під час досліджень застосовували також методи моделювання, планування та оброблення результатів.

Для дослідження ефективності очищення використовували ВСС міцністю $(40 \pm 0,3)\%$, приготувану з використанням підготовленої води з сухим залишком не більше 100 мг/дм^3 та спирту етилового ректифікованого сортів «Люкс» і «Вищої очистки». Відповідно до класичного способу очищення ВСС проводили за температури $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$, швидкості оброблення 60 дал/год у перерахунку на стандарту вугільну батарею, контрольний зразок — активне вугілля марки С 607, яке використовують у системах для основного та додаткового очищення.

Результати дослідження. ВСС готують із використанням різних сортів спирту етилового ректифікованого, тобто з різним вмістом мікрокомпонентів спирту. Для визначення ефективності застосування досліджуваних матеріалів виконано дослідження, що полягають в аналізованні якості очищення ВСС, приготованої на спиртї сорту «Люкс» (табл. 1, 2, рис. 1, 2).

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники сортівки, приготованої на спиртї сорту «Люкс» до та після очищення ($n=3$; $P \geq 0,95$)

Назва показника, одиниця вимірювання	Вимоги ДСТУ 4256	Результати випробувань			
		вихідна ВСС	після очищення		
			АВВ	АМВВ	С 607 (контроль)
Прозорість, од	не більше 0,005	$0,02 \pm 0,001$	$0,002 \pm 0,001$	менше 0,001	$0,002 \pm 0,001$
Лужність — об'єм соляної кислоти $c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$, витрачений на титрування 100 см^3 горілки, см^3	не більше 3,5	$0,3 \pm 0,03$	$0,35 \pm 0,03$	$0,35 \pm 0,03$	$0,7 \pm 0,03$
Масова концентрація альдегідів у перерахунку на оцтовий альдегід у безводному спиртї, мг/дм^3	не більше 4,0	$1,5 \pm 0,15$	$2,5 \pm 0,15$	$2,2 \pm 0,15$	$3,5 \pm 0,15$
Масова концентрація сивушного масла в перерахунку на суміші зоамілового та ізобутилового спиртів (1:1) у безводному спиртї, мг/дм^3	не більше 3,0	$0,80 \pm 0,15$	$0,70 \pm 0,15$	$0,65 \pm 0,15$	$0,7 \pm 0,15$
Масова концентрація естерів у перерахунку на оцтовоетиловий естер у безводному спиртї, мг/дм^3	не більше 5	$0,8 \pm 0,25$	$1,1 \pm 0,25$	$0,95 \pm 0,25$	$1,25 \pm 0,25$
Об'ємна частка метилового спирту в перерахунку на безводний спирт, %	не більше 0,01	$0,003 \pm 0,001$	$0,0025 \pm 0,001$	$0,002 \pm 0,001$	$0,0025 \pm 0,001$
Дегустаційна оцінка, бали	—	9,4	9,6	9,7	9,6

На поверхні вуглецевих матеріалів є поверхневі оксиди, водо- і спирторозчинні зольні речовини, які сприяють додатковому каталітичному перетворюванню спирту в альдегіди. Встановлено, що лужність сортівки, очищеної АВВ та АМВВ, збільшується в 1,16 разів і є меншою ніж під час застосування контрольного зразка С 607. Це вказує на більш оптимальне співвідношення поверхневих оксидів основного та кислотного характеру і сприяє меншій каталітичній активності матеріалу, що підтверджується меншим збільшенням масової концентрації в безводному спирті:

- альдегідів у перерахунку на оцтовий альдегід для: АВВ у 1,6 разів, АМВВ — 1,46 разів, С 607 — 2,3 разів;
- естерів у перерахунку на оцтовоетиловий естер для: АВВ у 1,37 разів, АМВВ — 1,18 разів, С 607 — 1,56 разів.

Тривале контактування ВСС з вуглецевим матеріалом дає змогу частково зменшити у перерахунку на безводний спирт:

- масову концентрацію сивушного масла для: АВВ та С 607 — у 1,14 разів, АМВВ — 1,23 разів;
- об'ємну частку метилового спирту для: АВВ та С 607 — у 1,2 разів, АМВВ — у 1,5 разів.

Таблиця 2. Результати визначення мікрокомпонентного складу сортівки, приготованої на спирт сорту «Люкс» до та після очищення ($n=3$; $P \geq 0,95$)

Найменування показника, одиниця вимірювання	Масова концентрація компонента в перерахунку на 1 дм ³ безводного спирту, мг			
	Вихідна ВСС	після очищення		
		АВВ	АМВВ	С 607 (контроль)
Ацетальдегід	1,2 ±0,24	1,8 ±0,36	1,5 ±0,3	2,6 ±0,5
Етилацетат	0,2 ±0,04	0,4 ±0,08	0,6 ±0,12	0,75 ±0,15
Метилацетат	0,2 ±0,04	0,2 ±0,04	0,2 ±0,04	0,2 ±0,04
Ізоамілацетат	0,1 ±0,04	0,12 ±0,04	0,15 ±0,04	0,24 ±0,04
Ізобутиловий спирт	0,3 ±0,06	0,25 ±0,05	0,24 ±0,05	0,25 ±0,05
Ізоаміловий спирт	0,2 ±0,04	0,2 ±0,04	0,18 ±0,036	0,2 ±0,04

Після очищення досліджуваними матеріалами (табл. 2) спостерігається зменшення масової концентрації у перерахунку на 1 дм³ безводного спирту:

- ізоамілового спирту для АМВВ на 10%,
- ізобутилового спирту для: АВВ та С 607 — 20%, АМВВ — 25%.

Масова концентрація ацетальдегіду збільшується найбільше в сортівці, яку було оброблено за допомогою контрольного зразка С 607, — у 2,2 разів, найменший приріст спостерігали під час очищення АМВВ — у 1,25 разів.

Після оброблення спеціальними сорбційними матеріалами сортівка набуває горічаного аромату та смаку, властивого горілці, за рахунок утворення естерів (етилацетату, метилацетату), які надають легких фруктових ароматів. Каталітичне перетворення проміжних продуктів окислення спирту в такі ефіри здійснюється завдяки хімічним реакціям, які проходять на поверхні активних сорбційних матеріалів, а каталізаторами перебігу є групи основного характеру. За відсутності таких груп процес утворення естерів неможливий і органолептичні показники обробленої сортівки будуть низькими. Встановлено, що масова концентрація в перерахунку на безводний спирт:

- збільшується для етилацетату в 3 рази під час очищення АМВВ, у 2 рази — АВВ, у 3,75 рази — С 607;

- ізоамілацетату майже не змінюються для АВВ та АМВВ, збільшується у 2 рази для контрольного зразка з набуттям різкого грушевого аромату. Оскільки спирт етиловий ректифікований сорту «Вищої очистки» містить більше мікродомішок, то необхідно визначити ефективність застосування досліджуваних матеріалів за якістю очищення ВСС (табл. 3, 4 та рис. 1, 2).

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники сортівки, приготованої на спирті сорту «Вищої очистки» до та після очищення ($n=3$; $P \geq 0,95$)

Назва показника, одиниця вимірювання	Вимоги ДСТУ 4256	Результати випробувань			
		вихідна ВСС	після очищення		
			АВВ	АМВВ	С 607 (контроль)
Прозорість, од	не більше 0,005	0,04±0,008	0,002±0,004	менше 0,001	0,002±0,004
Лужність — об'єм соляної кислоти $c(\text{HCl}) = 0,1$ моль/дм ³ , витрачений на титрування 100 см ³ горілки, см ³	не більше 3,5	0,3±0,03	0,35±0,03	0,35±0,03	0,37±0,03
Масова концентрація альдегідів в перерахунку на оцтовий альдегід у безводному спирті, мг/дм ³	не більше 8,0	3,2±0,15	4,8±0,15	4,2±0,15	6,5±0,15
Масова концентрація сивушного масла в перерахунку на суміші зоамілового та ізобутилового спиртів (1:1) у безводному спирті, мг/дм ³	не більше 4,0	2,40±0,15	2,0±0,15	1,8±0,15	2,2±0,15
Масова концентрація естерів у перерахунку на оцтовоетиловий естер у безводному спирті, мг/дм ³	не більше 10	1,8±0,25	2,5±0,25	2,4±0,25	2,8±0,25
Об'ємна частка метилового спирту в перерахунку на безводний спирт, %	не більше 0,03	0,012±0,001	0,009±0,001	0,009±0,001	0,010±0,001
Дегустаййна оцінка, бали	—	9,3	9,5	9,6	9,5

Визначено, що прозорість вихідної ВСС зменшується у 20 разів під час очищення досліджуваними матеріалами АВВ та С 607 і досягає регламентованих національним стандартом значень, при цьому максимально можливу прозорість 100% має сортівка, очищена АМВВ.

Встановлено, що лужність сортівки, яку було приготовано на спирті етиловому ректифікованому сорту «Люкс» та сорту «Вищої очистки» та очищено досліджуваними матеріалами, збільшується майже в однакових межах у 1,1 — 1,16 рази. Можна відмітити, що каталітичні та сорбційні властивості досліджуваних матеріалів проявляються аналогічно, при цьому масова концентрація:

- альдегідів у перерахунку на оцтовий альдегід збільшується для АВВ у 1,5 рази, АМВВ — 1,3 рази, С 607 — 2 рази;

- естерів у перерахунку на оцтовоетиловий естер збільшується для АВВ у 1,4 раза, АМВВ — 1,3 раза, С 607 — 1,5 раза;
- сивушного масла зменшується для АВВ в 1,2 раза, АМВВ — в 1,3 раза, С 607 — в 1,1 раза;
- об'ємна частка метилового спирту зменшується для АВВ та АМВВ в 1,3 раза, С 607 — в 1,2 раза.

Таблиця 4. Результати визначення мікрокомпонентного складу сортівки, приготованої на спирті сорту «Вищої очистки» до та після очищення ($n=3$; $P \geq 0,95$)

Найменування показника, одиниця вимірювання	Масова концентрація компонента в перерахунку на 1 дм ³ безводного спирту, мг			
	Вихідна ВСС	після очищення		
		АВВ	АМВВ	С 607 (контроль)
Ацетальдегід	2,8±0,5	4,6±0,9	4,2±0,84	5,7±1,1
Етилацетат	0,9±0,2	1,4±0,3	1,6±0,3	1,9±0,4
Метилацетат	0,3±0,06	0,5±0,1	0,5±0,1	0,7±0,15
Ізоамілацетат	0,3±0,06	0,4±0,08	0,4±0,08	0,5±0,1
Ізобутанол	0,3±0,06	0,3±0,06	0,3±0,06	0,3±0,06
Ізоаміловий спирт	0,4±0,08	0,35±0,07	0,25±0,05	0,35±0,07
Ізопропанол	0,9±0,18	0,75±0,15	0,7±0,14	0,8±0,16
Кротоновий альдегід	0,3±0,07	0,2±0,04	менше 0,1	0,25±0,05

За результатами газохромографічного визначення спостерігали зміну мікрокомпонентного складу ВСС, приготованої зі спирту етилового ректифікованого сорту «Вищої очистки» та очищеної досліджуваними матеріалами за масовою концентрацією в перерахунку на безводний спирт:

- збільшення ацетальдегіду — в 1,64 раза за АВВ, в 1,5 раза за АМВВ, в 2 рази за С 607; етилацетату — в 1,5 раза за АВВ, в 1,7 раза за АМВВ, в 2,1 раза за С 607; метилацетату — 1,6 раза за АВВ та АМВВ, в 2,3 раза за С 607; ізоамілацетату — в 1,3 раза за АВВ та АМВВ, в 1,6 раза за С 607;

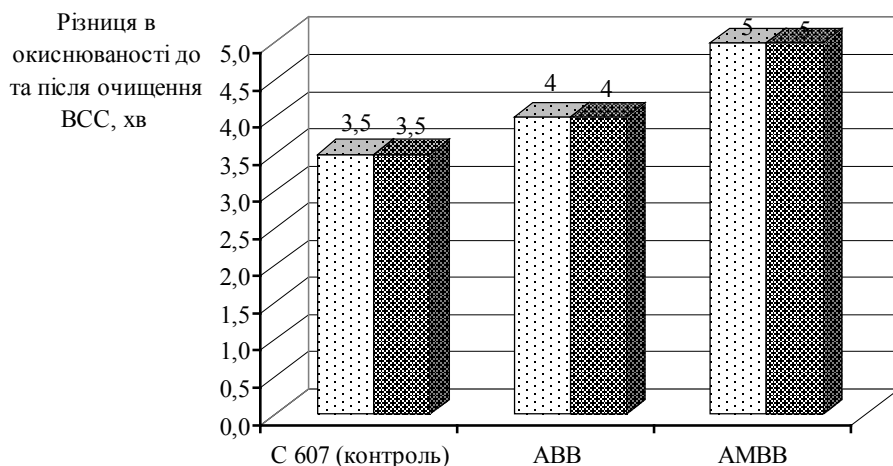
- зменшення ізоамілового спирту — в 1,1 раза за АВВ та С 607, в 1,6 раза за АМВВ; ізопропанолу — в 1,2 раза за АВВ, в 1,27 раза за АМВВ, в 1,13 раза за С 607.

- зменшення кротонового альдегіду — в 1,5 раза за АВВ, в 1,2 раза за С 607 та значень за чутливістю методу для АМВВ.

Незважаючи на різні фізико-хімічні показники та мікрокомпонентний склад спирту етилового ректифікованого, з яких було приготовано сортівки, неідентифікованих піків, що свідчать про появу сторонніх домішок, не з'явилося. За змістом мікродомішок (оцтового альдегіду, сивушного масла, естерів та метилового спирту) усі зразки, які було відібрано під час очищення, відповідають вимогам ДСТУ 4256. Як видно з отриманих даних, усі показники, які було визначено під час досліджень, є кращими для активованого вуглецевого модифікованого волокна.

Оцінено властивості досліджуваних матеріалів за різницею окисленості між сортівкою до та після її очищення, що свідчить про ефективність обробки, яка порівняно з контрольним зразком збільшується для АВВ на 87% та АМВВ на 70% (рис. 1).

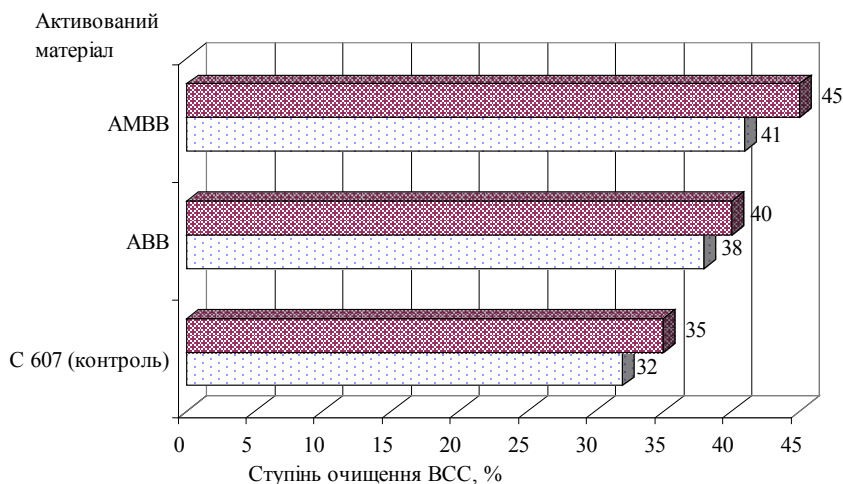
Величина оптичної густини ВСС за довжини світлової хвилі $\lambda=260$ нм характеризує ступінь забруднення сортівки органічними домішками, тому її в подальших дослідженнях використовували, як один з основних аналітичних показників якості.



□ BCC на основі спирту "Люкс" ▒ BCC на основі спирту "Вищої очистки"

Рис. 1. Різниця окиснюваності ВСС, очищеної активованими матеріалами

Ступінь очищення ВСС (рис. 2) підтверджується підвищенням окиснюваності сортівки після обробки (рис. 1), що свідчить про видалення з неї небажаних органічних домішок, і поліпшенням її органолептичних показників на 0,3 бала для AMBV та 0,2 бала для ABB (табл. 1, 3). Встановлено, що ступінь очистки ВСС за допомогою AMBV збільшується на 10%, ABB — на 5% порівняно з контрольним зразком С 607.



□ BCC на основі спирту "Люкс" ▒ BCC на основі спирту "Вищої очистки"

Рис. 2. Ступінь очищення ВСС активованими матеріалами

Висновки. Використання вуглецевого активованого модифікованого волокнистого волокна під час оброблення сортівок забезпечує низьке зростання вмісту альдегідів (15%), відсутність ненасичених сполук у горілці, швидке досягнення хімічної рівноваги.

Застосування активованого вуглецевого волокна й активованого вуглецевого модифікованого волокна забезпечує високу якість очищення сортівки при використанні різних сортів спирту.

Для класичної технології оброблення сортівки використання запропонованих матеріалів забезпечує отримання високоякісної продукції, зокрема горілки класу «Преміум».

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. Бурачевский И. И. Производство водок и ликероводочных изделий. / И. И. Бурачевский, Р. А. Зайнулин, Р. В. Кунакова. — Москва: ДеЛиПринт, 2009. — 324 с.
3. Кузьмин О. В. Водка: технология, качество, инновации / О. В. Кузьмин, В. Г. Топольник, А. Н. Ловягин, В. В. Кузьмин: [монография] — Донецк: ДонНУЭТ, 2011. — 307 с.
4. Высокопрочные активные угли и блочные фильтры на их основе / В. М. Мухин, В. А. Поляков, И. И. Бурачевский [и др.] // Ликероводочное производство и виноделие. — 2004. — № 55. — С. 8—9.
5. Макеева А. М. Уголь в производстве водок / А. М. Макеева, Н. А. Шубина // Научно-технический прогресс в спиртовой и ликероводочной отрасли промышленности: междунар. науч.-практ. конф., Москва, 19—20 апр. 2001 г.: тезисы докл. — М.: Пищевая промышленность, 2001. — С. 197—206.
6. Петров А. Н. Тенденции в использовании активных углей в ликеро-водочной отрасли / А. Н. Петров, Н. В. Лимонов // Ликероводочное производство и виноделие. — 2005. — № 67. — С. 8—9.
7. Петров А. Н. Тенденции в использовании активных углей в ликеро-водочной отрасли / А. Н. Петров, В. Ф. Олонцев, Н. В. Лимонов // Ликероводочное производство и виноделие. — 2004. — № 57. — С. 5—7.
8. К созданию технологии производства водок с одноразовым использованием порошкообразного сорбента БАУ—А на ООО «Бахус» / В. А. Поляков, В. И. Карушев, В. М. Антонов [и др.] // Теоретические и практические аспекты развития спиртовой, ликероводочной, ферментной, дрожжевой и уксусной отраслей промышленности. — М.: ВНИИПБТ, 2006. — С. 209—219.
9. Манк В. В. Использование природных минералов для адсорбционной очистки водно-спиртовых растворов / В. В. Манк, Л. Н. Мельник // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2005. — № 1. — С. 27—29.
10. Тарасов А. В. «Серебряная фильтрация» — новое направление в технологии производства высококачественных водок / А. В. Тарасов, Ю. Ф. Завьялов, Р. Г. Месхи // Ликероводочное производство и виноделие. — 2003. — № 39. — С. 1—3.
11. Бурачевский И. И. Исследование возможности расширения спектра адсорбционных материалов при производстве водок / И. Бурачевский, С. Морозова, Е. Устинова, Н. Шубина, М. Терентьев, А. Киселев // Производство спирта и ликероводочных изделий. 2011. — №2 — 22—23
12. ДСТУ 5068:2008 Горілки, горілки особливі, напої лікєро-горілчані. Визначання прозорості спектрофотометричним методом [Чинний від 2009-01-07]. — Київ: Державний стандарт України, 2008. — 7 с.
13. ДСТУ 4165:2003 Горілки і горілки особливі. Правила приймання і методи випробування [Чинний від 2016-01-01]. — Київ: Державний стандарт України, 2015. — 11 с.
14. ДСТУ 4222:2003. Горілки, спирт етиловий та водно-спиртові розчини. Газохроматографічний метод визначання вмісту мікро компонентів [Чинний від 2004-10-01]. — Київ: Держспоживстандарт України, 2004. — 12 с.

15. ДСТУ 7404:2013. Горілки, горілки особливі. Метод визначання окислюваності [Чинний від 2014-01-07]. — Київ: Держспоживстандарт України, 2013. — 10 с.

16. Польшгаліна Г. В. Аналітичний контроль виробництва водок і лікероводочних изделий [Текст] / Г. В. Польшгаліна. — СПб.: ДеЛи принт, 2006. — 464 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ СОРТИРОВКИ УГЛЕРОДНЫМ АКТИВИРОВАННЫМ И МОДИФИЦИРОВАННЫМ МАТЕРИАЛОМ

И. О. Самченко, С. И. Олейник

Национальный университет пищевых технологий

Исследована степень очистки водно-спиртовой смеси и подтверждено повышение дегустационной оценки и окисляемости сортировки после ее обработки углеродным активированным и модифицированным материалами, что указывает на удаление из нее нежелательных органических микропримесей.

Определено, что оптимальное соотношение поверхностных оксидов основного и кислотного характера способствует меньшей каталитической активности исследуемых материалов и подтверждается уменьшением массовой концентрации в безводном спирте.

При использовании активированного углеродного модифицированного волокна наблюдали достижение максимальной прозрачности очищенной сортировки. Показано, что обработка исследуемыми материалами являются перспективной для дополнительной очистки сортировки без применения дополнительного оборудования.

Ключевые слова: *производство водок, сортировка, эффективность очистки, углеродное активированное и модифицированное волокно.*

УДК 663.551

IMPROVING THE QUALITY OF RECTIFIED ETHYL ALCOHOL IN THE PROCESS OF RECTIFICATION

Y. Buliy, A. Kutz, M. Bondar, R. Mukoid

National University of Food Technologies

Key words:

rectification,
volatile impurities of
alcohol,
hydroselection,
rectified ethyl alcohol

Article history:

Received 13.10.2020
Received in revised form
17.11.2020
Accepted 20.12.2020

Corresponding author:

mukoid_roman@ukr.net

ABSTRACT

In production conditions, studies have been carried out on the efficiency of purification of rectified ethyl alcohol from volatile impurities in the epuration, rectification and accelerating columns of the distillation unit. It has been established that in order to increase the degree of removal and the multiplicity of concentration of impurities in the epurating column, it is advisable to carry out deep hydroselection of impurities by supplying steam with a temperature of 90°C to the upper tray of condensate to ensure the concentration of ethyl alcohol in the epurating within the range of 26...27% by volume. In such conditions, ethers are completely removed, the concentration of aldehydes decreases by 40%, isopropyl and methyl alcohols — by 74%, and higher alcohols of fusel oil — by 42.3%. To reduce the consumption of softened water and energy consumption for heating water for hydroselection, it is advisable to use the bottom liquid of the accelerating column of cyclic action. An increase in the pasteurization zone in the rectification column by 10 plates makes it possible to reduce the concentration of aldehydes in commercial alcohol by 32.3%, methyl alcohol — by 30%, and higher fusel alcohols — by 15%.

In terms of organoleptic and physicochemical parameters, the obtained rectified alcohol fully met the requirements for the “Lux” alcohol according to DSTU 4221:2003. To obtain a higher quality alcohol, for example, the “Wheat tear” grade, the technological scheme of the distillation unit must be supplemented with a final purification column, which must operate in the re-purification mode. The proposed measures require the mandatory provision of constant monitoring of technological parameters and the operation of technological equipment in a given automated mode.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-4

© Ю. В. Булій, А. М. Куц, М. В. Бондар, Р. М. Мукоїд, 2020

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ СПИРТУ ЕТИЛОВОГО РЕКТИФІКОВАНОГО В ПРОЦЕСІ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЇ

Ю. В. Булій, канд. техн. наук

А. М. Куц, канд. техн. наук

М. В. Бондар, канд. техн. наук

Р. М. Мукоїд, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

У виробничих умовах проведені дослідження ефективності очищення спирту етилового ректифікованого від летких домішок в епюраційній, ректифікаційній і розгінній колонах брагоректифікаційної установки. Встановлено, що для підвищення ступеня видалення і кратності концентрування домішок в епюраційній колоні доцільно проводити глибоку гідроселекцію домішок шляхом подачі на верхню тарілку конденсату пари з температурою 90°C для забезпечення концентрації етилового спирту в епюраті в межах 26...27% об. Для зменшення витрати пом'якшеної води і енерговитрат на нагрівання води для гідроселекції доцільно використовувати кубову рідину розгінної колони циклічної дії. Для отримання більш якісного спирту, наприклад, сорту «Пшенична сльоза», брагоректифікаційну установку доцільно доповнити колоною кінцевого очищення, яка повинна працювати в режимі повторної епюрації.

Запропоновані заходи вимагають обов'язкового забезпечення постійного контролю технологічних параметрів і роботи технологічного обладнання в заданому автоматизованому режимі.

Ключові слова: ректифікація, леткі домішки спирту, гідроселекція, спирт етиловий ректифікований.

Постановка проблеми. Отримання спирту етилового ректифікованого високої якості можливе за умови більш повного вилучення та концентрування летких домішок на тарілках брагоректифікаційної установки. Для цього здійснюють контроль технологічних параметрів колонного обладнання сучасними приладами автоматики та комп'ютерно-інтегрованими засобами, використовують закритий обігрів колон, збільшують у колонах кількість контактних пристроїв: у бражній — від 25 до 28—30, епюраційній — від 40 до 51—57, ректифікаційній — від 78 до 88—90, сивушній — від 60 до 80, розгінній — від 40 до 60 тарілок. Для підвищення коефіцієнтів ректифікації головних і частини проміжних домішок, зокрема ізопропилового спирту, проводять їх гідроселекцію в епюраційній і розгінній колонах. Через необхідність видалення в ректифікаційній колоні новоутворених головних домішок збільшують зону пастеризації від 3—5 до 10—15 тарілок. Для видалення метилового спирту, естерів та альдегідів і покращення органолептичних показників товарного спирту брагоректифікаційну установку оснащують колоною кінцевого очищення, дія якої відбувається в режимі повторної епюрації [1].

У брагоректифікаційних установках (БРУ) одночасно з виділенням летких домішок спирту завдяки реакції етерифікації відбувається новоутворення органічних сполук, які погіршують його якість і зменшують вихід кінцевого продукту. Так, під час перегонки дозрілої бражки разом з виділенням летких сполук відбувається новоутворення низки речовин, які ускладнюють подальше очищення спирту. Новоутворення естерів, альдегідів і ацеталей органічних кислот відбувається завдяки взаємодії спиртів, кислот і альдегідів, продуктів розпаду амінокислот, сірчистих з'єднань та інших сполук бражки.

Походження органічних летких домішок може бути різним. Деякі потрапляють із сировиною, водою і паром, інші утворюються під час перебігу хімічних і біохімічних реакцій у процесах бродіння, перегонки бражки, очистки спирту, а також під час його зберігання в металевих резервуарах.

Рух летких домішок, супутніх спирту етиловому, по колонах БРУ установки схематично показано на рис. 1.

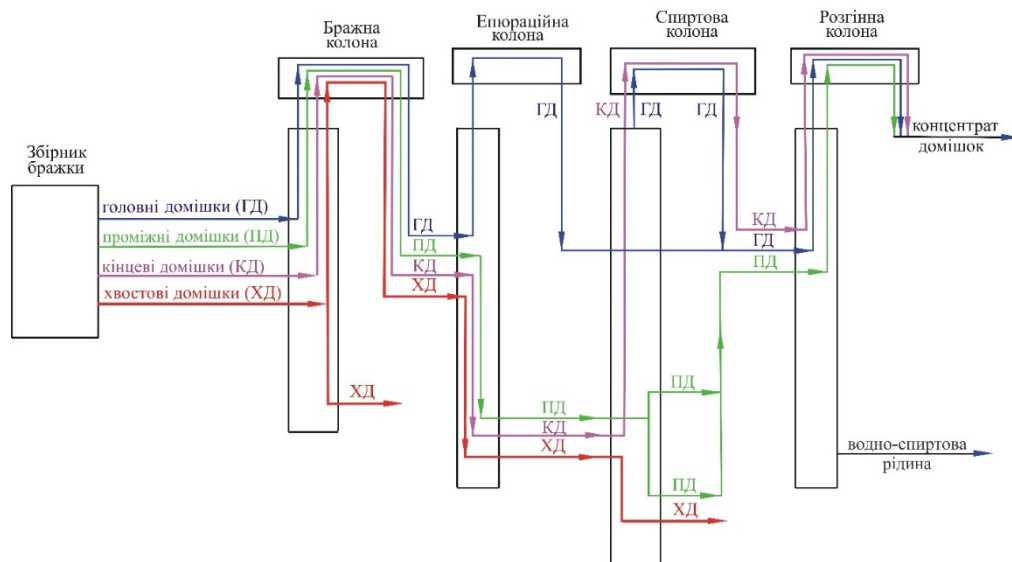


Рис. 1. Схема руху летких домішок спирту по колонах БРУ

Із досвіду експлуатації БРУ відомо, що в колонних апаратах разом з видаленням летких домішок за підвищеної температури відбувається новоутворення спиртів, естерів та альдегідів. Наприклад, наявність навіть невеликої кількості новоутворених у ректифікаційній колоні головних домішок унеможливує відбір якісного ректифікованого спирту із конденсатора цієї колони, тому спирт відбирають із верхніх тарілок її концентраційної частини [2].

Теоретичні розробки П. С. Циганкова і П. Л. Шияна [1—3] доводять, що ступінь розділення органічних домішок та етилового спирту залежить від різниці значень їхніх коефіцієнтів випаровування. Для головних домішок (естерів та альдегідів) ця різниця набуває максимальних значень за низької концентрації спирту у розчинах — 6...8% об. Для ефективного видалення проміжних домішок (вищих спиртів) концентрацію етилового спирту у розчинах зменшують до 4...5% об. Для збільшення коефіцієнтів випаровування кінцевих домішок (метилового спирту) доцільно здійснювати помірну гідроселекцію та забезпечити концентрацію етанолу на тарілках в межах 60% мол. і вище. Із практичного досвіду сумісної переробки головних і сивушних фракцій відомо, що для підвищення ступеня видалення головних і частини проміжних домішок у розгінній колоні необхідно збільшити витрати грюючої пари в середньому на 28,7% (від 2,56 до 3,59 кг/кг безводного спирту) [3].

З метою отримання більш очищеного від головних і частини проміжних домішок еспорату в останні роки використовують спосіб екстрактивної ректифікації бра-

жного дистиляту. Проведення гідроселекції в епюраційній колоні дає змогу створити умови для підвищення коефіцієнтів ректифікації летких домішок, супутніх етилового спирту, та забезпечити їх максимальне видалення з головною фракцією спирту етилового. За умови отримання спирту сортів «Люкс» або «Пшенична сльоза» мінімальний відбір головної фракції із конденсатора епюраційної колоні становить 5% від кількості ректифікованого спирту. При включенні в схему брагоректифікації розгінної колоні відбір головної фракції збільшують до 8...10%. Для підвищення ступеня вилучення летких домішок спирту з головною фракцією проводять гідроселекцію домішок в епюраційній колоні. Для цього на верхню тарілку колоні безперервно подають гарячу воду в кількості, що забезпечує концентрацію етилового спирту в епюраті 22...29% об. Для проведення гідроселекції, зазвичай, використовують пом'якшену воду або конденсат пари з температурою 90...92°C. Лютерну воду використовують меншою мірою через значний вміст у ній органічних кислот, які сприяють новоутворенню органічних домішок. З метою зменшення витрат пом'якшеної води або конденсату пари та енерговитрат на нагрівання води до вищевказаної температури за умови високого ступеня очистки кубової водно-спиртової рідини від домішок для проведення гідроселекції останню подають у верхню зону концентраційної частини епюраційної колоні.

В умовах високої конкурентоспроможності товарного ректифікованого спирту як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках збуту в умовах сьогодення визначальними показниками його якості є концентрація в готовому продукті альдегідів, естерів, сивушного масла, зокрема ізопропілового спирту і метанолу.

Мета дослідження: визначення оптимальних технологічних режимів розгонки спиртовмісних напівпродуктів і побічних продуктів брагоректифікації в розгінній колоні, епюрації бражного дистиляту в епюраційній колоні, концентрування ректифікованого спирту в спиртовій колоні та його повторної епюрації в колоні кінцевого очищення, за яких вміст органічних домішок у спирті етилового ректифікованому був би найменшим.

Матеріали і методи. Методи досліджень — аналітичні, хімічні, фізико-хімічні з використанням приладів і методики досліджень, що застосовуються у виробництві спирту етилового ректифікованого [4]. Концентрацію летких домішок спирту визначали на газовому хроматографі з колонкою HP FFAP 50 m×0,32 m. Аналіз дослідних проб виконували згідно з ДСТУ 4222:2003 «Горілки, спирт етиловий та водно-спиртові розчини. Газохроматографічний метод визначення вмісту мікрокомпонентів» [5].

Результати досліджень. Дослідження проводили у виробничих умовах Чуднівської філії ДП «Житомирський лікеро-горілчаний завод». Діюча БРУ непрямої дії включала типові бражну, епюраційну, ректифікаційну колоні, а також розгінну колону (РК) циклічної дії, оснащену провальними тарілками. Періодичний перелив рідини з тарілки на тарілку в розгінній колоні відбувався завдяки примусовій роботі переливних пристроїв, що містили рухомі елементи, зв'язані з приводними механізмами (пневмоциліндрами двобічної дії типу DNT 63-100-PPV-N3), які рухались почергово відповідно до програми контролера M340 фірми «Schneider Electric». Робота мехатронних підсистем на основі пневмоавтоматики відбувалася згідно із заданим алгоритмом за допомогою програмного забезпечення мікропроцесорного ПЛК M24 і SCADA робочого місця оператора. Інноваційна технологія циклічної ректифікації і конструкція РК були запропоновані співробітниками кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства в тісній співпраці з ТОВ «ТІСЕР» (м. Київ) [6—8].

Фрагмент РК з приводними механізмами для управління рухомими клапанами тарілок показано на рис. 2.



Рис. 2. Фрагмент розгінної колони циклічної дії

На тарілку живлення РК подавали головну фракцію (ГФ) в кількості 46,5 дм³/год із конденсатора епіюраційної колони, погони із конденсатора сепаратора СО₂ в кількості 16,7 дм³/год безводного спирту, із конденсатора бражної колони в кількості 29,2 дм³/год і сивушний спирт в кількості 7,8 дм³/год. Витрати вищевказаних спиртовмісних фракцій вказані у перерахунку на безводний спирт (б. с.). Загальні витрати погонів живлення становили 125,4 дм³/год або 100,2 дм³/год в перерахунку на б. с. Для гідроселекції головних і частини проміжних домішок на верхню тарілку розгінної колони безперервно подавали конденсат пари. Естеро-сивушний концентрат відбирали з верхньої частини декантатора, альдегідно-метанольний концентрат — із конденсатора колони. Загальна кількість сивушно-естеро-альдегідного концентрату (СЕАК) становила 2,5 дм³/год. Водно-спиртову суміш із нижньої частини декантатора подавали у вигляді флегми на верхню тарілку колони.

Встановлено, що найбільш ефективне звільнення кубової рідини від легких домішок спирту відбувалося за концентрації етилового спирту в рідині 4% об. За таких умов повністю видалялися естери, а ступінь видалення альдегідів і вищих спиртів сивушного масла був максимальним. Фізико-хімічні показники бражного дистиляту (БД), кубової водно-спиртової рідини (КВСП) і СЕАК наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники бражного дистиляту, кубової водно-спиртової рідини розгінної колони, концентрату домішок і епіорату

Група домішок	Концентрація, мг/дм ³				
	БД	КВСП	СЕАК	Е ₁	Е ₂
Етанол, % об	48,8	4,0	72,5	40,0	26,0
Альдегіди	61,4	2,7	90886,9	4,5	1,8
Естери	186,4	сліди	82370,4	1,6	сліди
Метанол, %	0,044	0,13	16,72	0,027	0,010
Сивушне масло	18820,0	1212,7	766063,2	7786,3	4492,1
Ізопропиловий спирт	4,9	0,07	607,8	4,6	1,2

Для підвищення ступеня вилучення і кратності концентрування естерів, альдегідів і верхніх проміжних домішок (вищих спиртів сивушного масла) в епіюраційній

колоні проводили гідроселекцію цих домішок. Для цього на верхню тарілку колони безперервно подавали кубову рідину в кількості, що забезпечувала концентрацію етилового спирту в епюраті в межах 26...27% об, завдяки чому ступінь очищення епюрату від вищевказаних домішок зростає. Із досвіду експлуатації БРУ відомо, що визначальною домішкою, за якою оцінюють ефективність очищення ректифікованого спирту, є ізопропиловий спирт. Його концентрація в епюраті і готовому продукті не повинна перевищувати 1,5 мг/дм³. Під час досліджень встановлено, що проведення подвійної гідроселекції дає змогу зменшити концентрацію ізопропилового і метилового спиртів в епюраті (E₂) на 74%, вищих спиртів сивушного масла — на 42,3% порівняно з епюратом (E₁), отриманим без проведення гідроселекції в епюраційній колоні. При цьому повністю видалялись естери, а концентрація альдегідів в епюраті зменшилась на 40% (табл. 1).

Для визначення оптимального режиму ефективного звільнення етилового спирту від домішок під час його концентрування в ректифікаційній колоні збільшували зону пастеризації від 5 до 10 тарілок. У ході досліджень відбирали дослідні проби з 3, 5, 7 і 10-ї тарілок, рахуючи зверху, і визначали фізико-хімічні показники ректифікованого спирту для встановлення їх відповідності вимогам ДСТУ 4221:2003 для спирту «Люкс» хроматографічним методом [5].

Встановлено, що кращі показники мав зразок спирту, який відбирали з 10-ї тарілки, рахуючи зверху. Для підвищення органолептичних показників ректифікованого спирту і зменшення концентрації в ньому метилового спирту до складу БРУ була включена додаткова колона – колона кінцевого очищення, яка працювала в режимі повторної епюрації. Результати хроматографічного аналізу дослідних проб 1 і 2 ректифікованого спирту, що відбирались з 5- і 10-ї тарілок ректифікаційної колони і проби 3, що відбиралась з 4-ї тарілки, рахуючи знизу, колони кінцевого очищення, приведені в табл. 2.

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники дослідних проб спирту етилового ректифікованого

Група домішок	Концентрація, мг/дм ³		
	проба 1	проба 2	проба 3
Альдегіди	0,31	0,21	0,18
Метиловий спирт	0,001	0,0007	0,0003
Сивушне масло (ізопропиловий спирт)	1,94	1,65	0,93

Із даних табл. 2 видно, що показники дослідних проб 1, 2 і 3 відповідали вимогам ДСТУ 4221:2003 [9]. Збільшення зони пастеризації в спиртовій колоні до 10 тарілок за рахунок збільшення загальної їх кількості дало змогу зменшити в товарному спирті концентрацію альдегідів на 32,3%, метилового спирту — на 30%, вищих спиртів сивушного масла — на 15%. Підтверджено, що більш якісний спирт етиловий ректифікований можливо отримати після його додаткового очищення від домішок у колоні кінцевого очищення (проба 3).

Для перевірки достовірності отриманих результатів досліджень, експлуатаційних характеристик БРУ в обраному технологічному режимі роботи колонного обладнання, що забезпечує високу ступінь очищення спирту етилового ректифікованого від легких домішок, проводили хроматографічний аналіз проб бражки (Б), бражного дистилляту (БД), епюрату (Е), головної фракції (ГФ), ректифікованого спирту (РК), кубової водно-спиртової рідини розгінної колони (КВСП) та естеро-сивушного

концентрату (КЕС). Результати хроматографічного аналізу дослідних проб, отриманих у виробничих умовах ДП «Чуднівський спиртовий завод», наведені у табл. 3.

Таблиця 3. Концентрація летких органічних домішок у колонах БРУ непрямої дії

Найменування домішки	Концентрація, мг/дм ³						
	Б	БД	Е	ГФ	РС	КВСП	КЕС
<i>Альдегіди:</i>	205	41,9	3,7	475,3	0,14	6,3	2270,6
ацетальдегід	185	23,5	3,7	366,7	0,14	6,3	1525,2
метилацетат	20	18,4	сліди	108,6	—	сліди	745,4
<i>Естери:</i>	3200	1445,8	7518,9	8364,4	—	сліди	76397,8
етилацетат	3187	1079,5	7187,7	8306,1	—	сліди	75880,8
ізоамілацетат	13	1,63	сліди	38,8	—	сліди	305,7
етилбутират	сліди	304,8	331,2	7,7	—	сліди	198,5
ізобутилацетат	сліди	сліди	сліди	1,7	—	сліди	12,8
<i>Метанол, % об</i>	0,015	0,033	0,083	2,2	0,0007	0,07	1,2
<i>Сивушне масло:</i>	6320	21781,8	18203,2	2091,6	0,66	1845,9	7608,9
ізопропанол	1,1	1,0	1,1	0,4	0,66	2,4	10,5
н-пропанол	416,5	2053,7	1053,9	322,2	—	70,9	358,2
ізобутанол	1480,5	4505,9	4211,1	1888,4	—	393,4	6450,5
н-бутанол	5,7	76,6	74,9	0,5	—	2,7	2,9
ізоамілол	4416,6	15152,1	12862,2	90,1	—	1376,6	786,8
<i>Нетипові:</i>	4,9	17,0	4,8	181,1	—	сліди	207,1
акролеїн	сліди	6,1	сліди	181,1	—	сліди	196,4
бутилформиат	сліди	сліди	сліди	сліди	—	сліди	7,8
кротональдегід	сліди	сліди	сліди	сліди	—	сліди	2,9
1-гексанол	4,9	11,4	4,8	сліди	—	сліди	сліди
<i>Етанол, % об</i>	10,0	45,0	27,1	93,0	96,3	4,0	75,4

Аналіз отриманих результатів доводить, що впровадження запропонованих технологічних заходів дає змогу підвищити ступінь вилучення і кратність концентрування летких домішок спирту та гарантувати виробництво спирту етилового ректифікованого сорту «Люкс». При цьому отриманий естеро-сивушний концентрат домішок відповідав вимогам ТУ У 24.6-30219014-004-2005 [10].

Висновки. Для підвищення ступеня очищення спирту етилового ректифікованого від летких домішок доцільно використовувати колонне обладнання циклічної дії, в кубовій частині розгінної колони забезпечити концентрацію етилового спирту, яка не перевищує 4% об, останню використовувати для проведення гідроселекції в епюраційній колоні, в ректифікаційній колоні збільшити зону пастеризації на 10 тарілок. За таких умов органолептичні і фізико-хімічні показники ректифікованого спирту повністю відповідають вимогам ДСТУ 4221:2003 для спирту сорту «Люкс». Для отримання спирту сорту «Пшенична сльоза» в технологічну схему БРУ доцільно включати колону кінцевого очищення, яка працює в режимі повторної епюрації.

Запропоновані заходи вимагають обов'язкового забезпечення постійного контролю технологічних параметрів і роботи технологічного обладнання в заданому автоматизованому режимі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Цыганков П. С. Руководство по ректификации спирта / Цыганков П. С., Цыганков С. П. — Москва: ПИЩЕПРОМИЗДАТ, 2001. — 400 с.
2. Технологія спирту / В. О. Маринченко та ін.; під ред. проф. В. О.Маринченко. — Вінниця: «Поділля-2000», 2003. — 496 с.

3. Шиян П. Л. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія / Шиян П. Л., Сосницький В. В., Олійнічук С. Т. — Київ: Видавничий дім «Асканія», 2009. — 424 с.

4. Инструкция по теххимическому и микробиологическому контролю спиртового производства. [Введена в действие с 01.07.1986 г.]. Утверждена начальником подотдела спиртовой, дрожжевой и ликероводочной промышленности СССР В.В. Ильиничем 15 января 1986 г. — Москва: Агропромиздат, 1986. — 399 с. (Нормативный документ Госагропрома СССР).

5. Горілки, спирт етиловий та водно-спиртові розчини. Газохроматографічний метод визначення вмісту мікрокомпонентів: ДСТУ 4222:2003. [Чинний від 2004-01-01]. — Київ: Держспоживстандарт України, 2003. — 18 с.

6. Оптимизация процесса перегонки спиртовой бражки. / Ю. В. Булий та ін. // Химия и технология пищи. — 2015. — Т. 49, № 1. — С. 20—28.

7. Спосіб вилучення етилового спирту із головних та сивушних фракцій: патент на корисну модель 137555 Україна: МПК (2006) B01D 3/00. / Булій Ю. В., Дмитрук А. П., Дмитрук П. А. власник НУХТ. № u201904072; заявл. 17.04.19; опубл. 25.10.19, Бюл. № 20.

8. Спосіб масообміну між рідиною і паром в колонному апараті: патент на корисну модель 136560 Україна: МПК (2006) B01D 3/00. / Булій Ю. В., Дмитрук А. П., Дмитрук П. А. власник Булій Ю. В., Дмитрук А. П., Дмитрук П. А. № u201902119; заявл. 01.03.2019; опубл. 27.08.2019, Бюл. № 16.

9. Спирт етиловий ректифікований. Технічні умови: ДСТУ 4221:2003. — [Чинний від 2008-01-01]. — Київ: Держспоживстандарт України, 2007. — 12 с.

10. Концентрат естеров-сивушний. Загальні технічні умови: ТУ У 24.6-30219014-004:2005. — 17 с.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕКТИФИЦИРОВАННОГО ЭТИЛОВОГО СПИРТА В ПРОЦЕССЕ БРАГОРЕКТИФИКАЦИИ

Ю. В. Булий, А. М. Куц, Н. В. Бондарь, Р. Н. Мукоид
Национальный университет пищевых технологий

В производственных условиях проведены исследования эффективности очистки спирта этилового ректификованного от летучих примесей в эспурационной, ректификационной и разгонной колоннах брагоректификационной установки. Установлено, что для повышения степени удаления и кратности концентрирования примесей в эспурационной колонне целесообразно проводить глубокую гидроселекцию примесей путем подачи на верхнюю тарелку конденсата пара с температурой 90°C для обеспечения концентрации этилового спирта в эспурате в пределах 26...27% об. Для уменьшения расхода умягченной воды и энергозатрат на нагрев воды для гидроселекции целесообразно использовать кубовую жидкость разгонной колонны циклического действия. Для получения более качественного спирта, например, сорта «Пшеничная слеза», технологическую схему брагоректификационной установки необходимо дополнить колонной окончательной очистки, которая должна работать в режиме повторной эспурации.

Предложенные мероприятия требуют обязательного обеспечения постоянного контроля технологических параметров и работы технологического оборудования в заданном автоматизированном режиме.

Ключевые слова: ректификация, летучие примеси спирта, гидроселекция, спирт этиловый ректификованный.

УДК 664.664.6

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF USING SPONTANEOUSLY FERMENTED OAT CULTURE IN WHEAT-RYE BREAD TECHNOLOGY

I. Hetman, L. Mykhonik

National University of Food Technologies

Key words:

nutritional value,
oat flour,
spontaneous fermentation
starter cultures,
cycle of management,
quality indicators,
dough,
wheat-rye bread

Article history:

Received 05.10.2020
Received in revised form
12.11.2020
Accepted 19.12.2020

Corresponding author:

GM_Lora@i.ua

ABSTRACT

The article explores the possibility of using oat flour as a nutrient medium for the production of spontaneously fermented baking sourdough cultures. It was proposed to use these starter cultures in the technology of wheat-rye bread, which needs to improve its nutritional value and expand the range. The diagrams of the breeding cycle and the production cycle for obtaining the oat culture of spontaneous fermentation with indicators that provide the necessary course of the technological process and high quality of finished products have been developed and described.

A test laboratory baking of wheat-rye bread was carried out in order to select the optimal dosage of oat culture in the recipe and study its influence on the course of the technological process, as well as organoleptic, physicochemical indicators of the quality of finished products.

It has been established that the addition of oat culture as a source of sufficient nutrients for the vital activity of fermenting microflora, in an amount of 30—40% to the flour mass, allows for an intensive accumulation of acids and accelerates the maturation of the dough.

Analyzing the organoleptic quality indicators, it was concluded that due to a more balanced ratio of volatile and non-volatile organic acids in the sourdough composition, it is possible to improve the taste and aroma indicators of wheat-rye bread.

The study of the main physical and chemical parameters of products using spontaneously fermented oat sourdough showed that they slightly differed from the control sample with rye sourdough and met the requirements of regulatory documents for the quality of wheat-rye bread.

The research results indicate that the peculiarities of the chemical composition of oat flour make it possible to effectively use it in the composition of the nutrient medium for baking starter cultures in order to intensify technological processes and expand the range of bread products.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-5

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ВІВСЯНОЇ ЗАКВАСКИ СПОНТАННОГО БРОДІННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ПШЕНИЧНО-ЖИТНЬОГО ХЛІБА

І. А. Гетьман, аспірант

Л. А. Михонік, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено можливість використання вівсяного борошна як поживного середовища для виробництва хлібопекарських заквасок спонтанного бродіння. Розроблено й описано схему ведення циклу розведення і виробничого циклу для отримання вівсяної закваски спонтанного бродіння з показниками, що забезпечують необхідний перебіг технологічного процесу та високу якість готових виробів. Встановлено, що додавання вівсяної закваски як джерела достатньої кількості поживних речовин для життєдіяльності бродильної мікрофлори в кількості 30—40% до маси борошна забезпечує інтенсивне кислотонакопичення та пришвидшує процеси дозрівання тіста. Отримані результати досліджень свідчать, що особливості хімічного складу вівсяного борошна дають змогу ефективно його використовувати в складі живильного середовища хлібопекарських заквасок з метою інтенсифікації технологічних процесів і розширення асортименту хлібних виробів.
Ключові слова: харчова цінність, вівсяне борошно, закваски спонтанного бродіння, цикл ведення, показники якості, тісто, пшенично-житній хліб.

Постановка проблеми. У структурі споживання хлібобулочних виробів лідерські позиції (41% та 31%, відповідно) досі зберігають пшеничний хліб і хліб із сумішей пшеничного та житнього борошна, але, як відомо, традиційні хлібні вироби на основі сортового пшеничного борошна позбавлені важливих складових зернівки. Вони, маючи високу енергетичну цінність, збіднюють харчування через відсутність життєво необхідних макро- та мікронутрієнтів, характеризуються незбалансованим хімічним складом, який здатний негативно впливати на метаболізм бродильної мікрофлори та знижувати її активність.

У зв'язку зі світовими тенденціями, змінами вподобань споживачів і ритму життя сучасної людини можливе «переформатування» структури споживання хлібобулочних виробів в бік збільшення частки «здорової» та фізіологічно-функціональної продукції.

У групі хлібних виробів, виготовлених із суміші пшеничного та житнього борошна, варто виділити пшенично-житній хліб, який у торговельній мережі недостатньо представлений, але за рахунок високого відсотка пшеничного борошна в рецептурі, є пріоритетним для збагачення з метою покращення харчової цінності та посилення оздоровчо-профілактичних властивостей, яких потребують сучасні вигоди до раціону харчування людини [1; 2].

Задля формування «доданої» цінності виробів усе більш популярними як на європейському, так і на українському ринках стають види хліба із заміною пшеничного борошна на борошно з більш «здорових» зернових культур.

Унікальні властивості борошна круп'яних культур роблять його незамінною складовою в технології оздоровчих продуктів. Більшість цих видів борошна, порівняно із сортовим пшеничним, мають вищу біологічну цінність, кращий амінокислотний склад і підвищений вміст мінеральних речовин, вітамінів, харчових волокон.

Також борошно круп'яних культур має знижений глікемічний індекс, що дуже важливо при виготовленні продукції оздоровчої та лікувально-профілактичної дії.

Для досліджень було обрано вівсяне борошно як перспективну нетрадиційну сировину серед продуктів переробки круп'яних культур.

Вівсяне борошно містить близько 10% білкових речовин, жирів (до 6,5%) за великої кількості цукру (до 1%) та крохмалю (близько 65%), всі незамінні амінокислоти, вітаміни групи В (В₁, В₂, В₆, В₉), Е, РР, мікроелементи (Fe, Cr, Zn), макроелементи (K, Mg, P, Na), які відіграють важливу роль в обміні речовин, та харчові волокна — як розчинні, так і нерозчинні.

Білок вівсяного борошна багатий на лізин (амінокислотний скор по лізину — 71%, тоді як білка пшениці — 54%), метіонін, триптофан. Продукти з вівса є єдиними із зернових продуктів, які містять «мікровітамін» Н (біотин). Вуглеводи вівса характеризуються низьким глікемічним індексом, тому всі продукти його переробки вважаються дієтичними.

Особливостями вуглеводного складу борошна, як відомо, є наявність розчинних полісахаридів: пентозанів (до 14,0%), левулезану (до 2,0%), а також β-глюкану, що становить більшу частину геміцелюлозу вівса. Із фізіологічної точки зору, β-глюкан виявляє потужну імуностимулюючу дію, є природним пребіотиком, значно знижує рівень холестерину й ліпідів крові, глікемічний індекс крохмалевмісних продуктів знижує ризик розвитку онкологічних захворювань [3—5].

Тобто за рахунок різноманітності хімічного складу борошна та підвищеної кількості важливих нутрієнтів, його можна використовувати як поживне середовище для хлібопекарських заквасок.

Дискретний режим виробництва хліба на підприємствах середньої та малої потужності, які займають значну частку в загальній структурі ринку хлібопекарських підприємств, зумовлює необхідність розробки та впровадження прогресивних ресурсощадних технологій, а також нових біотехнологічних процесів, що дають змогу інтенсифікувати виробничий процес.

За класичною технологією, тісто для пшенично-житнього хліба виготовляють на традиційних рідких або густих заквасках, із заваркою або без, що потребує значних затрат часу та ресурсів. Підприємства малої потужності зацікавлені в прискорених технологіях виготовлення хліба з мінімальними затратами. В умовах пекарень ведення заквасок за циклом розведення неможливе внаслідок відсутності спеціальних лабораторій і необхідного обладнання, висококваліфікованих технологічних служб [6; 7]. Вирішення цього питання можливе за рахунок використання замість традиційних заквасок на чистих культурах молочнокислих бактерій (ЧКМКБ), заквасок спонтанного бродіння (ЗСБ), які мають ряд переваг: спрощений процес ведення закваски; мінімальна кількість ресурсів; періодичність ведення; можливість оперативного реагувати на потреби ринку, регулювання об'ємів виробництва.

Дотримання оптимальних параметрів їх культивування потребує додаткового аналізу, адже на сьогодні відомості щодо технології ЗСБ відрізняються. Серед українських і закордонних досліджень обмаль інформації щодо використання борошна круп'яних культур як поживного середовища, переважна більшість представлена розробками заквасок спонтанного бродіння з житнього та пшеничного борошна, що зумовило необхідність проведення досліджень.

Мета дослідження: розроблення способу виготовлення вівсяної закваски спонтанного бродіння, вибір її оптимального дозування в рецептуру пшенично-житнього хліба для отримання виробів високої якості.

Матеріали і методи. Для виробництва пшенично-житнього хліба оздоровчо-профілактичного призначення з додаванням вівсяної закваски спонтанного бродіння було використано такі види борошна: пшеничне борошно першого сорту ТМ «Народна»; вівсяне борошно ТМ «Альта-Віста» та іншу сировину, яка відповідала чинній нормативній документації.

Активність молочнокислих бактерій заквасок, титровану й активну кислотність, підймальну силу, масову частку вологи та вміст летких кислот визначали за загальноприйнятими методиками [8—10].

Дослідження показників якості готового хліба проводили через 4 год після випікання.

Визначення органолептичних показників якості готових виробів проводили згідно з методиками [11].

Фізико-хімічні дослідження готових виробів, зокрема масову частку вологи, кислотність, пористість, проводили згідно з ДСТУ 7045:2009 [12]. Питомий об'єм виробів визначали за загальноприйнятими методиками [8].

Мікробіологічні дослідження складу мікробіоти заквасок проводилися шляхом висіву останніх на відповідні селективні середовища, які забезпечують сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів. Для цього використано МРС агар для накопичення молочнокислих бактерій; середовище Сабура для накопичення дріжджів [13].

Результати дослідження. Приготування закваски складається з циклу розведення та виробничого циклу. Цикл розведення має свої особливості, що, здебільшого, залежить від водопоглинальної здатності та інтенсивності кислотонакопичення, а також складу поживного середовища. Крім того, важливе значення мають обрані параметри: масова частка вологи та температура ведення.

Цикл розведення заквасок тривав 96 год за температури 26—28°C, такі параметри є оптимальними для розвитку молочнокислих бактерій і кислотостійких дріжджів. Через кожні 22—24 год до попередньої стиглої закваски додавали поживну суміш з борошна та води (температура 28—30°C), співвідношення 1:2. Після четвертого поновлення якість закваски за органолептичними та фізико-хімічними показниками стабілізується, а м'яко виражений кислотно-спиртовий, «фруктово-ягідний» аромат свідчить про витіснення неспецифічної мікрофлори борошна. Особливість смако-ароматичних властивостей обумовлюється складом продуктів бродіння.

Далі закваска може бути використана у виробничому циклі для приготування хліба. Виробничий цикл передбачає приготування закваски вологістю 63—65%, в якому відбір закваски відбувається через кожні 12 год до кислотності 16,0—18,0 град. Відбирають 30% закваски попереднього приготування та вносять поживну суміш з борошна і води (1:2). Основні біотехнологічні та фізико-хімічні показники якості вівсяної закваски, яку використовували для досліджень, наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Фізико-хімічні та біотехнологічні показники якості вівсяної закваски у виробничому циклі

Напівфабрикат	Масова частка вологи, W, %	Кислотність, К, град	pH, од приладу	Активність МКБ, хв	Вміст летких кислот, %
Вівсяна закваска	65	18,0	3,86	60	26,5%

Поведінку борошна як живильного середовища в складі заквасок визначають технологічні параметри розведення та хімічний склад, зокрема стан біополімерів борошна.

Вівсяна закваска схильна до «перекисання», тому доцільно підвищувати масову частку вологи, що сприяє зниженню інтенсивності кислотонакопичення в результаті дефіциту поживних речовин для молочнокислих бактерій і дріжджів.

Показники кислотності й активності молочнокислих бактерій (МКБ) корелюють з попередніми дослідженнями стану мікрофлори закваски на початку виробничого циклу, якими встановлено, що закваска має $3,9 \times 10^9$ КУО/г молочнокислих бактерій та дещо меншу кількість дріжджів — $1,7 \times 10^8$ КУО/г. Інтенсивне кислотонакопичення обумовлюється наявністю в хімічному складі борошна необхідних поживних речовин для живлення молочнокислих бактерій, які особливо потребують у середовищі достатньої кількості білкових речовин (зокрема амінокислот), вітамінів, цукрів. Крім того, геміцелюлози, в тому числі β -глюкан, які містить вівсяне борошно, також сприяють їх розвитку.

Відомо, що на смак і аромат готових виробів впливає коефіцієнт бродіння — показник, що характеризує співвідношення нелетких (молочної, яблучної, янтарної, винної, лимонної) та летких (оцтової, мурашиної, пропіонової) кислот. Вважається, що специфічний кислий смак і аромат випеченого хліба забезпечується більшою кількістю летких кислот. У свою чергу, нелеткі кислоти забезпечують відповідний приємний кислуватий смак.

Дослідження кількості органічних кислот показали, що вівсяна закваска має лише 26,5% летких кислот, тобто в її складі переважають нелеткі органічні кислоти, зокрема молочна кислота. Можна припустити, що молочнокислі бактерії мікрофлори закваски представлені переважно гомоферментативними бактеріями, які утворюють 85—95% молочної кислоти, і лише близько 10% летких кислот, ди- та трикарбонних кислот. Крім того, ці види бактерій є сильними кислотоутворювачами, що й зумовлює високу кислотність.

Хліб з відмінними смако-ароматичними показниками можливо отримати при спільній взаємодії гомо- та гетероферментативних молочнокислих бактерій у співвідношенні 1:2. Варто відмітити, що наявність лише гомоферментативних бактерій здатна позбавити хліб специфічного аромату, оскільки оцтова кислота надає різкий запах ті кислий смак [7; 9].

Проводили пробне лабораторне випікання пшенично-житнього хліба зі співвідношенням пшеничного і житнього борошна 70:30. Досліджували вплив вівсяної закваски на параметри технологічного процесу та якість готового пшенично-житнього хліба. Контролем слугував пшенично-житній хліб з додаванням 30% (згідно з ТП) житньої закваски спонтанного бродіння, виготовленої згідно з розробленою схемою. Використовували житню закваску спонтанного бродіння з такими показниками якості: кислотність — 18,4 град, масова частка вологи — 60,3%, активність МКБ — 83 хв, підймальна сила — 65 хв.

Вівсяну закваску дозували в кількості 20, 30 і 40% до маси борошна. У разі зазначеного дозування, кількість круп'яного борошна, яке вноситься із закваскою, становить 8—18%, таким чином відповідна кількість пшеничного борошна замінюється круп'яним. Тривалість бродіння тіста становила 90—100 хв. Основні показники якості тіста та готових виробів наведені в табл. 2—4.

Таблиця 2. Показники якості тіста

Показник	Контроль (житня закваска — 30% до маси борошна)	Внесено вівсяної закваски, % до маси борошна			
		№ 1(20)	№ 2(30)	№ 3(40)	
Масова частка вологи, %	46,7	47,2	47,5	47,6	
Кислотність, град	початкова	6,6	6,0	6,4	6,8
	кінцева	8,0	7,4	7,8	8,4
рН, од приладу	початкова	4,9	5,09	4,98	4,87
	кінцева	4,58	4,69	4,6	4,42
Підймальна сила, хв	3:30	4:00	3:45	3:34	
Тривалість вистоювання, хв	35	45	42	38	

З табл. 2 видно, що зі збільшенням кількості вівсяної закваски зростає титрована кислотність тіста, лише в зразку № 3 кислотність вища, ніж у контрольного зразка. Кислотність тіста в досліджуваних зразках за період бродіння зростає на 1,4—1,6 град, значення корелюють з кількістю доданої закваски. Активна кислотність (рН) всіх зразків зворотно пропорційна титрованій кислотності і, зі збільшенням дозування закваски, вона зменшується. Масова частка вологи в зразках з вівсяною закваскою вища, що пояснюється вищою масовою часткою вологи в заквасці та кращою водопоглинальною здатністю вівсяного борошна.

Спостерігається позитивний вплив вівсяної закваски на показники підйимальної сили тіста й тривалості вистоювання тістових заготовок, які покращуються зі збільшенням кількості закваски, наближаючись до контрольного зразка. Тобто прискорення дозрівання тіста може свідчити про високу бродильну активність вівсяної закваски.

Таблиця 3. Основні органолептичні показники якості готових виробів

Показник	Контроль (житня закваска)	Внесено вівсяної закваски, % до маси борошна		
		№ 1(20)	№ 2(30)	№ 3(40)
Забарвлення скоринки	Коричнева, рівномірна	Коричнева, рівномірна	Світло-коричнева, рівномірна	
Стан м'якушки	Еластична, нелипка	Еластична, нелипка	Еластична, нелипка	Еластична, незначно липка
Колір м'якушки	Світло-коричневий	Світло-коричневий	Сірувато-коричневий	Сірувато-коричневий
Структура пористості	Дрібна, рівномірна, тонкостінна	Дрібна, рівномірна, тонкостінна	Середня, рівномірна, тонкостінна	Середня, рівномірна, тонкостінна
Смак та аромат	Властиві пшенично-житньому хлібу, оцтовокислий запах і аромат	Властиві пшенично-житньому хлібу, оцтовокислий запах і аромат	Яскраво виражені, з легким кислуватим, вівсяним ароматом та смаком	Яскраво виражені, з легким кислуватим, вівсяним ароматом та смаком

Усі зразки характеризуються рівномірною, розвинутою пористістю, м'якушка — еластична, нелипка на дотик, лише в зразку №3 спостерігалась незначна липкість. Смак і запах контролю та зразка з додаванням 20% вівсяної закваски — властивий пшенично-житньому хлібу, оцтовокислий, зразки з додаванням 30% та 40% вівсяної закваски мають приємний «вівсяний» присмак і аромат.

Таблиця 4. Фізико-хімічні показники якості готових виробів

Показник	Контроль (житня закваска)	Внесено вівсяної закваски, % до маси борошна		
		20	30	40
Питомий об'єм, см ³ /100 г	216	216	214	208
Пористість, %	65,0	65,0	64,0	63,0
Кислотність, град	7,2	6,8	7,1	7,6
Масова частка вологи, %	46,0	46,5	47,0	47,0

За фізико-хімічними показниками якості виробу відповідали вимогам ДСТУ 4583:2006 «Хліб із житнього та суміші житнього та пшеничного борошна». Хліб з додаванням 20% та 30% вівсяної закваски близький за показниками питомого об'єму та пористості до контрольного зразка. Внесення 40% вівсяної закваски дещо погіршує ці показники, що пояснюється нижчими хлібопекарськими властивостями вівсяного борошна, порівняно з пшеничним, і зменшенням кількості «клейковинних» білків у тістовій системі. Кислотність зразків незначно відрізнялась від контролю, але не перевищувала допустимі вимоги.

Підвищення вологості зразків, імовірно, пов'язане з високою водопоглинальною здатністю вівсяного борошна. Отже, близьким до контролю за фізико-хімічними показниками є зразки з 20% та 30% вівсяної ЗСБ.

Висновки. В умовах сьогодення використання заквасок спонтанного бродіння з борошна круп'яних культур в технології хліба є актуальним, зокрема для підприємств малої потужності, оскільки дає змогу вирішувати одночасно ряд проблем: розширити асортимент хлібобулочних виробів з додаванням нетрадиційної зернової сировини, економити ресурси та площі, прискорювати технологічний процес виготовлення хліба, оперативно реагувати на зміни вподобань споживачів на ринку, зменшити ризик інфікування виробів.

Аналіз існуючих досліджень щодо використання борошна круп'яних культур як поживного середовища для заквасок спонтанного бродіння підтверджує перспективність проведення досліджень у цьому напрямку.

Доведено позитивний вплив вівсяної закваски спонтанного бродіння на перебіг технологічного процесу та якість пшенично-житнього хліба. Так, вівсяна закваска з відповідними показниками якості, виготовлена за розробленою схемою, позитивно впливає на інтенсивність бродіння тіста, підймальну силу, тривалість вистоювання та інтенсивність кислотонакопичення протягом бродіння тіста.

Аналіз органолептичних і фізико-хімічних показників якості готового хліба показав, що мікробіологічні показники за вмістом молочнокислих бактерій та дріжджів, більша кількість смако-ароматичних речовин, накопичених у процесі життєдіяльності бродильної мікрофлори, позитивно впливають на смак і аромат готових виробів. Заміна частини «клейковинних» білків пшеничного борошна на «безклейковинні» білки вівсяного борошна зумовила незначне зниження питомого об'єму. Кислотність і масова частка вологи зразків незначно відрізнялись від контролю, але не перевищували допустимі вимоги.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ринок хлібобулочних виробів // Хлібопекарська галузь: інформаційний вісник. — 2019. — № 17. — С. 4—6.
2. Дробот В. І. Хліб і здоров'я населення / Дробот В. І. // Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві: матеріали міжнародних науково—практичних конференцій, 17—24 листопада 2020 р. — Київ: НУХТ, 2020. — С. 37—38.

3. Гетьман І. А. Борошно круп'яних культур як перспективна нетрадиційна сировина в хлібопеченні / Гетьман І. А., Михонік Л. А., Науменко О. В. // Інноваційний розвиток харчової індустрії: матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції, 21 листопада 2019 р. — Київ: ПП, 2019. — С. 23—25.

4. Drobot V. Effect of Buckwheat Processing Products on Dough and Bread Quality Made from Whole-Wheat Flour / Drobot V., Semenova A., Smirnova J., Mykhonik L. // International Journal of Food Studies. — 2014. — Vol. 3, № 1. — P. 1—12.

5. Kaprelyants L. Functional foods: prospects in Ukraine / Kaprelyants L., Yegorova A., Trufkati L., Pozhnikova L. // Food science and technology. — 2019. — Vol. 13, № 2. — P. 15—23.

6. Пшеничнюк Г. Ф. Покращення якості житньо — пшеничних виробів на житніх заквасках спонтанного бродіння. / Пшеничнюк Г. Ф., Демченко А. Б., Ковпак Ю. С. // Харчова наука і технологія. — 2012. — № 1(18). — С. 82—84.

7. Дробот В. І. Використання закваски спонтанного бродіння при виробництві житньо — пшеничного хліба / Дробот В. І., Сильчук Т. А. // Наукові праці НУХТ. — 2016. — Т. 22, № 1. — С. 180—184.

8. Дробот В. І. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів: навчальний посібник / Дробот В. І. — Київ: Кондор-Видавництво, 2015. — 958 с.

9. Дробот В. І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського і макаронного виробництва: навчальний посібник / Дробот В. І. — Київ: Центр навчальної літератури, 2006. — 341 с.

10. Дробот В. І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва: навчальний посібник / Дробот В. І. — Київ: ПрофКнига, 2019. — 580 с.

11. ДСТУ 7044:2009. Вироби хлібобулочні. Правила приймання, методи відбирання проб, методи визначення органолептичних показників і маси виробів. Держспоживстандарт України. — Київ, 2009. — 9 с.

12. ДСТУ 7045:2009. Вироби хлібобулочні. Методи визначення фізико — хімічних показників. Держспоживстандарт України. — Київ, 2009. — 33 с.

13. Афанасьєва О. В. Мікробіологія хлібопекарного виробництва / Афанасьєва О. В. — СПб.: Береста, 2003. — 220 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОВСЯНОЙ ЗАКВАСКИ СПОНТАННОГО БРОЖЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ПШЕНИЧНО-РЖАНОГО ХЛЕБА

И. А. Гетьман, Л. А. Михоник

Национальный университет пищевых технологий

В статье исследована возможность использования овсяной муки в качестве питательной среды для производства хлебопекарных заквасок спонтанного брожения. Разработаны и описаны схемы ведения цикла разведения и производственного цикла для получения овсяной закваски спонтанного брожения с показателями, которые обеспечивают необходимый ход технологического процесса и высокое качество готовых изделий.

Установлено, что добавление овсяной закваски как источника достаточного количества питательных веществ для жизнедеятельности бродильной микрофлоры в количестве 30—40% к массе муки позволяет обеспечить интенсивное накопление кислот и ускорить процесс созревания теста. Результаты исследований свидетельствуют, что особенности химического состава овсяной муки позволяют эффективно ее использовать в составе питательной среды хлебопекарных заквасок с целью интенсификации технологических процессов и расширения ассортимента хлебных изделий.

Ключевые слова: пищевая ценность, овсяная мука, закваски спонтанного брожения, цикл ведения, показатели качества, тесто, пшенично-ржаной хлеб.

УДК 664:665

STUDY OF THE INFLUENCE OF DIFFERENT KINDS OF BUCKWHEAT FLOUR ON THE QUALITY OF GLUTEN-FREE BREAD

A. Hryshchenko*National University of Food Technologies***Key words:**

gluten-free bread,
celiac disease,
buckwheat flour

Article history:

Received 06.10.2020
Received in revised form
05.11.2020
Accepted 18.12.2020

Corresponding author:
grischenko_anna@ukr.net

ABSTRACT

Gluten-free bread products are necessary for people with celiac disease. During the treatment of celiac disease, patients are prescribed a gluten-free diet, with complete exclusion from the diet of products containing wheat, rye, oats, barley, spelled. It is recommended to eat special gluten-free foods. The world's leading companies, which specialize in the development and production of dietary products, offer home-made mixes for bread and gluten-free confectionery.

Enriching the chemical composition of gluten-free bakery products is one of the important tasks for scientists. This is due to the fact that the main part of the product formulation is starch and gluten-free products contain little proteins, fiber, macro- and microelements. The solution to this problem is using of processed products of vegetables and fruit, cereals, dairy products.

The article presents the results of a study of the technological properties of heat-treated and green buckwheat flour, as well as its influence on the quality of gluten-free bread. Flour made from buckwheat, which has not undergone heat treatment, has a larger size of the grains and 36% lower water absorption capacity. The starch in heat-treated buckwheat flour is gelatinized and absorbs water to a greater extent, which causes a significant increase on the viscosity of the dough. The results of the study of the structural and mechanical properties of the dough on a farinograph showed that the consistency of the dough with the addition of flour from heat-treated buckwheat is 80 units higher, and its elasticity is higher by 115 units, compared to the sample containing flour from heat-treated buckwheat. However, due to the high viscosity of the dough, the porosity structure of the products deteriorates, and the specific volume of the products decreases. The characteristics of taste and aroma are the best for products made with green buckwheat flour, which confirms the advisability of using this flour for fortifying gluten-free bread.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-6

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ ВИДІВ ГРЕЧАНОГО БОРОШНА НА ЯКІСТЬ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛІБА

А. М. Грищенко, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати дослідження технологічних властивостей борошна з термічно обробленої та термічно необробленої (зеленої) гречаної крупи та його впливу на якість безглютенового хліба.

Борошно з термічно необробленої гречаної крупи українських виробників має більшу крупність частинок і меншу (на 36%) водопоглинальну здатність. У борошні з термічно обробленої гречки крохмаль клейстеризований і більшою мірою поглинає воду, що також спричиняє значне підвищення в'язкості тіста. Результати дослідження структурно-механічних властивостей тіста на фаринографі показали, що консистенція тіста з додаванням борошна з термічно обробленої гречки вища на 80 одиниць, а його еластичність вища на 115 одиниць, порівняно із зразком, що містив борошно з термічно необробленої гречки. Проте висока в'язкість тіста спричиняє погіршення структури пористості виробів, зменшення питомого об'єму виробів. Характеристики смаку й аромату кращі у виробів з термічно необробленої гречки, що підтверджує доцільність використання цього борошна для збагачення безглютенового хліба.

Ключові слова: безглютеновий хліб, целиакія, гречане борошно.

Постановка проблеми. Безглютенові хлібні вироби необхідні для людей, хворих на целиакію. Захворювання пов'язане з виникненням алергії на білок гліадин почали діагностувати у ХХ ст., а зараз непереносимість глютену поширена в усьому світі серед людей різних вікових груп. Поширеність і кількість випадків виявлених захворювань серед населення різних країн відрізняється і часто залежить від екологічних умов та раціону харчування. Випадки захворювання на целиакію зафіксовані і в Україні.

Під час лікуванні целиакії призначають безглютенову дієту, з повним вилученням з раціону продуктів, які містять пшеницю, жито, овес, ячмінь, спельту [1; 4]. В їжу рекомендують вживати спеціальні безглютенові продукти. Провідні компанії світу (Glutano, Dr.Shaer, Bezgluten тощо), які спеціалізуються у сфері розробки та виробництва дієтичної продукції, пропонують суміші для приготування в домашніх умовах хліба і кондитерських виробів, що не містять глютену.

У безглютеновому хлібі низький вміст білка, харчових волокон, мінеральних речовин і вітамінів. До складу рецептур входять різні види нативного крохмалю (який складає більшу частину рецептури), добавки структуроутворювальної дії, борошно круп'яних культур, хімічні розпушувачі або дріжджі. На перебіг біохімічних процесів у дріжджовому тісті, формування його структурно-механічних властивостей впливають технологічні властивості сировини [7; 8]. В технології пшеничного хліба важливе значення мають хлібопекарські властивості борошна. Проте безглютенові види борошна не містять білків, які формують клейковину та характеризуються низькою активністю ферментів [7]. Ці фактори значно впливають на перебіг технологічного процесу та якість готових виробів: для забезпечення живлення дріжджів у тісті та процесу бродіння потрібно додавати цукор, а для формування необхідних структурно-механічних властивостей тіста використовувати харчові добавки структуроутворювальної дії [6].

Вчені все більше уваги приділяють питанню розроблення безглютенових хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності. Існують дослідження щодо використання високобілкових добавок тваринного походження [6]. Завдяки використанню

борошна безглютенових видів круп'яних культур (кукурудзи, гречки, рису, пшона) можна підвищити харчову цінність виробів, поліпшити смак та аромат.

За характеристиками збалансованості амінокислотного і мінерального складу на особливу увагу заслуговує борошно гречане. За вмістом лізину гречка перевершує просо, пшеницю, жито і наближається до соєвих бобів, також вчені відзначають високий вміст у гречці лейцину, триптофану, валіну. Проте хімічний склад може відрізнятися залежно від сорту культури, особливостей вирощування та переробки [2; 3]. Білкові речовини гречаної крупи представлені в основному водорозчинними білками (альбумінами) — 58% від загальної кількості білків, які легко засвоюються. У зв'язку з поширенням ідей здорового харчування, все більшою популярністю користується гречана крупа, яку не піддавали термічній обробці (ТН) [9], а технологія її виготовлення сприяє збереженню всіх корисних речовин. Термічно необроблена гречана крупа має менш виражений колір, смак і аромат. Борошно, виготовлене з такої крупи, має хороші органолептичні показники. На особливу увагу заслуговує мало виражене забарвлення, що, на нашу думку, буде менше впливати на колір готових виробів.

Зважаючи на необхідність розширення асортименту виробів і поліпшення якості безглютенових хлібних виробів виникла необхідність порівняння впливу різних видів гречаного борошна на якість безглютенового хліба.

Метою дослідження є встановлення впливу гречаного борошна з термічно обробленої (ТО) та термічно необробленої (ТН) гречки на якість безглютенового хліба.

Матеріали і методи. Під час проведення досліджень було використано крохмаль кукурудзяний і картопляний, камеді гуару й ксантану, борошно гречане, виготовлене з термічно обробленої (ТО) і термічно необробленої (ТН) (зеленої) гречки, цукор, сіль, дріжджі хлібопекарські пресовані та олію соняшникова.

Крупність борошна визначали методом просіювання на ситах з різним розміром отворів [11]. Водопоглинальну здатність борошна визначали методом центрифугування [8], структурно-механічні властивості тіста — за допомогою фаринографа *Brabender* [11]. Вплив борошна на якість безглютенового хліба визначали методом пробного лабораторного випікання. Параметри технологічного процесу (кислотність, вологість тіста та готових виробів) контролювали згідно зі стандартними методиками [11]. Під час бродіння тіста визначали газоутворення волюмометричним методом [11].

Результати дослідження. Хімічний склад і технологічні характеристики борошна значно впливають на показники процесу виробництва безглютенового хліба та якість виробів. Як свідчать результати попередніх досліджень, проведених на кафедрі технології хлібопекарських і кондитерських виробів, вироби найкращої якості отримують з борошном рисовим і кукурудзяним, а у випадку використання гречаного борошна якість виробів найгірша (мають погано розвинену пористість і низький питомий об'єм).

Зважаючи на результати попередніх досліджень і літературні дані щодо хімічного складу безглютенового борошна [3; 10], було обрано гречане борошно та вивчено можливість використання борошна з ТН гречки в рецептурі безглютенового хліба. Використовували зразки борошна українських виробників. Досліджували крупність частинок ТО і ТН гречаного борошна шляхом просіювання на системі сит із різним розміром отворів (табл. 1).

Таблиця 1. Крупність частинок гречаного борошна

Сито	Розмір отворів, мкм	Гречане борошно	
		ТН борошно	ТО борошно
Кількість частинок, %			
№ 067	670	12,3	0,3
№ 23	329	54,0	0,5
№ 25	280	16,1	5,1
№ 27	264	0,2	2,2
№ 35	219	7,1	53,1
№ 49	144	5,7	22,8
Прохід крізь сито № 49, %	144	4,6	16,0

Результати дослідження показали, що борошно з ТН гречки має більшу крупність. Від крупності борошна залежить його водопоглинальна здатність. Результати визначення водопоглинальної здатності зразків борошна гречаного показали, що водопоглинальна здатність ТО гречаного борошна становить 352%, а з ТН гречаного борошна — 316%. На такий результат вплинула не лише крупність частинок, але й стан крохмальних зерен (крохмаль борошна з термічнообробленої гречки клейстеризований). Унаслідок менших розмірів частинок борошна збільшується питома поверхня поглинання, що суттєво впливає на водопоглинальну здатність тіста та його в'язкість.

Проводили пробні лабораторні випікання з використанням досліджуваних видів гречаного борошна. За контрольний зразок було обрано рецептуру безглютенового безбілкового хліба (рецептуру розроблено на кафедрі технології хлібопекарських і кондитерських виробів), в рецептурі якого 10% кукурудзяного крохмалю замінювали гречаним борошном. Як добавку структуроутворювальної дії використовували суміш камедей ксантану і гуару (70:30) в кількості 1% до маси крохмалю. В рецептурі також додавали 3% цукру, сіль та олію.

Тісто готували вологістю 51% та замішували 8 хв. Одразу після замішування поділяли на шматки. Маса заготовок для формового хліба становили 250 г, для подового — 200 г.

Встановлено, що гречане борошно (обидва зразки) незначно впливає на кислотність тіста. Порівняно з контролем кислотність зразків з гречаним борошном вища на 0,2—0,3 град (табл. 2). Накопичення діоксиду вуглецю у зразку з ТО гречаним борошном відбувалось інтенсивніше, що обумовлено кращою доступністю цукрів борошна для дріжджів. Проте, незважаючи на вищу бродильну активність в тісті з ТО гречаним борошном, тривалість його вистоювання більша, що очевидно обумовлено вищою в'язкістю тіста [5].

Таблиця 2. Показники якості безглютенового хліба з гречаним борошном

Показник	Контроль	Додано 10% гречаного борошна	
		ТН	ТО
1	2	3	4
Тісто			
Масова частка вологи, %	51,0	51,0	51,2
Кислотність, град	1,4	1,6	1,7
Тривалість вистоювання, хв	44	46	55
Газоутворення за 60 хв бродіння, см ³ /100 г тіста	208	218	230
Хліб			
Питомий об'єм, см ³ /г	2,5	2,1	1,6

Продовження таблиці 2

1	2	3	4
Формостійкість, Н/D подового хліба	0,27	0,29	0,38
Вологість хліба, %	50,0	50,1	50,5
Кислотність, град	0,4	0,6	0,6
Стан поверхні і забарвлення	Гладка, без тріщин, кремового кольору	Гладка, рівна світло-коричнева	Гладка, нерівна, коричневого кольору
Колір і стан м'якушки	Кремового кольору, пропечена	Світло сірого кольору, пропечена	Світло-коричневого кольору, волога, сліди непромісу
Структура пористості	Дрібна, рівномірна, тонкостінна	Середня, рівномірна, товстостінна	Крупна, нерівномірна, товстостінна
Смак і аромат	Приємний смак і аромат	Приємний смак і аромат, з ледь відчутним ароматом гречки	Виражений смак і аромат гречки

Питомий об'єм безглютенового хліба з додаванням ТН гречаного борошна більший на 23%, порівняно з виробами з борошна з ТО гречаної гречаної крупи, характеризується кращими органолептичними показниками якості. Істотна різниця проявляється в характеристиках смаку та аромату, які менш виражені гречані, а запах більше схожий на традиційний пшеничний хліб. Поліпшується стан поверхні, її забарвлення, а також стан м'якушки. Результати дослідження свідчать про доцільність використання борошна з ТН гречаної крупи в технології безглютенового хліба.

Негативний вплив ТО гречаного борошна обумовлений його високою водопоглинальною здатністю. Тісто з таким борошном утворюється довше (табл. 3). Клейстеризований крохмаль, що міститься в ТО гречаному борошні [5], підвищує водопоглинальну здатність тіста та спричиняє утримання вологи в тісті під час випікання.

Оскільки в безглютеновому борошні не міститься білків клейковини, а реологічні властивості тіста залежать від виду та кількості внесених добавок-структуроутворювачів, потрібно досліджувати ці властивості для кожної розробленої рецептури. Як показали дослідження зразків безглютенового тіста, його консистенція не досягає 500 одиниць приладу (табл. 3). Еластичність (ширина графіка фаринограми) відрізняється для всіх зразків, і залежить від в'язкості тіста: чим більша в'язкість, тим вищий показник еластичності.

Таблиця 3. Показники фаринограм безглютенового тіста з гречаним борошном

Показник фаринограми	Зразок		
	контроль (без гречаного борошна)	с 10% борошна з ТН гречки	с 10% борошна з ТО гречки
Додано води, см ³ /100 г суміші	82,0	82,0	82,0
Консистенція, од пр.	340	320	400
Тривалість утворення тіста, хв	1,5	4	>15 хв
Стійкість тіста, хв	не спостерігається	показник консистенції підвищується протягом тривалого часу замішування	
Еластичність, од ф.	75	105	220
Розрідження тіста, од ф.	не спостерігається		

Зважаючи на тривалість утворення тіста, доцільно рекомендувати подовжувати замішування тіста з ТО гречаним борошном, що сприятиме кращому розподіленню вологи й утворенню однорідної консистенції. Для досліджуваних зразків характерне постійне збільшення консистенції тіста, що свідчить про відсутність ферментативних процесів, здатних спричинити розрідження тіста. Більш детально потрібно дослідити вплив крупності частинок ТН гречаного борошна на структурно-механічні властивості безглютенового тіста, залежність показників якості тіста від його вологості.

Висновки. Зважаючи на хімічний склад продуктів переробки круп, зокрема борошна, використання їх у технології безглютенового хліба сприяє підвищенню харчової цінності й органолептичних показників. Проте, внаслідок різних технологічних властивостей борошна круп'яних культур, потрібно детального досліджувати їх вплив на якість виробів з метою коригування параметрів технологічного процесу.

Гречане борошно, яке виробляють з термічно обробленої та термічно необробленої гречаної крупи, по-різному впливає на якість безглютенового хліба. Результати досліджень свідчать про ряд переваг, у разі використання 10% борошна з ТН гречаної крупи: готові вироби характеризуються кращою структурою пористості, мають більший питомий об'єм. Тому варто продовжувати дослідження в напрямі використання борошна з ТН гречаної крупи для збагачення безглютенових хлібо-булочних виробів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Alvarez-Jubete L. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients / L. Alvarez-Jubete, E. K. Arendt, E. Gallagher // *Trends in Food Science & Technology*. — Vol. 21(2). — 2010. — P. 106—113.
2. Effects of different milling methods on physicochemical properties of common buckwheat flour / Didi Yu., Jincheng Chen, Jie Ma, Huaxing Sun, Yanqiu Yuan, Qian Ju, Yuzhao Teng, Mo Yang, Wenhao Li, Kaori Fujita, Eizo Tatsumi, Guangzhong Luan // *LWT*. — Vol. 92. — 2018. — P. 220—226.
3. Nutritional composition and flavonoids content of flour from different buckwheat cultivars / P. Qin, Q. Wang, F. Shan, Z. Hou, G. Ren // *International Journal of Food Science & Technology*. — Vol. 45. — 2010. — P. 951—958.
4. Torbica A. Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour / A. Torbica, M. Hadnadev, T. Dapčević // *Food Hydrocolloids*. — Vol. 24, Issues 6—7. — 2010. — P. 626—632.
5. Гаврилова О. Влияние гречневой муки на качество хлеба из пшеничной муки высшего сорта / О. Гаврилова, И. Матвеева, Е. Толмачев // *Хлебопродукты*. — 2007. — № 4. — С. 34—35.
6. Галясний І. В. Дослідження піноподібної структури безглютенового бездріжджового тіста з використанням гідроколоїдів та концентратів тваринних білків / І. В. Галясний, Т. В. Гавриш, О. М. Шанина // *Продовольчі ресурси*. — 2018. — № 10. — С. 67—75.
7. Гетьман І. А. Дослідження вуглеводно-амілазного комплексу борошна круп'яних культур і його сумішей з пшеничним / І. А. Гетьман, Л. А. Михонік, І. О. Кухаренко // *Харчова промисловість*. — № 27. — 2020. — С. 46—52.
8. Грищенко А. М. Технологічні властивості безглютенових видів сировини / А. М. Грищенко, В. І. Дробот // *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. — 2014. — Т. 1, Вип. № 46. — С. 162—166.
9. Киселева Т. Л. Гречиха с позиции традиционной медицины и современных научных представлений: пищевые, энергетические и лечебно-профилактические свойства. Аллергологические риски / Т. Л. Киселева, М. А. Киселева // *Традиционная медицина*. — № 3(46). — 2016. — С. 16—41.

10. Пшенишнюк Г. Ф. Використання зернових добавок в технології борошняних виробів / Г. Ф. Пшенишнюк, К. Г. Іоргачова, О. В. Макарова // Хранение и переработка зерна. — 2004. — № 7. — С. 39—41.

11. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів: навч. Посіб. / В. І. Дробот, В. Г. Юрчак, О. А. Білик та ін.; за ред. В. І Дробот; Нац. ун-т харч. технол. — К.: Кондор, 2015. — 972 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ГРЕЧНЕВОЙ МУКИ НА КАЧЕСТВО БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛЕБА

А. Н. Грищенко

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены результаты исследования технологических свойств муки из термически обработанной и термически необработанной (зеленой) гречневой крупы и ее влияния на качество безглютенового хлеба.

Мука из гречневой крупы, которая не прошла термическую обработку, имеет большую крупность частиц и меньшую (на 36%) водопоглотительную способность. В муке из термически обработанной гречки крахмал клейстеризованный и в большей степени поглощает воду, что вызывает значительное повышение вязкости теста. Результаты исследования структурно-механических свойств теста на фаринографе показали, что консистенция теста с добавлением муки из термически обработанной гречки выше на 80 единиц, а его эластичность выше на 115 единиц, по сравнению с образцом, содержащим муку с термически необработанной гречки. Однако высокая вязкость теста приводит к ухудшению структуры пористости изделий, уменьшению удельного объема изделий. Характеристики вкуса и аромата лучшие для изделий из термически необработанной гречки, что подтверждает целесообразность использования этой муки для обогащения безглютенового хлеба.

Ключевые слова: безглютеновый хлеб, целиакия, гречневая мука.

УДК 664.64.016.8

INFLUENCE OF FLAX OIL SEEDS ON FORMATION STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF WHEAT DOUGH

G. Andronovich, Yu. Bondarenko, O. Bilyk*National University of Food Technologies***V. Pidubnyi***Kyiv National University of Trade and Economics***Key words:**

white flax seeds,
wheat bread,
grain size,
dough,
crumb

Article history:

Received 20.09.2020

Received in revised form

09.11.2020

Accepted 15.12.2020

Corresponding author:

bjuly@ukr.net

ABSTRACT

The aim of the work was to establish the influence of whole and crushed flax seeds on the formation of structural and mechanical properties of wheat dough. The studies used yellow flax seeds TM "Golden". Model experiments were performed in which high-grade wheat flour (control) and mixtures were used: from high-grade wheat flour and whole flax seeds in the amount of 15% by weight of flour or crushed flax seeds in the amount of 20% by weight of flour.

It was found that the introduction of flax seeds, both whole and crushed, reduces the amount of gluten, compared with the control, by 17 and 35%, respectively. The reason for the decrease in the amount of gluten may be the property of flax polysaccharides during kneading the dough turns into a water-soluble state. At the same time, they envelop the protein substances of the flour, limiting their swelling and wedging into the gluten skeleton prevent the formation of a continuous structure of gluten. In the case of crushed flax seeds, flaxseed oil, which turns into a liquid phase, also has a certain effect on the protein substances of the flour. In appearance, when flax seeds were added, the gluten acquired a loose, unbound structure. Violation of the integral structure of gluten causes a decrease in the extensibility of gluten and a decrease in its elasticity.

The elastic properties of the dough were studied on a farinograph. It was found that in the experimental samples the duration of dough formation is prolonged and its elasticity deteriorates compared to the control. In addition, there is an extension of the duration of the stability of the test system and a decrease in its rarefaction.

It is noted that the introduction of whole and crushed flax seeds reduces the volume of all dough samples, which leads to a deterioration in the ability to retain carbon dioxide and reduce the volume of finished products.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-7

ВПЛИВ НАСІННЯ ОЛІЙНОГО ЛЬОНУ НА ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПШЕНИЧНОГО ТІСТА

Г. М. Андронович, аспірант

Ю. В. Бондаренко, канд. техн. наук

О. А. Білик, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

В. А. Піддубний, д-р техн. наук

Київський національний торговельно-економічний університет

У статті досліджено особливості впливу цілого та подрібненого насіння льону на формування структурно-механічних властивостей пшеничного тіста. Для дослідження обрано насіння льону жовтокольорових сортів ТМ «Золотий». Проведено модельні досліді, в яких використано борошно пшеничне вищого сорту (контроль) та суміші з борошна пшеничного вищого сорту та цілого насіння льону в кількості 15% до маси борошна або подрібненого насіння льону в кількості 20% до маси борошна.

Пружно-еластичні характеристики тіста вивчали на фаринографі. Встановлено, що в дослідних зразках подовжується тривалість утворення тіста та погіршується його еластичність, порівняно з контролем. Водночас спостерігається подовження тривалості стійкості тістової системи та зменшення її розрідження. Відзначено, що внесення цілого та подрібненого насіння льону призводить до зниження об'єму всіх зразків тіста, що призводить до погіршення здатності утримувати діоксид вуглецю та зниження об'єму готових виробів.

Ключові слова: насіння льону, клейковина, тісто, еластичність, пружність.

Постановка проблеми. В структурі харчування населення всього світу, зокрема й України, спостерігаються негативні зміни, зумовлені зменшенням споживання біологічно цінних продуктів при одночасно стабільно високому рівні споживання рафінованих продуктів. Це обумовлює «прихований голод» унаслідок дефіциту в харчовому раціоні людей вітамінів, макро- і мікроелементів і речовин, які мають антиоксидантні властивості [1]. Тому актуальним напрямком розвитку асортименту харчових продуктів, зокрема хлібобулочних, для здорового харчування є створення нових виробів з використанням нетрадиційної рослинної сировини, що має адаптогенні властивості. Основним критерієм вибору такої сировини є наявність у її складі незамінних амінокислот, ненасичених жирних кислот, вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон тощо. Одним із представників такої сировини є насіння олійного льону.

Льон олійний (*Linum usitatissimum L.*) в Україні займає відносно невеликі площі посіву, але відноситься до перспективних нішевих культур, особливо цінуються органічні насіння та олія. Їх використовують у медичній, харчовій та інших галузях промисловості.

На сьогодні льон олійний займає близько 3,5 млн га посівних площ у світі. Світове виробництво насіння льону олійного складає від 1,6 до 2 млн т щорічно [2]. На світовому ринку насіння льону завершився його перерозподіл між основними гравцями. Канаду витіснили з лідерства Казахстан і Росія. Частка України складає 1,4% світового виробництва насіння льону [3].

Льон олійний значною мірою експортна культура. Економічним аргументом на користь цього є той факт, що експорт однієї тонни високоякісного насіння льону приносить у державний бюджет у 5 разів більшу суму податку на прибуток, ніж від експорту олії й шроту, вироблених з тонни соняшнику. Починаючи з 2000-х років вирощування льону в Україні значно зростало, але в останні роки в Україні закріпилася тенденція до різкого скорочення посівних площ під льон, оскільки українське насіння не конкурує на світовому ринку за ціною. Виною цьому є дія 10% експортного мита, якого немає у світових лідерів [4]. На сьогодні головним імпортером українського олійного льону є країни ЄС [5]. Внутрішня переробка льону незначна. Збільшення внутрішнього й експортного попиту на льон потребує державної підтримки.

Популярність насіння льону у світі пов'язана з його хімічним складом і функціональними властивостями. Відповідно до рекомендацій Європейської комісії з науки про функціональне харчування у Європі (FuFoSE) продукт можна вважати функціональним, якщо поряд із забезпеченням харчовими речовинами він здійснює сприятливий вплив на одну або декілька функцій організму людини, покращуючи загальний стан або/і знижує ризик розвитку захворювання [6].

Функціональні властивості олійного льону зумовлені високим вмістом у ньому ненасичених жирних кислот, зокрема альфа-ліноленової поліненасиченої жирної кислоти, лігнанів, харчових волокон тощо.

Насіння льону є багатим рослинним джерелом життєво важливих ненасичених жирних кислот — лінолевої кислоти (омега-6) і α -ліноленової (омега-3). Ці есенціальні кислоти підвищують імунітет, зміцнюють стінки кровоносних судин, підвищуючи їх еластичність, тому їх застосовують для лікування та профілактики атеросклерозу і кишкових захворювань [7].

Насіння льону може бути альтернативним джерелом ненасичених жирних кислот для населення тих регіонів світу, що не мають доступу до морських продуктів [8]. Як відомо, риба́чий жир є основним джерелом жирних кислот родини омега-3. Але морські риби багаті поліненасиченими жирними кислотами (ПНЖК) тільки за умови, якщо виловлені з природних умов існування (коли харчуються крилем). Також вченими доведено, що ПНЖК засвоюються організмом людини краще з рослинної сировини, ніж із сировини тваринного походження.

Однією з функцій жирних кислот родини омега-3 в організмі людини є участь у побудові клітинних мембран. Дослідження функцій ПНЖК родини омега-3 показують, що при недостатньому отриманні їх з харчуванням, організм людини починає використовувати для побудови клітинних мембран ліпіди, до складу яких входять насичені або мононенасичені жирні кислоти. При цьому мембрани стають менш пружними, що впливає на їхню здатність протистояти чужорідним клітинам (наприклад, вірусам) [9].

Вуглеводи льону складаються з моносахаридів (від 0,04% до 0,06%), олігосахаридів (від 1,9% до 4,0%) і полісахаридів (від 6,2% до 9,5%). Особливістю вуглеводного складу насіння льону є те, що більшість вуглеводів представлено у вигляді розчинних харчових волокон — слизоутворюючих полісахаридів.

Підвищене споживання розчинних харчових волокон може знизити ризик серцево-судинних захворювань за рахунок зменшення в організмі «поганого» холестерину. Адже розчинні харчові волокна зв'язують у кишківнику жовчні кисло-

ти, покращуючи його перистальтику. Для відновлення в організмі необхідної кількості жовчних кислот потрібен холестерин, який є попередником жовчних кислот. Як наслідок, в організмі знижується рівень холестерину [10]. Клінічні дослідження на людях показали, що споживання 30—50 г насіння льону в день в період від 4 до 12 тижнів сприяло зниженню холестерину на 8...14% [11]. Вважається, що полісахариди насіння льону проявляють радіопротекторні та імунозахисні властивості [12].

Дослідження показали, що в насінні льону міститься в 100 разів більше лігнанів, ніж в інших рослинних продуктах. Цікаво відзначити, що в лляній олії вони містяться в незначній кількості [13]. Лігнани насіння льону відносяться до класу фітоестрогенів, проявляють естрогеноподібну активність в організмі людини. Наукові дані підтверджують, що лігнани насіння льону мають антиалергічну активність та потужну антиоксидантну дію. Саме ці їхні властивості є підґрунтям для використання насіння льону в корекції атеросклерозу і коронарної серцевої недостатності [12].

Зважаючи на такі цінні фізіологічні властивості складових насіння льону, в Національному університеті харчових технологій (Київ, Україна) за пробним лабораторним випіканням було встановлено, що для збагачення пшеничного хліба фізіологічно-функціональними інгредієнтами льону золотого, його технологічно можливе дозування становить: цілого насіння льону — 15% до маси борошна, подрібненого насіння льону — 20% до маси борошна [14; 15].

Хімічний склад насіння льону відмінний від пшеничного борошна, оскільки характеризується високим вмістом олії, водорозчинних харчових волокон, білкових речовин, які здійснюватимуть суттєвий вплив на формування структурно-механічних властивостей тіста у разі включення льону до складу тістової системи.

Метою статті є встановлення впливу насіння льону, внесеного у тістову систему в цілому або подрібненому вигляді на кількість і якість клейковини та формування структурно-механічних властивостей тіста.

Матеріали і методи. У дослідженнях використовували насіння льону жовтокольорових сортів ТМ «Золотий». Для встановлення впливу насіння льону на формування структурно-механічних властивостей тіста проводили модельні досліди, в яких використовували борошно пшеничне вищого сорту (контроль) та суміші: з борошна пшеничного вищого сорту та цілого насіння льону в кількості 15% до маси борошна; з борошна пшеничного вищого сорту та подрібненого насіння льону в кількості 20% до маси борошна.

Пружно-еластичні характеристики тіста вивчали на фаринографі фірми «Brabender» (Німеччина) [16].

Кількість і якість клейковини в контрольному та дослідному зразках оцінювали за стандартними методиками [16].

Результати експериментальних досліджень піддавалися статистичній обробці, реалізованій за допомогою стандартних пакетів програм Microsoft Office.

Результати дослідження. Визначну роль у формуванні структурно-механічних властивостей тіста відіграє клейковина. Результати дослідження наведено в табл. 1.

За результатами досліджень було встановлено, що внесення насіння льону як в цілому, так і в подрібненому вигляді зумовлює зменшення кількості клейковини, порівняно з контролем, на 17 та 35% відповідно. Напевно, у разі, внесення в тісто цілого насіння льону визначний вплив на формування клейковини будуть здійснювати слизоутворюючі полісахариди льону. Під час замішування тіста слизоутворюючі полісахариди переходять у водорозчинний стан та огортають білкові речовини,

обмежуючи їх набухання і, вклинюючись у клейковинний каркас, перешкоджають утворенню суцільної структури клейковини. Слизі здійснюють вплив на розрив дисульфідних зв'язків у клейковинних білках.

Таблиця 1. Показники якості клейковини ($n=3, p \leq 0,95$)

Показники	Контроль	Внесено насіння льону, % до маси борошна	
		15% льону цілого	20% льону подрібненого
Кількість сирової клейковини, %	28,5	23,7	18,3
Вологість, %	64,0	66,3	67,8
Гідратаційна здатність, %	178	196	210
Пружність за приладом ИДК, од прил.	55	57	62
Розтяжність, см	14 (середня)	12 (середня)	12 (середня)
Еластичність	Хороша	Хороша	Задовільна
Колір	Світлий з жовтим відтінком	Сіруватий відтінок	Сіра з невеликою кількістю частинок льону
Характеристика структури	Хороша	Має ознаки рихлості	Рихла, з розривами

У разі внесення подрібненого насіння льону в тісто потрапляють, крім слизоутворюючих полісахаридів, інші складові насінини: білкові речовини та жири. Переважаючим компонентом білкового комплексу льону є водорозчинні білки, відносний вміст яких становить приблизно половину інших груп білків. На другому місці за масовою часткою знаходяться солерозчинні білки, частка яких становить 40...45 % від загального вмісту білків. Лугорозчинних білків міститься до 10% від загальної суми білків. Білки льону, незважаючи на наявність певної частки проламінової та глютелінової фракцій, нездатні до самостійного формування губчастого клейковинного каркасу, характерного для тіста із сортового пшеничного борошна. Внаслідок їх взаємодії зі складовими борошна утворюються фракції, які втрачаються під час відмивання клейковини.

Можливо, у разі застосування подрібненого насіння льону, певний вплив на білкові речовини борошна здійснює й олія льону, яка переходить у рідку фазу. Жири подрібненого насіння льону, адсорбційно зв'язуючись з білками борошна, блокують імовірні місця зчеплення колоїдних частинок і таким чином послаблюють взаємний зв'язок між ними, що зумовлює зниження кількості відмитого з тіста клейковини.

Причиною зменшення кількості клейковини може бути також висока водопоглинальна здатність некрохмальних полісахаридів льону, які є конкурентами білка за воду, внаслідок цього клейковинні білки борошна недостатньо набрякають. Це призводить до зменшення кількості сирової клейковини. Однак при цьому відзначається підвищення гідратаційної здатності клейковини. Напевне, це зумовлено включенням у прошарки клейковини розчинів некрохмальних полісахаридів у вигляді в'язких гелів.

За зовнішнім виглядом, у разі додавання насіння льону, клейковина набувала рихлої, незв'язаної структури. Особливо погіршення структури клейковини спостерігалось при додаванні подрібненого насіння льону.

Складові насіння льону, поряд із впливом на кількість клейковини, здійснюють значний вплив на її якість. Порушення цілісної структури клейковини зумовлює зменшення розтяжності клейковини та зниження її пружності.

Пружно-еластичні властивості тіста визначали за допомогою фаринографа фірми «Brabender» (Німеччина). Результати розшифрування фаринограм наведено в табл. 2.

Аналіз даних (табл. 2) показує, що додавання цілого та подрібненого насіння льону зумовлює подовження тривалості утворення тіста. Це пояснюється тим, що ціле насіння або часточки подрібненого насіння потребують більше часу для їх набухання та включення в тістову систему.

Таблиця 2. Структурно-механічні властивості тіста за фаринографом ($n=3, p \leq 0,95$)

Показники	Контроль	Внесено цілого насіння льону, 15 % до маси борошна	Внесено подрібненого насіння льону, 20% до маси борошна
Консистенція, од приладу	527	523	523
Тривалість утворення, хв	1,33	23,24	6,36
Еластичність, од приладу	90	50	70
Стабільність, хв	2,13	23,10	10,10
Розрідження через 12 хв замішування, од приладу	87	—	40

Однак особливо виразно це спостерігається при додаванні цілого насіння. Так, у контрольному зразку тривалість утворення тіста становила 1 хв 33 с, тоді як у дослідному зразку з додаванням 15% насіння льону — 23 хв 24 с. Напевне, суттєву роль у цьому відігравали водорозчинні полісахариди оболонки насіння льону: під час взаємодії оболонки насіння льону з водою спочатку екстрагується кисла фракція полісахаридного комплексу, що має меншу молекулярну масу, після чого в гідратований стан починають переходити більш високомолекулярні полісахариди нейтральної фракції, останніми гідратуються найбільш високомолекулярні полісахариди, що локалізуються у внутрішніх шарах оболонки насіння та в ендоспермі. При замішування тіста в рідку фазу найбільше переходить полісахаридів нейтральної фракції, що утворюють розчини високої в'язкості. Внаслідок цього тістова система загущується, що значно знижує й уповільнює набухання білків борошна. Це й зумовлює значне подовження тривалості замішування тіста. У зв'язку з цим у виробництві хліба з додаванням цілого насіння льону необхідно передбачити подовжену тривалість замішування тіста для повного утворення структури тіста.

Отримані дані також свідчать, що в обох зразках тіста з насінням льону погіршується еластичність, порівняно з контролем. Напевне, це зумовлено погіршення розвитку клейковини тіста під дією слизоутворюючих полісахаридів. Поряд з цим спостерігається подовження тривалості стійкості тістової системи та зменшення її розрідження. Напевно, це зумовлено в'язкими розчинами водорозчинних слизоутворюючих полісахаридів, які включаються у структуру тіста та здатні за своїми властивостями структурувати систему.

Газоутримувальна здатність тіста залежить від двох факторів: структурно-механічних властивостей тіста та інтенсивності його бродіння, тобто кількості CO_2 ,

що при цьому виділяється. Ці фактори формують розвиток об'єму тіста. Під час проведення досліджень газоутримувальну здатність тіста характеризували величиною питомого об'єму тіста через 4 год його бродіння.

Підготовлені зразки тіста масою 100 г поміщали в циліндр об'ємом 500 см³, ущільнювали його і ферментували за температури 30°C. Питомий об'єм тіста визначали кожну годину ферментації. Результати досліджень наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Об'єм тістових заготовок в циліндрах, см³

Тривалість бродіння, хв	Контроль	Внесено льону, % до маси борошна	
		15% льону цілого	20% льону подрібненого
0	100	100	100
60	220	180	190
120	260	270	245
180	310	270	245
240	305	260	230

Встановлено, що внесення цілого та подрібненого насіння льону призводить до зниження об'єму всіх зразків тіста. Зниження питомого об'єму тіста в зразках з цілим і подрібненим насінням льону зумовлено недостатнім розгалуженням клейковинного каркасу внаслідок зменшення кількості клейковини та порушення її цілісності, що й призводить до нездатності утримувати діоксид вуглецю. Зважаючи на отримані дані, можна рекомендувати для зразків тіста з додаванням цілого та подрібненого насіння льону тривалість бродіння тіста 90—120 хв, щоб вистоювання тістових заготовок припадало на етап максимальної газоутримувальної здатності.

Зменшення вмісту клейковини у зразках тіста з внесенням насіння льону цілого у кількості 15% до маси борошна або подрібненого у кількості 20% до маси борошна та погіршення газоутримувальної здатності цих зразків внаслідок порушення цілісності клейковини призводить до нездатності утримувати діоксид вуглецю, що виділяється під час бродіння та зниження об'єму готових виробів (табл. 4). Тому в подальшому у разі застосування насіння льону в рецептурі пшеничного хліба необхідно застосовувати технологічні заходи для покращання його якості.

Таблиця 4. Питомий об'єм хліба

Показник	Контроль	Внесено насіння льону, % до маси борошна	
		15% цілого	20% подрібненого
Питомий об'єм хліба, см ³ /г	3,4	3,18	3,0

Висновки. Експериментальними дослідженнями встановлено, що додавання в тісто насіння льону цілого у кількості 15% до маси борошна або подрібненого у кількості 20% до маси борошна, внаслідок їх відмінного від пшеничного борошна хімічного складу, зумовлює зниження вмісту клейковини, порівняно з контролем, на 17 та 35%, відповідно. За результатами аналізу фаринограм встановлено, що в цих зразках, порівняно з контролем, подовжується тривалість утворення тіста та погіршується його еластичність. Водночас спостерігається подовження тривалості стійкості тістової системи та зменшення її розрідження. Відзначено, що внесення цілого та подрібненого насіння льону призводить до зниження об'єму всіх зразків тіста, що зумовлено недостатнім розгалуженням клейковинного каркасу внаслідок зменшення кількості клейковини та порушення її цілісності, що й призводить до нездатності утримувати діоксид вуглецю, який виділяється під час бродіння, та зниження об'єму готових виробів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Луценко М. В. Про можливість застосування конопляної олії для профілактики захворювання і реабілітації від COVID-19 / М. В. Луценко, Н. Сова. — Режим доступу: <http://ibc-naas.com/wp-content/uploads/2020/06/hemp-vs-Covid.pdf>.
2. Махно Ю. Найцінніша з сільгоспкультур / Ю. Махно, Т. Товстановська, Є. Сагайдак, М. Ягло — Режим доступу: <https://a7d.com.ua/plants/17184-naucnnsna-z-slgospkultur>.
3. Україна різко скорочує вирощування льону. — Режим доступу: <http://www.fhdau.org.ua/pro-lon/ukrayina-rizko-skorochuye-viroshhuvannya-lonu/#more-463>.
4. Шкурко М. Україна втрачає експортні позиції на світовому ринку льону / М. Шкурко. — Режим доступу: <http://agroportal.ua/ua/news/eksklyuzivny/ukrayina-teryayet-eksportnyue-pozitsii-namirovom-rynke-lna/#>.
5. Експорт олійного льону з України впав до 5-річного мінімуму. — Режим доступу: <http://www.fhdau.org.ua/pro-lon/eksport-oliynogo-lonu-z-ukrayini-vprav-do-5-richnogo-minimumu/>.
6. Bernacchia R. Chemical Composition and Health Benefits of Flaxseed. / R. Bernacchia, R. Preti, G. Vinci // *Austin Journal of Nutrition and Food Sciences*. 2014. — № 2(8). — P. 2—9.
7. Пашенко Л. П. Функциональные свойства семян масличного льна / Л. П. Пашенко, Л. А. Коваль, В. Л. Пашенко // *Успехи современного естествознания*. — 2006. — № 10. — С. 98—99.
8. El-Beltagi H. S. Evaluation of fatty acids profile and the content of some secondary metabolites in seeds of different flax cultivars (*Linum Usitatissimum L.*) / H. S. El-Beltagi, Z. A. Salama, D. M. El-Hariri // *General Applied Plant Physiology*. 2007. — № 33. — P. 187—202.
9. Silvia Lorente-Cebrián Role of omega-3 fatty acids in obesity, metabolic syndrome, and cardiovascular diseases: a review of the evidence / Silvia Lorente-Cebrián, André G. V. Costa, Santiago Navas-Carretero, María Zabala, J. Alfredo Martínez & María J. Moreno-Aliaga *Journal of Physiology and Biochemistry*. — 2013. — № 69. — P. 633—651.
10. Anderson J. W. Health Benefits of Dietary Fiber / Anderson J. W., P. Baird, R. H. Davis Jr. and others // *Nutrition Reviews* / — 2009. — № 67(4). — P. 188—205.
11. Patade A. Flaxseed Reduces Total and LDL Cholesterol Concentrations in Native American Postmenopausal Women / A. Patade, L. Devareddy, E. A. Lucas, K. Korlagunta and others // *Journal of Womens Health*. 2008. № 17(3). P. 355—366.
12. Шалтумаев Т. Ш., Использование продуктов переработки семян льна для производства изделий повышенной пищевой ценности / Т. Ш. Шалтумаев, М. П. Могильный, М. А. Сигарева // *Известия вузов. Пищевая технология*. — 2015. — № 5—6. — С. 42—45.
13. Кулешева Н. И. Новый функциональный продукт на основе семени льна: получение, оценка качества / Н. И. Кулешева, Ю. А. Кошелев // *Ползуновский вестник*. — 2011. — № 3/2. — С. 145—149.
14. Андронович Г. Дослідження впливу насіння льону білого на якість пшеничного хліба / Г. Андронович, Ю. Бондаренко // 84 міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», 23—24 квітня 2018 р. —К.: НУХТ, 2018 р. — Ч. 1. — С. 166.
15. The use of golden flax seeds and oats sourbread in the production of wheat bread / Yu. Bondarenko, L. Mykhonik, O. Bilyk, O. Kochubei-Lytvynenko and et. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. — 2019. — Vol. 4, Issue 11(100). — P. 46—55.
16. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів: навч. пос. / за ред. В. І. Дробот. — Київ: НУХТ, 2015. — 902 с.

ВЛИЯНИЕ СЕМЯН МАСЛИЧНОГО ЛЬНА НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНО- МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА

А. Н. Андронович, Ю. В. Бондаренко, Е. А. Билык

Национальный университет пищевых технологий

В. А. Поддубный

Киевский национальный торгово-экономический университет

В статье изучено влияние целых и измельченных семян льна на формирование

структурно-механических свойств пшеничного теста. В исследованиях использовали семена льна желтоцветных сортов ТМ «Золотой». Проводили модельные опыты, в которых использовали муку пшеничную высшего сорта (контроль) и смеси из муки пшеничной высшего сорта и целых семян льна в количестве 15% к массе муки или измельченных семян льна в количестве 20% к массе муки.

Упруго-эластичные характеристики теста изучали на фаринографе. Установлено, что в опытных образцах продлевается продолжительность образования теста и ухудшается его эластичность по сравнению с контролем. Наряду с этим наблюдается удлинение продолжительности устойчивости тестовой системы и уменьшение ее разжижения. Отмечено, что внесение целых и измельченных семян льна приводит к снижению объема всех образцов теста, что приводит к ухудшению способности удерживать диоксид углерода и снижению объема готовых изделий.

Ключевые слова: *семена льна, клейковина, тесто, эластичность, упругость.*

УДК 664.64.

STUDY OF SORPTION AND DESSORPTION PROPERTIES OF MARMELAD

O. Lysenko*Vinnitsia Institute of Trade and Economics of KNTU***Key words:**

marmalade,
sorption,
desorption,
diffusion processes,
sugar,
fructose,
lactitol

Article history:

Received 06.10.2020
Received in revised form
16.11.2020
Accepted 13.12.2020

Corresponding author:

bjuly@ukr.net

ABSTRACT

The total humidity of the product indicates the amount of moisture in it, but does not characterize its involvement in chemical, biochemical and microbiological changes in the product. The ratio of free and bound moisture plays an important role in ensuring its stability during storage. Bound moisture is an associated water, strongly bound to various components — proteins, lipids and carbohydrates due to chemical and physical bonds. Such water exists near solute and other non-aqueous components, has reduced molecular mobility and other properties that differ from the total mass of water in the same system, and does not freeze at a temperature of -40°C .

Free moisture is moisture that is not bound by the polymer and is available for biochemical, chemical and microbiological reactions. It is clear that the energy consumption for the removal of free and bound moisture will be different. Free water is weakly bound to dry matter, easily removed from the product during drying ($t \sim 100^{\circ}\text{C}$), wringing, pressing, freezes at 0°C . A kind of free water is hygroscopic, absorbed by products from the air. Products that have the ability to absorb or give off moisture are called hygroscopic (sugar, sugar confectionery in our case — it's sugar and sugar substitutes: fructose and lactitol). Bound water is firmly retained by dry matter and is poorly removed even by evaporation ($t > 300^{\circ}\text{C}$). Bound water is in microcapillaries, adsorbed by intracellular systems and retained by colloids of proteins and carbohydrates. Bound water also includes water of crystallization. For example, water, which is part of the crystals of citric acid and glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Such water can be removed from the product as a result of thermal decomposition of some substances at elevated temperatures. Bound water has a different refractive index, has a lower freezing point, density, is not absorbed by microorganisms and has a positive effect on the preservation of the product, during the study also took into account the rate of chemisorption. The article describes the changes in the mass fraction of diffusion processes in the redistribution of free and bound moisture and the loss of moisture in the environment, which further affects the change in the structure of marmalade and as a result of hardening of finished products. Both in samples with water and in samples with milk. During the storage of jelly marmalade there are changes in the mass fraction of moisture due to diffusion processes of redistribution of free moisture and moisture loss in the environment, which affects the change in the structure of marmalade, hardening often occurs.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-8

ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЙНИХ І ДЕСОРБЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАРМЕЛАДУ

О. Л. Лисенко, канд. техн. наук

Вінницький торговельно-економічний інститут КНТУ

Загальна вологість продукту вказує на кількість води в ньому, але не характеризує її причетність до хімічних, біохімічних і мікробіологічних змін у продукті. У забезпеченні його стійкості під час зберігання важливу роль відіграє співвідношення вільної і зв'язаної води.

У статті описано зміни масової частки дифузійних процесів перерозподілу вільної і зв'язаної води та втрати води в навколишнє середовище, що в подальшому впливає на зміну структури мармеладу, внаслідок чого відбувається черствіння готових виробів.

За результатами досліджень рекомендовано під час виготовлення мармеладу на цукрі, лактитолі та суміші лактитолу і фруктози проводити уварювання до 80% сухих речовин. Для запобігання процесу черствіння або намокання в процесі зберігання мармелад на виробництві варто пакувати у водонепроникну тару.

Ключові слова: мармелад, сорбція, десорбція, дифузійні процеси, цукор, фруктоза, лактитол.

Постановка проблеми. Вода є важливою складовою харчових продуктів. Вона міститься в рослинних і тваринних продуктах як клітинний і позаклітинний компонент, як диспергувальне середовище і розчинник, що зумовлює консистенцію і структуру харчових продуктів, впливає на їхній зовнішній вигляд, смак і стійкість продуктів у процесі зберігання. Кількість води в продукті визначає його енергетичну цінність, оскільки чим більше в ньому міститься води, тим менше корисних сухих речовин (білків, жирів, вуглеводів тощо) в одиниці маси. З вмістом води тісно пов'язана стійкість продукту під час зберігання та його транспортабельність, а також придатність до подальшої переробки, оскільки надлишок води сприяє перебігу ферментативних і хімічних реакцій, активізує діяльність мікроорганізмів, які призводять до псування продукту, зокрема його пліснявіння. В зв'язку з цим вміст води в продукті визначає умови та строки його зберігання.

Під час зберігання мармелад може намокати і зацукрюватись. Намокання відбувається, якщо мармелад зберігають у приміщенні з високою відносною вологістю повітря, в умовах різкого перепаду температури й утворення точки роси, а також внаслідок послаблення драглів і розвитку синерезису, у разі концентрації редуруючих цукрів вище за оптимальні норми, укладанні незастиглого мармеладу в тару, коли продовжується виділення води [1—3].

Зацукрювання мармеладу прискорюється в приміщеннях з низькою відносною вологістю повітря, пониженому вмісті редуруючих речовин, а також використанні сировини з обмеженими желуючими властивостями пектину. Легше втрачає воду желевий мармелад [3—5]. При зацукрюванні кірочка мармеладу стає щільнішою, втрачає блиск, тьмяніє, а здавлювання зумовлює тріщини. Мармелад фруктово-ягідний шаровий більш стійкий до зацукрювання [2; 6]. Саме тому дослідження показників сорбції-десорбції мармеладу, на нашу думку, є актуальним питанням.

Метою статті є визначення показників сорбції-десорбції мармеладу на цукрі, лактитолі, фруктозі та суміші лактитолу і фруктози, а також зразків з використанням у рецептурі молока.

Матеріали і методи. Для проведення досліджень використовувались такі види сировини: цукрозамінники (фруктоза — фірми ArcherDanielsMidlandCompany США), лактитол (фірма PURAC, Нідерланди), цукор білий кристалічний — ДСТУ 4623:2006, молоко сухе-знежирене — згідно з чинним нормативним документом, патока крохмальна — відповідно до ДСТУ 4498:2005. Дослідження проводили на виготовлених зразках мармеладу на цукрі, фруктозі, лактитолі та суміші лактитолу і фруктози.

Також у відділі синтезу Інституту фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України проведені спеціальні дослідження сорбційно-десорбційних процесів ваговим методом на сорбційно-вакуумній установці Мак-Бена. Суть методу полягає в тому, що до кварцової спіралі підвішують чашечку з адсорбентом, а потім, з огляду на видовження спіралі після адсорбції, визначається кількість речовини, що адсорбувалась. Установка складається з вимірювальної та форвакуумних частин.

Результати дослідження. При зберіганні желейного мармеладу відбуваються зміни масової частки вологи внаслідок дифузійних процесів перерозподілу вільної вологи і втрати вологи в навколишнє середовище, що впливає на зміну структури мармеладу, частіше відбувається черствіння. Безумовно, використання молока сухого і нативного при виробництві мармеладу буде впливати на сорбційні процеси: мармелад виготовляли на цукрі, фруктозі, лактитолі, суміші лактитол і фруктоза. Також проведені спеціальні дослідження сорбційно-десорбційних процесів ваговим методом на сорбційно-вакуумній установці Мак-Бена.

Аналіз отриманих даних показав, що сорбційні і десорбційні процеси у мармеладі, виготовленому на цукрі білому кристалічному, фруктозі та лактитолі і карагенані, розчинні у воді і молоці, відрізняються. Ізотерми сорбції-десорбції були умовно поділені на три зони (табл. 1).

Перша зона відповідає мономолекулярній адсорбції, друга з — полімолекулярній, третя — капілярній.

Таблиця 1. Вміст води по зонах сорбції

Мармелад на основі	Вміст вологи по зонах сорбції, см ³ /г, мармеладу виготовленого на:					
	І зона ($a_w = 0,00—0,25$)		ІІ зона ($a_w = 0,25—0,75$)		ІІІ зона ($a_w = 0,75—1,98$)	
	на воді	на молоці	на воді	на молоці	на воді	на молоці
цукор	0,00—0,00	0,00—0,00	0,00—0,18	0,00—0,17	0,18—1,35	0,17—1,30
фруктоза	0,00—0,00	0,00—0,00	0,00—0,30	0,00—0,28	0,30—1,98	0,28—1,88
лактитол	0,00—0,00	0,00—0,00	0,00—0,17	0,00—0,15	0,17—1,60	0,15—1,50
лактитол+фруктоза (1:1)	0,00—0,00	0,00—0,00	0,00—0,20	0,00—0,19	0,20—1,65	0,18—1,60

Отримані дані свідчать про те, що в зоні мономолекулярної адсорбції не відбувається поглинання водяних парів у всіх зразків. У другій зоні паралельно з процесом адсорбції відбувається розширення пористої структури. На початку адсорбції водяної пари на зразках желейного мармеладу з попередньо видаленою вологою заповнюється найбільш активна поверхня дрібних пор до певної вологості. Максимальне заповнення цих пор приводить до виникнення в них великого осмотичного тиску, внаслідок чого відбувається їх розширення і утворення нових пористих просторів, які починають заповнюватись водою в процесі подальшої адсорбції. Аналіз ізотерм сорбції (табл. 1) показав, що всі види мармеладу на карагенані у ІІ зоні, тобто в зоні полімолекулярної адсорбції, проявляють сорбційні властивості.

Згідно з нормативною документацією зберігання мармеладу треба проводити при $\phi = 70—75\%$ ($a_w = 0,70—0,75$). У табл. 2 наведено значення рівноважної вологи для мармеладу на воді та молоці при заданих параметрах.

При $a_w = 0,70$ мармеладні маси на воді мають такі значення рівноважної вологості: на фруктозі — 26%; на лактитолі — 17%; на цукрі білому кристалічному — 16%; на суміші лактитол і фруктози — 23%.

При тих же умовах мармеладні маси на молоці мають такі значення рівноважної вологості: на фруктозі — 24%; на лактитолі — 13%; на цукрі білому — кристалічному — 14%; на суміші лактитолу і фруктози 17%.

Таблиця 2. Вміст води по зонах сорбції

Мармелад на основі	Вміст води по зонах сорбції, см ³ /г мармеладу виготовленого на:			
	$a_w = 0,70$		$a_w = 0,75$	
	вода	молоко сухе цільне	вода	молоко сухе цільне
цукор	0,16	0,14	0,18	0,17
фруктоза	0,26	0,24	0,30	0,28
лактитол	0,17	0,13	0,19	0,15
Суміш лактитолу і фруктози (1:1)	0,23	0,17	0,25	0,19

Отримані дані свідчать про те, що при $a_w = 0,70$ зразки мармеладної маси на молоці мають меншу рівноважну вологість, ніж зразки на воді.

Так, усі зразки, за винятком зразка на фруктозі, будуть віддавати вологу, що в подальшому призведе до черствіння мармеладу. Найбільше це стосується мармеладної маси на лактитолі, менше - мармеладної маси на суміші лактитолу і фруктози.

Для забезпечення гарантійних термінів зберігання, враховуючи дані проведених досліджень, рекомендуємо вводити в рецептуру мармеладу на молоці сорбітол як вологоутримувальний компонент у кількості 2% до готової мармеладної маси для всіх зразків, крім зразка на фруктозі, тому що фруктоза сама володіє вологоутримувальними властивостями. В табл. 3 наведено вміст вологи по зонах сорбції у мармеладі, виготовленому на молоці, та мармеладі, виготовленому на молоці з додаванням сорбітолу.

При дослідженні зразків желейного мармеладу ($a_w = 0,75$), виготовленого на молоці з додаванням сорбітолу, отримали такі значення рівноважної вологи: на цукрі білому кристалічному — 22%, що на 29% більше, ніж у зразка на молоці без додавання сорбітолу; у зразка на лактитолі — 20%, що на 33% більше, ніж у зразка на молоці без додавання сорбітолу; на суміші лактитол і фруктоза — 24%, що на 26% більше, ніж у зразка на молоці без додавання сорбітолу.

Таблиця 3. Вміст вологи по зонах сорбції

Мармелад на основі	Вміст води по зонах сорбції, см ³ /г мармеладу виготовленого на:					
	І зона ($a_w = 0,00—0,25$)		ІІ зона ($a_w = 0,25—0,75$)		ІІІ зона ($a_w = 0,75—1,98$)	
	молоко	молоко сорбітол	молоко	молоко сорбітол	молоко	молоко сорбітол
цукор	0,00—0,00	0,00—0,00	0,00—0,17	0,00—0,22	0,17—1,30	0,22—1,42
лактитол	0,00—0,00	0,00—0,00	0,00—0,15	0,00—0,20	0,15—1,50	0,20—1,60
суміш лактитолу і фруктоза (1:1)	0,00—0,00	0,00—0,00	0,00—0,19	0,00—0,24	0,19—1,6	0,24—1,60

Зважаючи на отримані результати, рекомендуємо мармелад на цукрі, лактитолі та суміші лактитолу і фруктози уварювати до 80% сухих речовин. Для запобігання процесу черствіння або намокання мармеладу в процесі зберігання мармелад варто пакувати на виробництві у водонепроникну тару.

Висновки. Проведені дослідження показали, що всі види мармеладу на карагенані у II зоні (полімолекулярної адсорбції) проявляють сорбційні властивості. При $a_w = 0,70$ мармеладні маси на воді мають такі значення рівноважної вологості: на фруктозі — 26%; на лактитолі — 17%; на цукрі білому кристалічному — 16%; на суміші лактитол і фруктоза — 23%. При тих же умовах мармеладні маси на молоці: фруктоза — 24%; лактитол — 13%; цукор білий кристалічний — 14%; суміш лактитолу і фруктози — 17%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Артамонова М. В. Технологія мармеладу желейного з використанням кріаспорошків рослинного походження / М. В. Артамонова, Г. М. Лисюк, Н.Ф. Туз. — Х. : ХДУХТ, 2015. — 134 с.
2. Магомедов Г. О. Новое в технике и технологии мармелада функционального назначения: монография / Г. О. Магомедов, И. Х. Арсанукаев, А. Я. Олейникова, Л. А. Лобосова. — Н Воронеж: ВГТА, 2009. — 206 с.
3. Казанцев Е. В. Влияние разных видов гидроколлоидов на структуру и сохранность сахаристых кондитерских изделий студнеобразной консистенции: обзор. / Е. В. Казанцев, Н. Б. Кондачев, М. В. Осипов, О. С. Руденко // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. — 2020. — Том 82 (№2). — С. 107—115.
4. Матяс Д. С. Оптимізація рецептурного складу желейного мармеладу з пониженим вмістом цукру / Д. С. Матяс, Ю. В. Камбулова, А. М. Дорохович, І. В. Мандзюк // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2017. — № 3. — С. 221—232.
5. Чумакова Д. А. Влияние природы структурообразователя на параметры качества желейного мармелада / Д. А. Чумакова, Г. П. Лапина // Вестник ТвГУ. Серия: Биология и экология. — 2018. — № 2. — С. 63—68.
6. Камбулова Ю. В. Аналіз якості плодкових і ягідних пюре для виробництва мармеладу / Камбулова Ю. В., Оверчук Н. О. // Харчова промисловість. — 2015. — № 2. — С. 46—50.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ И ДЕСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАРМЕЛАДА

А. Л. Лысенко

Винницкий торгово-экономический институт КНТУ

Общая влажность продукта указывает на количество влаги в нем, но не характеризует ее причастность к химическим, биохимическим и микробиологическим изменениям в продукте. В обеспечении его устойчивости при хранении важную роль играет соотношение свободной и связанной влаги. В статье описаны изменения массовой доли диффузных процессов перераспределения свободной и связанной влаги и потери влаги в окружающую среду, что в дальнейшем влияет на изменение структуры мармелада, вследствие чего происходит черствение готовых изделий.

По результатам исследований рекомендовано при изготовлении мармелада на сахаре, лактитоле и смеси лактитола и фруктозы проводить уваривание до 80% сухих веществ. Для предотвращения процесса черствения или намокания в процессе хранения рекомендуем мармелад паковать на производстве в водонепроницаемую тару.

Ключевые слова: мармелад, сорбция, десорбция, диффузные процессы, сахар, фруктоза, лактитол.

УДК 664.858:658.511.3

QUALITY OF BUTTER COOKIES WITH THE USE OF GREEN BUCKWHEAT FLOUR, CHICORY AND CEROPA

I. Horodetska, Yu. Kambulova, O. Kokhan, N. Oleksienko

*National University of Food Technologies***Key words:**

butter cookies,
carob,
green buckwheat flour,
chicory

Article history:

Received 10.09.2020
Received in revised form
09.10.2020
Accepted 20.12.2020

Corresponding author:

Kambulova.julya@ukr.net

ABSTRACT

The article presents an analysis of the chemical composition of carob, chicory and green buckwheat flour for use in the technology of butter cookies. The influence of raw materials on the quality of dough and finished products is shown. The water absorption capacity of green buckwheat flour, which affects the structural and mechanical properties of the dough, the maximum amount of buckwheat flour to replace wheat; the content of chicory and carob (5% by weight of flour mixture) for enrichment of cookies with biologically active substances is substantiated; an assessment of the quality of prototypes of butter biscuits by organoleptic parameters is presented. Thanks to the research, it was possible to use green buckwheat flour in the amount of 50% to replace wheat in the recipes of butter cookies. This will enrich the product with valuable biologically active substances, including a significant amount of essential amino acids and antioxidants. The high water absorption capacity of green buckwheat flour has been established, which leads to the increase of dough plasticity. The possibility of using chicory and carob to enrich the color and flavor range of products, increase the nutritional value is proved.

It was found that the addition of chicory strengthens the gluten skeleton of flour, which can be explained by the introduction into the dough of a significant amount of polysaccharides, including insoluble, as well as minerals and organic acids. The effect of improving the consistency is transmitted to the finished butter cookies. Products with the application of 5% chicory root powder had a crumbly consistency, typical of butter cookies, and the application of 10% — it was somewhat strengthened.

It was also found that with the addition of carob and chicory, as well as with an increase in buckwheat flour content over 50% to replace wheat flour, the mass fraction of dough moisture decreases, the modulus of viscosity increases (5—10%) and the modulus of elasticity (3—7%).

The new products will be in demand in the market, as they will expand the range of health products, which will achieve economic and social effects.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-9

ЯКІСТЬ ЗДОБНОГО ПЕЧИВА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БОРОШНА ЗЕЛЕНОЇ ГРЕЧКИ, ЦИКОРІЮ І КЕРОБУ

І. М. Городецька, здобувач

Ю. В. Камбулова, д-р. техн. наук

О. О. Кохан, канд. техн. наук

Н. В. Олексієнко, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано хімічний склад кербу, цикорію і борошна зеленої гречки з метою використання в технології здобного печива. Показано вплив сировинних інгредієнтів на якість тіста і готових виробів. Визначено водопоглинальну здатність борошна зеленої гречки, структурно-механічні показники тіста. Встановлено максимальну кількість гречаного борошна для заміни пшеничного, обґрунтовано вміст цикорію і кербу (по 5% до маси борошняної суміші), представлено оцінку якості дослідних зразків здобного печива за органолептичними показниками.

Новинки дають змогу розширити асортимент продуктів, спрямованих на охорону здоров'я, та домогтися економічних і соціальних ефектів.

Ключові слова: *здобне печиво, керб, борошно зеленої гречки, цикорій.*

Постановка проблеми. Борошняні кондитерські вироби належать до важливих і улюблених компонентів харчового раціону дорослих, дітей і підлітків, однак більшість із них має низький вміст вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон. Дефіцит БАР у харчуванні людей є серйозною проблемою в нашій країні. У зв'язку з цим останнім часом усе більше уваги в кондитерській промисловості стали приділяти розробці і випуску виробів для здорового харчування, до складу яких входять природні джерела БАР. Окрім цього, заслуговують на увагу ті види сировини, які мають комплекс корисних елементів, що забезпечує не тільки підвищення вмісту есенціальних елементів, але й здатність регулювати їх перетворення в ході зберігання.

Зелена гречка — багате джерело білка та амінокислот. У її хімічному складі є всі 8 незамінних амінокислот, вона містить до 155 мг/100 г антиоксидантів. На підставі практично повної відсутності в складі білків проламіну її відносять до безглютенної культури і рекомендують до використання в дієтичному харчуванні. Серед рослинних джерел білки зерна гречки мають одну з найбільш високих оцінок за біологічною цінністю. Крім того, в зерні гречки більше, ніж в інших зернових, таких вітамінів, як тіамін, рибофлавін, нікотинова кислота, токоферол. Слід відзначити також багатий мінеральний склад зерна гречки, в ньому особливо багато заліза (6—10 мг %), цинку (2—3 мг %) і селену (2—5 мкг %). Унікальним також є вміст біофлавоноїдів. За вмістом харчових волокон у крупі гречка істотно перевершує всі інші злаки. Встановлено, що біологічно активні компоненти зерна гречки сприятливо діють на здоров'я людини. Серед продуктів переробки зеленої гречки заслуговує на увагу борошно, яке характеризується високим виходом і вмістом корисних біологічно-активних речовин [1—3].

Цикорієм легко можна замінити каву, але, крім цього, рослина є справжнім джерелом вітамінів та інуліну. У кореневій частині цикорію міститься до 75% інуліну

(органічної речовини, природного полісахариду, який використовується в діабетичному харчуванні). Інулін легко засвоюється і стає потужним пребіотиком. При регулярному споживанні цикорію підвищуються захисні функції організму до шкідливих бактерій та вірусів. Цикорій має низьку калорійність — 21 Ккал на 100 г продукту, тому його можуть вживати люди, які прагнуть позбавитися зайвої ваги [4—6].

Кероб — порошок, що виготовляють з висушених плодів ріжкового дерева. Як продовольча сировина стручки ріжкового дерева майже не досліджувались, але останнім часом привертають увагу як інгредієнт борошняних кондитерських виробів для заміни какао-порошку. Кероб цінний натуральними харчовими волокнами та фенольними антиоксидантами, які сприятливо впливають на мікрофлору кишечника, має характерний запах, що нагадує какао, тому його можна використовувати в різних кількостях, при цьому не змінюється запах кінцевого продукту. На відміну від бобів какао, вживання керобу знижує кількість цукру, оскільки коефіцієнт солодкості керобу складає 0,5—0,6 від солодкості цукру. Енергетична цінність керобу практично вдвічі нижча за какао, при цьому велика кількість калорій припадає на цукор. У харчовій промисловості кероб використовують як замітник какао та шоколаду, а також як стабілізатор і загусник. На відміну від какао, кероб не містить психотропних речовин (кофеїну й теоброміну), які можуть призводити до звикання та алергічних реакцій організму людини, оксалатів, що зв'язують кальцій і сприяють утворенню ниркових каменів і щавлевої кислоти, яка не дає організму засвоювати кальцій і цинк. Практично не містить холестерину і жирів. Завдяки внесенню керобу виробу збагачуються клітковиною, вітамінами групи В, ретинолом, кальциферолом, фосфором, магнієм, міддю, калієм [7—9].

Метою статті є науково-практичне обґрунтування можливості використання в технології здобного печива борошна із зеленої гречки, керобу та цикорію.

Матеріали і методи. Використовувались органолептичні, фізико-хімічні, експериментально-статистичні методи. Сировина для досліджень за показниками якості відповідала вимогам чинної нормативної документації: борошно пшеничне — ДСТУ 46.004-99; масло вершкове — ДСТУ 4399:2005; яйця курячі — ДСТУ 5028:2008; цукор білий кристалічний — ДСТУ 4623:2006; цикорій — ДСТУ 8212:2015; кероб згідно із сертифікатом відповідності; борошно гречане — ДСТУ 7702:2015.

Якість сировини, напівфабрикату і готових виробів визначали за загальноприйнятими методиками [10]; органолептичні показники готового продукту — на відповідність ДСТУ 3781:2014 «Печиво. Загальні технічні умови» [11]. Водопоглинальну здатність — на фаринографі Брабендера; кількість клейковини і її якість оцінювали за методикою [12]; структурно-механічні властивості тіста для здобного печива — на структурометрі СТ-1 [13].

Результати дослідження. Збагачення борошняних кондитерських виробів продуктами натурального походження має перевагу перед препаратами, отриманими шляхом мікробіологічного або хімічного синтезу, тому що всі поживні речовини, що містяться в їхньому складі, знаходяться у вигляді природних сполук і мають ту форму, яка краще засвоюється організмом.

Для вдосконалення рецептур здобного печива використовували борошно із зеленої гречки, корінь цикорію та кероб. На першому етапі досліджень вивчили органолептичні показники здобного печива з різними дозуваннями борошна зеленої гречки, яку додавали на заміну борошна пшеничного.

Процес приготування печива проводили за традиційною технологічною схемою [14]: збивання цукру з вершковим маслом, меланжем і замішування тіста, формування тістових заготовок, випікання. Борошно із зеленої гречки вносили в таких процентних співвідношеннях із борошном пшеничним: 20:80, 40:60, 50:50, 60:40, 80:20. Органолептична оцінка печива представлена в табл. 2.

Таблиця 2. Органолептична характеристика здобного печива з різним вмістом борошна з зеленої гречки

Найменування показника	Контрольний зразок	Вміст борошна із зеленої гречки, % до маси пшеничного борошна				
		20	40	50	60	80
Зовнішній вигляд	Округла форма, краї рівні, поверхня без тріщин	Округла, краї рівні, поверхня без тріщин				
Колір	Рівномірний, світло-жовтий	Рівномірний світло-жовтий		Рівномірний, золотисто-жовтий, з більш темною нижньою поверхнею		
Смак та запах	Без сторонніх присмаків і запахів			Без сторонніх запахів, з приємним присмаком гречаного борошна		3 вираженим запахом і смаком гречаного борошна
Вигляд на зломі	Рівномірно пористий, без пустот					

Органолептична оцінка виробів показала, що печиво із суміші пшеничного і гречаного борошна в усіх використаних співвідношеннях мало правильну форму, рівні краї, на поверхні не прослідковувались тріщини. Печиво характеризувалось рівномірним забарвленням, від світло- до золотисто-жовтого кольору, за концентрацій борошна із зеленої гречки понад 50% нижня поверхня печива мала більш виражений темний колір. Також зі збільшенням частки гречаного борошна в суміші посилювався специфічний аромат, притаманний гречці. В усіх дослідних зразках спостерігалась рівномірна пористість, не відзначались пустоти. Отже, враховуючі отримані дані можна рекомендувати введення борошна із зеленої гречки до складу здобного печива в кількості не вище 60% на заміну борошна пшеничного.

На наступному етапі досліджень встановлювали допустимі межі внесення кореню цикорію і керобу. Порошок з кореня цикорію являє собою світло-коричневу масу з легким пряним ароматом. Кероб відрізняється темно-коричневим, шоколадним кольором, специфічним ароматом. Тому рекомендована кількість внесення цикорію і керобу в кондитерські борошняні вироби, за літературними даними, не перевищує 10...15% до маси борошна [4; 7—8]. Для визначення оптимального вмісту цикорію і керобу дослідили органолептичні показники якості здобного печива, в рецептурах

яких обрали концентрації добавок по 5%...20% до маси борошняної суміші (борошна пшеничного і борошна зеленої гречки).

Таблиця 2. Органолептичні показники здобного печива з керобом і цикорієм

Кількість добавки	Показники якості				
	Колір	Смак	Аромат	Форма	Консистенція
5%	Світло-коричневий	Більш цікавий смак. Не має вираженого смаку керобу та цикорію	Нижній аромат з вершковими нотами, з відтінком керобу і цикорію	Відповідає заданій	Розсипчаста
8%	Темно коричневий	Виражений смак керобу та цикорію	Аромат з вершковими нотами, з вираженим ароматом керобу і цикорію	Відповідає заданій	Розсипчаста, але більш щільна, порівняно з контрольним зразком
12%	Темно коричневий	Виражений смак керобу та цикорію	Більш яскраво виражений аромат керобу та цикорію	Відповідає заданій	Щільна
20%	Темно коричневий	Виражений смак керобу та гіркота цикорію	Характерний запах керобу та цикорію	Відповідає заданій	Щільна

Результати, представлені в табл. 2, свідчать про суттєвий вплив добавок на смакові властивості печива. Так, додавання по 5% керобу і цикорію надає продукції приємного аромату, світло-коричневого кольору. Більші концентрації — 8...20%, обумовлюють у печиві виражений смак керобу і цикорію, гіркоту, здобне печиво втрачає характерний нижній вершковий аромат.

Також при додаванні керобу і цикорію по 8% і вище змінюється консистенція печива, що призводить до ущільнення його консистенції і втрати розсипчастості. Тому можливим є додавання як цикорію, так і керобу в кількостях, що не перевищують 5% до маси борошна.

З огляду на рекомендації щодо кількості внесення борошна із зеленої гречки, керобу і цикорію в рецептуру здобного печива проведено аналіз фізико-хімічних показників готової продукції на відповідність вимогам ДСТУ 3781 «Печиво. Загальні технічні умови» (табл. 3).

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники здобного печива з борошном зеленої гречки, керобом і цикорієм

Найменування показника	За ДСТУ	Дослідний зразок
Масова частка вологи, %, не більше	15,5	11,2
Намочуваність, %, не менше	110	125
Лужність, °, не більше	2	1,5

Установлено, що продукція за всіма фізико-хімічними показниками відповідає вимогам чинної документації. Дослідний зразок не перевищує вимоги за масовою часткою вологи, лужністю, має гарну намочуваність.

Отже, результати досліджень застосування борошна із зеленої гречки, керобу і цикорію в рецептурі здобного печива показують можливість і перспективність їх використання.

Водночас залишаються невизначеними питання корегування режимів і умов проведення технологічного процесу. Одним з таким важливих питань є дослідження структурно-механічних властивостей тіста, які визначатимуть його поведінку в процесі замішування і формування виробів. На нашу думку, найбільший вплив на консистенцію тіста здійснюватиме борошно із зеленої гречки, кількість якого досить висока у складі борошняної суміші. Оцінку надавали за водопоглинальною здатністю борошна і структурно-механічними показниками тіста для здобного печива.

На рис. 1 представлено водопоглинальну здатність борошна пшеничного і борошна зеленої гречки, і показано, що між зразками існує невелика різниця.

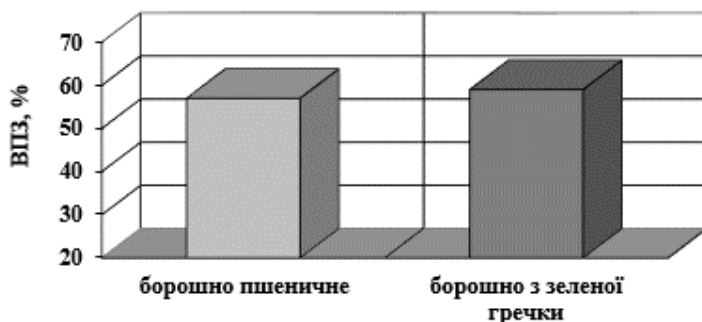


Рис. 1. Водопоглинальна здатність борошна пшеничного (літературні дані) і борошна із зеленої гречки

Так, за літературними даними, водопоглинальна здатність борошна пшеничного коливається в межах 56...73% [15—16], а водопоглинальна здатність зразка борошна із зеленої гречки становить 58,5%. Отже, суттєвого впливу на водопоглинання борошняної суміші борошно із зеленої гречки не здійснює. Отримані дані узгоджуються із результатами, висвітленими в [17]. Авторами доведено, що заміна борошна пшеничного на борошно із зеленої гречки в кількості до 20...25% в технології сухарних виробів не впливає на водопоглинальну здатність тіста і на показник масової частки вологи.

Проте додавання борошна із зеленої гречки змінює пружно-в'язкісні характеристики тіста для здобного печива. У табл. 4 показано, що додавання борошна із зеленої гречки сприяє збільшенню модуля в'язкості (на 5—10%) і модуля пружності (на 3—7%).

Таблиця 4. Структурно-механічні показники якості тіста для здобного печива

Досліджувані зразки	Масова частка вологи, %	Модуль пружності, 10^{-3} Н/м ²	В'язкість, 10^{-5} Н х с/м ²
Контроль	18,9±0,3	26,7	14,3
50:50	18,7±0,3	27,96	15,66
60:40	18,3±0,3	28,56	16,34

Це пояснюється додатковим внесенням у систему харчових волокон, слизей, гуміречовин та інших полісахаридів, зменшенням вмісту білків, що утворюють клейковину. Результат узгоджується з науковими даними [18], які доводять, що додавання до пшеничного борошна борошно із зеленої гречки в кількості 20% знижує

вміст сирії та сухої клейковини. Менший вплив на структуру здійснюється за співвідношення пшеничного борошна і борошна з зеленої гречки — 50:50. При цьому слід відмітити, що показник масової частки вологи тіста суттєво не змінюється.

Отже, тісто для здобного печива на основі суміші борошна пшеничного і борошна із зеленої гречки відрізнятиметься параметрами замішування та формування. Вочевидь, збільшення пружності і в'язкості тіста сприятиме збільшенню часу замішування тіста, зменшенню температури тіста, що потребує проведення додаткових експериментальних або виробничих досліджень.

Висновки. Завдяки проведеним дослідженням було встановлено можливість використання борошна із зеленої гречки на заміну пшеничного в рецептурах здобного печива. Максимально можливе його дозування без погіршення органолептичних показників готової продукції складає 60%.

Доведено можливість використання цикорію і керобу для збагачення кольорової і смако-ароматичної гами виробів. Встановлено, що добавки забезпечують високі органолептичні показники здобного печива в кількості по 5% до маси борошняної суміші.

Нова продукція матиме попит на ринку, оскільки розширить асортимент продукції оздоровчого спрямування, завдяки чому буде досягнутий економічний і соціальний ефект.

ЛІТЕРАТУРА

1. Химический состав пищевых продуктов. Книга 2. / под ред. И. М. Скурихина и М. Н. Волгарева. — М.: Агропромиздат, 1987. — 360 с.
2. Мука гречневая — химический состав, пищевая ценность. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://https://fitaudit.ru/food/157582>.
3. Состав и пищевая ценность гречневой крупы [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://nalugah.ru/zernovye/grechka/grechka-bzhu.html>.
4. Рудавська Г. Б. Підвищення якості харчових продуктів із цикорію шляхом раціоналізації процесу переробки / Г. Б. Рудавська, І. В. Хахалева, М. І. Бузіян. // Збірник наукових праць ХДУХТ «Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі», 1 (25), — 2017. — С. 270—280.
5. Миколайко В. П. Хімічний склад сортів та селекційних номерів цикорію коренеплідного селекції уманської дослідно-селекційної станції інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків / В. П. Миколайко // Селекція і насінництво. — 2015. — № 107. — С. 115—121.
6. Нахмедов Ф. Г. Технология кофепродуктов / Ф. Г. Нахмедов. — М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1984. — 180 с.
7. Бойдуник Р. М. Перспективи використання керобу в кондитерській промисловості / Р. М. Бойдуник // Вісник Львівської комерційної академії. Серія товаровознавча. — 2014. — Вип. 14. — С. 117—120.
8. Кероб [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://valyen.com/carob.html>.
9. Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre. / Owen R. W., Haubner R., Hull W. E., Erben G., Spiegelhalter B., Bartsch H. & Haber B. // Food and Chemical Toxicology. — 2003. — № 41. — P. 1727—1738.
10. Лурье И. С. Технохимический и микробиологический контроль в кондитерском производстве: справочник / Лурье И. С., Скокан Л. Е., Цитович А. П. — Москва: Колос, 2003. — 416 с.
11. Печиво. Загальні технічні умови: ДСТУ 3781-98. — [Чинний від 01.07.2008]. — К.: Держспоживстандарт України, 2008. — 19 с. — (Національний стандарт України).
12. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв / за ред. В. І. Дробот. — К.: Центр навч. літ-ри, 2006. — 341 с.

13. Еркебаев М. Ж. Основы реологии пищевых продуктов / М. Ж. Еркебаев, Т. К. Кулажанов, Е. Б. Медведков. — Алматы, 2006. — 298 с.

14. Технологія та лабораторний практикум кондитерських виробів і харчових концентратів: навч. посіб. / за ред. проф. А. М. Дорохович і проф. В. М. Ковбаси. — К.: Фірма «ІНККОС», 2015. — 632 с.

15. Жигунов Д. О. Визначення показників якості борошна з різних систем технологічного процесу при сортовому помелі пшениці / Д. О. Жигунов, В. П. Ковальова, А. І. Мороз // Зернові продукти і комбікорми. — 2017. — vol. 17, І. 4. — С. 30—36.

16. Шелудько В. М. Дослідження зміни водопоглинальної здатності пшеничного борошна з додаванням білкововмісної сировини / В. М. Шелудько, І. Б. Рудукан // Хранение и переработка сырья. — 2019. — № 12.

17. Study of the influence of buckwheat flour and flax seeds on consumption properties of long-stored bakery products / Y. Bondarenko, L. Mykhonik, O. Bilyk, O. Kochubei-Lytvynenko, G. Andronovich, I. Hetman // «EUREKA: Life Sciences». — 2019. — № 4. — С. 9—18 — Режим доступу: DOI : 10.21303/2504-5695.2019.00973.

18. Вплив борошна з зеленої та з темної гречки на якість клейковини та структурно-механічні властивості тіста / Остронос А., Чичикало Ю., Чернишова М., Михонік Л. // Матеріали 85 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті», присвяченій 135-річчю Національного університету харчових технологій, 11—12 квітня 2019 р. — К.: НУХТ, 2019 р. — Ч. 1. — С. 190.

КАЧЕСТВО СДОБНОГО ПЕЧЕНЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУКИ ЗЕЛЕННОЙ ГРЕЧКИ, ЦИКОРИЯ И КЕРОБА

И. М. Городецкая, Ю. В. Камбулова, Е. А. Кохан, Н. В. Алексеенко
Национальный университет пищевых технологий

В статье приведен анализ химического состава кербоба, цикория и муки из зеленой гречки с целью использования в технологии сдобного печенья. Показано влияние сырьевых ингредиентов на качество теста и готовых изделий. Определена водопоглотительная способность муки зеленой гречки, структурно-механические показатели теста для сдобного печенья, установлено максимальное количество гречневой муки для замены пшеничной; обоснованно содержание цикория и кербоба (по 5% к массе мучной смеси) для обогащения печенья биологически активными веществами; представлена оценка качества опытных образцов сдобного печенья по органолептическим показателям.

Новинки позволяют расширить ассортимент продуктов, направленных на охрану здоровья, а также добиться экономических и социальных эффектов.

Ключевые слова: сдобное печенье, кербоб, мука из зеленой гречки, цикорий.

УДК 637.1:641.1

COMBINATION OF RAW MATERIALS IN TECHNOLOGY OF DRY MULTI-COMPONENT MILK MIXTURES

A. Pukhliak, O. Kochubei-Lytvynenko, I. Tykhonchuk, S. Onofriey*National University of Food Technologies***Key words:**

cocoa powder,
coniferous powder,
licorice root powder,
calcium caseinate,
dry milk multi-component
mixtures for hot drinks

Article history:

Received 17.10.2020

Received in revised form

18.11.2020

Accepted 20.12.2020

Corresponding author:

agpukh@ukr.net

ABSTRACT

Given the problems of seasonality of milk processing, as well as increasing consumer demand for foods of high consumer value and ease of preparation for consumption, it is important to produce dry products, including dry multi-component milk mixtures (DMCM), which have a number of advantages—shelf life, compactness, fast recovery and processing, convenience in transportation.

The aim of the work was to develop new types of dry multi-component milk mixtures for hot drinks through the use of non-traditional raw materials. The developed products must have high nutritional characteristics and have additional functional and prophylactic properties. To solve this goal, the range of dry multi-component milk mixtures and the prospects of using new technological and functional ingredients of plant origin to create new types of dry mixes for hot drinks have been studied.

The expediency of using in the technology of dry multi-component milk mixtures for hot drinks carob powder and licorice root powder as flavoring ingredients, and calcium caseinate to increase the protein content has been proved.

It was found that the introduced flavor ingredients cause a change in the soluble properties of the multicomponent product. Locust bean powder (carob) is almost insoluble and settles after product recovery, so it is recommended to mix the hot drink immediately before use. However, the use of licorice root powder increases the solubility of the dry system and as a result of reduction the product acquires a homogeneous liquid consistency and rich taste. It is noted that the use of calcium caseinate increases the viscosity of the reconstituted product and thus causes the formation of a uniform consistency and slows down the formation of a precipitate of undissolved particles of dry product during the preparation of a hot beverage.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-10

КОМБІНУВАННЯ СИРОВИНИ В ТЕХНОЛОГІЇ СУХИХ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ МОЛОЧНИХ СУМІШЕЙ

А. Г. Пухляк, канд. техн. наук

О. В. Кочубей-Литвиненко, канд. техн. наук

І. С. Тихончук, аспірант

С. Ф. Онофрей, магістр

Національний університет харчових технологій

У статті розроблено нові види сухих багатокомпонентних молочних сумішей. Вивчено асортимент сухих багатокомпонентних молочних сумішей і перспективи використання нових технологічно-функціональних інгредієнтів рослинного походження для створення нових видів сухих сумішей для гарячих напоїв.

Доведено доцільність використання у складі сухих багатокомпонентних молочних сумішей для гарячих напоїв натуральних смакових інгредієнтів — порошку ріжкового дерева та порошку кореню солодки, а для підвищення вмісту білкової складової — казеїнату кальцію. Виявлено, що внесені смакові інгредієнти обумовлюють зміну розчинних властивостей багатокомпонентного продукту. При цьому порошок ріжкового дерева (кероб) є майже нерозчинним і після відновлення продукту осідає, тому рекомендується безпосередньо перед вживанням додатково перемішати гарячий напій. Використання порошку з кореня солодки також не підвищує розчинність сухої системи, однак відновлений продукт набуває насиченого смаку, а після перемішування — однорідної рідкої консистенції. Доведено, що використання казеїнату кальцію забезпечує підвищення в'язкості відновленого продукту.

Ключові слова: какао порошок, порошок ріжкового дерева, порошок кореню солодки, казеїнат кальцію, сухі багатокомпонентні молочні суміші для гарячих напоїв.

Постановка проблеми. Сьогодення вимагає від технологів розроблення технології харчових продуктів поліпшених споживних властивостей, зі зниженою енергетичною, підвищеною харчовою цінністю та збагаченим складом основних та мікронутрієнтів. Зважаючи на це, комбінування молочної сировини з продуктами переробки рослинництва (зернових культур, фруктових та овочевих порошоків, паст, пюре, концентратів тощо) в технології молочних продуктів є актуальною проблемою.

У сучасних умовах ритм життя став інтенсивнішим, тому дедалі популярнішими стають продукти, що мають високу біологічну цінність і простоту підготовки до споживання. З огляду на проблеми сезонності переробки молока і дефіциту молочної сировини, актуальним є виробництво сухих продуктів, зокрема сухих багатокомпонентних молочних сумішей. Сухі багатокомпонентні молочні суміші (СБМС) — це сухі молочні продукти, виготовлені з додаванням необхідних компонентів, харчових добавок, цукру або цукрозамінників, смакових наповнювачів. Виробництво СБМС має ряд переваг: тривалість зберігання, компактність, можливість швидкого приготування і переробки, зручність при транспортуванні [1; 2].

До сухих молочних багатокомпонентних сумішей відносять сухі суміші для коктейлів, кавових напоїв, пудингів, морозива, кремів, суху маслянку з яблучним соком, сухі розчинні кавові напої, сухі десертні суміші, сухі молочні круп'яні суміші тощо. Застосування різноманітних компонентів дає змогу отримати продукти з унікальним складом і властивостями [3].

Основою рецептурного складу СБМС є молоко сухе незбиране або знежирене, що забезпечує поживну та біологічну цінність створеного продукту. Казеїнати широко використовуються як білкові добавки для збагачення молочних (плавлені сири, дитячі та дієтичні продукти тощо), м'ясних, рибних, зернових продуктів, а також як стабілізатори структури в технології морозива, сумішей для збивання, пудингів, кремів, сметани, йогурту, згущеного молока тощо [6; 7].

Серед компонентів, якими можливо збагатити СБМС сухі молочно-рослинні концентрати, використовують плоди, фрукти, овочі та продукти їх переробки. Ці вироби мають високу харчову та біологічну цінність і є основою для напоїв, морозива, пюре тощо.

Науковцями НУХТ розроблено значний асортимент сухих багатоконпонентних сумішей різноманітного складу та призначення.

Сухі багатоконпонентні суміші для коктейлів. Як рослинний наповнювач обрано гречку з інуліном, цикорну суміш з женьшенем, БАД «Женьшень у клітковині», БАД «Пектин гарбуза в клітковині». В результаті використання біологічно активних добавок «Женьшень у клітковині», «Пектин гарбуза в клітковині», «Гречка з інуліном» у технології сухих молочних десертних сумішей для коктейлів забезпечується приготування високоякісних, поживних харчових продуктів, які не потребують складного й тривалого оброблення [5].

Сухі десертні суміші. У рецептурах сухих десертних сумішей вдосконалено вуглеводний склад за рахунок використання природного цукрозамінника фруктози та наповнювачів рослинного походження, ячмінно-солодового екстракту, цикорію, топінамбуру, які надають продуктам оздоровчого характеру. Цикорій і топінамбур містять інулін та поліфруктани — інгредієнти функціонального призначення; ячмінно-солодовий екстракт (ЯСЕ) є джерелом біологічно повноцінних речовин. Фруктоза як цукрозамінник об'ємного типу бере участь у структуроутворенні [3; 5].

Сухі суміші для коктейлю на молочній основі. Для їх створення використано клітковину висівки гречки, клітковину солоду житнього, мигдаль подрібнений, шрот волоського горіха. Особливістю отриманого відновленого продукту є те, що в ньому залишається нерозчинна фракція, тому перед уживанням продукт рекомендується перемішати [2].

Сухі суміші для морозива. До їх складу входять суха молочна основа, фруктоза, сухі цикорій, топінамбур і плодово-ягідні соки, також інтегрована стабілізаційна система. Запропоновані рецептури морозива надають можливість отримати продукт оздоровчого та лікувально-профілактичного характеру стабільно високої в'язкості [4].

Молоко сухе з рослинними компонентами. Як сировину у його виробництві використовуються гідрогенізовані рослинні олії та солодовий екстракт. З метою подовження термінів придатності до споживання і запобігання окисленню ліпідів використовують сорбінову кислоту, кверцитин, вітамін С [3].

Науковцями Київського національного торговельно-економічного університету розроблено сухі розчинні кавові напої «Шкільний», «Здоров'я», «Цикорлакт». Їх виготовляють із суміші вторинної молочної сировини (знежиреного молока, маслянки, сироватки), із незбираного молока або вершків з додаванням наповнювачів (цукру, цикорію, полісолодового екстракту).

Сучасною тенденцією є використання заміників кави: цикорію, ячмінно-солодового екстракту, женьшеню тощо. Вони не містять кофеїн, який протипоказаний

до вживання деяким верствам населення, натомість збагачують продукти набором цінних мікронутрієнтів, надаючи їм профілактичного характеру.

Отже, завдяки використанню нетрадиційної сировини та застосуванню удосконалених технологічних рішень асортимент сухих багатокомпонентних молочних сумішей з кожним роком оновлюється та розширюється, що є актуальним напрямом наукового дослідження.

Метою дослідження є розроблення рецептур СБМС для гарячих напоїв з підвищеним вмістом молочного білка та натуральними смаковими інгредієнтами — сухими порошками з кореню солодки та ріжкового дерева (кероб) шляхом комбінування вмісту рецептурних компонентів і вивчення якісних характеристик багатофункціонального напою залежно від складу продукту.

За контроль була прийнята рецептура СБМС напою з какао-порошком.

Для досягнення поставленої мети сформульовано такі завдання:

- вивчення функціонально-технологічних характеристик обраних інгредієнтів ті визначення їх впливу на споживчі показники гарячих напоїв, виготовлених при відновленні розроблених СБМС;
- вибір інгредієнту для підвищення масової частки білка продукту та вивчення впливу дози його внесення на структурно-механічні показники готового продукту;
- вивчення якісних характеристик багатофункціонального напою залежно від складу продукту.

Матеріали і методи. У роботі використовували молоко сухе незбиране з масовою часткою жиру 26% згідно з ДСТУ 4273:2015, казеїнат кальцію згідно з чинною нормативною документацією; какао-порошок згідно з ДСТУ 4391:2005; сухий порошок ріжкового дерева (кероб) і сухий порошок кореню солодки згідно з чинною нормативною документацією.

Сухі багатокомпонентні молочні суміші (СБМС) для гарячих напоїв отримували шляхом сухого змішування компонентів відповідно до рецептур, наведених нижче. Гарячі напої відновлені отримували шляхом додавання гарячої води до попередньо виготовлених СБМС.

Органолептичні показники: смак і запах — визначали органолептично, застосовуючи ароматично-смакові сенсори; консистенцію, зовнішній вигляд і колір — візуально. Для отримання загальних органолептичних характеристик відновленого продукту використовували комплексну оцінку за п'ятибальною шкалою.

Для визначення фізико-хімічних показників застосовували стандартні методи досліджень. Масову частку води сухих сумішей, а також масову частку сухих речовин відновлених напоїв визначали на вологомірі Чижової, рефрактометричним способом і шляхом висушування до постійної маси системи за температури $(102 \pm 2)^\circ\text{C}$ у сушильній шафі (арбітражний метод).

Індекс розчинності сухих сумішей визначали центрифугуванням зразків відновленого продукту протягом 5 хв, після чого визначали за шкалою пробірки об'єм (cm^3) сирого осаду. За результат аналізу брали середнє арифметичне двох паралельних проб.

Точність отриманих результатів забезпечується три-, п'ятикратною повторюваністю дослідів та їх подальшою математичною обробкою за допомогою пакета стандартних програм Microsoft Office.

Результати дослідження. Одним із найбільш популярних смакових інгредієнтів для виготовлення гарячих напоїв є какао. Саме суха багатокомпонентна суміш з какао була обрана за контроль. Тому важливо порівняти споживчі характеристики

різних смакових інгредієнтів для визначенні їх дози в процесі розроблення рецептур СБМС для гарячих напоїв.

Какао — один з найбільш збалансованих і повноцінних харчових продуктів. У ньому міститься близько 10% білків, 14% цукрів, 32% жирів, сумарний вміст антиоксидантів 7 г/100 г, метилксантину 0,5—2%. На відміну від кави та чаю, в какао мало кофеїну, але більше теоброміну. В какао містяться вітаміни А, Е, В, В₂ тощо в межах від 0,2 до 2,4 мг/100 г, а також необхідні для людини мікроелементи [9; 10].

Ріжкове дерево відноситься до субтропічного вічнозеленого рослинного сімейства бобових *Ceratonia siliqua L.* Його батьківщиною вважають Середземноморські країни. Порошок ріжкового дерева (кероб) отримують із сушених плодів (стручків) [11; 12]. У порошок плодів ріжковому дереві наявні вітаміни групи В, вітамін РР, С, Е; холін; мінеральних речовини: калій, кальцій, магній, селен, купрум, манган, ферум, фосфор і натрій, а також харчові волокна, воду, золу та в невеликій кількості насичені жирні кислоти [13—16].

М'якоть плодів ріжкового дерева традиційно переробляють у порошок, сироп або спирт, а насіння використовують для отримання камеді ріжкового дерева — стабілізатора і згущувача, відомого як Е410, що широко використовується в харчовій промисловості [11; 14; 15].

Унікальні біологічні властивості керобу обумовлені наявністю таких з'єднань, як галова кислота, яка має антибактеріальні, антивірусні, антиоксиданті. Кероб не містить фенілетиламін, наявний у шоколаді. Також у цьому продукті немає речовини під назвою фроманін, що є сильним алергеном [12; 17].

Калорійність страв і напоїв з плодів ріжкового дерева нижча, ніж аналогічні показники продуктів, вироблених із застосуванням шоколаду і/або какао. Плоди ріжкового дерева солодкі, коефіцієнт солодкості керобу становить 0,5—0,6 цукру. Також у його складі відсутній кофеїн і теобромін, тому вживання продуктів, що містять Кероб, не викликає алергічних реакцій організму людини і різкого надходження запасу цукрів у крові, що провокує напади діабету [13—16; 18]. Порівняльна характеристика цінності какао і Керобу наведена в табл. 1.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика поживної та енергетичної цінності какао і керобу [13]

№	Найменування характеристики для продукту	Назва продукту	
		какао	кероб
1	Енергетична цінність	1789 кДж (428 кКал)	929 кДж (222 кКал)
2	Вміст білків	27%	4,6%
3	Вміст жирів	11%	0,6%
4	Вміст вуглеводів, в т. ч. сахарози	54% 0,5%	49% 40,5%

Нині кероб використовують у тих галузях, де раніше його застосування було рідкістю. Зокрема, в молочній промисловості при виготовленні сирів, йогуртів, а також як натуральний підсолоджувач при виробництві шоколадного морозива, глазури, шоколадного масла. При цьому аналіз літературних джерел показав, що кероб як замітник какао-порошку на молочних підприємствах у промислових масштабах практично не застосовується [19].

Корінь солодки — природна рослинна лікарська та технічна сировина. На території країн СНГ корінь солодки застосовується здавна і відомості про нього наводя-

ться у всіх відомих травниках. Препарати на його основі володіють широким спектром біологічної активності, проявляючи протизапальну, відхаркувальну, імуномодельную, противиразкову, протипухлинну та інші види дії. Основними біологічно активними речовинами кореню солодки є тритерпеноїдне з'єднання, головним чином гліциризинова кислота і флавоноїди (ліквіритин, рамноліквіритин, ізокверцитрин, рутин, сапонаретин, уралозид, астрагалін тощо, всього 27 флавоноїдів), вміст яких становить до 25 і 5% від сировини відповідно [20].

У Донецькому національному університеті економіки і торгівлі імені М. Туган-Барановського була розроблена технологічна схема виробництва напівфабрикату на основі сухого знежиреного молока з використанням сухого порошку кореню солодки. Його використання в технологіях структурованої десертної продукції обумовлює скорочення тривалості технологічних стадій, виробничих площ та енергоресурсів, поліпшення якості готової продукції, а головне — вирішення проблеми збагачення білкових речовин у харчуванні населення, запобігаючи таким чином виникненню багатьох захворювань [21; 22].

Науковцями НУХТ була досліджена можливість використання екстракту солодки в хлібопекарстві. Встановлено, що, маючи поверхневу активність, екстракт солодки зміцнює фізичні властивості тіста, що позитивно впливає на збереження свіжості хліба.

Як основу для СБМС пропонується використовувати сухе незбиране молоко з масовою часткою жиру (м.ч.ж.) 26% і казеїнат кальцію, що забезпечить підвищення вмісту білка продукту; як смакові та біологічно активні інгредієнти — порошок кореню солодки, кероб та їхню комбінація.

Отже, для створення нових видів СБМС для напоїв доцільно використовувати таку сировину: молоко сухе незбиране з масовою часткою жиру 26% згідно з ДСТУ 4273:2015; казеїнат кальцію згідно з чинною нормативною документацією; какао-порошок згідно з ДСТУ 4391:2005; сухий порошок ріжкового дерева (кероб) відповідно до гігієнічного висновку МОЗ України щодо можливості використання у технології харчових продуктів; сухий порошок кореню солодки згідно з чинною нормативною документацією; цукор згідно з ДСТУ 4626:2006; фруктозу згідно з ТУ У 74.8-2615600736-001:2007; сіль згідно з ДСТУ 4246:2003.

У результаті експерименту вивчали доцільність використання різних порошоків рослинного походження, таких як сухий порошок какао, сухий порошок ріжкового дерева (кероб), сухий порошок кореню солодки у складі СБМС для гарячих напоїв.

Виробництво сухих багатокомпонентних сумішей можливо здійснювати декількома способами: створення рідкої композиції суміші з подальшим висушуванням; сухе змішування компонентів; комбінація обох варіантів. Авторами було обрано спосіб сухого змішування компонентів. Для реалізації даної технології необхідно, щоб усі рецептурні компоненти мали однаковий агломеративний склад, що забезпечить рівномірне перемішування інгредієнтів.

Розширення асортименту СБМС можливе за використання різноманітних компонентів у своєму складі та зміни їх співвідношення. Для створення нових рецептур СБМС для гарячих напоїв за контроль було обрано рецептуру такого складу: молоко сухе незбиране — 55%, цукрова пудра — 32%, какао-порошок — 12,8% та сіль кухонна — 0,2%.

Також при вивченні обраних компонентів значна увага приділялась сумісності їх з молочною сировиною, гармонічному поєднанню між собою та їх органолептичним показником. Для цього було проведено експертне оцінювання всіх можливих композицій: створено суміші з різною масовою часткою смакових наповнювачів.

Для реалізації експерименту було проведено повний факторний експеримент, де за параметри оптимізації обрано органолептичну оцінку та в'язкість відновленого продукту, а факторами є вміст кожного рецептурного компоненту і температура відновлення продукту.

Як апріорну інформацію було обрано температуру приготування гарячих напоїв (відновлення сухих сумішей) 85...95°C та рецептуру суміші, обраної за контроль.

Враховуючи якісний склад обраних рецептурних інгредієнтів та, як варіант, заміну цукру на фруктозу, а також використання казеїнату кальцію для підвищення вмісту білка продукту, було визначено нульові рівні факторів та інтервал їх варіювання (табл. 2).

Для реалізації повного факторного експерименту його було розбито на декілька блоків, обравши параметри окремих факторів незмінними та виключивши певні інгредієнти для різних блоків експерименту. Таким чином сформували окремі блоки: 1 — з цукром (без фруктози, без какао-порошку), 2 — з фруктозою (без цукру, без какао-порошку), 3 — з фруктозою (без цукру, без порошку керобу), 4 — з фіксованим вмістом молока сухого незбираного (50 або 60%).

Таблиця 2. Параметри факторів оптимізації

Найменування фактору	Нульовий рівень фактора (x_{i0})	Інтервал варіювання (λ)	Нижній рівень фактора (x_{in})	Верхній рівень фактора (x_{ie})
Доза молока сухого незбираного, %	55,0	5,0	50,0	60,0
Доза казеїнату кальцію, %	3,0	2,0	1,0	5,0
Доза какао-порошку, %	20,0	5,0	15,0	25,0
Доза цукрової пудри, %	30,0	5,0	25,0	35,0
Доза фруктози, %	15,0	3,0	12,0	18,0
Доза керобу (порошок рожкового дерева), %	20,0	5,0	15,0	25,0
Доза порошку кореню солодки, %	0,4	0,1	0,3	0,5
Доза солі, %	0,3	0,2	0,1	0,5
Температура відновлення сухого продукту, °C	90	5	85	95

Визначення загальної органолептичної оцінки проводили за формулою:

$$K_0 = M_1 \cdot P_1 / P_{\text{баз1}} + M_1 \cdot P_1 / P_{\text{баз2}} + M_1 \cdot P_1 / P_{\text{баз3}} + M_1 \cdot P_1 / P_{\text{баз4}}, \quad (1)$$

де M_1 — коефіцієнт вагомості кожної з характеристик; P_1 — абсолютне значення кожної з характеристик (P_1 — смак, P_2 — аромат, P_3 — колір, P_4 — зовнішній вигляд та консистенція); $P_{\text{баз}}$ — значення відповідної характеристики кожного зразка.

Для оцінки якості відновлених сухих сумішей визначено коефіцієнти вагомості, які набирають таких значень:

$$M_1 = 0,3; M_2 = 0,2; M_3 = 0,2; M_4 = 0,3.$$

Сума всіх отриманих показників може мати максимальне значення «5». За умови, що $K_0 < 4,2$ бала, продукти відбракувалися.

Уточнення складу найкращих за якісними показниками рецептур здійснювали за методом Бокса-Вілсона. Отже, отримали чотири рецептури з різним співвідношенням складових, які визнані найкращими (табл. 3).

Таблиця 3. Рецептурний склад СБМС для гарячих напоїв, г/100 г

№	Рецептурні компоненти	Контроль, № 0	Рецептура № 1	Рецептура № 2	Рецептура № 3	Рецептура № 4
1	Молоко сухе незбиране з м.ч.ж. 26%	55,0	50,0	50,0	60,0	60,0
2	Казеїнат кальцію	—	5,0	3,0	3,0	2,0
3	Какао порошок	12,8	12,8	—	—	25,0
4	Цукрова пудра	32,0	32,0	—	—	—
5	Фруктоза	—	—	21,5	15,0	12,0
6	Кероб (порошок рожкового дерева)	—	—	25,0	21,0	—
7	Порошок кореню солодки	—	—	—	0,5	0,5
8	Сіль	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5
9	Всього	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Рецептура № 1, в якій 5% сухого молока замінено на казеїнат кальцію, за складом подібна до контролю. Завдання подальших досліджень — виявити вплив вибраних компонентів на основі показників сухої багатокомпонентної суміші.

Вибір раціональної кількості рослинних інгредієнтів базувався на збереженні органолептичних показників, характерних для традиційних сухих багатокомпонентних молочних сумішей для гарячих напоїв. Для приготування гарячого напою із СБМС використовували 35 г сухого продукту і доводили загальну масу суміші до 200 г. Масова частка сухих речовин в отриманих напоях становила 15...17%.

За отриманими даними визначення оцінки органолептичних показників було побудовано профілограми органолептичної характеристики зразків, що дало змогу визначити найкращі рецептури. Всі зразки мають виражений присмак наповнювача і колір, рідку однорідну консистенцію, характерну для цього виду продуктів.

Порошок кореню солодки має дещо специфічний смак, тому використання цього інгредієнту комбінували з какао-порошком або порошком рожкового дерева. Какао-порошок має виражений смак та аромат, у поєднанні з коренем солодки нагадує смак кави через нотки гіркоти, обумовленої порошком кореню солодки.

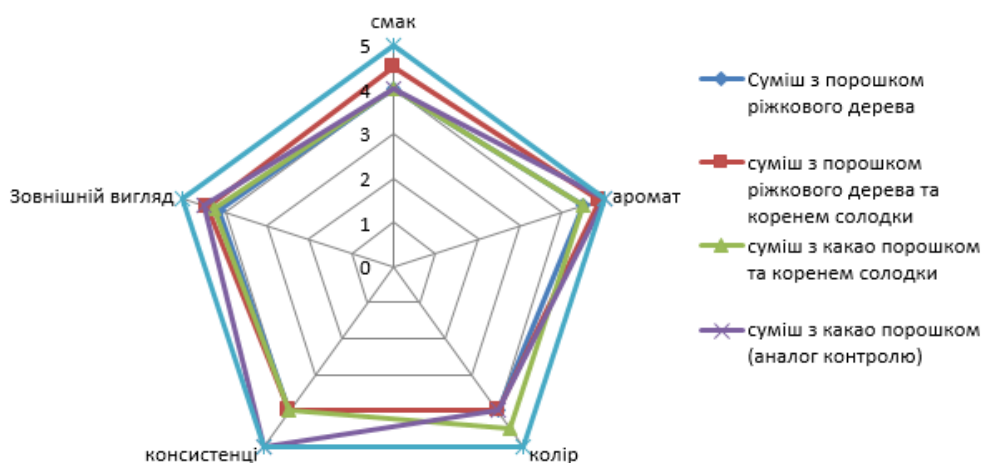


Рис. 1. Оцінка сенсорних показників якості відновлених сумішей

Важливими показниками сухих молочних сумішей є такі характеристики, як змочуваність і розчинність. Процес розчинення сухого продукту можна розділити на декілька характерних стадій, основними з яких є стадія змочування часточок молока, розчинення окремих часточок, повне розчинення сухого продукту. Якісним показником при відновленні сумішей є їх розчинення. Показник, який характеризує цей процес, — індекс розчинності.

Для визначення впливу вибраних складових на повноту відновлення сухих молочних сумішей були обрані різні композиції з різними вмістом компонентів. Відновлення СБМС проводили за температури 80...85°C до повного розчинення компонентів. Потім відновлений продукт охолоджували до температури проведення вимірювань — 20°C.

Отримані результати досліджень СБМС за обраними рецептурами наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Показники якості СБМС для гарячих напоїв

№	Найменування показника	Контроль, № 0, г	Рецептура № 1, г	Рецептура № 2, г	Рецептура № 3, г	Рецептура № 4, г
1	Масова частка вологи сухої суміші, %	6,8±0,215	7,0±0,221	7,6±0,238	7,8±0,242	7,2±0,232
2	Масова частка жиру*, %	29,2	27,7	13,2	15,8	19,14
3	Масова частка білка*, %	18,58	22,81	19,7	22,7	25,9
4	Масова частка вуглеводів*, %	31,4	36,1	51,3	46,5	47,5
5	Активна кислотність відновлених напоїв, од. рН	6,25±0,18	6,2±0,18	6,3±0,19	6,9±0,20	6,85±0,20
6	Динамічна в'язкість відновлених напоїв, 10 ⁻³ Па*с	2,50±0,073	2,65±0,079	2,38±0,071	2,42±0,071	2,74±0,082
7	Індекс розчинності, см ³ сирого осаду	0,1±0,007	0,15±0,007			

Примітка: * — показники визначені розрахунковим методом на основі даних якісних показників рецептурних інгредієнтів.

Не менш важливою властивістю сухого продукту є якість розчинення, або диспергованість, яка виражається масовою часткою сухих речовин у фільтраті (у відсотках), отриманому за проходження через фільтр відновленого у воді сухого продукту. Отже, швидкість розчинення сухого багатокомпонентного молочного продукту характеризує повноту переходу компонентів сухих молочних продуктів та інших складників у розчин за визначений проміжок часу. Диспергованість сухого знежиреного молока, зазвичай, становить 16—35%, сухого незбираного молока — близько 11% [8].

За проведеними дослідженнями можна зробити висновок, що додавання порошку ріжкового дерева та какао з коренем солодки обумовлює збільшення індексу розчинності СМБС, погіршуючи повноту відновлення. Завдяки математичному обробленню всіх результатів досліджень встановлено, що похибка була в межах 3...5%.

Висновки. Доведено доцільність використання у складі сухих багатокомпонентних молочних сумішей для гарячих напоїв натуральних смакових інгредієнтів — какао-порошку, порошку ріжкового дерева та порошку кореню солодки, а з метою збагачення білкового складу — казеїнату кальцію.

Експериментально доведено, що на процеси відновлення СМБС суттєво впливають технологічні чинники — температура води і тривалість розчинення. Визначено раціональні параметри процесу: температура (85±5)°C за постійного перемішування.

Визначено вплив сухого незбираного молока з м.ч.ж. 26%, казеїнату кальцію, какао-порошку, порошку ріжкового дерева та порошку кореню солодки на розчинність сухих молочних сумішей.

Експериментально визначене співвідношення рецептурних компонентів забезпечує високі показники якості СМБС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гребельник О. П. Дослідження сухих десертних молочних сумішей / О. П. Гребельник, А. Г. Пухляк, Г. П. Калініна // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені Гжицького. — 2013. — Том. 15, № 3(57), Ч. 4. — С. 47—54.

2. Овсієнко К. В. Сухі молочні багатокомпонентні суміші / К. В. Овсієнко, А. Г. Пухляк // Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: 82 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів, 13—14 квіт. 2016., м. Київ. — Київ: НУХТ, 2016. — С. 330.

3. Скорченко Т. А. Сучасні тенденції виробництва молочних консервів / Т. А. Скорченко // Молочное дело. — 2006. — № 5(42). — С. 22—23.

4. Скорченко Т. А. Сухі суміші для морозива оздоровчого та лікувально-профілактичного призначення / Т. А. Скорченко, Т. Г. Осьмак // Молочное дело. — 2008. — № 4(65). — С. 11—13.

5. Пухляк А. Сухі багатокомпонентні суміші для коктейлів / А. Пухляк, Л. Тер-Маркарян, О. Гребельник // Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: програма і матеріали 80 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 10—11 квітня 2014 р. — К.: НУХТ, 2014. — Ч. 1. — С. 492—494.

6. Зорин С. Н. Получение ферментативного гидролизата белков молочной сыворотки, модифицированного по аминокислотному составу / С. Н. Зорин, В. И. Круглик // Питание здорового и больного человека: материалы конференции. — СПб., 2006. — С. 47—49.

7. Крашенинин П. Ф. Сухие концентраты и гидролизаты молочных белков / П. Ф. Крашенинин, Г. Ю. Сажинов, В. И. Круглик // Молочная промышленность. — 1993. — № 3. — С. 4.

8. Скорченко Т. А. Дослідження властивостей сухих десертних сумішей для коктейлів / Т. А. Скорченко, О. Шелуха // Молочное дело. — 2008. — № 11 — С. 38—39.

9. Ramiro-Puig E. Neuroprotective effect of cocoa flavonoids on in vitro oxidative stress / Ramiro-Puig E., Casadesus G., Lee H. -G. et al. // European Journal of Nutrition. — 2009. — Vol. 48. — P. 54—61.

10. Gu L. Procyanidin and catechin contents and antioxidant capacity of cocoa and chocolate products / Gu L., House S. S., Wu X. et al. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. — 2006. — Vol. 54. — P. 4057—4061.

11. Кокорева Л. А. Использование нетрадиционного сырья при приготовлении бисквитного полуфабриката / Л. А. Кокорева, Е. В. Крюкова, А. А. Свирина. — Екатеринбург: Уральский ГЭУ, III Международная научно-практическая конференция, 2015. — С. 207—211.

12. Milek Dos Santos, L. Glycemic response to carob (*Ceratonia siliqua* L.) in healthy subjects and with in vitro hydrolysis index [Text] / L. Milek, Dos Santos, L. Tomzack Tulio, L. Fuganti Campos, M. Ramos Dorneles, C. Carneiro Hecke Krüger // *Nutricion Hospitalaria*.— 2014.— Vol. 31.— № 01.— P. 482—487.

13. Прянишников В. В. Применение порошка плодов рожкового дерева кероб для производства кондитерских изделий / В. В. Прянишников, Т. А. Банщикова // *Хлебопекарное производство*. — 2012. — № 3. — С. 39—41.

14. Battle I. Carob tree, *Ceratonia siliqua* L. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research Gatersleben / I. Battle, J. Tous. — Rome, Italy: International Plant Genetic Resources Institute, 1997. — P. 304—308.

15. Hicham El B. Syrup of natural carob sugars and a process for its production using Response Surface Methodology / El Batal Hicham, A. Hasib, A. Bacaoui, F. Dehbi, A. Ouatmane, J. Abderrahim // *Chemical and Process Engineering Research*. — 2013. Vol. 10. — P. 44—50.

16. Kamal M. Assessment of Proximate Chemical Composition, Nutritional Status, Fatty Acid Composition and Phenolic Compounds of Carob (*Ceratonia Siliqua* L.) / M. Kamal, E. Youssef, M. A. Hend., // *Food and Public Health*. — 2013. —Vol. 3(6). — P. 304—308.

17. Custódio L. In vitro antioxidant and inhibitory activity of water decoctions of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) on cholinesterases, α -amylase and α -glucosidase [Text] / L. Custódio, J. Patara, F. Albericio, N. R. Neng., J. M. Nogueira, A. Romano // *Natural Product Research*. — 2015. — № 13. — P. 1—5.

18. Tetik N. Characterization of, and 5-hydroxymethylfurfural concentration in carob pekmez / Tetik N., Turhan İ., Karhan M., // *GIDA The Journal of FOOD*. — 2010. — Vol. 35(6). — P. 417—422.

19. Свирина А. А. Кэроб — функциональный пищевой ингредиент / А.А. Свирина, Л. А. Кокорева. — Екатеринбург, сб. ст. III Международная научно-практическая конференция, 2015. — С. 115—121.

20. Толстикова Г. А., Балатина Л. А., Гранкина В. П., Кондратенко Р. М., Толстикова Т. Г. Солодка: биоразнообразие, химия, применение в медицине / Толстикова Г. А., Балатина Л. А., Гранкина В. П., Кондратенко Р. М., Толстикова Т. Г. Новосибирск, 2007. — 311 с.

21. Гнізевич В. А. Технологія молочно-рослинного напівфабрикату для солодких страв та його властивості / В. А. Гнізевич, Н. В. Вольнова (ДонНУЕТ) тематичний збірник наукових праць, «Обладнання та технології харчових виробництв» — 2010. — Вип. 25. — С. 64—69.

22. Дідух Н. А. Використання коренів солодки голої у виробництві молочних продуктів оздоровчого призначення / Н. А. Дідух, С. І. Вікуль // *Молочна промисловість*. — 2006. — № 4. — С. 38—40.

КОМБИНИРОВАНИЕ СЫРЬЯ В ТЕХНОЛОГИИ СУХИХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ МОЛОЧНЫХ СМЕСЕЙ

А. Г. Пухляк, О. В. Кочубей-Литвиненко, И. С. Тихончук, С. Ф. Онофрей
Национальный университет пищевых технологий

Целью работы была разработка новых видов сухих многокомпонентных молочных смесей для горячих напитков за счет использования нетрадиционного сырья. Изучен ассортимент сухих многокомпонентных молочных смесей и перспективы использования новых технологически-функциональных ингредиентов растительного происхождения для создания новых видов сухих смесей для горячих напитков.

Доказана целесообразность использования в технологии сухих многокомпонентных молочных смесей для горячих напитков порошка рожкового дерева и порошка корня солодки как вкусовых ингредиентов, а также казеината кальция для повышения содержания белковой составляющей продукта.

Определено, что внесенные вкусовые ингредиенты обуславливают изменение

свойств растворения многокомпонентного продукта. При этом порошок рожкового дерева (кероб) практически нерастворим, после восстановления продукта оседает, поэтому рекомендуется непосредственно перед употреблением дополнительно перемешать горячий напиток. Использование порошка из корня солодки также не повышает растворимость сухой системы, однако восстановленный продукт приобретает насыщенный вкус, а после тщательного перемешивания и однородную жидкую консистенцию. Доказано, что использование казеината кальция обеспечивает повышение вязкости восстановленного продукта.

Ключевые слова: *какао-порошок, порошок рожкового дерева, порошок корня солодки, казеинат кальция, сухие молочные многокомпонентные смеси для горячих напитков.*

УДК 664.64.016.8

FLOUR QUALITY: PROBLEMS IN OVERVIEW OF POWERFUL FLOUR PRODUCTS AND HORECA ENTERPRISES

L. Lebedenko, D. Zhigunov, K. Hvostenko, T. Dubkova
Odessa National Academy of Food Technologies

Key words:

wheat flour,
wheat bread,
pizza,
dumplings,
gluten,
dough

Article history:

Received 20.09.2020
Received in revised form
10.11.2020
Accepted 17.12.2020

Corresponding author:

bilyklena@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of the work was the choice of methods and criteria for evaluating the technological properties of wheat flour, their testing depending on the areas of use: for accelerated or long-term technologies for the preparation of flour products; for powerful productions or establishments of restaurant business; for bread or culinary products — pizza or dumplings. There was study of the quality of five samples of flour — B.1 (standard according to the manufacturers for baking); B.2 (flour produced in the South of Odessa region); B.3 (obtained from flour B.2 with the inclusion of dry wheat gluten); B.4 (standard for pizza); B.5 (standard for dumplings). Problems with the state of protein-proteinase complex of most flour samples were found, namely low content of crude gluten (22.8—24.7%), insufficient elongation (7.5—11.0 cm), the dough has insufficient elasticity (35...65 units of the device), tendency to loss of quality and rarefaction during mixing (90...110 units of the device). Dry wheat gluten to reduce quality deviations using did not give the expected effect. However, the analysis of changes in the rheological properties of the dough during fermentation for 135 min showed significant differences in the behavior of the blanks from different samples of flour. The form of extensograms of the dough from flour B.2, B.3 had a steep rise, pointed at the top. Data on the interpretation of extensograms indicate that the dough from such samples of flour will be dense, inextensible, inelastic. It will create problems in the aging of the blanks and products with loosening baking and increasing under the influence of CO₂. Despite some inconsistencies with the normalized value, the dough from flour samples B.1, B.4, B.5 according to the farinograph and extensograph, still better meets the requirements for technological properties for baking, pizza and dumplings. Certain differences in the course of fermentation in dough samples, a fairly high intensity in the first 90...120 minutes, and in the subsequent period a significant slowdown, which can lead to a significant reduction in the quality of bread, provided the use of steam technology, preparation of sourdough dough, etc.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-11

ЯКІСТЬ БОРОШНА: ПРОБЛЕМИ З ОГЛЯДУ ПОТУЖНИХ ВИРОБНИЦТВ БОРОШНЯНОЇ ПРОДУКЦІЇ ТА ПІДПРИЄМСТВ NORESA

Т. Є. Лебеденко, д-р техн. наук

Д. О. Жигунов, д-р техн. наук

К. В. Хвостенко, канд. техн. наук

Т. П. Дубкова, аспірант

Одеська національна академія харчових технологій

У статті проведено вибір методів і критеріїв оцінки технологічних властивостей пшеничного борошна, їх апробацію залежно від напрямів використання: для прискорених або тривалих технологій приготування борошняних виробів; для потужних виробництв чи закладів ресторанного бізнесу; для хліба або кулінарних виробів — піци чи пельменів.

Визначено недоліки білково-протеїназного комплексу для більшості зразків борошна: занижений вміст сирової клейковини та недостатня її розтяжність, тісто з них має недостатню еластичність, схильність до втрати якості і розрідження під час замісу. Використання сухої пшеничної клейковини для нівелювання відхилень якості не дало очікуваного ефекту. Бродіння в зразках тіста мало достатньо високу інтенсивність у перші 90...120 хв, у подальшому відбувалося значне сповільнення процесу, що може стати причиною суттєвого зниження якості хліба за умови використання опарних технологій, приготування тіста на заквасках тощо.
Ключові слова: борошно пшеничне, хліб пшеничний, піца, пельмені, клейковина, тісто.

Постановка проблеми. Пшеничне борошно є основною сировиною для приготування різноманітної за асортиментом групи харчових продуктів, яку називають «Борошняні вироби». Борошняні вироби — це хліб, булочні вироби, борошняні кондитерські вироби, кулінарна продукція. Вони є обов'язковим компонентом в традиційній системі харчування багатьох народів.

Борошняні вироби, насамперед хлібобулочні, завдяки унікальним властивостям і хімічному складу зерна й борошна є найбільш надійним джерелом енергії, вуглеводів та рослинного білка, містять низку вітамінів В₁, В₂, В₅, В₉, РР, макро- і мікроелементів та інших БАР. Саме тому хліб і хлібобулочні вироби є невід'ємною частиною етнічної ідентифікації, самобутності і національної культури багатьох народів, мають сакральне значення в обрядових діях. В уявленнях, традиціях українців він тісно пов'язаний з людським життям, святістю, радістю, щастям, здоров'ям, благополуччям, гостинністю, хлібосољством, магічною силою [1; 2].

В Україні культ землі, землеробства, зерна та хліба є надзвичайно давнім, на її території початок хліборобства сягає VII—VI тис. до н.е., що пов'язують з Трипільською культурою, поширенням досвіду вирощування пливчاستих пшениць однозернянки і двозернянки, жита, ячменю, проса, а також гороху, льону, сочевиці [3; 4]. Голозерні пшениці з'явилися у посівах на території України в I тис. до н. е. спочатку на обмеженій території в Північному Причорномор'ї завдяки грекам-колоністам. З цього періоду збільшується значення голозерної пшениці та спельти, яка на території України вирощувалась з епохи неоліту (V—III тис. до н.е.) і до пізнього Середньовіччя [5].

Асортимент українських хлібних та інших борошняних виробів надзвичайно різноманітний, що зумовлюється цілою низкою чинників. Так, вид хліба залежить від таких факторів: 1) вид і сорт борошна; 2) рецептура виробу; 3) спосіб приготування тіста; 4) спосіб випікання; 5) форма виробів; 6) призначення, час і місце споживання; 7) фізіологічна дія тощо.

Ці чинники з плином часу змінювалися, модифікувалися, що не могло не впливати на асортимент і якість хлібних виробів. Пріоритети українців, як і людства в цілому, тривалий час були спрямовані на відбір тих видів і сортів рослин, які мають вищі врожайність, стійкість до несприятливих ґрунтово-кліматичних умов, кращі технологічні властивості для отримання смачних хлібних та інших борошняних виробів. Підходи до виробництва борошна, організації приготування продукції були спрямовані на полегшення, скорочення витрат часу і ресурсів, стабілізацію перебігу технологічних процесів та формування прогнозованої якості продукції.

Незважаючи на багатомісячну історію використання людством зернових та понад столітню історію промислового виробництва борошна, борошномельні підприємства як постачальники основної сировини для борошняних виробів сьогодні переживають стрімкі зміни і виклики. Вимоги до якості борошна постійно зростають з огляду на відповідність їхніх технологічних властивостей вимогам конкретних клієнтів і напрямів використання. Так, розрізняють: I) борошно цільового призначення для приготування окремих груп традиційних борошняних виробів; II) борошно зі скоректованими харчовою цінністю і фізіологічною дією в технологіях спеціальних виробів, збагачених дефіцитними нутрієнтами, з удосконаленим складом, посиленіми захисними властивостями; III) борошно для сучасних технологій і асортименту (національні, екзотичні вироби, заморожені напівфабрикати, вироби тривалого зберігання, снеки) тощо [6; 7].

Останнім часом людство зрозуміло, що в цивілізаційних досягненнях багато цінного, притаманного національним традиціям, зокрема хліборобства та хлібопечення, було незаслужено забуто. Тому паралельно набула популярності стратегія розвитку суспільства, що базується на впровадженні «ретроінновацій», відродженні так званого первинного генофонду рослин, національного, перевіреного віками досвіду переробки сировини та приготування виробів і страв, організації життя і побуту, що тісно пов'язано з трендами «органічне землеробство», «здорові їжа і спосіб життя», «локальні продукти», «BIO», «ORGANIC», «Етнічні», «За давніми технологіями».

Отже, постало завдання формування вимог до якості борошна для різних напрямів використання в умовах потужних хлібозаводів та малих виробництв у закладах HORECA, що стануть основою розробки технологій борошна цільового призначення. Борошно для різних за рецептурою, технологією приготування і якістю борошняних виробів є основним джерелом технологічно значимих сполук, які забезпечують формування належної якості продукції, воно є носієм фізіологічно активних сполук, що зумовлюють її харчову цінність і безпечність. При цьому вимоги до складу, технологічних властивостей борошна для груп борошняних виробів суттєво різняться, саме вони, разом з технологічними факторами, значною мірою зумовлюють перебіг і ефективність технологічного процесу, відповідність отриманої продукції сучасним вимогам. Але при цьому існує необхідність поглиблення теоретичної бази вимог щодо сорту, якості й технологічних властивостей борошна для використання в різних напрямках (групи борошняних виробів) та умовах організації

виробництва (потужні та міні-, комплексно-механізовані, періодичні та крафтові виробництва на хлібозаводах, пекарнях, заводах HORECA), розробки технологій борошна цільового призначення, удосконалення методів контролю і стандартизація його якості [6; 7].

Мета статті: вибір методів і критеріїв контролю властивостей пшеничного борошна для приготування хліба за прискореними та опарними технологіями, для піци та пельменів.

Матеріали і методи. Зразки пшеничного борошна вищого сорту, що підлягали аналізу: *Б.1* (еталон для використання у виробництві хліба); *Б.2* (без добавок); *Б.3* (борошно *Б.2*, збагачене сухою пшеничною клейковиною (СПК)); *Б.4* (еталон для піци); *Б.5* (еталон для пельменів).

Для досліджуваних зразків борошна визначали вміст та якість клейковини з відмиванням вручну за ГОСТ 27839-88, водопоглинальну здатність зразків борошна та фізичні властивості тіста з них — на фаринографі Брабендера за ДСТУ 4111.1-2002, зміни реологічних властивостей тіста при ферментації протягом 45, 90 і 135 хв — на екстенсографі Брабендера за ДСТУ 4111.2-2002. Для зразків борошна для приготування хліба (*Б.1*, *Б.2*, *Б.3*) визначали газотворювальну здатність відповідно до рекомендацій [8].

Результати дослідження. Одним із основних показників, що визначають якість борошна, доцільність його використання для тих чи інших груп борошняних виробів, є кількість і якість клейковини. Клейковина — це високогідратована білкова речовина, що складається в основному з гліадину і глютеніну. Отримані результати (табл. 1) оцінювання вмісту і якості клейковини в подальшому дадуть змогу прогнозувати поведінку тіста впродовж технологічного процесу, зміни фізичних властивостей тістових заготовок та перебіг процесів формування якості продукції.

Таблиця 1. Кількість і якість клейковини в досліджуваних зразках пшеничного борошна

Показники	Зразки борошна				
	Б.1	Б.2	Б.3 (Б.2+СПК)	Б.4	Б.5
Вміст сирової клейковини, %	23,32	23,7	24,7	24,4	22,84
Вологість клейковини, %	61,25	59,75	58,35	60,63	64,25
Пружність на ІДК, од пр.	61,0	50,0	32,5	50,0	60,0
Розтяжність, см	10	10	7,5	9	11
Вміст сухої клейковини, %	9,04	9,54	10,29	9,61	8,17
Гідратаційна здатність, %	158,06	148,4	140,1	154,0	179,72
Колір	Світло-сірий	Світло-сірий	Світлий з жовтим відтінком	Світло-сірий	Світло-сірий

У проаналізованих зразках пшеничного борошна вищого сорту, в які не внесено СПК, відмічено знижений вміст сирової клейковини, невідповідність вимогам ГСТУ 46.004-99, згідно з яким цей показник має бути не менше 24,0%. Внесення сухої пшеничної клейковини забезпечує вирішення зазначеної проблеми.

За якістю клейковини, її розтяжністю, пружністю зразки борошна можна охарактеризувати таким чином: зразки Б.1, Б.2, Б.4 містять надмірно пружну, нееластичну, малорозтяжну клейковину, що буде негативно впливати на розпушення тіста, формування пористості виробів, еластичної поверхні при використанні для приготування хліба, а також викликати проблеми при розкачуванні тіста в разі використання для піци. Внесення СПК лише ускладнює цю проблему.

Проте умови, перебіг колоїдних, біохімічних процесів при відмиванні та оцінці якості клейковини суттєво різняться від умов, що створюються в тісті під час замісу та ферментації, при його дозріванні.

Фізичні властивості тіста під час замісу досліджували на фаринографі Брабендера, отримані криві наведено на рис. 1. Дані після розшифрування фаринограм узагальнено в табл. 2.

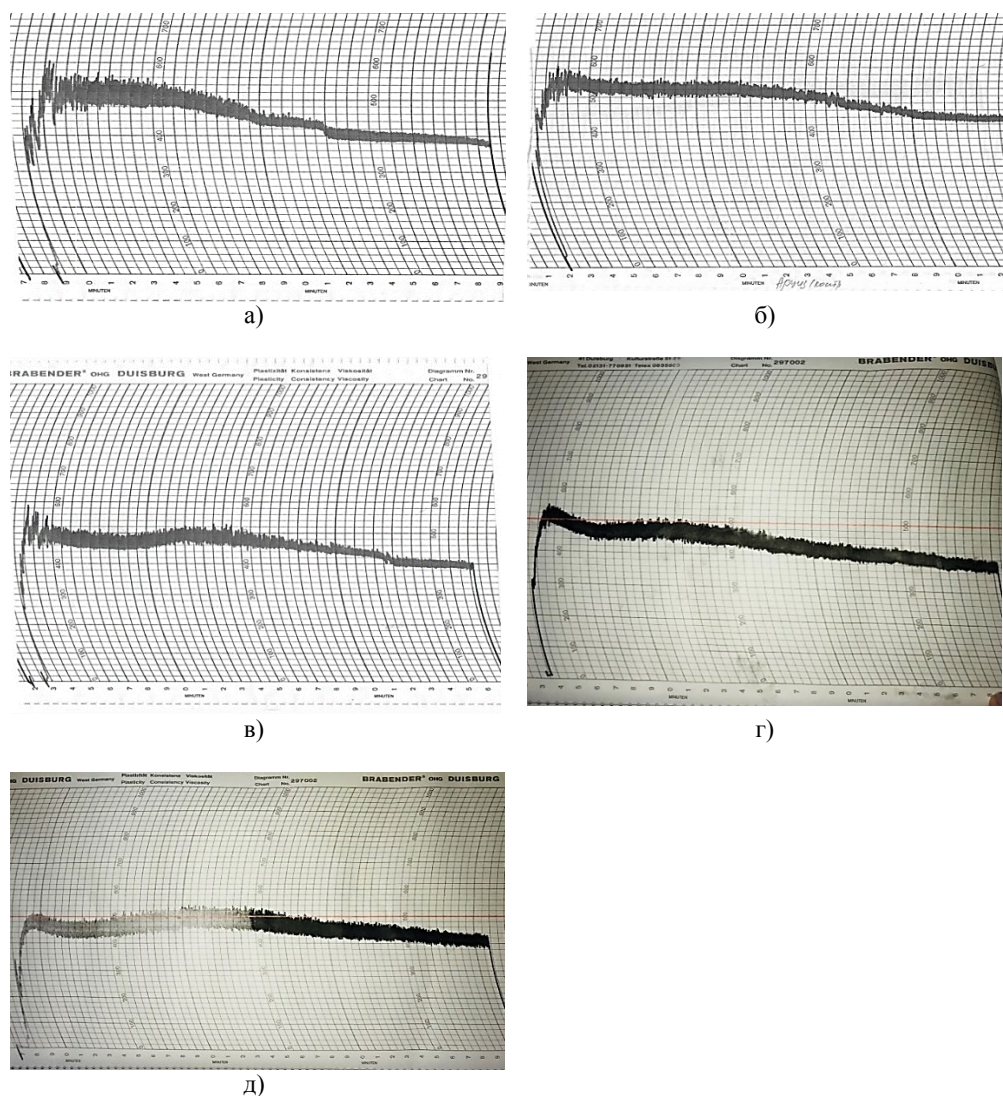


Рис. 1. Фаринограми замісу тіста зі зразків пшеничного борошна:
а) Б.1; б) Б.2; в) Б.3; г) Б.4; д) Б.5

Таблиця 2. Характеристика властивостей тіста при замісі з різних зразків борона за даними фаринограм

Показники	Зразки борошна				
	Б.1	Б.2	Б.3	Б.4	Б.5
Водопоглинальна здатність, %	57,0	61,0	63,0	60,0	62,0
Тривалість утворення тіста, хв	2,5	2,5	2,5	3,5	2,5
Еластичність тіста, од приладу	65	35	45	60	60
Стабільність, хв	6,0	10,5	7,0	8,5	16,0
Розрідження тіста, од приладу	110	90	100	110	90

Встановлено, що зразки борошна пшеничного Б.2 (без СПК) і Б.3 (з СПК), представлені для досліджень, при замішуванні тіста на фаринографі не забезпечують формування в ньому достатньої еластичності, воно схильне до дезагрегації, руйнування за показниками еластичності і розрідження (табл. 2). Включення СПК №1 не дає змоги вирішити цю проблему. Це швидше за все пов'язано з низькою якістю клейковини, що вноситься, високим ступенем її денатурації, щільним пакуванням білків, що перешкоджає зв'язуванню води, взаємодії з власними клейковинними білками борошна, формуванню безперервної структури тіста і, відповідно, неефективне за показниками водопоглинання, якості клейковини і тіста, збільшення виходу хліба.

Дослідження пшеничного тіста при ферментації на екстенсографі надають можливість оцінити поведінку пшеничного тіста, зміни його фізичних властивостей у результаті комплексу фізико-хімічних, колоїдних, біохімічних процесів протягом 135 хв. Це є надзвичайно важливим для хлібопекарського виробництва, оскільки тривалість операцій від замісу тіста до випікання тістових заготовок складає саме 100...140 хв для опарних технологій і від 90 до 150 хв — для безопарних прискорених. Для тіста піци характерна достатня розтяжність, еластичність, пластичність і пружність. Тривалість дозрівання тіста для піци — 40...90 хв, але зберігання його може бути більш тривалим, заготовки можуть піддаватися заморожуванню. Тісто для пельменів має бути достатньо еластичним. Отримані дані на екстенсографі (рис. 2—6) дають можливість прогнозувати здатність тістових напівфабрикатів набувати й утримувати необхідну форму виробів, газоутримувальну здатність заготовок.

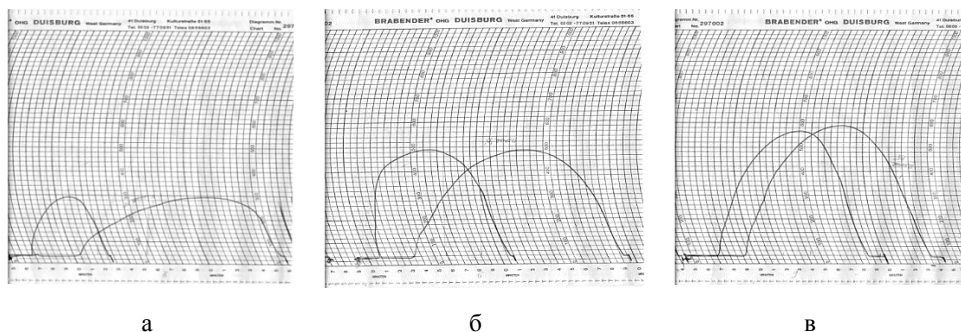


Рис. 2. Екстенсограми тіста з борошна Б.1 після ферментації протягом 45 хв (а), 90 хв (б) і 135 хв (в)

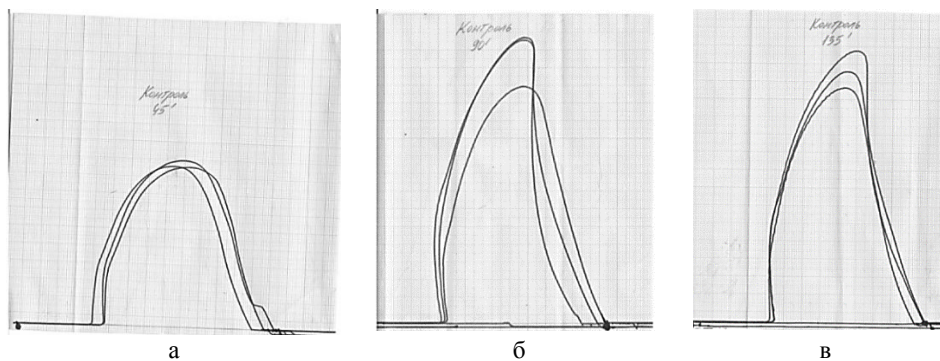


Рис. 3. Екстенсограми тіста з борошна Б.2 (без СПК) після ферментації протягом 45 хв (а), 90 хв (б) і 135 хв (в)

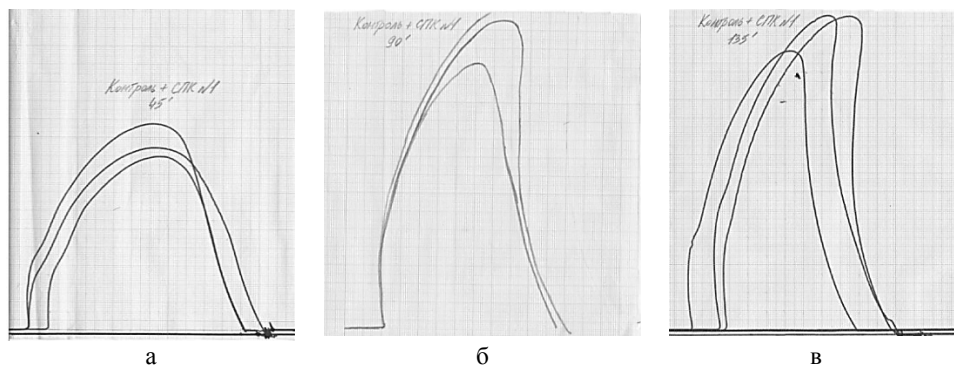


Рис. 4. Екстенсограми тіста з борошна Б.3 (з СПК) після ферментації протягом 45 хв (а), 90 хв (б) і 135 хв (в)

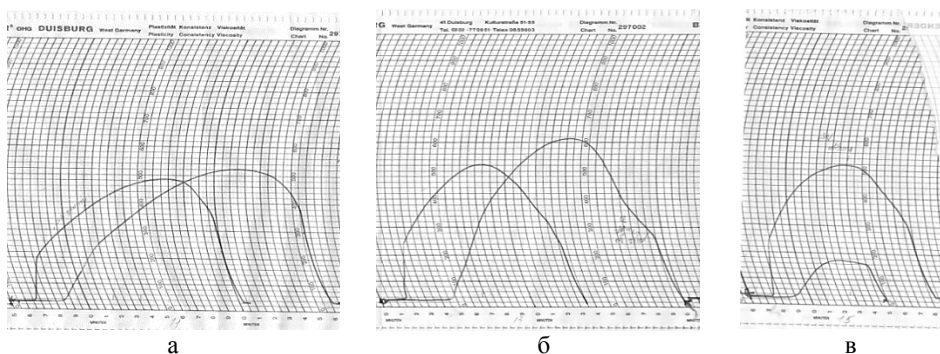


Рис. 5. Екстенсограми тіста з борошна Б.4 після ферментації протягом 45 хв (а), 90 хв (б) і 135 хв (в)

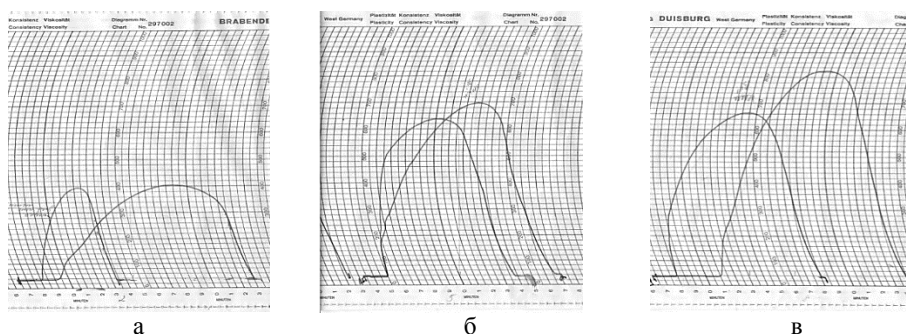


Рис. 6. Екстенсограми тіста з борошна Б.5 після ферментації протягом 45 хв (а), 90 хв (б) і 135 хв (в)

Таблиця 3. Характеристика властивостей тіста при ферментації (відлежуванні) протягом 135 хв з різних зразків борошна

Показники Зразки	Тривалість ферментації, хв	Розтяжність (еластичність) L , мм	Опір розтягуванню P , од приладу	Співвідношення P/L	Енергія, см ²
Б.1	45	135	460	4,3	87
	90	110	660	6,0	130
	135	100	640	6,4	120
Б.2	45	90	510	5,7	58
	90	83	910	11,0	83
	135	83	780	9,4	75
Б.3	45	120	540	4,5	90
	90	98	920	9,4	105
	135	93	940	10,1	98
Б.4	45	137	440	3,2	79
	90	107	520	4,9	72
	135	70	340	4,9	31
Б.5	45	121	340	2,8	53
	90	95	600	6,3	63
	135	135	460	4,8	51

Аналіз отриманих даних показує, що для деяких зразків, зокрема Б.2, Б.3, характерне значення деформації розтягування більше 800 од приладу і для більшості зразків $P/L > 4$. Якість хліба занижена, оскільки клейковина сильна, нееластична, газ, що утворюється в результаті діяльності дріжджів, не може забезпечити збільшення об'єму хліба. В результаті отримують хліб низького об'єму, колобковидної форми зі щільною забитою м'якушкою. Внесення СПК тільки посилює цей ефект.

Зразок Б.1, який на думку виробників хліба є еталонним за якістю, а також зразки Б.4 (еталон для піци) і Б.5 (еталон для пельменів) мають показники опору тіста при деформації розтягування в межах 460...660; 340...520 і 340...600, при співвідношенні P/L 4,3...6,4; 3,2...4,9 і 2,8...6,3 відповідно. За таких умов можна констатувати, що клейковина розтяжна, еластична, в дріжджовому тісті CO_2 , що буде утворюватися при бродінні тіста, забезпечить необхідне збільшення об'єму та розпушеності заготовок. Хліб набуде об'єму та пористості. Тісто із зразків борошна Б.4 і Б.5, незважаючи на низьку розтяжність і високу пружність сирого клейковини, характеризується необхідним для правильного ведення технологічного процесу балансом пружності і розтяжності за показниками екстенсографа.

Форма екстенсограм тіста з борошна Б.2 і Б.3 з СПК, крутий підйом, досить загострений у верхній частині, їх розшифровка свідчать про те, що тісто буде міцним, нееластичним протягом 135 хв, інтенсивність гідролізу білків, інших біополімерів

недостатня, тому дріжджі не зможуть забезпечити зброджування тіста після 60—90 хв бродіння, вироби будуть заниженого об'єму, колобковидної форми. Борошно Б.1 забезпечує отримання тіста (як у процесі замісу, так і ферментації) більш еластичного, але все одно трохи нижче рекомендованих значень.

Стан вуглеводно-амілазного комплексу борошна, його здатність забезпечити інтенсивне бродіння оцінювали за газоутворювальною здатністю (табл. 4).

Таблиця 4. Характеристика газоутворення за 5 год бродіння тіста

Тривалість, год	Об'єм CO ₂ , що виділяється, см ³					
	Б.1		Б.2		Б.3	
0	ΣV_{CO_2}	ΔV_{CO_2}	ΣV_{CO_2}	ΔV_{CO_2}	ΣV_{CO_2}	ΔV_{CO_2}
0,5	120	120	248	248	234	234
1,0	454	334	502	254	498	264
1,5	688	234	796	294	804	306
2,0	754	66	866	70	884	80
2,5	786	32	916	50	948	64
3,0	920	134	956	40	1000	52
3,5	964	44	992	36	1040	40
4,0	996	32	1024	32	1080	40
4,5	1008	12	1040	16	1098	18
5,0	1115	107	1046	6	1106	8

Графічна інтерпретація отриманих даних наведена на рис. 7.

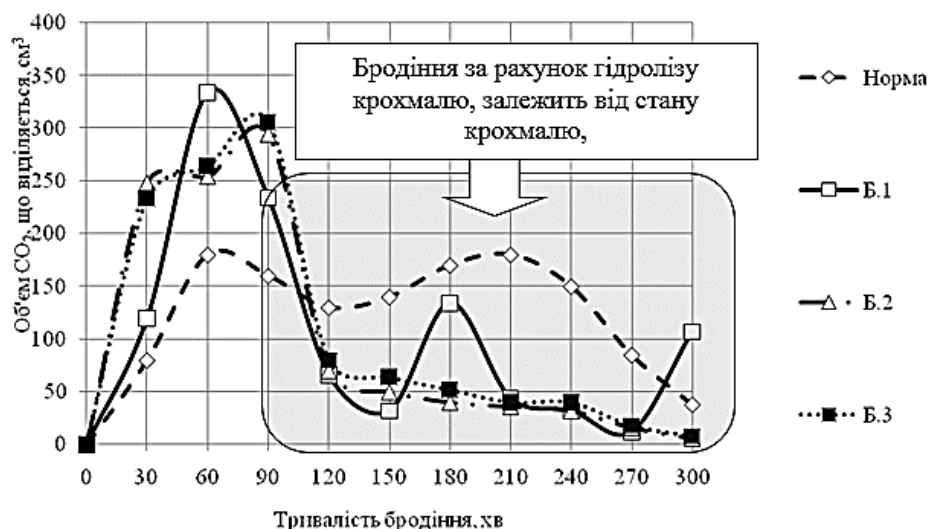


Рис. 7. Інтенсивність газоутворення в різних зразках борошна

Встановлено занижені показники газоутворювальної здатності всіх зразків борошна. За норми, не нижче 1300 см³ CO₂ за 5 год бродіння тіста, у зразках з борошна Б.1 виділилося 85,8% від рекомендованих значень, Б.2 — 80,5% і Б.3 — 85,1%. Крім того, в зразках Б.2, Б.3 до 85% CO₂ від загального об'єму, що виділилося за весь період, продукується за перші 120 хв бродіння, немає другого піку інтенсивності бродіння. В зразку Б.1 цей показник склав 67,6%. Тобто виявлена проблема, що може бути пов'язана або з перебудовою ферментного комплексу дріжджів на зброджування мальтози, або з активністю β-амілази та інтенсивністю гідролізу крохмалю

за її участю. Це, у свою чергу, може стати причиною недостатньої інтенсивності бродіння тіста, розпушеності тістових заготовок під час кінцевого вистоювання при використанні, наприклад, опарних технологій, на заквасках тощо.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що представлений зразок борошна Б.2 при замішуванні на фаринографі не забезпечує формування тіста з достатньою еластичністю і пружністю, воно схильне до дезагрегації, руйнування структури і розрідження. Внесення СПК (зразок Б.3) не вирішує встановлену проблему. Це, скоріш за все, пов'язано з якістю клейковини, високим ступенем її денатурації, щільним пакуванням, що не дає змоги своєчасно забезпечити формування безперервного еластичного, пружного каркасу тіста.

Форма екстенсограм тіста з борошна Б.2, Б.3, крутий підйом, загострений у верхній частині, дані розшифрування екстенсограм свідчать про те, що тісто з таких зразків борошна буде щільним, малорозтяжним, нееластичним. Це створить проблеми при вистоюванні заготовок та випіканні виробів з розпушенням і збільшенням під впливом CO₂.

Тісто зі зразків борошна Б.1, Б.4, Б.5 за даними фаринографа та екстенсографа, незважаючи на деякі невідповідності нормованим значенням, все ж відповідає технологічним властивостям для хлібопечення на хлібзаводах, приготування піци і пельменів у закладах HORECA.

Виявлена також проблема з газоутворювальною здатністю борошна в найбільшій мірі для зразків Б.2 і Б.3, в меншій — Б.1 після 120 хв бродіння. Це, у свою чергу, може стати причиною недостатньої інтенсивності бродіння тіста, розпушеності тістових заготовок під час кінцевого вистоювання при використанні, наприклад, опарних технологій, на заквасках тощо. Тобто тих технологій, що набувають популярності в закладах HORECA, оскільки забезпечують більш ефективно формування важливих для споживачів смаку, аромату, зовнішнього вигляду виробів, їх стабільності при зберіганні, нутриціологічних характеристик тощо.

Отже, актуальними залишаються проблеми якості борошна, його відповідності сучасним тенденціям змін структури ринку борошняної продукції, попиту споживачів, розвитку потужних підприємств та закладів HORECA, розробка теоретичних підходів до нормування та ефективних методів контролю технологічних властивостей. Це спричинено і загострюється змінами ґрунтово-кліматичних умов вирощування зерна, сортових особливостей пшениці, новими підходами у виборі сировини, в організації борошномельної галузі, завищеними вимогами щодо технологічних властивостей борошна, їх відповідності з урахуванням функціонування потужних виробників борошняної продукції, а також закладів ресторанного бізнесу, впровадження прискорених інтенсивних або тривалих опарних або давніх, на заквасках технологій, розширення асортименту продукції, включення виробів високої якості, преміум класу, етнічних, з підвищеними, особливими органолептичними характеристиками, скоректованим складом, фізіологічною дією.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лебеденко Т. Е. Современные представления о пищевой ценности хлебобулочных изделий. Основные направления для их коррекции / Т. Е. Лебеденко, Н. Ю. Соколова, В. О. Кожевникова // Зернові продукти і комбікорми. — 2015. — 2(58). — С. 19—25.
2. Яринчина О. Роль хліба в українській народній культурі / О. Яринчина // Література. Фольклор. Проблеми поетики. — 2011. — 35. — С. 655—659.
3. Пашкевич Г. О. Рільництво племен трипільської культури / Г. О. Пашкевич, М. Ю. Відейко — К., 2006. — 157 с.

4. Пашкевич Г. О. Витоки рослинництва України (за матеріалами історико-археологічних досліджень) / Г. О. Пашкевич, Р. Л. Богуславський // Генетичні ресурси рослин. — 2019. — 24. — С. 129—141.

5. Веремейчик О. Своєрідність Давньоруського поселення в урочищі Овраменків круг. Археологічні дослідження Львівського університету / О. Веремейчик, Г. Пашкевич — 2004. — 7. — С. 270—281.

6. Добровольський В. В. Якість борошна. Пропозиції і попит, проблеми і виклики / В. В. Добровольський, К. В. Проскурня, І. В. Солоницька, Т. Є. Лебеденко // Мир продуктів. — 2020. — 1. — С. 10—13.

7. Добровольський В. В. Якість борошна. Пропозиції і попит, проблеми і виклики / В. В. Добровольський, К. В. Проскурня, І. В. Солоницька, Т. Є. Лебеденко // Мир продуктів. — 2020. — 2. — С. 12—15.

8. Лебеденко Т. Є. Технологія хлібопекарського виробництва. Практикум: навч. посіб. / Т. Є. Лебеденко, Г. Ф. Пшенишнюк, Н. Ю. Соколова. — Одеса: Освіта України, 2014. — 392 с.

КАЧЕСТВО МУКИ: ПРОБЛЕМЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ КРУПНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ МУЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И ПРЕДПРИЯТИЙ НОРЕСА

Т. Е. Лебеденко, Д. А. Жигунов, Е. В. Хвостенко, Т. П. Дубкова
Одесская национальная академия пищевых технологий

В статье проведены выбор методов и критериев оценки технологических свойств пшеничной муки, их апробация в зависимости от направлений использования: для ускоренных или длительных технологий приготовления мучных изделий; для мощных производств или предприятий ресторанного бизнеса; для хлеба или кулинарных изделий — пиццы или пельменей. Определены недостатки белково-протеинового комплекса для большинства образцов муки: пониженное содержание сырой клейковины и недостаточная ее растяжимость, тесто из них имеет недостаточную эластичность, склонность к потере качества и разрежения во время замеса. Использование сухой пшеничной клейковины для нивелирования отклонений качества не дало ожидаемого эффекта. Брожение в образцах теста имело достаточно высокую интенсивность в первые 90...120 мин, в дальнейшем происходило значительное замедление процесса, что может стать причиной существенного снижения качества хлеба при использовании опарных технологий, приготовлении теста на заквасках и т. п.

Ключевые слова: мука пшеничная, хлеб пшеничный, пицца, пельмени, клейковина, тесто.

УДК 330.341.1:663.837.1

EVALUATION OF THE QUALITY OF ALCOHOLIC SEMI-FINISHED PRODUCTS FROM VEGETABLE RAW MATERIALS IN THE TECHNOLOGY OF ALCOHOLIC BEVERAGES

I. Dubovkina*Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine***V. Kolesnyk, V. Polupan***Kharkiv State University of Food and Trade***I. Koretska***National University of Food Technologies*

Key words:

ethanol,
water,
alcohol tinctures,
chromatogram,
quality criterion

Article history:

Received 25.10.2020

Received in revised form
09.11.2020

Accepted 09.12.2020

Corresponding author:

tac16@ukr.net

ABSTRACT

The indicators of the qualitative composition of alcoholic beverages were experimentally determined, the chromatographic characteristics of alcoholic beverages of vegetable raw materials were obtained. To obtain alcoholic fruit drink, black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) (fresh) was used. To obtain alcoholic tinctures, we used milk thistle (*Silybum marianum*) (meal), fresh orange (*Citrus sinensis*) (peel), tarragon (*Artemisia dracunculus*) (fresh). Flavonoids, organic acids (folic, malic), water-soluble and fat-soluble vitamins (A, C, E) were identified in the fruit drink from black chokeberry. Infusion of alcoholic milk thistle (meal) contains a biologically active substance — silymarin, alkaloids, flavonoids, vitamin A. Infusion of alcohol from fresh orange (peel) contains vitamin C, vitamin A and flavonoids. An alcoholic infusion of tarragon contains flavonoids, selenium, B vitamins, vitamins A and C.

Methods: chromatography of alcohol tinctures, methods of evaluation of physicochemical and organoleptic parameters of alcohol tinctures. For effective evaluation of organoleptic indicators on the quality of desktops, the method of determining the level of quality for profilograms is used.

The data of chromatographic studies allow us to assert the presence of biologically active substances, vitamins and mineral compounds in experimental samples of infusions and fruit drinks. A 10-point scale for evaluating quality indicators was used to determine the sample descriptors. The total number of descriptors — 39 (3 of them — characterizes the main group of indicators — color and transparency; descriptor — 17 — taste; 17 — aroma), taking into account the nature, intensity, order of manifestation and completeness of the descriptors. Samples with unsatisfactory taste were characterized as poor quality, even in terms of appearance and aroma. The practical significance of the obtained results is manifested in their implementation in the development of new beverages and in the evaluation of developed products.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-12

ОЦІНКА ЯКОСТІ СПИРТОВИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В ТЕХНОЛОГІЇ АЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ

І. О. Дубовкіна, д-р техн. наук

Інститут технічної теплофізики

В. В. Колесник, канд. техн. наук

В. В. Полупан, канд. техн. наук

Харківський державний університет харчування та торгівлі

І. Л. Корецька, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті експериментально визначені показники якісного складу спиртових напівфабрикатів, отримані хроматографічні і фізико-хімічні характеристики спиртових настоїв рослинної сировини. Для ефективного оцінювання впливу рослинної сировини на органолептичні показники і на якість спиртових настоїв використовували метод визначення критерію якості для профілограм, який охоплює значну кількість показників і є чутливим до зміни кожного з використаних дескрипторів. Отримані результати перевірялися методом розрахунку комплексного критерію якості. Практичне значення отриманих результатів полягає в удосконаленні спиртових настоїв при розробці алкогольних напоїв. Використовувалися методи: хроматографія спиртових настоїв, методи оцінки фізико-хімічних і органолептичних показників спиртових настоїв.

Ключові слова: етанол, вода, спиртові настої, хроматограма, критерій якості.

Постановка проблеми. На сьогодні перед лікєро-горілчаною галуззю стоїть важливе завдання — задоволення бажань споживачів у якісних алкогольних напоях, які володіють поліпшеними органолептичними показниками [5], що дає змогу підприємствам спрямовувати свої зусилля на формування стабільної якості [5; 7; 8]. Це можливо за рахунок інноваційних технологій, з використанням сучасних методологій і новітнього математичного апарату.

Однією з проблем технології алкогольних напоїв є достовірність чисельних значень, отриманих при органолептичній оцінці показників якості [5], особливо при експертному оцінюванні дегустаційних листів. Існуючі математико-статистичні методи обробки експертних оцінок [3; 5; 7] дають змогу підвищити достовірність результатів органолептичного оцінювання.

Незважаючи на значну теоретичну вивченість проблеми, потребують подальшої наукової розробки питання, пов'язані з обробкою отриманої інформації для проведення комплексного незалежного оцінювання.

Під час розробки рецептурного складу напівфабрикатів суттєве значення має гранично допустима концентрація внесення рослинної сировини. Спираючись на досвід вивчення фітоекстрактів науковцями Національного фармацевтичного університету (м. Харків), визначено раціональний діапазон кількості введення рослинної сировини за умови збереження її профілактичної дії та, враховуючи максимальну можливу, одноразову кількість уживання алкоголю [7; 10].

Метою дослідження є визначення фізико-хімічних показників спиртових настоїв рослинної сировини [11] в процесі їх створення для збагачення фізіологічно активними речовинами та визначення раціональних рецептурних композицій [5; 12].

Матеріали і методи. Дослідження проводились на газовому хроматографі Agilent GC System з мас-селективним детектором, колонкою «HP-5» довжиною 30 мм, внутрішнім діаметром капіляра 0,32 мм, шаром стаціонарної фази 0,25 мкм. При проведенні хроматографічного аналізу за цією методикою дотримувались відповідного температурного режиму хроматографа: з моменту інжекції аналізованої сировини у випарник хроматографа в термостаті колонки дотримувались початкової температури 30°C, яку поступово підвищували до 300°C зі швидкістю 20°C/хв, об'єм проби — (1,0±0,1) мкл, час експерименту 18 хв.

Використовували: спирт етиловий ректифікований, підготовлену воду та рослинну сировину. Попередня підготовка рослинних компонентів полягала в тому, щоб усі зразки були відібрані та подрібнені згідно з вимогами Технологічної інструкції з лікєро-горілочного виробництва [12], трави подрібнювали за допомогою траворізки до розміру часток 15...20 мм, шкірку апельсина — до 20 мм, чорноплідну горобину для приготування морсів — до розриву шкірки. Параметри настоювання вибирали згідно з Технологічним регламентом на виробництво горілок і лікєро-горілочних напоїв [13].

Дотримувались попередньо отриманого раціонального інтервалу кількості компонентів для отримання спиртового морсу:

- чорноплідна горобина (*Aronia melanocarpa*) (свіжа) — 20,0...30,0 кг.

Для отримання спиртових настоїв:

- розторопша плямиста (*Silybum marianum*) (шрот) — 7,0...9,0 кг;
- апельсин (*Citrus sinensis*) свіжий (шкірка) — 6,0...8,0 кг;
- естрагон (*Artemisia dracunculus*) (свіжий) — 6,0...8,0 кг;

Для визначення дескрипторів зразків використовували 10-бальну шкалу оцінювання показників якості. Загальна кількість дескрипторів — 39 (3 з них — характеризують колір і прозорість; дескриптори: 17 — смак; 17 — аромат), з урахуванням характеру, інтенсивності, порядку прояву та повноти дескрипторів. Критичний ліміт оцінки для показників якості — 4 бали (за домовленістю експертів). Зразки, що вирізнялися незадовільним смаком, характеризували як неякісні, незважаючи на відповідний зовнішній вигляд та ароматом.

Результати дослідження. З обраної рослинної сировини приготовлено спиртові настої та морс. Споживні властивості спиртових настоїв формуються на всіх етапах виробництва, тому перед додаванням їх до алкогольного напою вважали за доцільне дослідити якість отриманих напівфабрикатів.

Таблиця 1. Результати фізико-хімічних показників якості морсу спиртового ($p \geq 0,95$, $n=5$)

Дослідний зразок	Об'ємна частка етилового спирту, %	Масова концентрація загального екстракту, г/100 см ³	Масова концентрація титрованих кислот у перерахунку на лимонну, г/100 см ³
за ДСТУ 4298:2004			
Вимоги стандарту	25—26	4,0—5,2	0,35—0,6
Морс із чорноплідної горобини	25,8±0,5	5,2±0,1	0,35±0,01

Визначення фізико-хімічних показників розроблених спиртових напівфабрикатів проводили за стандартними методиками (табл. 1—2). Аналізуючи отримані дані,

доцільно відмітити максимальну концентрацію вмісту кислот та екстрактивних речовин у морсі, що пояснюється хімічним складом вихідної сировини та параметрами настоювання.

Таблиця 2. Результати фізико-хімічних показників якості настоїв спиртових ($p \geq 0,95$, $n=5$)

Дослідні зразки	Об'ємна частка етилового спирту, %	Масова частка ефірної олії, %	Масова концентрація загального екстракту, г/100 см ³
за ДСТУ 4705:2006			
Вимоги стандарту	20,0—90,0	0,0—15,0	0,1—20,0
Настій розгорові плямистої (шрот)	43,0±0,9	—	0,9±0,1
Настій з апельсина (шкірка) свіжого	50,0±1,0	0,114±0,006	3,4±0,1
Настій естрагону	41,0±0,8	—	1,9±0,1

За результатами проведених досліджень можна зробити висновок, що фізико-хімічні показники розроблених спиртових настоїв знаходяться в межах чинного стандарту, міцність зразків знаходиться у діапазоні від 41,0 до 53,0%, що пояснюється різною концентрацією спирту у водно-спиртовій суміші під час екстрагування рослинних компонентів. Коливання вмісту ефірної олії та екстрактивних речовин пов'язане з особливостями хімічного складу вихідної рослинної сировини.

Для більш повного аналізу сировини, перед подальшим їх використанням для виготовлення високоякісних алкогольних напоїв, вважали за доцільне перевірити якісний склад отриманих напівфабрикатів.

Отримані результати є передумовою розробки рецептурного складу спиртових настоїв високої якості з прогнозованими споживними властивостями. Визначення проводили методом високоефективної газової хроматографії, визначали класи сполук, які переходять до розчину. Для їх ідентифікації використовували стандартні зразки.

Основні піки на хроматограмі спиртового морсу із чорноплідної горобини (рис. 1, а) з часом утримування 4,619, 10,666, 15,383 та 16,708 ідентифікують флавоноїди, які містяться в розчині. Пік 5,743 визначає вміст етилового спирту. Піки 14,081 та 17,864 характеризують вміст органічних кислот, зокрема фолієвої та яблучної кислоти. Піки 12,662, 18,790, 19,581 відповідають за наявність як водорозчинних, так і жиророзчинних вітамінних сполук (вітаміни А, С, Е).

Спиртовий настій з розгорові містить у значній кількості біологічно активну речовину — силімарин (пік 12,709). Піки 10,645 та 4,606 ідентифікують наявність алкалоїдів і флавоноїдів. Пік 16,706 характеризує вітамін А, а пік 5,776 — етанол.

Основні піки на хроматограмі спиртового настою з апельсина (шкірка) свіжого (рис. 1, в) з часом витримки 12,669, 16,701 та 19,366 характеризують вміст вітаміну С, вітаміну А та флавоноїдів, відповідно, які містяться в розчині. Пік 5,776 — етанол.

У складі спиртового настою з естрагону (рис. 1, г) містяться флавоноїди (пік 4,75), селен (15,36), вітаміни групи В, вітаміни А та С (12,710, 15,366 та 18,231 — відповідно). Вміст спирту характеризує пік 5,793.

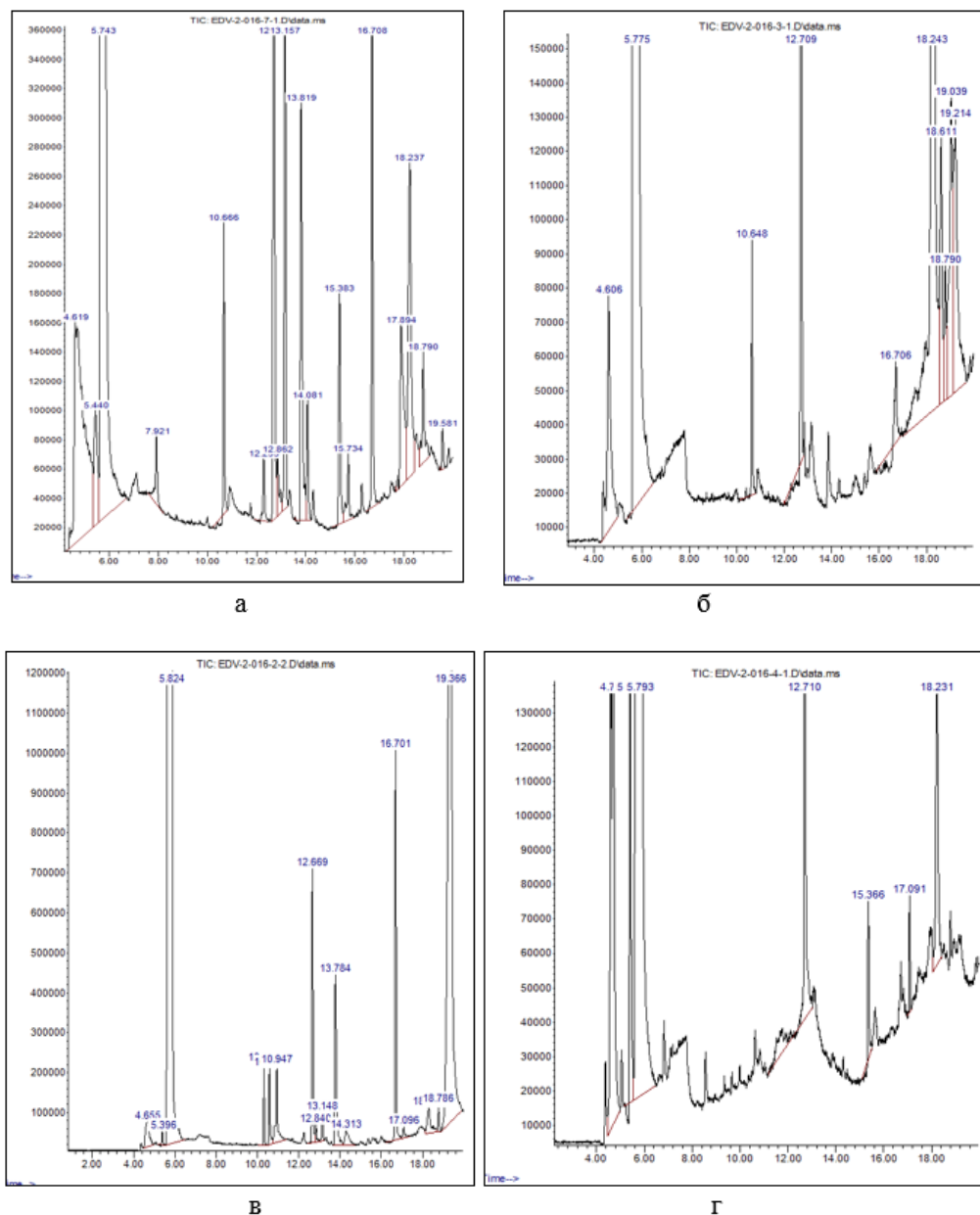


Рис. 1. Хроматограми дослідних зразків: а — спиртового морсу із чорноплідної горобини; б — спиртового настою розторопші плямистої (шрот); в — спиртового настою з апельсина свіжого (шкірка); г — спиртового настою естрагону

Результати дослідження органолептичних показників (табл. 3) та фізико-хімічних показників морсу та спиртових настоїв контролювали відповідно до чинних стандартів.

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що органолептичні показники розроблених спиртових настоїв з рослинної сировини мають приємний смак і

аромат, привабливий колір, прозорі, не мають осаду та повністю відповідають вимогам чинного стандарту. Рідина не містить осаду, сторонніх домішок та опалесценції.

Таблиця 3. Результати органолептичної оцінки якості морсу та спиртових настоїв рослинної сировини

Дослідний зразок	Показник	
	Зовнішній вигляд	Колір, смак, аромат
за ДСТУ 4298:2004		
Вимоги стандарту	Прозора, без осаду та сторонніх домішок рідина, допустима опалесценція, яка зникає після фільтрації	Властиві рослинній сировині, з якої вони виготовлені, без сторонніх присмаку та запаху
Морс із чорноплідної горобини	Прозора, без осаду та сторонніх домішок рідина, без опалесценції	Виражений, насичений смак та аромат, без стороннього присмаку й запаху, яскравий темно-фіолетовий колір
за ДСТУ 4705:2006		
Вимоги стандарту	Прозора, без осаду та сторонніх домішок рідина, допустима опалесценція, яка зникає після фільтрації	Властиві рослинній сировині, із якої вони виготовлені, без сторонніх присмаку та запаху
Настій розторопші плямистої (шрот)	Прозора рідина без осаду та сторонніх домішок	Світло-жовтий колір, смак м'який, чистий, зі злагодженим ароматом, властивим використаній сировині, без сторонніх присмаку та запаху
Настій з апельсина свіжого (шкірка)		Насичений помаранчевий колір, смак м'який, чистий, зі злагодженим ароматом, властивим використаній сировині, без сторонніх присмаку та запаху
Настій естрагону		Зелений колір, рослинний смак та аромат, властивий сировині, без сторонніх присмаку й запаху

При розробці нових напоїв необхідно враховувати смакоароматичні параметри, оригінальність, злагоженість, вираженість смаку, аромату та кольору спиртових напівфабрикатів. Використання основних органолептичних показників та їх дескрипторів дало змогу визначити критерій якості зразків [5].

Для оцінки та вибору оптимальних і найбільш відповідних композицій інгредієнтів та моделювання перспектив використання дослідних зразків спиртових настоїв була створена дегустаційна комісія. Спираючись на практику та досвід підбору сировинних компонентів, що існують, експертам було запропоновано чотири модельних композицій. Визначення критерію якості проводили методом «багатокутник якості» [5; 6].

На першому етапі експерти (14 осіб) формували перелік органолептичних показників та їх складових — дескрипторів (табл. 4). На другому етапі оцінювали значення органолептичних показників в балах, а також визначали значення конкретного показника. Для визначення найбільш рейтингового зразка за обраним критерієм якості оцінювали всі зразки.

Коефіцієнт кореляції рангів Спірмена визначали за формулою [5]:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{36} d_i^2}{(n^3 - n)}, d_i^2 = |d_i|^2 = (X_i - Y_i)^2. \quad (1)$$

За наявності зв'язаних рангів (для груп з однаковими значеннями показників) коефіцієнт кореляції рангів Спірмена визначали за уточненою формулою:

$$r_s = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{36} d_i^2}{\frac{1}{6}(n^3 - n) - (T_x - T_y)}; \quad (2)$$

$$T_x = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{m_x} (t_x^3 - t_x), T_y = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{m_y} (t_y^3 - t_y), \quad (3)$$

де m_x, m_y — число груп експертів, що не відрізняються рангом у сукупностях Б та А;

t_x, t_y — число рангів у групі нерозрізнених рангів;

d_i — різниця між рангами за двома змінними.

Подальші розрахунок проводили за даними, наведеними у табл. 4.

Таблиця 4. Ранги порівняльних показників спиртових настоїв за групами дескрипторів

№ п/п	Назва показника (дескриптора)	Дегустаційний бал			
		Морс із чорноплідної горобини	Настій розторопші плямистої	Настій з апельсина свіжого	Настій естрагону
1	2	3	4	5	6
1	Колір	9,5	9,5	9,3	8,3
2	Прозорий	9,5	9,6	9,4	9
3	Приємний	9,7	9,5	9,5	9
4	Яскравий	9,5	9,4	9	8
5	Світлий	9,2	9,6	9,1	7
6	Смак	5,9	6,0	6,6	7,0
7	Ромовий	4	4	8,7	6
8	Спиртовий	10	8,1	4	7,4
9	Післясмак	7,2	8,5	9	7,5
10	Приємний	7,3	8,2	10	8
11	Гармонійний	7	8	9,4	8
12	М'який	4	6	9	8
13	Гіркуватий	7,4	6	4	4
14	Терпкий	4	4	4	4
15	Пряний	4	4	4	10
16	Насичений	6,3	8	8,5	9,9
17	Пекучий	6,5	4	8	10
18	Маслянистий	4	4	4	10
19	Свіжий	4	8,5	4	4
20	Кислий	6	6,2	6,3	4
21	Солодкий	4	4	4	6,6

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6
22	Фруктовий	8	4	9,1	4
23	Аромат	6,0	5,8	5,6	6,3
24	Ромовий	8,4	5,7	5,5	4
25	Спиртовий	8,5	9,9	8	4
26	Фруктовий	8,2	7,2	4	4
27	Пряний	8,5	8,1	9	10
28	Запашний	4	4	4	10
29	Квітковий	4	4	4	10
30	Хвойний	4	4	4	4
31	Смолянистий	4	4	4	4
32	Трав'яний	4	4	4	9,6
33	Деревний	4	4	4	4
34	Приємний	9,1	4	4	4
35	Збалансований	8,5	8,5	9,5	7,6
36	Виражений	8,1	8,6	9	9,8
37	Лікарський	4	8,3	8,8	8,2
38	Гострий	4	4	4	4
39	Грубий	4	4	4	4

Для визначення достовірності отриманих результатів проводили розрахунок коефіцієнта кореляції рангів (за даними табл. 4) і отримали результати:

$$\sum_{i=1}^{36} d_i^2 = 164, m_x = 3, m_y = 3, \quad (4)$$

$$T_x \approx 390.5, T_y = 518.5,$$

$$r_s = 1 - 0.024 \approx 0.976$$

де m_x, m_y — число груп експертів, що не різняться рангом у сукупностях Е та А;

t_x, t_y — число рангів у групі нерозрізнених рангів;

d_i — різниця між рангами за двома змінними.

Аналізуючи проведені розрахунки, зроблено висновок, що отримане значення коефіцієнта кореляції рангів Спірмена $r_s = 0,976$ близьке до 1. Це означає, що оцінки показників якості, отримані експертом, і показники еталонного зразка щільно узгоджуються. Так само було прораховано ранги і для інших учасників дегустації. Оскільки для всіх експертів значення коефіцієнта кореляції r_s близькі до $1: 0,94 < r_s < 1$, роботу групи експертів вважаємо злагодженою.

Використовуючи отримані значення окремих показників, було проведено оцінювання (в балах) дескрипторів за групами окремих показників (рис. 2). Підсумкову оцінку конкретного показника зразку визначали шляхом отримання середнього значення окремих дескрипторів [5].

Оцінювання впливу рослинної сировини на показники якості спиртових настоїв проводили у вигляді суми добутків складових показників f_j . Порівняння різних зразків проводили за умови використання профільного критерію якості — «багатокутника якості» (як площу багатокутника), яку обчислювали як суму площ окремих трикутників, утворених променями окремих показників якості, з центральним кутом $\frac{2\pi}{N}$:

N

$$S = \sin \frac{2\pi}{N} \times \sum_{j=1}^N (f_j \times f_{j+1}), \text{ бал}^2 \quad (5)$$

де f_j — значення конкретного показника якості, бали;
 N — кількість зразків.



Рис. 2. Профілограми показників якості зразків спиртових настоїв з рослинної сировини: а — спиртового морсу із чорноплідної горобини; б — спиртового настою розторопші плямистої (шрот); в — спиртового настою з апельсина (шкірка) свіжого; г — спиртового настою естрагону; 1 — колір і прозорість; 2 — прозорість; 3 — приємний; 4 — яскравий; 5 — світлий; 6 — смак; 7 — ромовий; 8 — спиртовий; 9 — післясмак; 10 — приємний; 11 — гармонійний; 12 — м'який; 13 — гіркий; 14 — терпкий; 15 — пряний; 16 — насичений; 17 — пекучий; 18 — маслянистий; 19 — свіжий; 20 — кислий; 21 — солодкий; 22 — фруктовий; 23 — аромат; 24 — ромовий; 25 — спиртовий; 26 — фруктовий (відповідний сировині, плодовий); 27 — пряний (відповідний сировині); 28 — запашний; 29 — квітковий; 30 — хвойний; 31 — смолянистий; 32 — трав'яний; 33 — деревний; 34 — приємний; 35 — збалансований; 36 — виражений; 37 — лікарський; 38 — гострий; 39 — грубий.

Найбільш наочним є метод візуалізації органолептичних властивостей продуктів у вигляді профілограм, за допомогою яких можна оцінити інтенсивність прояву

та відмінність дескрипторів [5]. За результатами проведеного оцінювання було побудовано профілі якості окремих зразків за методом «багатокутник якості» (рис. 2) та прораховано критерій якості (S^2 , бали) (рис. 3).

Як видно з представлених графічних профілів визначених критеріїв якості, всі представлені зразки мають достатньо високі значення органолептичних показників та їх дескрипторів.

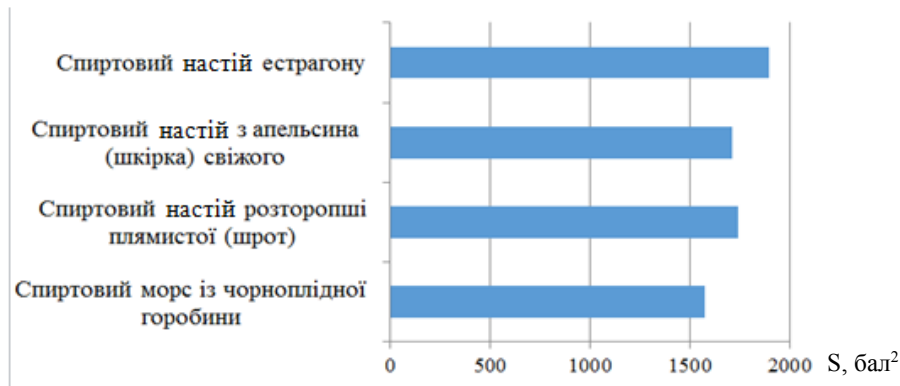


Рис. 3. Критерій якості дослідних зразків спиртових настоїв з рослинної сировини

Проаналізувавши дані проведених досліджень, визначили, що при врахуванні фізико-хімічних та органолептичних показників розрахунок рейтингу зразків алкогольних настоїв показав, що інноваційні розробки отримали високі бали. Найменший серед інших зразків критеріальний показник «площа багатокутника» (1707 балів²) має зразок спиртового настою з апельсина, а найбільшу кількість рейтингових балів отримав зразок спиртового настою естрагону (1575 балів²).

Висновки. На підставі проведених досліджень визначені фізико-хімічні та органолептичні показники спиртових напівфабрикатів. Дані хроматографічних досліджень підтвердили наявність біологічно активних речовин, низки вітамінів і мінеральних сполук у дослідних зразках настоїв та морсу. Враховуючи розроблені органолептичні показники та їхні дескриптори, визначено критерій якості дослідних напівфабрикатів. Наукова новизна одержаних результатів полягає у визначенні закономірності процесів органолептичного оцінювання зразків на основі дескрипторів. Проведені комплексні дослідження сировини для виготовлення спиртових напівфабрикатів дають змогу створити алкогольні напої з прогнозованими високими показниками якості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bensafi M. Asymmetry of pleasant vs. Unpleasant odor processing during affective judgment in humans / M. Bensafi, C. Rouby // *NeuroscienceLetters*. — 2012. — Vol. 328, Issue 3, 16 August. — P. 309—313.
2. Draper N. R. *Applied Regression Analysis* / N. R. Draper, H. Smith. — John Wiley & sons, Inc, 1998. [3rd Edition]. — 736 p.
3. Echinacea for preventing and treating the common cold // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. — 2014. — Issue 2. — P. 37—45.
4. Holovko M. P., Penkina N. M., Kolesnyk V. V., Polupan V. V. (2017), Vykorystannia metodu apriornoho ranzhuvannia chynnykiv pid chas stvorennia retseptur alkoholnykh napoiv, Naukove fakhove vydannia «Sotsialno-ekonomichni problemy i derzhava», Naukovi pratsi NUKhT, Tom 23, 2, S. 200—207.

5. Koretska I., Kuzmin O., Zinchenko T. Sample rating in water-alcohol technology by profile non-linear quality criteria. В журн. «Ресторанный і готельний консалтинг. Інновації» (науковий фаховий журнал групи В). Том 3, № 1 (червень, 2020, С. 12—24).

6. Maduka H. C. C. The effect of *Sacoglottis gabonensis* stem bark extract, a Nigerian alcoholic beverage additive, on the natural antioxidant defences during 2,4-dinitrophenyl hydrazine-induced membrane peroxidation in vivo / H. C. C. Maduka, Z. S. C. Okoye // *Vascular Pharmacology*. — 2002. — Vol. 39, Issue 1—2. — P. 21—31.

7. Reducing ability of infusions from waste of spicy-aromatic raw materials in the technology of alcoholic beverages / Kuzmin O., Isaienko V., Koretska I., Rakhmetov D., Goots V., Oliynyk S. // *Ukrainian Food Journal*. — 2020. — Vol. 8, Issue 1, — С. 6—21.

8. Stegenga H. Seaweeds of the South Africal West Coast / H. Stegenga, J. J. Bolton, R. J. Anderson // *Bolus Herbarium*. — 1997. — No. 18. — P. 277.

9. Антиоксидантні характеристики рослинної сировини у створенні алкогольної продукції / [О. В. Кузьмін, І. А. Оносова, В. Г. Топольнік та ін.] // *Вісник ДонНУЕТ*. — 2012. — № 1(53). — С. 198—209.

10. Антиоксидантні характеристики рослинної сировини у створенні алкогольної продукції / [О. В. Кузьмін, І. А. Оносова, В. Г. Топольнік та ін.] // *Вісник ДонНУЕТ*. — 2012. — № 1(53). — С. 198—209.

11. Безчаснюк Е. М. Процесс экстрагирования из лекарственного растительного сырья / Е. М. Безчаснюк, В. В. Дяченко, О. В. Кучер // *Фармаком*. — 2003. — С. 54—56.

12. Технологічна інструкція по лікєро-горілочаному виробництву: ТІ У 18.4466-94. — К.: УкрНДІспиртбіопрод, 1994. — 319 с.

13. Технологічний регламент на виробництво горілок і лікєро-горілочаних напоїв: ТР У 18.5084-96. — К.: УкрНДІспиртбіопрод, 1996.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СПИРТОВЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ТЕХНОЛОГИИ АЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

И. А. Дубовкина

Институт технической теплофизики

В. В. Колесник, В. В. Полупан

Харьковский государственный университет питания и торговли

И. Л. Корецкая

Национальный университет пищевых технологий

Експериментально определены показатели качественного состава спиртовых полуфабрикатов, получены хроматографические и физико-химические характеристики спиртовых настоев растительного сырья. Для эффективного оценивания влияния выбранного растительного сырья на органолептические показатели и на качество спиртовых настоев использовали метод определения критерия качества для профилограмм, который охватывает значительное количество показателей и является чувствительным к изменению каждого из использованных дескрипторов. Результаты расчета проверялись методом расчета комплексного критерия качества. Практическое значение полученных результатов проясняется в усовершенствовании спиртовых настоев при разработке алкогольных напитков. Использовались методы: хроматография спиртовых настоев, методы оценки физико-химических и органолептических показателей спиртовых настоев.

Ключевые слова: этанол, вода, спиртовые настои, хроматограмма, критерий качества.

УДК 663.433.1

DEVELOPMENT OF SEMI-FINISHED PRODUCTS FROM GRAIN MALT FOR ENRICHMENT OF FOOD PRODUCTS

I. Goyko, N. Stetsenko

National University of Food Technologies

Key words:

mineralization,
grain crops,
spelled,
oats,
minerals,
germination

Article history:

Received 09.10.2020
Received in revised form
10.11.2020
Accepted 14.12.2020

Corresponding author:
stetsenkono_nuft@ukr.net

ABSTRACT

As world and domestic experience shows, the most effective and cost-effective way to improve the supply of micronutrients on a national scale is to further enrich food. The article substantiates and experimentally confirms the feasibility of grain crops mineralization, namely spelled and oats, on various nutrient medium to obtain a semi-finished product with an increased content of deficient microelements. The relevance of the enrichment of grain crops with zinc and chromium during their germination has been substantiated. Chromium is important for the prevention of diabetes and cardiovascular diseases. Insufficient zinc intake leads to anemia, secondary immunodeficiency, liver cirrhosis, sexual dysfunction. The determination of the concentration of minerals in the germinated grains of spelled and oats was carried out by the X-ray fluorescence method. The method is based on the collection and subsequent analysis of the spectrum that occurs when the test material is irradiated with X-rays. Equilibrium concentrations of minerals in germinated grain crops have been established. It was found that the optimal concentration of zinc sulfate in the nutrient solution is 0.002%, and the concentration of potassium dichromate should not exceed 0.001%. It has been established that the use of a zinc salt solution as a nutrient medium makes it possible to increase its content in spelled grain by 2.72 times, and the use of a chromium salt solution makes it possible to enrich the grain with it to a level of 8.32 $\mu\text{g/g}$. It was found that the content of zinc in the sprouted oat grains in comparison with the original sample increased almost 35 times, and chromium — 8,7 times. A method for the production of a semi-finished product from sprouted mineralized oats and spelled grains, which can be used as an enrichment agent for various food environments, such as bakery products, cereals, and fermented milk products, is proposed.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-13

РОЗРОБЛЕННЯ НАПІВФАБРИКАТУ ІЗ СОЛОДУ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ЗБАГАЧЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

І. Ю. Гойко, канд. техн. наук

Н. О. Стеценко, канд. хім. наук

Національний університет харчових технологій

У статті обґрунтовано й експериментально підтверджено доцільність мінералізації зернових культур, зокрема полби та вівса, на різних живильних середовищах для отримання напівфабрикату з підвищеним вмістом дефіцитних мікроелементів. Обґрунтовано актуальність збагачення зернових культур цинком і хромом при їх пророщуванні. Рентгенофлуоресцентним методом визначено рівноважні концентрації мінеральних речовин у пророщених зернах полби та вівса.

Запропоновано спосіб виробництва напівфабрикату з пророщених мінералізованих зерен вівса та полби, який можна використовувати як збагачувач для різних харчових середовищ, таких як різноманітні хлібобулочні вироби, сухі сніданки, кисломолочні продукти тощо.

Ключові слова: мінералізація, зернові культури, полба, овес, мінеральні речовини, пророщування.

Постановка проблеми. За результатами досліджень у більшій частині дитячого і дорослого населення України виявлено порушення повноцінного харчування, що пов'язано з недостатнім споживанням вітамінів і мінеральних речовин. Захворювання серцево-судинної системи, онкологічні захворювання, цукровий діабет, ожиріння викликані незбалансованим харчуванням [1]. Дефіцит мікро- та макроелементів є однією з причин виникнення остеопорозу, анемії, зниження імунітету й опірності організму [2].

Нестача мінеральних речовин у раціонах населення спостерігається через зменшення концентрації мікроелементів у ґрунті, технологічну переробку сировини, монотонізацію раціону, збільшення в раціонах частки рафінованих, висококалорійних продуктів з низьким вмістом мінеральних речовин тощо. Особливо гостро постає проблема дефіциту мікронутрієнтів, зокрема цинку, хрому, селену, йоду, що знижує опірність організму до різних захворювань, несприятливих чинників екологічного довкілля і, як наслідок, здатність до адаптації.

Як показує світовий і вітчизняний досвід, найбільш ефективним і економічно доступним шляхом поліпшення забезпеченості населення мікронутрієнтами у загальнодержавному масштабі є додаткове збагачення ними харчових продуктів. Саме тому актуальним завданням є створення нової продукції, розробленої з використанням рослинних добавок, які містять у собі таку кількість есенціальних мінеральних речовин, що здатні компенсувати існуючий дефіцит у разі споживання зазначених продуктів у традиційних кількостях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом актуальним є збагачення харчових продуктів компонентами різних зернових культур. З метою підвищення технологічного потенціалу зерна застосовуються спеціальні методи оброблення. Це виробництво тонкодиспергованого борошна з цілого зерна пшениці, використання біомодифікованих вівса і ячменю, застосування екструдованої зернової сировини в технології хліба, борошняних кондитерських виробів і напоїв [3—6].

Одним із методів підвищення харчової цінності зерна шляхом біологічної активації є пророщування. При цьому відбувається зміна як кількісного, так і якісного складу багатьох харчових речовин зернівки. Зокрема, зменшується вміст крохмалю при одночасному зростанні загального вмісту цукрів, знижується вміст загального білка з одночасним підвищенням кількості вільних амінокислот, тобто білок переходить у легкозасвоювану форму, вміст вільних ліпідів дещо знижується, а зв'язаних — зростає, збільшується загальний вміст мінеральних речовин і вітамінів [7].

Ідея збагачення зерна мінеральними речовинами шляхом пророщування його в штучних живильних середовищах, зокрема розчинах солей металів, була запропонована Г. О. Сімахиною та Т. І. Миколів [8]. Відзначено, що до організму людини мінеральні речовини повинні надходити в органічно зв'язаній формі, яка є більш адекватною біохімічним і фізіологічним механізмам асиміляції мікроелементів в організмі.

Мета дослідження: вивчення мінералізації зернових культур полби та вівса при пророщуванні зі штучних живильних середовищ для отримання напівфабрикату з підвищеним вмістом цинку та хрому.

Матеріали і методи. Для отримання напівфабрикату було обрано спосіб мінералізації зернових культур шляхом їх біоактивації в живильних середовищах, адже саме при такому обробленні зерна іони металів включаються в органічні комплекси, які є легкозасвоюваними для людського організму [9; 10].

Як предмет досліджень було обрано зерно полби та вівса, які широко використовуються при здоровому харчуванні. Білки вівса мають найвищу біологічну цінність серед зернових культур. За своїм біохімічним складом овес відрізняється від інших зернових культур високим вмістом амінокислот, передусім лізину й метіоніну, та вітамінів групи В. Вміст білка у вівсі та вихід його з одиниці площі часто перевищує ці показники порівняно з іншими зерновими. Крім цього, частка засвоюваних білків вівса сягає 90—95% від їх загального вмісту [11]. Білки глобулінової фракції акумулюють найбільше незамінних амінокислот [12].

Однією з популярних зернових культур наразі є різновид пшениці — полба, яка характеризується високим вмістом білка та містить 18 амінокислот. Низький вміст клейковини обумовлює цінність полби для харчування хворих, які страждають алергічною реакцією на глютен. У полбі більш високий вміст заліза, магнію та вітамінів групи В, ніж у звичайній пшениці.

Функціональними інгредієнтами були обрані такі мікроелементи, як хром і цинк. Хром має велике значення для профілактики цукрового діабету і серцево-судинних захворювань, тому що разом з ніотиновою кислотою утворює комплекс, який слугує кофактором інсуліну, а також запобігає вираженим порушенням обміну вуглеводів і супутнім хронічним захворюванням. Дефіцит хрому призводить до погіршення засвоєння глюкози. Встановлено, що біозасвоюваність хрому з неорганічних сполук у шлунково-кишковому тракту людини невисока, проте вона суттєво зростає при надходженні хрому у вигляді комплексних сполук. Шестивалентний хром засвоюється у 3...5 разів краще, ніж тривалентний [13], тому для використання в мінералізованому живильному середовищі було обрано дихромат калію $K_2Cr_2O_7$.

Цинк входить до складу більш ніж 300 ферментів, бере участь у процесах синтезу і розпаду вуглеводів, білків, жирів, нуклеїнових кислот і в регуляції експресії ряду генів, зміцнює імунітет, має ліпотропні та кровотворні властивості. Недостатнє

споживання цинку призводить до анемії, вторинного імунодефіциту, цирозу печінки, статевої дисфункції. Ліквідація гіпоцинкемії є одним з невідкладних завдань ВООЗ [14]. Джерелом цього мікроелементу було обрано сульфат цинку $ZnSO_4$.

Визначення концентрації мінеральних речовин у пророщених зернах полби та вівса проводили рентгенофлуоресцентним методом. Це один із сучасних спектроскопічних методів дослідження елементного складу зразків. Метод заснований на отриманні та подальшому аналізі спектра, який виникає при опроміненні досліджуваного матеріалу рентгенівським випромінюванням.

Результати досліджень. Для отримання мінералізованої зернової сировини зерно полби та вівса пророщували при температурі 20...22°C повітряно-водяним способом із застосуванням розчинів солей цинку $ZnSO_4$ та хрому $K_2Cr_2O_7$. Ці мікроелементи беруть активну участь у ферментативних процесах, що відбувається в зерні, сприяють його росту і розвитку. Дослідження проводили у діапазоні концентрацій від 0,0005% до 0,01% з кроком 0,0005%. Зерно пророщували до утворення паростків довжиною 2 мм. Для всіх зразків тривалість пророщування становила 48 годин. Як контрольний зразок досліджували зерно, пророщене у дистильованій воді за аналогічних умов.

Встановлено, що в діапазоні концентрацій 0,001%...0,002% сульфату цинку зростання сприяє накопиченню мікроелементу в зерні полби в процесі пророщування та приводить до прискорення процесу проростання зерна в 2,1...2,7 раза порівняно з контрольним зразком. Подальше збільшення концентрації розчину викликало пригнічення процесу пророщування. Встановлено, що оптимальна концентрація солі цинку в живильному середовищі становить 0,002%.

Визначено, що збільшення концентрації розчину дихромату калію до 0,001% приводить до підвищення інтенсивності проростання зерна полби в 1,12...1,2 раза порівняно з інтенсивністю пророщування у воді. При подальшому зростанні концентрації розчину відсоток пророслих зерен полби зменшується в 1,1...1,15 раза. Отже, для збагачення зерна іонами хрому концентрація дихромату калію не повинна перевищувати 0,001%.

Порівняльна характеристика мінерального складу зерна полби, пророщеного на різних середовищах, наведена у табл. 1.

Таблиця 1. Вміст мінеральних речовин у пророщеному зерні полби

Мінеральна речовина	Вміст мінеральних речовин у пророщеному зерні полби, мкг/г		
	на воді	на розчині $K_2Cr_2O_7$	на розчині $ZnSO_4$
K	1097,76±130,29	2031,64±121,9	1320,50±92,7
Ca	343,05±40,27	221,56±29,03	300,69±35,85
Cr	0	8,32±1,12	0
Mn	6,82±1,18	3,49±0,75	7,43±1,17
Fe	14,57±1,97	12,23±1,62	16,83±2,01
Cu	3,84±0,77	2,50±0,56	3,30±0,68
Zn	28,38±2,00	22,80±1,61	77,21±3,15
Br	2,03±0,38	2,08±0,34	3,23±0,45
Rb	2,29±0,34	1,69±0,26	2,77±0,35
Sr	1,30±0,26	1,07±0,21	1,33±0,25

З таблиці видно, що використання як живильного середовища розчину сульфату цинку дає змогу підвищити його вміст у зерні в 2,72 раза, а використання розчину дихромату калію — збагатити хромом зерно до рівня 8,32 мкг/г. Цього елемента у

складі зерна полби, пророщеного у воді, виявлено не було. Встановлено, що в пророщеному зерні полби майже вдвічі підвищується вміст калію. Вміст інших елементів майже не змінюється або дещо зменшується.

Порівняльна характеристика мінерального складу зерна вівса, пророщеного на різних середовищах, представлена у табл. 2.

Таблиця 2. Вміст мінеральних речовин у пророщеному зерні вівса

Мінеральна речовина	Вміст мінеральних речовин у пророщеному зерні вівса, мкг/г		
	на воді	на розчині $K_2Cr_2O_7$	на розчині $ZnSO_4$
S	1598,60±497,30	1874,88±330,33	1652,84±230,33
Cl	222,51±69,59	674,09±129,46	604,10±109,50
K	1410,11±113,67	1732,71±135,12	2120,75±148,32
Ca	598,48±56,60	522,99±56,72	727,43±66,40
Mn	7,51±1,31	7,14±2,25	7,91±1,44
Fe	17,05±2,27	16,34±1,38	19,00±2,55
Cu	2,57±0,67	3,32±2,38	6,10±1,10
Zn	21,71±1,87	25,71±1,02	753,46±11,72
Br	3,03±0,49	1,94±0,82	2,89±0,51
Rb	2,82±0,40	3,85±2,18	5,38±0,59
Sr	3,03±0,27	2,42±0,42	1,21±0,28
Cr	2,36±0,71	20,64±0,50	2,47±0,58
Ni	1,24±0,64	4,24±0,40	6,68±1,27

Аналіз отриманих даних свідчить, що вміст цинку в пророщеному зерні вівса порівняно з контролем збільшився майже в 35 разів, а хрому — у 8,7 раза. Спостерігається зростання кількості хлору та міді.

Для отримання напівфабрикату пророщені зерна сушили до вмісту вологи 15% з метою уникнення їх псування під час зберігання. Висушування проводили за температури 45...60°C протягом 12 год з метою зменшення вологості і накопичення речовин, які надають солоду специфічного смаку, кольору й аромату.

Після сушіння солод відразу охолоджували до температури 35°C і видаляли з нього паростки. Висушений солод подрібнювали до порошокоподібного стану на лабораторному млинку. Було отримано чотири види мінералізованих зернових культур, які змішували в рівних співвідношеннях. Такий напівфабрикат у вигляді борошна з пророщених мінералізованих зерен полби та вівса можна використовувати як збагачувач для різних харчових середовищ, таких як різноманітні хлібобулочні вироби, сухі сніданки, кисломолочні продукти тощо.

Подальші дослідження в цьому напрямі планується проводити з метою розширення кількості корисних мікронутрієнтів, якими варто збагачувати зернові напівфабрикати, а також встановлення оптимальних умов проведення процесу біоактивації зернових культур з використанням математично-статистичних методів обробки результатів експериментів.

Висновки. Проведені дослідження показали ефективність мінералізації зернової сировини полби та вівса при їх пророщуванні з живильних розчинів. Висушені та подрібнені зразки можна використовувати як функціональний напівфабрикат у виробництві нових харчових продуктів.

Встановлено, що використання як живильного середовища розчину сульфату цинку концентрацією 0,001%...0,002% сприяє збільшенню накопичення цинку в

процесі пророщування зерна полби та приводить до прискорення процесу проростання зерна в 2,1...2,7 рази порівняно з контрольним зразком. Оптимальна концентрація сульфату цинку становить 0,002%.

Встановлено, що зростання концентрації дихромату калію в живильному середовищі до 0,001% приводить до підвищення інтенсивності проростання зерна полби в 1,12...1,2 рази порівняно з інтенсивністю пророщування у воді.

Зерно, яке не мало у своєму складі цього мікроелемента, при біологічній активації збагачується хромом до рівня 8,32 мкг/г.

Отриманий напівфабрикат із мінералізованих пророщених зерен полби та вівса пропонується використовувати для збагачення різних харчових середовищ, таких як різноманітні хлібобулочні вироби, сухі сніданки, кисломолочні продукти, для підвищення їх біологічної цінності та розширення асортименту продукції оздоровчого призначення, що дасть змогу компенсувати дефіцит мікронутрієнтів у раціонах населення України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шемета О. О. Функціональні продукти — новий підхід до здорового способу життя / О. О. Шемета, К. М. Дожук // Ліки України. — 2015. — № 1. (186). — С. 24—27.

2. Спиричев В. Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк, В. М. Позняковский. — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. — 548 с.

3. Седелкин В. М. Тонкодиспергированная мука из целого зерна пшеницы / В. М. Седелкин, Л. Ф. Рамазаева, Т. А. Ломовцева // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2001. — № 2—3. — С. 25.

4. Шабурова Г. В. Повышение технологического потенциала несоложенных зернопродуктов / Г. В. Шабурова, А. А. Курочкин, П. К. Воронина // Техника и технология пищевых производств. — 2014. — № 1(32). — С. 90—96.

5. Шабурова Г. В. Перспективы использования экструдированной гречихи в пивоварении и хлебопечении / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. — 2014. — № 4. — С. 79—83.

6. Курочкин А. А. Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. — 2014. — № 4. — С. 70—74.

7. Білик О. А. Вплив суміші пророщених зернових культур на основні технологічні параметри і якість хліба пшеничного / О. А. Білик, Л. М. Бурченко, Е. Ф. Халікова, А. В. Йолтухівська // Наукові праці НУХТ. — 2020. — Т. 26, № 2. — С. 220—231.

8. Сімахіна Г. О. Використання високомінералізованої зернової сировини у вирішенні проблеми мікроелементної нестачі / Г. О. Сімахіна, Т. І. Миколів // Наукові праці НУХТ. — 2009. — № 28. — С. 10—13.

9. Simakhina G. A. The use of the biologically activated grain is in technology of health products / G. A. Simakhina, S. A. Bazhay-Zhezherun, T. I. Mykoliv, L. V. Bereza-Kindzerska, M. M. Antoniuk // East European Scientific Journal. — 2016 — № 5(9). — Vol. 4. — P. 147—153.

10. Simakhina G. Perspectives of designing the compositional mixtures from cereal cultures / G. Simakhina, T. Fedorenko // Proceedings of 8th Central European Congress on Food “Food for Well-Being”, May 23—26, Kyiv, 2016. — P. 66.

11. Баталова Г. А. Биология и генетика овса / Г. А. Баталова, Е. М. Лисицын, И. И. Русакова. — Киров: [б. и.], 2008. — 456 с.

12. Буняк О. Не можна миритися з тим, що значення вівса як основної кормової і дієтичної продовольчої культури сьогодні відійшло на другий план / О. Буняк // Зерно і хліб. — 2013. — № 2. — С. 20—22.

13. Реутина С. В. Роль хрома в організмі людини / С. В. Реутина // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2009. — № 4. — С. 50—55.

14. Преснякова М. В. Биологическая роль цинка и его значимость в патогенезе расстройств аутистического спектра / М. В. Преснякова, О. В. Костина, Ж. В. Альбицкая // Социальная и клиническая психиатрия. — 2019. — Т. 29, № 3. — С. 63—69.

РАЗРАБОТКА ПОЛУФАБРИКАТА ИЗ СОЛОДА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

И. Ю. Гойко, Н. А. Стеценко

Национальный университет пищевых технологий

В статье обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность минерализации зерновых культур, а именно: полбы и овса, на различных питательных средах для получения полуфабриката с повышенным содержанием дефицитных микроэлементов. Обоснована актуальность обогащения зерновых культур цинком и хромом при их проращивании. Определение концентрации минеральных веществ в пророщенных зернах полбы и овса проводили рентгенофлуоресцентным методом. Установлены равновесные концентрации минеральных веществ в пророщенных зерновых культурах.

Предложен способ производства полуфабриката из пророщенных минерализованных зерен овса и полбы, который можно использовать в качестве обогатителя для различных пищевых сред, таких как различные хлебобулочные изделия, сухие завтраки, кисломолочные продукты.

Ключевые слова: минерализация, зерновые культуры, полба, овес, минеральные вещества, проращивание.

УДК 639.3.043

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PRODUCTION PARAMETERS ON THE QUALITY OF FISH FEEDS

Zh. Koshak, A. Koshak
RUE«Fish Industry Institute»

Key words:

compound feed for fish,
essential amino acids,
phytobiotic,
vacuum deposition of fat,
extrusion,
biological value of
compound feed

Article history:

Received 07.10.2020
Received in revised form
16.11.2020
Accepted 07.12.2020

Corresponding author:

koshak.zn@Gmail.com

ABSTRACT

In order to ensure the volume of fish growing in aquaculture conditions, it is necessary to develop highly effective compound feeds that would allow obtaining high fish gains at low feed costs.

The article discusses the influence of the production technology of compound feed for fish on their chemical composition, structural and mechanical properties and their efficiency in fish farming.

It has been established that in order to obtain a high-quality compound feed for fish, it is necessary to strictly adhere to the technological operating modes of the equipment, which depend on the composition of the compound feed.

To preserve biologically active substances (phytobiotics, essential amino acids, etc.) in the composition of the feed, it is necessary to carry out the modes of moisture-thermal treatment at a temperature not exceeding 60°C, while the moisture content of the feed depends on the composition of the raw material and the subsequent stage of processing (granulation or extrusion).

The optimal values of the parameters of the extruder for the production of feed pellets with the desired properties (floating, slowly sinking and sinking) have been determined.

It was found that with an increase in the heating of fish oil from 20 to 60°C, the hardness of the granules increased by 32% due to the increase in the fluidity of the fat and the uniform distribution of fat on the surface and inside the granule.

It was found that with an increase in the temperature of the extrusion process from 72 to 130°C, the pore size of the granule decreases from 1035 μm^2 to 426 μm^2 , pore sizes are reduced by 59%. With an increase in temperature, the pores inside the granules are distributed in the volume more evenly and their number increases, thereby increasing the adsorption capacity of the feed granules by 12%.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-14

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА НА КАЧЕСТВО КОМБИКОРМОВ ДЛЯ РЫБ

Ж. В. Кошак, канд. техн. наук

А. Э. Кошак, канд. техн. наук

РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси

В статье рассмотрено влияние технологических параметров производства комбикормов для рыб на биологическую полноценность комбикормов и их физические свойства. Установлено, что для сохранения биологически активных веществ в составе комбикорма для рыб влаготепловую обработку комбикорма, независимо от состава, следует проводить при температуре продукта не более 60°C, экструдирование — при температуре продукта не более 100°C, при этом физические свойства комбикорма обеспечат возможность напыления максимального количества жира, а величина отдельно взятой поры в грануле будет в среднем равна 426 мкм².

Ключевые слова: комбикорм для рыб, незаменимые аминокислоты, фитобиотик, вакуумное напыление жира, экструдирование, биологическая ценность комбикорма.

Постановка проблемы. В настоящее время ресурсы океана по добыче рыбы истощаются, и перед учеными всего мира стоит проблема выращивания различных видов рыб в условиях аквакультуры. Общемировые тенденции показывают, что в связи с ростом спроса на рыбную продукцию доля рыбоводства растет. Если 20 лет назад доля продукции аквакультуры в потреблении составляла лишь четверть, то сейчас это уже половина. Рынок рыбной продукции является одним из важнейших элементов мирового продовольственного рынка. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации объединенных наций (далее — ФАО) на долю рыбы приходится порядка 17% животного белка в пищевом рационе населения планеты и 7% всего потребляемого белка. В настоящее время общее производство рыбы достигло примерно 171 млн тонн, причем около 47% приходилось на продукцию аквакультуры, 53% — на продукцию рыболовства. Крупнейшим в Европе производителем пресноводной аквакультуры является Франция, доля которой в общем объеме европейского производства более 14%, второе место занимает Германия (более 11%). В этих странах основная часть рыбоводства занимает производство карпа обыкновенного и радужной форели, также наблюдается рост производства сома и озерной форели. Мировые тенденции в последние десятилетия показывают опережающий рост производства продукции аквакультуры в сравнении с объемами рыболовства [1]. Ожидается, что общий объем производства рыбы в 2030 году достигнет 204 млн тонн, в том числе объем производства продукции аквакультуры достигнет 109 млн тонн, что на 32% больше, чем в 2018 году. При этом среднегодовые темпы роста аквакультуры, как предполагается, снизятся: если в 2007—2018 годах они составляли 4,6%, то в 2019—2030 годах составят 2,3% [2].

Для выращивания рыбы в условиях аквакультуры важнейшим фактором, способным обеспечить эффективность, являются комбикорма. Комбикорма для рыб — одни из самых сложных при производстве, т. к. к ним предъявляются дополнительные условия из-за среды обитания рыб. Рыба может быть также условно разделена на две группы — карповые и ценные виды. Эти две группы предъявляют разные

требования к составу и качеству комбикормов. Карповые виды являются всеядными и поэтому в комбикорме могут присутствовать как растительные, так и животные компоненты без особых ограничений. Ценные виды (лососевые, осетровые, сомовые, сиговые) — это хищники, в питании которых в естественных условиях преобладает животный протеин и жир и совершенно в ничтожных количествах растительные ингредиенты. Поэтому в составе комбикормов для ценных видов должен быть баланс животных и растительных компонентов, который не нанесет вред их обмену веществ. В первую очередь, по этой причине в составе комбикормов для ценных видов рыб присутствуют от 20 до 60% компонентов животного происхождения (рыбная мука, рыбий жир, рыбный гидролизат, мясокостная мука, альбумин, гемоглобиновая мука и т. п.). Растительные компоненты это, как правило, соевые концентраты, кукурузный глютен и т. п. [3—4].

Самым важным для получения высокоэффективных комбикормов для рыб является их сбалансированный состав, учитывающий особенность физиологии, и технология производства, которая оказывает решающее влияние на конечное качество продукта. В настоящее время много уделяется внимание составу, и практически отсутствует информация о влиянии технологических параметров производства комбикормов для рыб на их конечную эффективность.

Целью исследования является выявление влияния технологических параметров производства комбикормов для рыб на их биологическую ценность.

Материалы и методы. Материалом для исследований служили:

- комбикорм для карпа, содержащий фитобиотик «Микс-Ойл»;
- комбикорм для ценных видов рыб, содержащий биологически активные вещества;
- кормовой концентрат из отходов крупяных производств.

Химический состав комбикорма определяли общепринятыми методами: содержание сырого протеина — титриметрическим методом по Кьельдалю в соответствии с ГОСТ 13496.4-93; жира — экстракционным методом в аппарате Сокслета (ГОСТ 13496.15), массовую долю влаги — методом сушки до постоянной массы (ГОСТ 13496.3), сырая клетчатка — методом удаления из продукта кислотощелочнорастворимых веществ и определения массы остатка (ГОСТ 13496.4). Аминокислотный состав сырья проводился с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии по МВИ.МН 1363-2000.

Результаты исследования. В настоящее время в РБ комбикорма для карпа производятся в основном с помощью технологии гранулирования, которая включает в себя два этапа, существенно влияющих на химический состав комбикорма и сохранность биологически активных веществ — это влаготепловая обработка и непосредственно гранулирование. От правильности проведения этих этапов зависит эффективность комбикорма. Комбикорма для ценных видов рыб производят по технологии экструдирования, которая включает в себя ряд ответственных этапов — влаготепловая обработка, экструдирование, сушка, вакуумное напыление жира и биологически активных веществ на поверхность гранулы. В настоящее время рыбководы постепенно начинают переходить с гранулированных на экструдированные комбикорма для карпа, т. к. они имеют более высокую пищевую ценность. К тому же экструдированные комбикорма более стойкие в воде, что уменьшает их потери при кормлении.

Для лечения бактериальных инфекций карповых рыб, как правило, используют антибиотики, однако это приводит к выработке иммунитета к лечению инфекций не

только у рыб, но и у людей. По этой причине был разработан комбикорм для борьбы с бактериальными инфекциями карповых рыб, содержащий в своем составе фитобиотик, который представляет собой кормовую добавку «Микс-Ойл», содержащую смесь эфирных масел. Основная задача при производстве гранулированного комбикорма — это сохранить активность эфирных масел в составе комбикорма. На основании всего вышесказанного следует отметить, что на активность фитобиотика «Микс-Ойл» в составе комбикорма существенное влияние оказывает влаготепловая обработка.

Влаготепловая обработка комбикорма (ВТО) — это один из основных этапов, обеспечивающих в дальнейшем стабильность протекания технологических процессов и конечное качество как гранулированных, так и экструдированных комбикормов. ВТО необходима для целенаправленного воздействия на характер и степень физико-химических превращений биополимеров комбикорма [5].

При проведении исследований были выбраны следующие дозировки фитобиотика на основании инструкции по применению и результатов предварительных испытаний на рыбе: 200, 400 и 600 г/т комбикорма. Влияние влаготепловой обработки будет одинаково сказываться на физико-химических свойствах сырья, поэтому рассмотрим ее влияние на физико-химические свойства комбикорма при дозировке фитобиотика 600 г/т.

Для исследования использовалось планирование эксперимента — полный факторный эксперимент ПФЭ 2^2 со звездным плечом. В качестве независимых факторов, влияющих на эффективность процесса влаготепловой обработки, выбраны время влаготепловой обработки и температура протекания процесса. В качестве выходных параметров, характеризующих конечное качество комбикорма, были выбраны: влажность комбикорма, разбухаемость гранул, плотность гранулы и выживаемость карпа при бактериальной инфекции [6]. Обработку полученных результатов проводили с помощью программы Statgraphics Plus. В результате была получена аналитическая модель, адекватно описывающая влияние продолжительности и температуры влаготепловой обработки на влажность рассыпного комбикорма перед гранулированием. Аналитическая модель имеет вид:

$$W = -35,85 + 1,54 \cdot t_{\text{ВТО}} + 1,15 \cdot T_{\text{ВТО}} - 0,0304 \cdot t_{\text{ВТО}}^2 + 0,001 \cdot t_{\text{ВТО}} \cdot T_{\text{ВТО}} - 0,0109 \cdot T_{\text{ВТО}}^2, \quad (1)$$

где W — влажность рассыпного комбикорма после влаготепловой обработки, %; $t_{\text{ВТО}}$ — продолжительность влаготепловой обработки, с; $T_{\text{ВТО}}$ — температура влаготепловой обработки, °С.

Были определены оптимальные параметры ВТО для комбикорма с добавлением фитобиотика «Микс-Ойл», обеспечивающие требуемую влажность, плотность и низкую разбухаемость гранулы в воде: продолжительность процесса 22—23 секунды при температуре процесса 58—59°С.

На следующем этапе исследований была определена эффективность комбикорма с добавлением фитобиотика в зависимости от его дозировки при оптимальных параметрах влаготепловой обработки. Для этого в течение 7 суток было осуществлено кормление годовиков карпа комбикормами с различной дозировкой фитобиотика «Микс-Ойл» и с применением оптимальных параметров влаготепловой обработки и без нее. Затем рыбе из опытных и контрольной группы вводили внутривентрально по 0,2—0,3 мл суточной бактериальной суспензии агрессивного штамма *Aeromonas hydrophyla*. После этого осуществляли наблюдение за выживаемостью карпа в течение 7 суток после инъекции. Результаты испытаний комбикормов на годовике карпа представлены в табл. 1.

Таблица 1. Динамика гибели рыб, зараженных *Aeromonas hydrophyla*, в опытных и контрольных группах

Дозировка «Микс-Ойл», г/т	Количество погибшей рыбы, шт.							Смерт- ность, %
	1 сутки	2 сутки	3 сутки	4 сутки	5 сутки	6 сутки	7 сутки	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
200 без ВТО	—	2	3	2	2	—	—	90
200 с ВТО	—	1	4	2	2	—	—	90
400 без ВТО	—	3	1	1	1	—	—	60
400 с ВТО	—	1	2	3	—	—	—	60
600 без ВТО	—	1	—	1	—	—	—	20
600 с ВТО	—	2	—	—	—	—	—	20
Контроль без «Микс-Ойл»	2	6	1	1	—	—	—	100

Развитие клинических признаков аэромоноза (в первую очередь — резко выраженная экзофтальмия у 100% особей, ерошение чешуи и гиперемия в грудном отделе туловища) у рыб из контрольной группы начались уже на 1-е сутки после инъекции. Процесс развивался бурно. Гибель карпа в контрольной группе началась уже на первые сутки. На 2-е сутки погибло 6 экземпляров карпа, на 3-е и 4-е сутки — еще по 1 экземпляру. При вскрытии в полости тела у погибших рыб выявлен экссудат соломенно-желтого или кровавистого цвета, почки дряблые, мажущейся консистенции. Таким образом, в течение 4 суток произошла стопроцентная гибель рыбы из контрольной группы, сопровождающаяся быстрым развитием клинических признаков аэромоноза. Внешний вид карпа с признаками заболевания представлен на рис. 1.



Рис. 1. Карп контрольной группы после инфицирования: 1 — гиперемия в области грудных плавников и пучеглазие; 2 — ерошение чешуи; 3 и 4 — кровоизлияние в глаза и пучеглазие; 5 и 6 — пучеглазие и язва у основания плавника

Анализируя данные табл. 1, видим, что при дозировке фитобиотика в количестве 200 г/т смертность карпа составила 60%. При этом подобранные режимы влаготепловой обработки не снижают его эффективность. При увеличении дозировки фитобиотика до 600 г/т смертность карпа составила всего 20%, причем как с про-

ведением влаготепловой обработки, так и без нее. На основании проведенных исследований следует заключение, что для сохранения активности фитобиотика и минимизации его потерь требуется сохранять температуру ВТО не более 60°C, а при гранулировании не допускать кратковременного повышения температуры выше 90°C.

На следующем этапе исследований были определены потери аминокислот при различных режимах влаготепловой обработки комбикормов перед гранулированием или экструдированием. Известно, что при воздействии влаги и повышенной температуре происходит биохимическое преобразование белков и аминокислот, входящих в их состав [7]. Наиболее благоприятно на влаготепловую обработку реагирует зерновая группа. По этой причине рассмотрим влияние влаготепловой обработки на аминокислотный состав на примере кормового концентрата из отходов крупяных производств при температурах продукта после влаготепловой обработки — 40°C, 60°C и 80°C. Влажность, которая необходима кормовому концентрату перед экструдированием, — 17%. Данные параметры ВТО так же наиболее часто применяются на комбикормовых заводах при гранулировании комбикормов, на 70—80% состоящих из зерна. Содержание аминокислот в составе кормового концентрата при различных температурах продукта при ВТО представлено на рис. 2.

Анализируя данные на рис. 2, видим, что при увеличении температуры продукта при влаготепловой обработке происходит снижение содержания серина на 83%, треонина — на 79%, гистидина — на 100% при температуре продукта 80°C и на 72,5% при 40°C. Метионин и цистеин не выдерживает влаготепловой обработки и при температуре кормового концентрата 40°C наблюдается только остаточное содержание этих аминокислот в его составе. Содержание большинства аминокислот снижается под воздействием тепла и влаги, поэтому параметры влаготепловой обработки должны обеспечить не только клейстеризацию крахмала в составе концентрата, но и минимизировать потери аминокислот. По этой причине основной задачей при проведении влаготепловой обработки является ее проведение при параметрах процесса, которые позволят снизить потери аминокислот.

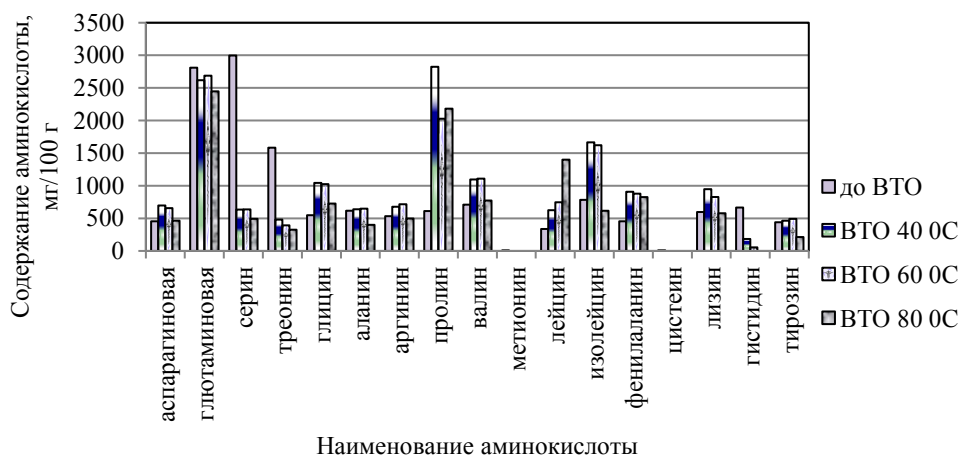


Рис. 2. Изменение содержания аминокислот в составе кормового концентрата в зависимости от температуры ВТО

Было получено уравнение регрессии, описывающее содержание аминокислоты в составе кормового концентрата в зависимости от температуры, которое имеет вид:

$$C_{\text{АМК}} = A \cdot T^2 + B \cdot T + C, \quad (2)$$

где $C_{\text{АМК}}$ — содержание аминокислоты, мг/100г; T — температура перед экструдированием, °С; A — эмпирический коэффициент, характеризующий влияние температуры на содержание аминокислоты, $\frac{1}{^\circ\text{C}}$; B — эмпирический коэффициент, характеризующий изменение содержания аминокислоты в зависимости от температуры, $\frac{\text{мг}}{100\text{г} \cdot ^\circ\text{C}}$; C — эмпирический коэффициент, характеризующий содержание аминокислоты в составе кормового концентрата, мг/100 г.

Значения эмпирических коэффициентов определены для каждой аминокислоты, что позволяет просчитать потери аминокислот при различных режимах влаготепловой обработки.

В процессе производства комбикормов для рыб одним из основных свойств, характеризующих поведение гранул в воде, является коэффициент вспучивания или расширения гранул, который показывает отношение объема после экструдирования к объему до экструдирования. Если коэффициент расширения равен единице, то вспучивание не происходит. Комбикорма для ценных видов рыб отличаются тем, что необходимо добиться такого коэффициента расширения гранул, а следовательно, и плотности, чтобы гранулы вели себя в воде требуемым образом. Для осетровых видов рыб гранула должна быть тонущей, для лососевых и сиговых видов рыб — медленно тонущей, а для сомовых видов — плавающей. Свойства гранулы зависят, в первую очередь, от правильно подобранных режимов экструдирования и от состава комбикорма. Для определения оптимальных параметров процесса экструдирования при производстве комбикормов реализуем полный факторный эксперимент ПФЭ 2^2 со звездным плечом на примере комбикорма для осетровых рыб. В качестве независимых факторов выбраны частота вращения шнека экструдера и температура комбикорма после влаготепловой обработки перед экструдированием. В качестве выходного фактора выступает коэффициент расширения, который определяет, как будет вести себя гранула в воде.

Для анализа результатов эксперимента была построена параметрическая диаграмма, показывающая оптимальное значение коэффициента расширения гранул комбикорма для осетровых рыб. Параметрическая диаграмма представлена на рис. 3.

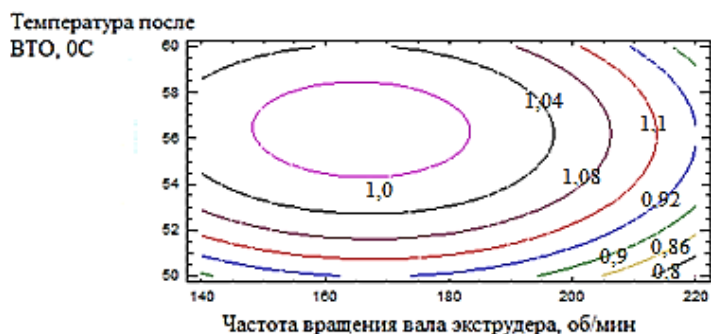


Рис. 3. Зависимость коэффициента расширения гранул от частоты вращения шнека экструдера и температуры продукта после влаготепловой обработки

Анализируя параметрическую диаграмму на рис. 3, видим, что наилучшую тонучесть гранула комбикорма приобретает при коэффициенте расширения, равным 1. Оптимальные значения технологических параметров процесса экструдирования для гранул на 100% тонущих в воде, как и требуется осетровым рыбам достигаются при частоте вращения шнека экструдера 150—190 об/мин и температуре комбикорма после влаготепловой обработки 55—58°C. Данная гранула будет иметь наименьшую пористость.

Была получена аналитическая зависимость, адекватно описывающая изменение значения коэффициента расширения в зависимости от частоты вращения шнека экструдера и температуры комбикорма после ВТО, которое имеет следующий вид:

$$K_p = 16,84 - 0,0226 \cdot v - 0,496 \cdot T + 0,0000607 \cdot v^2 + 0,0000432 \cdot v \cdot T + 0,00434 \cdot T^2, \quad (3)$$

где K_p — коэффициент расширения гранул; v — частота вращения вала экструдера, об/мин; T — температура рассыпного комбикорма после влаготепловой обработки (перед экструдированием), °C.

Аналогично были определены оптимальные параметры процесса экструдирования для получения гранул, по-разному ведущих себя в воде для различных видов рыб. Данные представлены в табл. 2.

Таблица 2. Оптимальные значения параметров работы экструдера для получения гранул комбикорма с заданными свойствами

Свойства гранул комбикорма	Частота вращения шнека экструдера, об/мин	Температура продукта после ВТО, °C	Коэффициент расширения гранул	Насыпная плотность, г/л
1	2	3	4	5
Тонущий	150—190	55—58	1,0	720
Медленно тонущий	180—240	75—85	1,9	590
Плавающий	250—300	95—110	3,5	400

Анализируя данные табл. 4, видим, что с увеличением температуры продукта после экструдера и увеличением давления прессования насыпная плотность гранул снижается. Обращает на себя внимание то, что при увеличении температуры комбикорма после экструдирования наблюдается потеря биологически активных веществ в его составе (20—100%), что следует учитывать при расчете рецептов. Некоторые биологически активные вещества необходимо напылять на гранулы уже готового комбикорма после экструдирования (каротиноиды, ферменты, витамины и т. п.).

Процесс напыления биологически активных веществ и жира на поверхность гранул комбикорма для ценных видов рыб на современном этапе осуществляется на аппаратах вакуумного напыления жира. Количество жира, которое способно поместиться в гранулу комбикорма, определяется ее пористостью и давлением разрежения, которое способен создать аппарат. Подбор технологических режимов процесса напыления жира на поверхность гранулы осуществляли на лабораторном аппарате для вакуумного нанесения жировых компонентов, который представлен на рис. 4. Аппарат имеет емкость с мешалкой 1, осуществляющей перемешивание гранул комбикорма с рыбеом жиром и другими компонентами. В нем имеется три емкости для различных по физическому состоянию компонентов: для жиров и масел, для сухих порошков и для жидкостей. В каждую емкость в зависимости от рецепта

размещают требуемые компоненты. Емкость для жиров и масел имеет подогрев. В емкости для комбикорма имеется три форсунки, которые могут по очереди напылять при давлении разрежения от 10 до 90 кПа сырьевые компоненты на гранулы, например каротиноиды, глуминобиотик, рыбий жир и т. п. Затем в емкость с комбикормом медленно подается воздух для создания атмосферного давления, которое загоняет в поры гранул биологически активные вещества, жиры, масла и т. п. При этом финишный слой — это рыбий жир или масло, чтобы запечатать содержимое внутри гранулы.

На первом этапе исследования определяли влияние температуры нагрева жира на твердость получаемых гранул при одинаковом количестве напыляемого рыбьего жира — 10%. Рыбий жир нагревали в диапазоне температур от 20 до 50°C. Твердость гранул определяли при помощи лабораторного твердомера. Результаты по определению твердости гранул представлены в табл. 3.

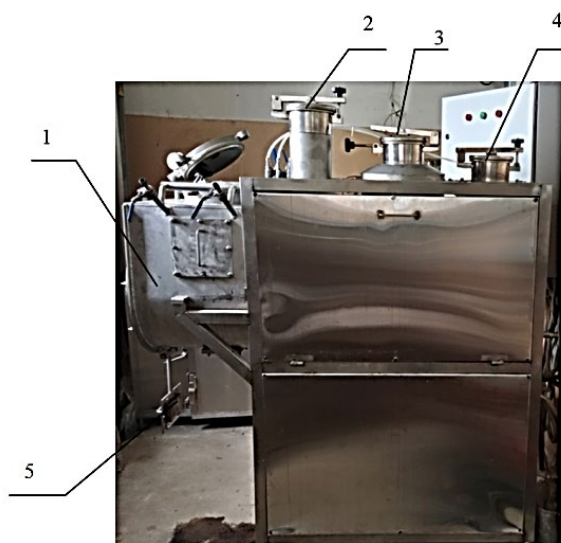


Рис. 4. Аппарат для вакуумного нанесения жировых компонентов: 1 — емкость для комбикорма; 2 — емкость для сухих компонентов; 3 — емкость для жировых компонентов; 4 — емкость для жидких компонентов; 5 — крышка выпускного отверстия

Таблица 3. Твердость гранул производственного комбикорма для осетровых рыб

Температура нагрева рыбьего жира, °С	Твердость, <i>H</i>
1	2
20	26,1
30	35,8
40	55,6
50	67,5
60	79,8

Анализируя данные табл. 3, видим, что при увеличении температуры нагрева рыбьего жира твердость гранул увеличилась на 32% за счет повышения текучести жира и равномерного распределения его пленкой на поверхности и внутри в порах гранулы. При этом, чем больше толщина жировой пленки, тем выше твердость гранул.

На следующем этапе исследований проводили напыление на поверхность гранул комбикорма для осетровых рыб рыбьего жира. Опытные образцы комбикорма были изготовлены при температуре процесса экструдирования 72, 97 и 130°C. Напыление рыбьего жира осуществляли при постоянном давлении разряжения 90 кПа. С помощью электронного сканирующего микроскопа получили снимки поперечного среза гранулы при различных температурах процесса экструдирования. Снимки при разрешении 50 мкм представлены на рис. 5.

Анализируя разрезы гранул на рис. 5, следует отметить, что с увеличением температуры экструдирования структура пористости внутри гранулы меняется. При увеличении температуры процесса экструдирования с 72 до 130°C происходит уменьшение размеров пор в грануле комбикорма — в среднем с 1035 мкм² до 426 мкм², т. е. на 59% (температура гранул на выходе из ствола экструдера изменялась с 76 до 100°C). При этом поры внутри гранулы распределяются более равномерно в объеме гранулы, их количество увеличивается, увеличивая тем самым адсорбционную способность гранул комбикорма в среднем на 12%.

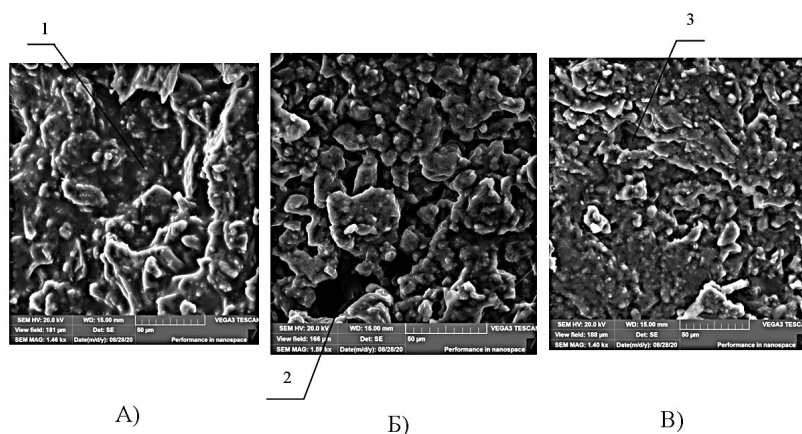


Рис. 5. Поперечный срез гранулы экструдированного комбикорма при увеличении 50 мкм: А — температура экструдирования 72°C; Б — температура экструдирования 97°C; С — температура экструдирования 130°C; 1 — площадь поры 1035 мкм²; 2 — площадь поры 673,9 мкм²; 3 — площадь поры 426 мкм²

На основании всего вышеизложенного следует отметить, что оценка качества готового комбикорма должна проводиться по комплексу параметров, которые можно разделить на несколько групп. Параметрическая схема факторов, обеспечивающих качество комбикорма для рыб, представлена на рис. 6.

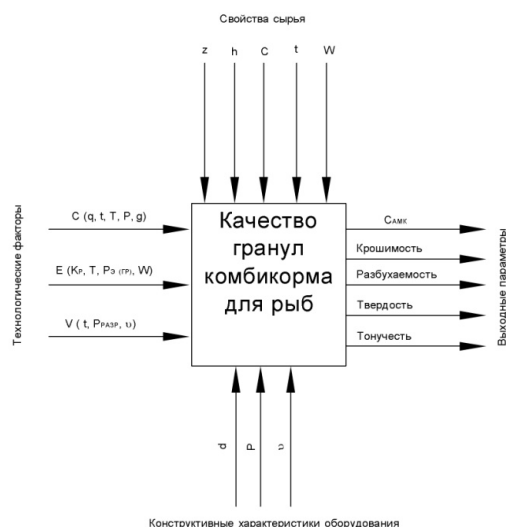


Рис. 6. Параметрическая схема факторов, обеспечивающих качество комбикорма для рыб. Свойства сырья: z — физико-механические показатели; h — однородность; c — химические свойства; t — термочувствительность; W — влажность; технологические факторы: C — параметры влаготепловой обработки: q — расход пара; t — время воздействия; T — температура; p — давление пара, g — количество жидких компонентов; E — параметры экструдирования (гранулирования): P — давление, W — влажность продукта, K_r — коэффициент расширения гранул, T — температура процесса; V — параметры вакуумного напыления: t — время смешивания, P_r — давление разрежения, v — частота вращения барабана; конструктивные и кинематические характеристики оборудования: d — диаметр отверстий фильеры (матрицы); P — давление прессования, v — скорость вращения рабочего органа; выходные параметры: C_{AMK} — содержание аминокислот в комбикорме

Выводы. Установлено, что для получения качественного комбикорма для рыб необходимо строго придерживаться технологических режимов работы оборудования, которые зависят от состава комбикорма.

Для сохранения биологически активных веществ (фитобиотики, незаменимые аминокислоты и т. п.) в составе комбикорма необходимо проводить режимы влаготепловой обработки при температуре, не превышающей 60°C , при этом влажность комбикорма зависит от состава сырья и последующего этапа обработки (гранулирование или экструдирование).

Определены оптимальные значения параметров работы экструдера для получения гранул комбикорма с заданными свойствами (плавающие, медленно тонущие и тонущие).

Установлено, что при увеличении нагрева рыбьего жира с 20 до 60°C твердость гранул увеличилась на 32% за счет повышения текучести жира и равномерного распределения жира на поверхности и внутри гранулы.

При увеличении температуры процесса экструдирования с 72 до 130°C происходит уменьшение размеров пор гранулы — с 1035 мкм^2 до 426 мкм^2 , т. е. размеры пор уменьшаются на 59% . Поры внутри гранулы комбикорма с ростом температуры более равномерно распределяются в объеме гранулы, их количество увеличивается, увеличивая тем самым адсорбционную способность гранул комбикорма на 12% .

ЛИТЕРАТУРА

1. Обзор рынка аквакультуры государств членов Евразийского экономического союза, ЕАЭС. — М.: 2019. — 63 с.
2. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. Меры по повышению устойчивости. Краткий обзор. — ФАО, 2020. — 26 с.
3. Щербина М. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре // М. А. Щербина, Е. А. Гамыгин. — М.: Изд-во ВНИРО, 2006. — 360 с.
4. Wilson R. P. Amino Acid and protein // In: Halver J. E. ed., Fish nutrition., 2nd ed. — Academic Press, San Diego (USA), 1989. — P. 111—151.
5. Дарманьян П. М. Проблемы регулирования качества гранулированных комбикормов и их компонентов / П. М. Дарманьян // ЦНИИТЭИ хлебопродуктов. — Сер. Комбикормовая промышленность. — 1993. — 52 с.
6. Кошак Ж. В. Моделирование и оптимизация технологических процессов зерноперерабатывающей и хлебопекарной отрасли / Ж. В. Кошак, А. Э. Кошак. — Минск: ИВЦ Минфина — 2015. — 152 с.
7. Клычев Е. Способы влаготепловой обработки кормовых продуктов / Е. Клычев // Комбикорма. — 2002. — №4. — С. 20—21.

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА НА ЯКІСТЬ КОМБІКОРМІВ ДЛЯ РИБИ

Ж. В. Кошак, О. Е. Кошак

РУП "Інститут рибного господарства" НАН Білорусі

У статті розглянуто вплив технологічних параметрів виробництва комбікормів для риби на їхню біологічну повноцінність і фізичні властивості. Встановлено, що для збереження біологічно активних речовин у складі комбікорму для риби вологотеплову обробку комбікорму, незалежно від складу, слід проводити при температурі продукту не більше 60°C, екструдкування — при температурі продукту не більше 100°C, при цьому фізичні властивості комбікорму забезпечать можливість наплення максимальної кількості жиру, а величина окремо взятої пори в гранулі в середньому дорівнює 426 мкм².

Ключові слова: комбікорм для риби, незамінні амінокислоти, фітобіотик, вакуумне наплення жиру, екструдкування, біологічна цінність комбікорму.

УДК 663.098, 663.664

ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGY FOR PROCESSING THE ETHYL ALCOHOL HEAD FRACTION TO OBTAIN RECTIFIED ETHYL ALCOHOL

O. Mischenko, G. Kizyn, A. Mozharovska*State scientific institution "Ukrainian Research Institute for Alcohol and Biotechnology of Food products"***S. Oliynyk***National University of Food Technologies***Key words:**

rectified ethyl alcohol,
ethyl alcohol head fraction,
higher alcohols,
installation for rectification,
energy efficient processing
technology,
recovery of secondary heat

Article history:

Received 18.09.2020

Received in revised form
24.11.2020

Accepted 09.12.2020

Corresponding author:samchenko_irina94@
ukr.net**ABSTRACT**

Conducted researches of composition of the ethyl alcohol head fraction (EAHF) from various alcohol enterprises by physical and chemical parameters were carried out using standard gas chromatographic techniques according to DSTU 4222:2003 and DSTU 4646:2006. The analysis of the obtained results was carried out using experimental and mathematical-statistical methods of planning and processing the results of the experiment, their systematization and processing — with using modern software. According to the research results, a significant change in the composition of the EAHF was revealed, especially in terms of the content of higher alcohols.

Taking into account the obtained data, as well as many years of experience in operating previously developed installations for processing EAHF in the alcohol industry of different countries, an improved energy-efficient rectification unit was created for processing EAHF into rectified ethyl alcohol, in which the processes of concentration and separation of ethyl alcohol impurities were significantly improved. In addition, the installation provides for the operation of different columns at different operating pressures, which made it possible to create conditions for efficient recovery of the secondary heat of condensation of a water-alcohol pair of some columns for heating other columns.

The use of multiple heat recovery process in the developed installation provides a reduction in heating steam consumption by 40—45% in comparison with existing installations. The proposed configuration of the installation is easy to control and reliable in operation, which makes it possible to fully automate the EAHF processing process.

The developed installation is provided with technological regulations, other normative and technical documentation and the necessary engineering support during its implementation. This technology is completely ready for implementation and can be implemented both in the alcohol industry in Ukraine and in other countries.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-15

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ФРАКЦІЇ ГОЛОВНОЇ ЕТИЛОВОГО СПИРТУ З ОТРИМАННЯМ СПИРТУ ЕТИЛОВОГО РЕКТИФІКОВАНОГО

О. С. Міщенко, канд. техн. наук

Г. О. Кизюн, канд. техн. наук

А. А. Можаровська

ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод»

С. І. Олійник, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено склад фракції головної етилового спирту різних спиртових підприємств за фізико-хімічними показниками із застосуванням стандартних газо-хроматографічних методик згідно з ДСТУ 4222:2003 та ДСТУ 4646:2006. Аналіз отриманих результатів проведено з використанням експериментальних і математико-статистичних методів планування та обробки результатів експерименту із застосуванням сучасного програмного забезпечення.

Запропоновано конфігурацію установки, яка відрізняється простотою в управлінні і надійністю в експлуатації, що дає змогу повністю автоматизувати процес переробки ФГЕС. Розроблену установку забезпечено технологічним регламентом, іншою нормативно-технічною документацією та необхідним інжиніринговим супроводом при її реалізації. Технологія повністю готова до впровадження і може бути реалізована як у спиртовій галузі України, так і в інших країнах.

Ключові слова: спирт етиловий ректифікований, фракція головна спирту етилового, вищі спирти, ректифікаційна установка, енергоефективна технологія переробки, рекуперація вторинного тепла.

Постанова проблеми. В процесі переробки спиртової бражки на спирт етиловий ректифікований чи спирт етиловий технічний (окремих сортів) отримують відходи виробництва, серед яких фракція головна етилового спирту (ФГЕС). ФГЕС являє собою багатокомпонентну суміш, до складу якої входять, в основному, спирт етиловий, а також вода і ряд домішок, що містяться в бражці, отриманій з цукровмісної чи крохмалевмісної сировини. Оскільки ФГЕС містить повний спектр домішок спирту етилового (головні, хвостові, проміжні та кінцеві), для її переробки на спирт етиловий ректифікований необхідно будувати складні ректифікаційні установки, в окремих ректифікаційних колонах яких створюють оптимальні умови для концентрування та виділення тих чи інших груп домішок.

Установку для централізованої переробки ФГЕС було створено в Українському НДІ спиртової та лікєро-горілчаної промисловості (зараз ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод») в 70-х роках минулого століття та впроваджено на ряді підприємств колишнього СРСР (Лужанський, Рогозьянський, Кавказький спиртові заводи, хіткомбінат «Росія») із загальною потужністю переробки ФГЕС близько 4 млн дал на рік. Установка [1] складалася з чотирьох колон — розгінної (епюраційної), колони повторної епюрації, ректифікаційної та колони кінцевої очистки. До недоліків установки слід віднести недостатній ступінь розведення ФГЕС у розгінній колоні (30—35% об.), що зумовлює недостатній ступінь очистки готового продукту, а також застосування складної хімічної обробки ФГЕС для досягнення необхідних показників якості спирту ректифікованого. Крім того, в установці майже відсутні прийоми

рекуперації вторинного тепла і, як наслідок, відбувається значне споживання нагрівальної пари. З огляду на досвід експлуатації цієї установки ДНУ «УкрНДІспирт-біопрод» було розроблено та впроваджено у виробництво на ВАТ «Бахус» (Росія) [2] вдосконалену ректифікаційну установку для переробки ФГЕС з отриманням спирту етилового ректифікованого вищої очистки продуктивністю 3000 дал/добу. Подальший розвиток ця технологія отримала на Урецькому спиртзаводі (цех № 8 ОАО «Минск Кристал») в Республіці Білорусь, де було впроваджено установку продуктивністю 1200 дал/добу, яка успішно експлуатується понад 15 років, при цьому вихід спирту етилового ректифікованого «Вищої очистки» становить близько 87%. Установку оснащено сучасною АСУТП, що забезпечує стабільний високий вихід спирту ректифікованого та відмінну його якість, зокрема й органолептичні показники. Недоліком вказаної установки також є низький ступінь рекуперації вторинного тепла технологічних потоків, що спричиняє значні витрати нагрівальної пари — близько 75 кг/дал спирту ректифікованого.

Відсутність рекуперації тепла і, як наслідок, значні енергетичні витрати характерні також і для установок, розроблених вченими Національного університету харчових технологій (НУХТ). Так, наприклад, в установці для централізованої розгонки ФГЕС, розробленій П. С. Циганковим та П. Л. Шияном [3], декларуються витрати пари на рівні 60—70 кг/дал. У НУХТ розроблено також установку з централізованої розгонки ФГЕС [4], яку для зменшення питомих енерговитрат оснащено тепловим насосом відкритого циклу на водно-спиртовій парі концентраційної колони. Установка, яку впроваджено на Новокубанському спиртоконьячному комбінаті, дає змогу більш ніж на 40% скоротити енерговитрати на процес вилучення спирту з ФГЕС [5]. Недоліком вказаної установки є підвищена витрата електроенергії для роботи теплового насоса.

Мета дослідження: проведення моніторингу складу ФГЕС різних спиртових підприємств з розробленням енергоефективної технології переробки фракції головної етилового спирту з отриманням спирту етилового ректифікованого.

Матеріали і методи. Досліджується фракція головна етилового спирту ФГЕС згідно з ДСТУ 7402:2013 [6] та ТУ У 18-401-97 [7] за фізико-хімічними показниками із застосуванням:

- ареометричного методу визначення об'ємної частки етилового спирту за температури 20°C [6],

- газохроматографічного методу визначення масової концентрації альдегідів (ацетальдегід) із використанням газового хроматографа Кристал-2000М [8],

- газохроматографічного методу визначення масової концентрації естерів (метилацетат, етилацетат, ізобутиацетат, ізоамілацетат, етилбутират) із використанням газового хроматографа Кристал-2000М [8],

- газохроматографічного методу визначення масової концентрації сивушного масла (2-пропанол, 2-бутанол, 1-пропанол, ізобутиловий спирт, 1-бутанол, ізоаміловий спирт, 1-пентанол) із використанням газового хроматографа Кристал-2000М [8],

- газохроматографічного методу визначення об'ємної частки метилового спирту (газовий хроматограф Кристал-2000М) [8],

- газохроматографічного методу визначення масової концентрації ацетону, 2-бутанону, 1-гексанолу, 2-фенілетанолу, кротональдегіду (газовий хроматограф Кристал-2000М) [9].

Під час досліджень використано експериментальні і математико-статистичні методи планування та обробки результатів експерименту. Результати досліджень систематизовано й оброблено із застосуванням сучасного програмного забезпечення.

Результати дослідження. Слід відзначити, що останнім часом у зв'язку зі зростанням вимог до спирту етилового ректифікованого сорту «Люкс» і сорту «Пшенична сльоза» та спричинені цим зміни в технології брагоректифікації, суттєво змінився склад ФГЕС, особливо в частині вмісту вищих спиртів, концентрація яких часто перевищує вимоги чинних нормативних документів (НД) на фракцію головну. Зважаючи на це, досліджено склад ФГЕС, яку виробляють виробничі підрозділи ДП «Укрспирт». Результати досліджень наведено в таблиці. Як видно з даних таблиці, в половині досліджених зразків ФГЕС вміст вищих спиртів (сивушного масла) перевищує 2 г/дм³, що не узгоджується з нормативними документами на ФГЕС (наприклад, ДСТУ 7402:2013, ТУ У 18-401-97 тощо). Це перш за все вказує на необхідність внесення змін до чинних нормативних документів для приведення їх змісту до сучасних вимог технології виробництва високоякісних ректифікованих спиртів, а також вимагає врахування цього факту при розробленні технології переробки ФГЕС на спирт етиловий ректифікований. Зокрема, підвищений вміст компонентів сивушного масла у ФГЕС обумовлює необхідність вдосконалення системи концентрування та виділення сивушного масла в установках для розгонки ФГЕС.

Враховуючи великий досвід розробки та реалізації енергоефективних брагоректифікаційних установок для виробництва спирту ректифікованого, недоліки раніше розроблених і впроваджених ректифікаційних установок для переробки ФГЕС, що були виявлені в процесі їх багаторічної експлуатації, а також суттєві зміни у складі ФГЕС розроблено вдосконалену енергоефективну ректифікаційну установку для переробки ФГЕС на спирт ректифікований з високим ступенем рекуперації вторинного тепла, яка зменшує витрату нагрівальної пари на 40—45% порівняно з існуючими установками.

До складу установки входять колони: розгінна (РозК), відгінна (ВК), епюраційна (ЕК), ректифікаційна (РК), кінцевої очистки (ККО). РозК, ЕК та ККО працюють під вакуумом, ВК працює за атмосферного тиску, а РК — за тиску, що перевищує атмосферний.

Організація роботи колон установки за різних тисків дає змогу з метою зменшення енергоспоживання забезпечити:

- обігрівання РозК теплом конденсації водно-спиртової пари з ректифікаційної колони;
- обігрівання ЕК та ККО водно-спиртовою парою з відгінної колони;
- рекуперацію тепла різних технологічних потоків для взаємного нагрівання-охолодження.

Ректифікаційна установка, принципову технологічну схему якої наведено на рисунку, працює таким чином: ФГЕС зі збірника, попередньо нагріту вторинним теплом лютерної води, подають на тарілку живлення РозК (1). Для забезпечення оптимальних умов виділення та концентрування домішок спирту етилового, що містяться у ФГЕС, на верхню тарілку РозК (1) подають нагріту пом'якшену воду або конденсат пари. В цю ж колону подають на повторну переробку попередньо нагріті промивні спиртовмісні води з декантатора сивушного масла та барометричних конденсаторів.

Таблиця. Результати досліджень складу ФГЕС різних виробничих підрозділів ДП «Укрспирт»

№ п/п	Найменування показника	Вимоги НД	Вузьківське МПД	Залучанське МПД	Караванське МПД	Ковалівське МПД	Козлівське МПД	Лудьківське МПД
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Об'ємна частка етилового спирту, за температури 20°C, %	92,0-95,0	93,38	92,32	93,68	93,65	94,34	89,38
2	Масова концентрація альдегідів, г/дм ³	0,5-35,0	0,319	0,005	0,799	7,01	0,14	0,003
3	Масова концентрація естерів, г/дм ³ :	1,5-30,0	3,28	1,58	4,47	31,99	1,00	2,23
	метилацетат	—	0,081	0,074	0,175	0,733	0,022	0,056
	етилацетат	—	3,10	1,48	4,1	31,23	0,964	2,095
	ізобутиацетат	—	0,005	<0,0005	0,011	0,004	0,002	0,006
	ізоамілацетат	—	0,097	0,021	0,183	0,003	0,006	0,072
етилбутират	—	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,026	0,004	<0,0005	
4	Масова концентрація сивушних масел, г/дм ³ :	0,1-2,0	13,57	0,098	0,832	5,62	0,009	6,88
	2-пропанол	—	0,031	0,007	0,011	0,176	0,002	0,018
	2-бутанол	—	0,001	0,003	<0,0005	0,681	<0,0005	<0,0005
	1-пропанол	—	2,14	0,051	0,359	1,14	0,002	0,723
	ізобутиловий спирт	—	10,76	0,031	0,280	0,907	<0,0005	2,322
	1-бутанол	—	0,003	<0,0005	0,007	0,008	<0,0005	0,039
	ізоаміловий спирт	—	0,632	0,007	0,175	2,71	0,004	3,775
1-пентанол	—	<0,0005	<0,0005	0,002	0,001	0,001	<0,0005	
5	Об'ємна частка метилового спирту, %	0,02-1,5	0,131	0,059	0,217	0,084	0,116	0,127
6	Масова концентрація інших домішок, г/дм ³ :	—	—	—	—	—	—	—
	ацетон	—	0,016	0,005	0,005	0,046	0,001	0,005
	2-бутанон	—	0,004	0,003	0,005	0,030	0,002	0,002
	1-гексанол	—	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,001	<0,0005	0,001
	2-фенілетанол	—	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,003	<0,0005	0,002
кротональдегід	—	<0,0005	0,008	<0,00050	<0,0005	0,001	<0,0005	

Примітка: 0,0005 — нижня межа визначення за методом.

Обігрівання РозК (1), яка працює під вакуумом, здійснюють спиртовою парою з РК (9), що працює за надлишкового тиску, через кип'ятильник-рекуператор (2). Конденсат спиртової пари — флегму з цього кип'ятильника, подають на верхню тарілку РК (9). Водно-спиртову пару з верхньої частини РозК (1) конденсують у дефлегматорі (3), утворену флегму повертають на верхню тарілку колони, а частину її — концентрат естеро-сивушний, виводять з процесу і направляють на реалізацію.

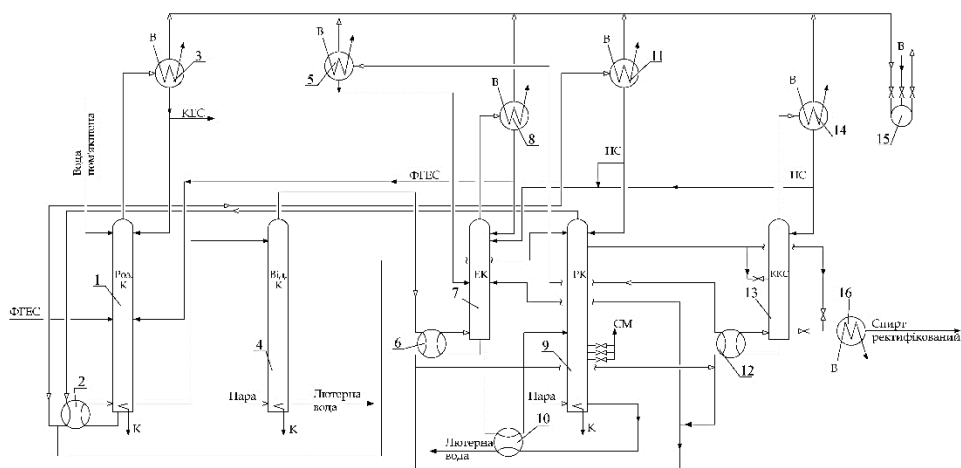


Рис.1 Принципова технологічна схема енергозберігаючої установки для переробки фракції головної етилового спирту

Кубовий погон РозК (1), що являє собою водно-спиртову суміш з концентрацією спирту етилового 8—12% об., очищену від головних і частини проміжних домішок, подають на тарілку живлення ВК (4), яка працює за атмосферного тиску.

ВК (4) обігрівають через кип'ятильник котельною парою. Кубовий залишок ВК (4) — лютерну воду, використовують для нагрівання пом'якшеної води та інших продуктів, після чого відводять в каналізацію і далі на очисні споруди.

Водно-спиртову пару з верхньої частини ВК (4) направляють для конденсації, послідовно, в рекуперативний кип'ятильник (6) ЕК (7) та рекуперативний кип'ятильник (12) ККО (13). Залишки водно-спиртової пари конденсують у дефлегматорі (5) та конденсаторі. Конденсат водно-спиртової пари з рекуперативних кип'ятильників (6 та 12), дефлегматора (5) і конденсатора подають на тарілку живлення ЕК (7).

ЕК (7) працює під вакуумом, який створюють за допомогою вакуум-насоса (15). ЕК (7) обігрівають водно-спиртовою парою з ВК через рекуперативний кип'ятильник (6). Водно-спиртову пару з ЕК (7) послідовно конденсують у дефлегматорі (8) та конденсаторі. Гази, що не конденсуються, за допомогою вакуум-насоса (15) відводять в атмосферу. Утворену флегму з вказаних теплообмінників повертають на верхню тарілку ЕК (7), а частину її — ФГЕС, направляють до РозК (1) на повторну переробку. Для покращення умов виділення головних і проміжних домішок спирту етилового на верхню тарілку ЕК можуть подавати нагріту пом'якшену воду. Епюрат з куба ЕК (7) через підігрівач-рекуператор (10), де його нагрівають теплом лютерної води РК, подають на живлення РК (9).

РК (9) обігрівають котельною парою через кип'ятильник. Водно-спиртову пару з верхньої частини РК (9) направляють послідовно в кип'ятильник (2) РозК (1), дефлегматор (11) і конденсатор. Утворену флегму з кип'ятильника (2), дефлегматора (11) і конденсатора направляють на верхню тарілку РК (9). Лютерну воду з куба РК (9) подають на теплообмінник-рекуператор (10) для нагрівання епюрату і далі відводять на очисні споруди. З нижньої частини РК (9) відбирають фракцію сивушного масла та направляють у систему виділення товарного сивушного масла.

Ректифікований спирт відбирають з верхніх тарілок РК (9) і направляють на тарілку живлення ККО (13). ККО (13) працює під вакуумом, який створюють за допомогою вакуум-насоса (15) через барометричний конденсатор. Обігрівання ККО (13) здійснюють водно-спиртовою парою з ВК (1) через рекуперативний кип'ятильник (12). Водно-спиртову пару з ККО (13) послідовно конденсують у дефлегматорі (14) та конденсаторі. Гази, що не конденсуються, за допомогою вакуум-насоса (15) відводять в атмосферу. Утворену флегму повертають на верхню тарілку ККО (13). Спирт ректифікований відбирають з куба ККО (13) і через холодильники спирту (16) відводять у спиртоприймальне відділення.

Витрата нагрівальної пари в розробленій установці складає 40...45 кг/дал, а витрата оборотної води на охолодження — 0,4...0,55 м³/дал спирту ректифікованого, при цьому установка забезпечує вихід спирту етилового ректифікованого «Вищої очистки» до 87,0% від спирту поданого на установку.

Висновки. Проведено моніторинг складу ФГЕС різних спиртових підприємств України. Розроблено технологічний регламент та іншу нормативно-технічну документацію переробки ФГЕС для Воютицького МПД ДП «Укрспирт».

ЛІТЕРАТУРА

1. А.с. 485145 СССР, МКИ С 12 F 1/06. Способ получения ректифицированного спирта из фракций спиртового производства / В. Г. Артюхов, А. Г. Матюша, Г. К. Дроговоз, А. Ф. Халаим, В. Ф. Меркулов. — Оpubл. 25.09.75, Бюл. № 35.

2. Міхненко Г.О. Журавський Від досліджень до технологій / Міхненко Г. О., Кизюн О. С., Міщенко Н. А., Нагурна І. М. // Алкоголь і тютюн. — 2001.— № 3.— С. 30—32.

3. Цыганков П. С. Руководство по ректификации спирта / Цыганков П. С., Цыганков С. П. — М.: Пищепромиздат, 2001. — 400 с.

4. Патент 1806181 Росія, МКИ С12F1/06. Ректификационная установка для извлечения этилового спирта из головной фракции этанола / П. Л. Шиян, П. С. Цыганков; Оpubл. 30.03.1993, Бюл. № 12.

5. Шиян П. Л. Іновачійні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія / Шиян П. Л., Сосницький В. В., Олійнічук С. Т. — К.: Видавничий дім «Асканія», 2009. — 424 с.

6. Фракція головна етилового спирту. Технічні умови: ДСТУ 7402:2013. — [Чинний від 2014-07-01]. — К.: ДП «УкрНДНЦ», 2013. — 23 с. — (Національний стандарт України).

7. Фракція головна етилового спирту. Технічні умови: ТУ У 18-401-97 (Зміна № 3). — [Чинні від 1991-04-08]. — К.: ДНУ «УкрНДспиртбіопрод», 1991. — 23 с.

8. Горілки, спирт етиловий та водно-спиртові розчини. Газохроматографічний метод визначання вмісту мікро компонентів: ДСТУ 4222:2003. — [Чинний від 2004-10-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2004. — 12 с. — (Національний стандарт України).

9. Спирт етиловий, горілки, напої лікєро-горілчані. Газохроматографічний метод визначання справжності: ДСТУ 4646:2006. — [Чинний від 2007-07-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2007. — 19 с. — (Національний стандарт України).

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ФРАКЦИИ ГОЛОВНОЙ ЭТИЛОВОГО СПИРТА С ПОЛУЧЕНИЕМ СПИРТА ЭТИЛОВОГО РЕКТИФИЦИРОВАННОГО

А. С. Мищенко, Г. А. Кизюн, А. А. Можаровская

ГНУ «УкрНДИспиртбіопрод»

С. И. Олійнык

Национальный университет пищевых технологий

Проведено исследование состава фракции головной этилового спирта (ФГЭС) раз-

личных спиртовых предприятий по физико-химическим показателям с применением стандартных газохроматографических методик согласно ДСТУ 4222:2003 и ДСТУ 4646:2006. Анализ полученных результатов проводили с использованием экспериментальных и математико-статистических методов планирования и обработки результатов эксперимента, их систематизацию и обработку — с применением современного программного обеспечения.

Предложенная конфигурация установки отличается простотой в управлении и надежностью в эксплуатации, что позволяет полностью автоматизировать процесс переработки ФГЭС. Разработанную установку обеспечено технологическим регламентом, другой нормативно-технической документацией и необходимым инженеринговым сопровождением при ее реализации. Данная технология полностью готова к внедрению и может быть реализована как в спиртовой отрасли Украины, так и в других странах.

Ключевые слова: спирт этиловый ректифицированный, фракция головная этилового спирта, высшие спирты, ректификационная установка, энергоэффективная технология переработки, рекуперация вторичного тепла.

УДК 543.06:664

IMPROVEMENT OF THE METHOD FOR ASSESSMENT THE EFFICIENCY OF MILK PASTEURIZATION USING COMPUTER COLORIMETRY

O. Vasheka, O. Petrusha, L. Arseniyeva
National University of Food Technologies

Key words:

pasteurization,
phosphatase,
color characteristic,
computer colorimetry,
safety

Article history:

Received 01.10.2020
Received in revised form
10.11.2020
Accepted 15.12.2020

Corresponding author:

petrushaoo@ukr.net

ABSTRACT

The article considers the possibility of improving the standardized method for determining the efficiency of milk pasteurization process by alkaline phosphatase using the method of computer colorimetry. In order to avoid subjectivity in the interpretation of research results and the possibility of reducing the duration of thermostating test samples, the authors proposed scanning the surface of the product to characterize their color change and then processing the obtained images in the color coordinate system of the RGB. During the study to minimize the effect of external factors on the color characteristics of the product, cuvettes with samples were placed in a specially made metal black box and then scanned using a flatbed scanner Epson Perfection V370 with optical resolution 4800dpi and 48-bit color.

The expediency of using the values of the R coordinate (red component) in the interpretation of research results has been experimentally proved. The regularities of the change of color characteristics depending on the time of thermostating of the studied samples are determined. It was found that the value of the color coordinates of the red component in raw milk containing alkaline phosphatase increases during the whole process of thermostating. The nature of the corresponding curves in the experimental samples of milk that has undergone heat treatment is described by the general tendency to decrease its intensity. The given experimental data indicate the possibility of obtaining reliable results after 40 min of thermostating of experimental samples at the temperatures recommended in the standardized method. The difference in color characteristics in the R coordinate between the test samples averages 20—25 units. The developed methodology makes it possible method for determining the efficiency of milk pasteurization process by alkaline phosphatase to reduce the duration of the analysis, is the basis for the development of an automated process of processing results and saving results in digital form, which is especially relevant in the organization of traceability in product safety management systems at food enterprises.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-16

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА ЗА ФОСФАТАЗОЮ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОЇ КОЛОРИМЕТРІЇ

О. М. Вашека, канд.техн. наук

О. О. Петруша, канд.техн. наук

Л. Ю. Арсенєва, д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто можливість удосконалення стандартизованого методу визначення ефективності процесу пастеризації молока за лужною фосфатазою із застосуванням методу комп'ютерної колориметрії. З метою уникнення суб'єктивності при інтерпретації результатів досліджень і можливості скорочення тривалості термостатування дослідних зразків авторами запропоновано для характеристики зміни їх кольору проводити сканування поверхні продукту з подальшою обробкою отриманих зображень у системі колірних координат RGB.

Експериментально доведено доцільність використання значень координати R (червоної складової) при інтерпретації результатів досліджень. Визначено закономірності зміни колірних характеристик залежно від часу термостатування досліджуваних зразків. Запропонована методика надає можливість скоротити тривалість аналізу, є підґрунтям для розроблення автоматизованого процесу обробки результатів і збереження результатів у цифровому вигляді, що особливо актуально при організації простежуваності в системах управління безпечністю продукції на харчових підприємствах.

Ключові слова: пастеризація, фосфатаза, колірна характеристика, комп'ютерна колориметрія, безпека.

Постановка проблеми. Вимоги споживачів щодо якості та безпеки харчових продуктів нині формують загальні тенденції розвитку харчової галузі. Прийняття та декларування останніх у низці нормативних і законодавчих документів вимагає від операторів ринку в умовах динамічного розвитку економічних відносин із європейськими державами, посиленої конкуренції, зростаючої складності технологічних процесів та обмеженої сировинної бази, забезпечити виготовлення продукції не лише високої якості, а й гарантування її безпеки. Багаторічний досвід міжнародних організацій і провідних виробників харчової промисловості довів доцільність розроблення та впровадження з цією метою систем управління безпечністю основаних на принципах ретельного аналізу небезпек і постійного й ефективного нагляду особливо в критичних контрольних точках (ККТ).

Молоко та молочні продукти рекомендовані до щоденного споживання. Високі смакові та дієтичні властивості зумовлюють їхню широку популярність серед населення всіх вікових груп. Процес глобалізації світового молочного ринку спричиняє зростання ланцюгів постачання товарів до міжнародного рівня, що в питанні встановлення належної безпеки продукції накладає додаткову відповідальність на операторів ринку. Слід нагадати, що відповідно до переліку харчових продуктів за ступенем забруднення мікроорганізмами і частотою випадків харчових отруєнь, розробленого ВООЗ, молоко й молочні продукти відносять до I категорії, як такі, що прямо чи опосередковано можуть бути причиною харчового отруєння. Тому впровадження систем управління безпечністю та їх постійне удосконалення є безумовною вимогою нормального функціонування молочних виробництв.

Однією з головних технологічних операцій, яка забезпечує досягнення належного гігієнічного рівня молочних виробів і гарантоване отримання безпечної продукції, є теплова обробка напівфабрикатів — пастеризація або стерилізація. Часто

такі технологічні операції зазначені в планах НАССР як ККТ, що вказує на обов'язковість постійного моніторингу за дотриманням режимів їх проведення. Відомо, що технологічні режими пастеризації залежать від низки характеристик процесу та конструкції використаного обладнання. Проте вирішальну роль у визначенні ефективності теплової обробки відіграє видовий і кількісний склад наявної в сировині мікрофлори.

У виробничих умовах моніторинг теплового оброблення молока здійснюється непрямими методами, що передбачають контроль за температурою теплоносія й тривалістю знаходження сировини в робочій зоні обладнання. Нині при пастеризації молока застосовують довготривалу ($t=62\text{—}65^\circ\text{C}$, із витримкою 30 хв), короткочасну ($t=74\text{—}78^\circ\text{C}$, із витримкою 18—20 с) та миттєву високотемпературну ($t=80\text{—}98^\circ\text{C}$, із різною витримкою або без неї) обробки. Підтвердженням ефективності проведеного процесу є визначення наявності чи відсутності готових виробів ферментів фосфатази або пероксидази.

Слід відмітити, що пероксидаза відноситься до термостійкої групи ферментів і при пастеризації молока за температур 74—78°C із витримкою близько 20 с її залишкова активність складає 50—30%. Повна інактивація ферменту спостерігається лише при обробці сировини впродовж 5—10 с температурами понад 80—85°C [1—4]. Тому в молочній галузі використовують пробу Сторча на пероксидазу для підтвердження ефективної термічної обробки молока за температур понад 80°C.

Інактивація лужної фосфатази відбувається за температур, співрозмірних зниженню патогенних мікроорганізмів. За звичайних умов відсутність лужної фосфатази вказує на проведення теплової обробки сировини за режимів довготривалої пастеризації. Водночас у [1—4] відмічається, що бактеріальна лужна фосфатаза є більш термостійкою порівняно із нативним тваринним ферментом, а збільшення вмісту сухих речовин у молоці сприяє зростанню її термостійкості. При значному мікробіологічному забрудненні молока мікрофлорою, що продукує лужну фосфатазу, температурою її інактивації вважають 72—74°C із витримкою 6—15 с. Тому для гарантованого встановлення гігієнічної чистоти молочної продукції при контролі довготривалої та часто для підтвердження короткочасної пастеризації доцільно використовувати тест на лужну фосфатазу.

Залежно від фізичної суті методи визначення лужної фосфатази поділяють на колориметричні, флуориметричні, хемілюмінісцентні та імунохімічні [4; 5]. Нині низкою організацій (FDA, AOAC International), Міжнародною асоціацією зі стандартизації та Міжнародною молочною федерацією при моніторингу лужної фосфатази рекомендовано використовувати флуориметричний метод. Це пов'язано з його високою чутливістю та можливістю встановлення активності залишкової кількості ферменту або вияву його реактивації в молочних продуктах під час зберігання.

На вітчизняних підприємствах України у виробничих умовах для визначення ферменту фосфатази широко застосовують метод із використанням розчину фенолфталеїнофосфату натрію відповідно до [6]. Сутність методу полягає в тому, що при наявності лужної фосфатази в сировині фермент взаємодіє та від'єднує фосфор від фенолфталеїнофосфату. Вільний фенолфталеїн у лужному середовищі змінює колір розчину від блідо-рожевого до оранжевого, що свідчить про порушення технологічних режимів пастеризації або про наявність домішок сирого (понад 2%) чи термічно необробленого молока. Недоліком цього методу є його тривалість (понад 60 хв) і можливий вплив зовнішніх суб'єктивних факторів (психофізичний стан людини, суб'єктивність людського ока, освітленість приміщення та зразка, який аналізується) на трактування результатів досліджень.

Мета дослідження полягає в удосконаленні методу визначення ефективності пастеризації молока за лужною фосфатазою із застосуванням комп'ютерної колориметрії.

Матеріали і методи. Заропонована для удосконалення методика є стандартизованою та використовується на молокопереробних підприємствах України вже багато років. Як зазначалось вище, недоліком методу є тривалість його проведення, що унеможлиблює використання останнього як ефективного засобу моніторингу процесу низькотемпературного теплового оброблення молока. Аналізуючи хід проведення дослідження з виявлення лужної фосфатази, очевидною є необхідність скорочення тривалості термостатування зразка та уникнення суб'єктивності обробки результатів дослідження, що пов'язані із сприйняттям кольору оком людини.

Рівень розвитку цифрової техніки зумовив появу нового напрямку у вимірюванні кольору та забарвлення сировини, інгредієнтів, напівфабрикатів і готової продукції — комп'ютерної колориметрії. Його використання в експериментальних дослідженнях надає можливість не лише отримати об'єктивну інформацію про колірні характеристики об'єкта, а якісно диференціювати колірні відтінки під час розшифрування кожного пікселя в системі колірних координат [5; 7; 8]. Для реалізації та використання методу при проведенні експериментів застосовують планшетні сканери, цифрові фото і відеокамери. Особливістю таких досліджень є стандартизування умови отримання цифрового зображення об'єктів, що вивчаються.

Удосконалення методу виявлення наявності лужної фосфатази в молоці полягало у застосуванні комп'ютерної колориметрії на етапі визначення зміни кольору дослідних зразків. Для реалізації задуму, після підготовки реактивів і проведення дослідження відповідно до стандартизованої методики [6], під час термостатування зразків, на етапі визначення їх кольору застосовували планшетний сканер та отримували цифрове зображення розчину реагентів шляхом їх сканування. Для сканування досліджувані зразки наливали в кювети які розміщували в металевому чорному боксі. В подальшому, після обробки цифрових зображень, отримували вимірні колірних характеристик об'єктів досліджень. Для визначення достовірних параметрів методу дослідження проводили у трьох паралельно відібраних дослідних зразків та із трикратною повторюваністю експерименту. Графічне представлення результатів досліджень є усередненим значенням отриманих експериментальних даних.

Як систему електронного ока використовували планшетний сканер Epson Perfection V370, який обладнано технологією ReadyScan LED — миттєва готовність до роботи й економія електроенергії. Ключовим елементом є можливість отримання високоякісного зображення завдяки оптичному розширенню 4800dpi і 48-бітному кольору [5; 8; 9]. Товщина оптичного шару складала 20 мм.

Для роботи у видимій області спектра застосовували кювети з кварцу (кварц починає поглинати світло з довжиною хвилі менше 190 нм). Забруднення стінок кювет, подряпини на них тощо спричинюють розсіювання і поглинання світла, що призводить до викривлення результатів дослідження. Зважаючи на це, під час проведення експерименту кювети брали руками тільки за ребра, а після кожного аналізу мили спеціальними розчинами для запобігання налипанню жирових кульок на стінки кювети. Також, з метою уникнення впливу зовнішніх чинників на колірні характеристики об'єктів досліджень, використовували металевий чорний бокс, у який поміщали кювету із дослідним зразком під час сканування.

Результати дослідження. На першому етапі досліджень встановлювали можливість практичного застосування комп'ютерної колориметрії при визначенні лужної фосфатази в молоці із використанням розчину фенолфталеїнфосфату натрію. Для цього було здійснено серію дослідів, де як зразки використовували термічно оброблене при температурі понад 100°C впродовж не менше 60 с молоко питне пастеризоване та молоко-сировину першого гатунку, що відповідали вимогам [10] та не

проходили теплову обробку. Визначення кольору та встановлення найбільш репрезентативних кольорних координат дослідних зразків проводили із використання систем RGB та CIELab. Відбір проб для визначення кольорних характеристик здійснювали на етапі їх термостатування перед початком, після 5 хв та після завершення витримки дослідних зразків на водяній бані за температури $42 \pm 2^\circ\text{C}$. Результати отриманих досліджень наведено на рис. 1 та 2.

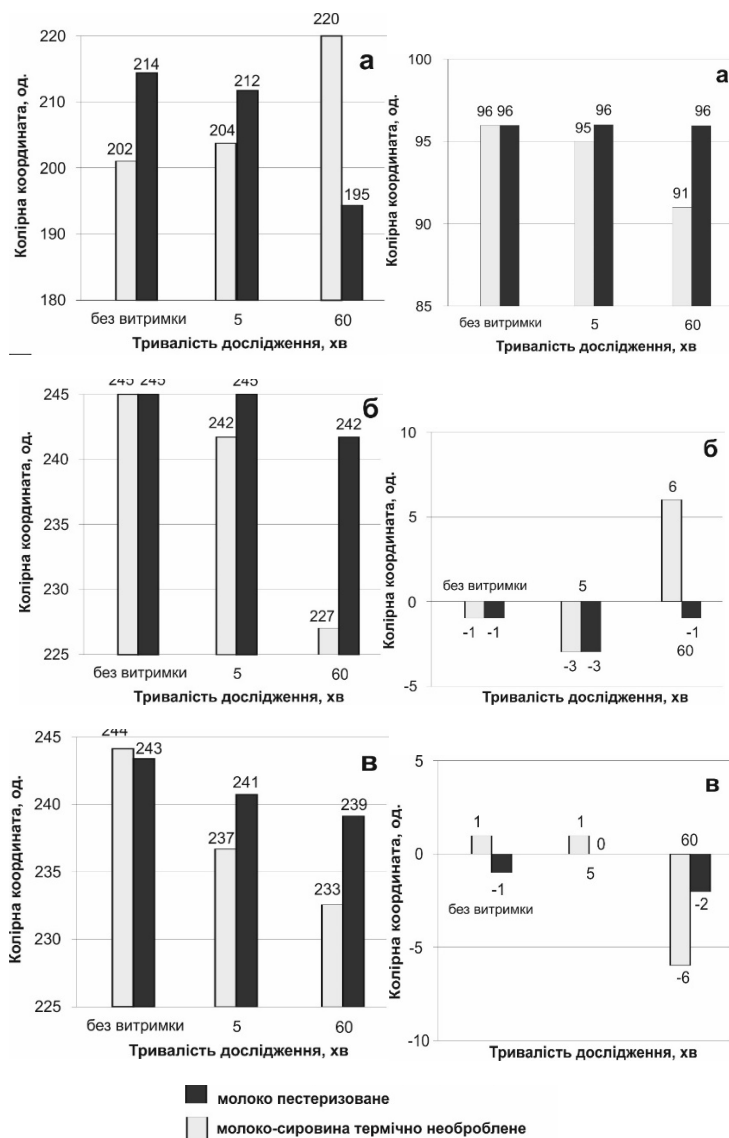


Рис. 1. Залежність кольорних координат RGB для дослідних зразків молока:
а — зміна значень кольорної координати R (червоний);
б — зміна значень кольорної координати G (зелений);
в — зміна значень кольорної координати B (голубий)

Рис. 2. Залежність кольорних координат CIELab для дослідних зразків молока:
а — зміна значень кольорної координати L;
б — зміна значень кольорної координати A;
в — зміна значень кольорної координати B

З даних, наведених на рис. 1, видно, що зміна компоненти кольору R за червоною складовою є найбільш репрезентативною, оскільки різниця між значеннями колірних координат зразків спостерігається вже від початку проведення дослідження, а після завершення термостатування відмінність значень стає більш суттєвою. Колірні характеристики пастеризованого та сирого молока за зеленою та синьою складовою в системі координат RGB, як і в системі CIE Lab (див. рис. 2), на початку термостатування для обох зразків мають схожі значення та виявляють суттєві відмінності лише після завершення їх витримки, передбаченої стандартизованим методом. Тому для аналізу подальших результатів досліджень доцільно використовувати значення колірної координати R, отримані у системах колірних координат RGB.

З метою встановлення залежності щодо появи та збільшення інтенсивності кольору в дослідних зразках визначали колірні характеристики пастеризованого молока, що гарантовано не містить лужної фосфатази, та сирого необробленого молока за координатою R у процесі їх термостатування, передбачаючи періодичність відбору проб через кожні 5 хв. Під час проведення експерименту також фіксували час появи забарвлення за результатами візуальних спостережень. Результати дослідження представлено на рис. 3.

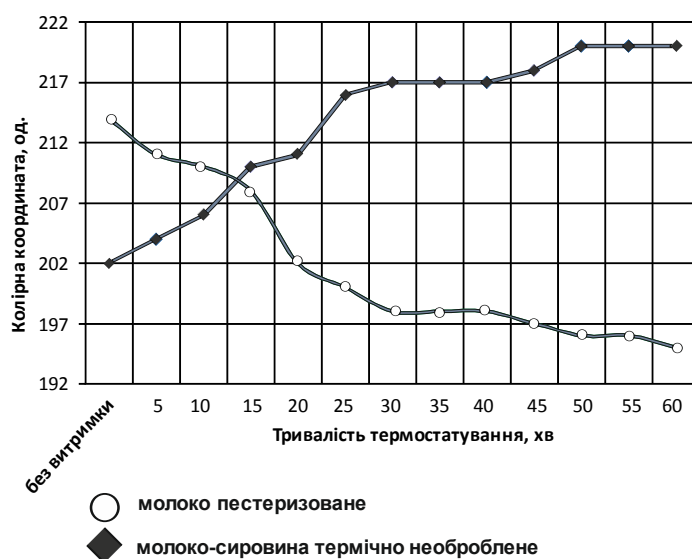


Рис. 3. Залежність зміни колірної координати R від тривалості термостатування

Наведені на рис. 3 результати свідчать про відмінні процеси перебігу хімічних реакцій у розчинах та, відповідно, появи кольору в дослідних зразках. Значення колірної характеристики за червоною складовою в необробленому молоці впродовж усього процесу термостатування зростає в середньому на 18 одиниць. Слід відмітити, що найбільш інтенсивне збільшення — на 15 од, спостерігається у перші 30 хв дослідження. Водночас значення координати R пастеризованого молока характеризується загальною тенденцією зниження інтенсивності кольору, що більш виражено після 15 хв його витримки на водяній бані. Остаточна різниця колірних характеристик за координатою R між пастеризованим і молоком-сировиною після завершення проведення визначення складала 25 одиниць.

Характеризуючи результати візуальних досліджень, слід відмітити, що після додавання реагентів в обох зразках спостерігалась зміна забарвлення від білого до

блідорозевого, що зникло після проведення їх термостатування впродовж 10-15 хв. Повторна чітка зміна кольору та поява блідого рожевого забарвлення була властива зразку термічно необробленого молока після 40 хв його витримки на водяній бані.

Отже, отримані результати вказують на можливість використання методу комп'ютерної колориметрії із подальшим оброблення цифрових зображень у системі RGB та інтерпретацією даних за колірною координатою R при визначенні лужної фосфатази в молоці із використанням розчину фенолфталеїнофосфату натрію. Також слід відмітити, що характер кривих, наведених на рис. 3, вказує на можливість скорочення процесу термостатування дослідних зразків до 30—35 хв.

Застосування стандартизованого методу визначення лужної фосфатази надає можливість встановити кількість термічно необробленого молока — понад 2%. Тому на наступному етапі експерименту, при встановленні ефективного часу термостатування, як дослідні зразки використовували молоко пастеризоване, що гарантовано не містить лужної фосфатази, і молоко пастеризоване із додаванням до нього 2% необробленого молока-сировини 1 гатунку. Результати дослідження наведено на рис. 4.

Аналізуючи результати досліджень, слід зазначити, що впродовж перших 10 хв термостатування спостерігається загальна тенденція до зниження інтенсивності забарвлення в обох зразках, що більш виражено для молока із домішками термічно необробленої сировини. У подальшому наявність лужної фосфатази спричинює гідроліз фенолфталеїнофосфату натрію із вивільненням фенолфталеїну та, відповідно, зміною кольору розчину до світло-рожевого. Про перебіг процесів гідролізу реагенту свідчить поступове зростання колірного числа в молоці із додаванням термічно необробленої сировини на 13 од. Загальна тенденція зміни кольору в дослідному зразку молока, що гарантовано не містить лужної фосфатази, характеризується зниженням інтенсивності червоної складової в цілому на 20 од. Слід відмітити, що максимальне зменшення колірної характеристики відмічається у перші 35 хв його термостатування.

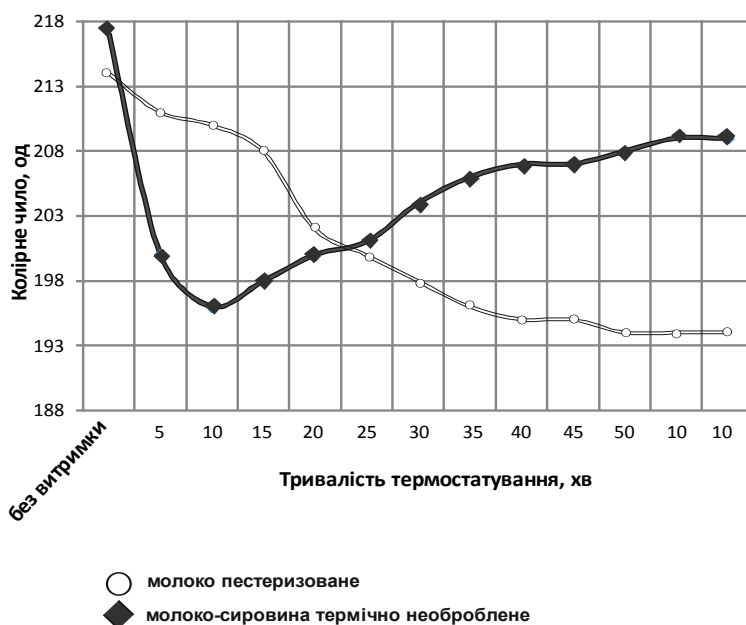


Рис. 4. Зміна колірної координати R залежно від тривалості термостатування

Характер кривих зміни червоної складової при формуванні кольору дослідних зразків вказує на можливість отримання достовірних результатів вже після 40 хв їх витримки за рекомендованих у стандартизованому методі температур.

Візуальні спостереження за зміною забарвлення дослідних зразків упродовж усього періоду термостатування вказують на подібність їх кольорів, а також свідчать про можливість встановлення наявності в молоці домішок термічно необробленого молока лише після завершення часу витримки на водяній бані, зазначеного в стандартизованій методиці.

Отже, у результаті експериментальних досліджень встановлено доцільність застосування колірних координат RGB за значенням колірної координати R при проведенні оцінки забарвленості дослідного зразка, а час термостатування може бути скорочено до 35—40 хв.

Висновки. Запропоновано спосіб удосконалення стандартизованого методу визначення наявності лужної фосфатази в молоці термічно обробленому із застосуванням методу комп'ютерної колориметрії. Рекомендовані заходи надають можливість опрацювати цифрове зображення досліджуваного об'єкта, отримати його колірні характеристики та розрахувати інтенсивність забарвлення за значенням колірних координат пікселів зображення, скоротити час проведення аналізу, автоматизувати процес обробки результатів та збереження даних про дослідження в цифровому вигляді, що є особливо актуальним як елемент простежуваності в системах управління якістю продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Harding F. Alkaline phosphatase test as a measure of correct pasteurization / Harding F. // Bull. of the JDF. — 1991. — № 262. — P. 32—34.
2. Schimme E. Chemical process parameters for thermal inactivation of alkaline phosphatase in milk / Schimme E., Kiesner C., Lorenzen P., Martin D. // Kiel. milchwirt. Forschungsber. — 1997. — V. 49. — № 3. — P. 207—219.
3. Справочник технолога молочного производства. — СПб: ГТОРД, 2006. Т. 10. Шидловская В. П. Ферменты молока. — 296 с.
4. Hilal A. P. Validation of milk product pasteurization by Alkaline Phosphatase Activity / Hilal A. P. // Con Dai & Vet Sci. — 2018. — 1(3) .CDVS. MS.ID.000113. DOI: 10.32474/CDVS.2018.01.000113.
5. Анализ тенденций развития метода химической цветометрии (Обзор) // А. Н. Чеботарев, Д. В. Снигур, Е. В. Бевзюк, И. С. Ефимова // Methods and objects of chemical analysis. — 2014. — Vol. 9, No. 1. — P. 4—11.
6. ДСТУ 7380:2013 Молоко та молочні продукти. Методи визначення наявності пероксидази й фосфатази (лужної та кислої) — [Чинний від 2013-08-22]. — К.: Держспоживстандарт України, 2013. — 17 с. — (Національний стандарт України).
7. Exploring the color of plant powders using computer colorimetry / A. Nemirich, O. Petruska, O. Vasheka, L. Trofymchuk, N. Myndrul // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. — 2016. — № 4/11(82). — pp. 15—20.
8. Визначення активності лужної фосфатази при оцінці безпеки молока за якістю пастеризації / Т. Євшко, Т. Кішик, Ю. Новожицька, В. Сухенко // Якість. — 2017. — 23—28.
9. Antonelli A. et al. Automated evaluation of food colour by means of multivariate image analysis coupled to a wavelet-based classification algorithm / Antonelli A. et al. // Analytica Chimica Acta. — 2004. — p. 3—13.
10. ДСТУ 3662:2018. Молоко коров'яче незбиране. Технічні умови — [Чинний від 2019-01-01] — Київ.: Держспоживстандарт України, 2019 — 23 с. (Національний стандарт України).

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАСТЕРИЗАЦИИ МОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ КОЛОРИМЕТРИИ

О. Н. Вашека, О. А. Петруша, Л. Ю. Арсеньева

Национальный университет пищевых технологий

В статье описаны результаты исследования, проведенного с целью совершенствования метода определения эффективности пастеризации молока, по реакции определения щелочной фосфатазы с фенолфталеинфосфатом натрия. С целью исключения субъективности при интерпретации результатов исследований и возможности сокращения продолжительности термостатирования опытных образцов авторами предложено для характеристики изменения их цвета проводить сканирование поверхности продукта с последующей обработкой полученных изображений в системе цветowych координат RGB.

Экспериментально доказана целесообразность использования значений координаты R (красной составляющей) при интерпретации результатов исследований. Определены закономерности изменения цветowych характеристик в зависимости от времени термостатирования исследуемых образцов. Предложенные усовершенствования позволяют сократить длительность анализа, являются основой для разработки автоматизированного процесса обработки результатов и сохранения результатов в цифровом виде, что особенно актуально при организации прослеживаемости в системах управления безопасностью продукции на пищевых предприятиях.

Ключевые слова: *пастеризация, фосфатаза, цветовая характеристика, компьютерная колориметрия, безопасность.*

УДК 662.647.4

RESEARCH OF PROPERTIES OF CERAMIC MATERIALS FOR FOOD INDUSTRY

O. Litvinenko, B. Pashchenko*National University of Food Technologies***E. Shtefan***National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Key words:

equipment,
wear resistance,
technical ceramics,
aluminum oxide,
ultrasonic cavitation

Article history:

Received 08.10.2020

Received in revised form
15.11.2020

Accepted 10.12.2020

Corresponding author:

hojke@gmail.com

ABSTRACT

The results of the technical ceramics wear resistance for parts and units of food industry equipment are presented in article. Preliminary research shows that ceramic materials are not inferior to metals in terms of wear resistance. The material mathematical model is based on the two-phase disperse system consideration with a gas dispersive medium. This would suggest that there is no phase relative movement. So, the phase separation is neglected and dispersed medium characteristics averaging may be proposed. Such method led to substantial simplification of mathematical design procedure. The different types of technical ceramics comparative wear resistance researching were carried out with the simulation results accounting. It is shown that the ceramic materials wear is a complex process of their individual components destruction with the subsequent mass loss. The dependence of the specimen weight losses rate upon the forced vibrations frequency and the base component content is estimated by the method of experiment mathematical planning with subsequent experimental verification. In this case, a cyclical nature of destruction is observed. It includes the accumulation of defects, the development of cracks and the wearing products formation. This is preceded by the microcracks accumulation, which is determined by the material grain size. Most obviously is implemented grain boundary fracture mechanism in small dispersed single-phase oxide ceramics and in more coarsely dispersed macrocracks pass through the grain body.

Determined that the predominant direction of the ceramic materials wear resistance increasing is the aluminum oxide content increasing. The most wear resistant and durable is corundum ceramics with an aluminum oxide content of more than 90%. At the same time, the action of mechanical intensity on wearing does not significantly affect. Shown, that the research with numerical methods using are in satisfactory agreement with the results of physical experiments.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-17

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

О. А. Литвиненко, д-р техн. наук

Б. С. Пащенко

Національний університет харчових технологій

Є. В. Штефан, д-р техн. наук

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

У статті наведено результати досліджень зносостійкості технічної кераміки для деталей і вузлів обладнання харчової промисловості. На основі математичного моделювання деформації керамічних матеріалів показано, що на їх зносостійкість впливає схема деформації, мікроструктура, пластичність та ударна в'язкість. Це дає змогу отримувати практично непористий матеріал з раціональною орієнтацією зерен і текстурою деформацій. З урахуванням результатів моделювання проведені дослідження порівняльної зносостійкості технічної кераміки різних типів.

Показано, що зношування керамічних матеріалів є складним процесом руйнування їх окремих складових з подальшою втратою маси. Встановлено, що найбільш ефективним напрямком підвищення зносостійкості керамічних матеріалів є збільшення вмісту оксиду алюмінію. Дослідження з використанням чисельних методів задовільно узгоджуються з результатами фізичних експериментів. **Ключові слова:** обладнання, зносостійкість, технічна кераміка, оксид алюмінію, ультразвукова кавітація.

Постановка проблеми. До конструкційних матеріалів в обладнанні харчової промисловості висуваються особливі вимоги. Вони мають бути корозійно- і зносостійкими, технологічними при обробці, надійними при використанні. При цьому необхідно враховувати специфічний фактор експлуатації обладнання — очищення від продуктів переробки та дезінфекцію. Як відомо, мийні композиції досить агресивні, через що відомі конструкційні матеріали не завжди надійні та довговічні.

Це змушує використовувати для виготовлення деталей і вузлів устаткування не лише традиційні, але й перспективні конструкційні матеріали, зокрема технічну кераміку на основі оксиду алюмінію, яка відрізняється високою корозійною стійкістю в різних технологічних середовищах. Однак її певні властивості, наприклад, зносостійкість, досліджені недостатньо або вимагають уточнення.

Мета дослідження: визначити особливості виготовлення окремих деталей технологічного обладнання з технічної кераміки; на основі математичного моделювання розподілення щільності, напружень і деформацій у матеріалі експериментально дослідити зносостійкість кераміки різних типів і запропонувати найбільш раціональну кераміку для виготовлення деталей обладнання харчової промисловості.

Аналіз останніх досліджень і результатів. При обробленні рідких середовищ конструкційні матеріали технологічного обладнання в багатьох випадках зазнають механічного зношування, яке посилюється корозійними процесами. Для харчової промисловості фірма «CeraBag» (Німеччина) виробляє деталі різноманітного технологічного призначення з Al_2O_3 . Її використання забезпечує високі технологічні та експлуатаційні показники [1].

У [2] запропоновано вибирати кераміку для клапанів гомогенізаторів. Наприклад, керамічний клапан мав незначні пошкодження після 1000 год експлуатації.

Встановлено, що в керамічних матеріалах, як і в металах, унаслідок ударно-хвильової дії кавітаційних бульбашок виникають пружні деформації, які спричиняють виникнення поверхневих тріщин та поступове руйнування [3]. Експериментальні дослідження кавітаційного зносу зразків з керамічних матеріалів унаслідок їх руйнування під дією ультразвукової кавітації показують, що за зносостійкістю вони не поступаються традиційним конструкційним матеріалам [4].

Матеріали і методи. Для експериментальних досліджень зносостійкості технічної кераміки різних типів використовували установку УЗДН-2Т з магнітострикційним вібратором (рис. 1).

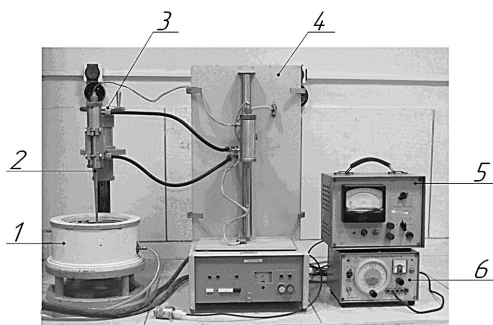


Рис. 1. Установка для дослідження зносостійкості зразків: 1 — ємкість з водяною сорочкою для розміщення зразків; 2 — магнітострикційний вібратор (МСВ); 3 — пристрій для вертикального переміщення МСВ; 4 — установка УЗДН-2Т; 5 — мілівольтметр; 6 — підсилювач

Дослідження проводили при частотах вимушених коливань 22 і 44 кГц, амплітуді коливань концентратора МСВ 20 мкм. Зразки розміщували під концентратором на відстані 0,5 мм. Як робоче середовище використовували відстояну водопровідну воду, температуру якої $20 \pm 1^\circ\text{C}$.

Інтенсивність зношування зразків визначали ваговим методом за втратою маси з точністю до 10^{-4} г через фіксовані проміжки часу на лабораторних електронних вагах Radwag 210. Для оцінки структури керамічних матеріалів використовували мікроскоп МІМ-7.

Циліндричні зразки для досліджень діаметром 10 мм і довжиною 18 мм отримували з технічного глинозему — суміші оксиду алюмінію α -, β - і γ - модифікацій. Вихідний матеріал подрібнювали, просіювали, змішували з 2% пластифікатора та піддавали пресуванню під тиском 3 т/см^3 . В подальшому зразки піддавали спіканню при 1500°C .

Результати дослідження. Залежно від змісту Al_2O_3 в керамічній композиції і співвідношення фазових складових розрізняють мулітову, муліто-корундову та корундову, що визначає їх різні фізико-механічні властивості.

Керамічні зразки можуть витримувати різні види напружень, що дає змогу обробляти їх за складними схемами деформації. Використання таких схем обробки реалізує максимальні зсувні деформації, які забезпечують отримання практично непористого матеріалу з високими експлуатаційними властивостями [5].

Інші кінцеві параметри матеріалу виробів також залежать від схеми деформації, мікроструктури, пластичності й ударної в'язкості. Наявність зсувних деформацій

призводить до поліпшення властивостей матеріалу. Це пов'язано з мінімальною пористістю, сприятливою орієнтацією зерен, включень і пор, проявленням текстури.

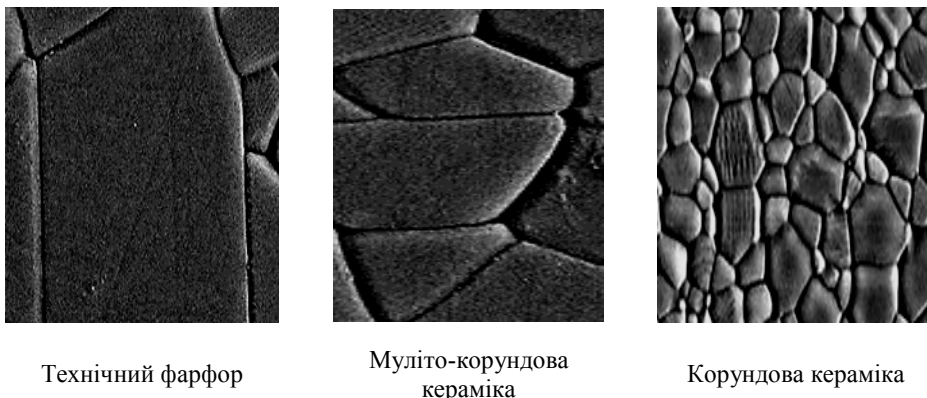


Рис. 2. Мікроструктури характерних зразків кераміки, (x100)

На основі попереднього комп'ютерного моделювання можливе створення ефективних схем деформацій і визначення раціональних гранулометричних параметрів порошку.

При цьому пористий матеріал розглядається як двофазна дисперсна система з газодисперсним середовищем. Це дає змогу припустити відсутність відносного руху цих фаз. Для таких середовищ доцільно використовувати припущення про те, що поділом між фазами нехтують шляхом усереднення характеристик дисперсного середовища (щільності, швидкості пресування, напружень) [5]. Формулюючи ці припущення, визначають співвідношення, які зв'язують напруження на матеріал і параметри деформації при цьому. Передбачається, що швидкість деформації подається у вигляді:

$$\varepsilon_{ik} = \varepsilon_{ik}^e + \varepsilon_{ik}^i, \quad (1)$$

де, відповідно, ε_{ik}^e пружна і ε_{ik}^i непружна складові тензора швидкості деформації.

Пружна складова в рівнянні представлена у вигляді закону Гука:

$$\varepsilon_{ik}^e = \frac{1+\nu}{E} (\sigma_{ik}^e + \frac{\nu}{1+\nu} \sigma_{ik} \delta_{ik}), \quad (2)$$

де E — модуль Юнга; ν — коефіцієнт Пуассона; δ_{ik} — дельта Кронекера.

Непружний компонент представлений як [8]:

$$\varepsilon_{ik}^i = \mu(\Phi) \frac{\partial \Phi}{\partial \sigma_{ik}}. \quad (3)$$

Ізотропний дисперсний матеріал переходу деформованих мас з оборотного в необоротний стан можна представити потенціалом F [6]:

$$F = \frac{(p - p_0)^2}{\psi} + \frac{\tau^2}{\phi} - \tau_s^2 = 0, \quad (4)$$

де p_0 — сферична складова тензора напружень, при якій об'єм не змінюється.

Значення матеріальних функцій ϕ , ψ та p_0 визначаються за [6; 7]:

$$\phi = \frac{1}{(1+m)^2} \cdot (1-\theta)^3 \cdot (1-|2 \cdot a - 1|)^2; \quad (5)$$

$$\psi_1 = \frac{8}{3} \cdot \frac{(1-\theta)^4}{\theta} \cdot \frac{(1-a)^2}{(1+m)^2}; \quad (6)$$

$$p_0 = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \tau_s \cdot \frac{(1-\theta)^2}{\sqrt{\theta}} \cdot \left(\frac{1-m-2 \cdot a}{1+m} \right); \quad (7)$$

$$\psi_2 = \frac{8}{3} \cdot \frac{(1-\theta)^4}{\theta} \cdot \frac{a^2}{(1+m)^2}; \quad (8)$$

де, крім того, поруватість θ і границя текучості твердої фази матеріалу τ_s , $0 \leq a \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$. Параметр a характеризує крихкість частинок пористого матеріалу, m — щільність контактів між окремими частинками.

Комп'ютерне моделювання дає змогу також визначити зміну форми виробів і розподіл щільності, напружень і деформацій.

Досліджувані зразки, крім базового компонента Al_2O_3 , містять включення, які впливають на їх фізико-механічні властивості та процес руйнування під дією зовнішніх силових впливів колапсуючих кавітаційних бульбашок, яка має циклічний характер. Крім того, в керамічних матеріалах виникають дефекти структури — пори, тріщини, що визначається складом і технологією їх виготовлення. Зокрема, велика частина дефектів переважно у вигляді мікротріщин виникає саме під час спікання і подальшого охолодження зразків. Ці мікротріщини будуть збільшуватися навіть при незначних навантаженнях і, відповідно до теорії А. Гриффітса, їх наявність як на зовнішній поверхні, так і всередині зразка, сприяє накопиченню концентрацій напружень [8], що призводить до збільшення розмірів тріщин і подальшого руйнування.

Експериментально встановлено, що в руйнуванні досліджених матеріалів за різних умов зовнішнього навантаження можна виділити три характерні стадії: 1 — накопичення дефектів і пошкоджень; 2 — розвиток тріщин; 3 — утворення продуктів зносу в межах певної глибини поверхневого шару. Саме умови навантаження і жорсткість навантаженого стану обумовлюють конфігурацію і масштабний фактор тріщиноутворення й руйнування матеріалу зразка. Тому в керамічних матеріалах спостерігається стрибкоподібний розвиток мікротріщин в умовах локальної деформації, коли етапи їх повільного зростання чергуються з періодами їх швидкого розвитку з подальшим відокремленням мікроб'єму матеріалу [8; 9].

Використання різних частот вимушених коливань концентратора МСВ надає можливість моделювати різну інтенсивність механічної дії на зразки. Так, при частоті коливань 22 кГц циклічний характер руйнування більш «жорсткий». Очевидно, що за таких умов кавітаційна бульбашка, що виникає в рідині під концентратором, досягає розміру, при якому її лопання має найбільш руйнівний характер. При частоті коливань 44 кГц бульбашка не досягає кінцевих розмірів, тому її колапс менш інтенсивно впливає на інтенсивність зношування зразків. Причому загальний характер руйнувань зразків при досліджуваних частотах коливань МСВ аналогічний для всіх зразків. Оскільки їх випробування проводили в однаковому середовищі, запропонований підхід дає змогу порівняти вплив механічної дії технологічного середовища на зносостійкість керамічних матеріалів різних типів.

Ефективним способом прогнозування аналізу процесу руйнування керамічних матеріалів різного типу є планування експерименту. Це дає змогу використовувати

для оцінки інтенсивності зносу відомі методи математичної статистики і замінити фізичні експерименти (або їх частину) на чисельні.

Для аналізу впливу вмісту Al_2O_3 в зразках на їх зносостійкість при різних частотах коливань концентратора МСВ, що моделює різну інтенсивність механічної дії, використано стандартну матрицю планування для встановлення необхідної кількості експериментів. Вхідними параметрами (факторами) процесу є вміст оксиду алюмінію C (%) і частота коливань ω концентратора МСВ (кГц). Вихідним чинником є швидкість втрати маси зразків ΔG (мг). У загальному вигляді швидкість втрати маси зразків визначається залежністю $\Delta G = f(C, \omega)$.

На підставі проведених розрахунків з використанням програмного продукту MathCad 15 побудовані поверхні відгуків (поверхні рівнянь регресії) досліджуваних зразків (рис. 3).

Аналіз одержаних результатів показує, що переважним напрямком підвищення зносостійкості керамічних матеріалів є збільшення в їх складі вмісту оксиду алюмінію. При цьому інтенсивність механічної дії на них істотного значення не має. Крім того, дослідження з використанням чисельних методів задовільно узгоджуються з результатами фізичного експерименту.

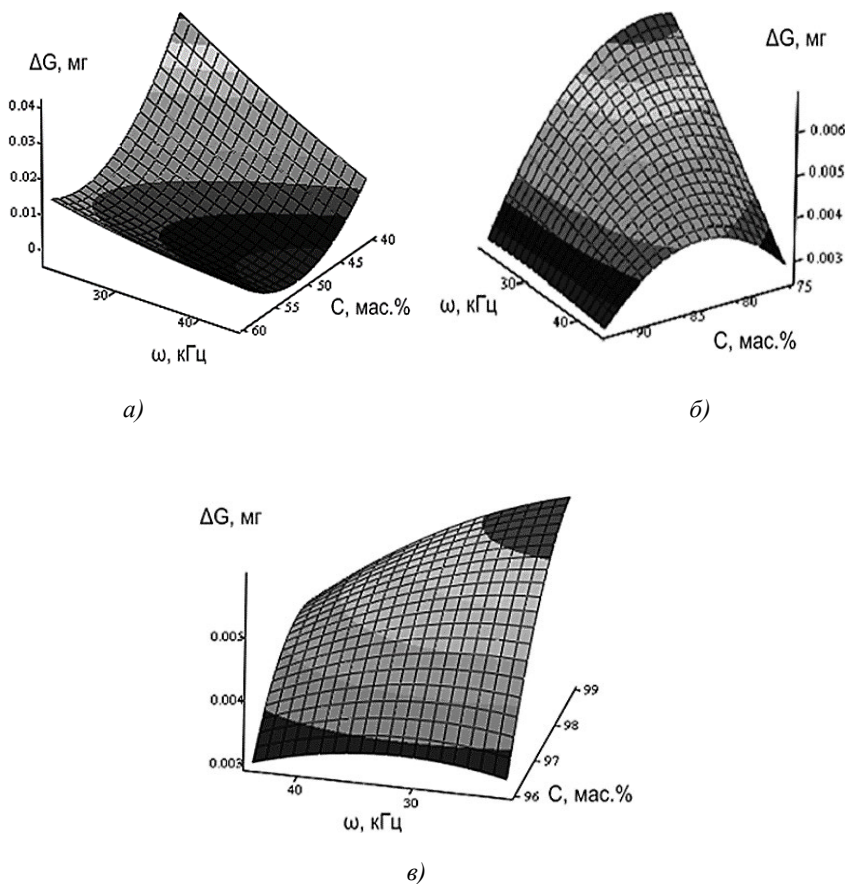


Рис. 3. Залежність (поверхня відгуку) впливу вмісту оксиду алюмінію (C) і частоти мікроударного навантаження (ω) на швидкість зношування (ΔG) зразків: *а*) — з технічного фарфору; *б*) — з муліто-корундової кераміки; *в*) — з корундової кераміки

Висновки. Показано, що зношування конструкційних керамічних матеріалів є складним процесом руйнування їх окремих структурних фрагментів і починається з мікро- і закінчується макротріщинами з подальшою втратою маси. Цьому передують накопичення дефектів (мікротріщин), що визначається розмірами структурних складових матеріалу. Включення, наявні практично в усіх керамічних матеріалах, впливають на їх експлуатаційні властивості, а дефекти структури (тріщини, пори) обумовлюються складом і технологією отримання. В однофазній оксидній кераміці з оптимальним дисперсним складом найбільш очевидно реалізується механізм межзасереного руйнування, а в більш грубодисперсній макротріщині поширюється через тіло зерна, що ускладнює її використання для виготовлення деталей, які при експлуатації піддаються інтенсивному зношуванню. Як показали результати фізичного та чисельного експериментів, найбільш зносостійкою є дрібнодисперсна корундова кераміка з вмістом базового компонента понад 90%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hees M. Verwirbelungen halten Keramik Sauber / Martin Hees // *Ernahrungsin dustrie* — 2001. — № 6. — P. 64—65.
2. Lukasik K. Comparison of a selected materials for homogenizing valves / K. Lukasik // Проблеми та перспективи створення і впровадження нових ресурсо- та енергоощадних технологій, обладнання в галузях харчової і переробної промисловості : матер. VI Міжнар. наук.-техн. конф. 19—21 жовтня 1999 р. — К.: УДУХТ, 2000. — Ч. III. — С. 94.
3. Погодаев Л. И. Структурно-энергетические модели надежности материалов и деталей машин / Л. И. Погодаев, В. Н. Кузьмин. — С.-Пб.: Академия транспорта РФ, 2006. — 608 с.
4. Литвиненко О. А. Кавітаційна стійкість керамічних конструкційних матеріалів / О. А. Литвиненко, О. І. Некоз, В. М. Кавун // *Зб. наук. пр. ВАТ «УкрНДІ вогнетривів ім. А. С. Бережного»*. — 2010. — № 110. — С. 115—118.
5. Михайлов А. О. Застосування комп'ютерного моделювання при розробці технологічних процесів отримання деталей машин і апаратів харчової промисловості / Михайлов А. О., Штефан С. В., Михайлов О. В. // *Математичні моделі і обчислювальний експеримент в матеріалознавстві*, Київ: ІПМ ім. І. М. Францевича НАН України. — 2017. — №19. — С. 105—110.
6. Shtern M. Modified models of deformation of powder materials which based on plastic and harddeformable powders / M. Shtern, O. Mikhailov // *Kyiv: KPI, 2011. — Vol. 62, P. 13—19. — (Bulletin of the National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”. Series “Machine Building”)*.
7. Моделирование процесса упрочнения пористых втулок методом многократного протягивания / О. А. Розенберг, О. В. Михайлов, М. Б. Штерн // *Наукові нотатки*. — 2011. — Вип. 31. — С. 306—313.
8. Litvinenko A. Effect of Phase Composition on Cavitation Resistance of Ceramics / A. Litvinenko, Yu. Boyko, B. Pashchenko, Yu. Sukhenko // *Advances in Design, Simulation and Manufacturing: Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2018. — Springer International Publishing AG. Part of Springer Nature. — Issue 1. — P. 299—305.*
9. Litvinenko A. Cavitation Wearing of Modified Ceramics / A. Litvinenko, Yu. Boyko, B. Pashchenko, Yu. Sukhenko, E. Shtefan // *Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2020. — Springer International Publishing AG. Part of Springer Nature. — Issue 3. — Vol. 2. — P. 24—31.*

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А. А. Литвиненко, Б. С. Пащенко

Национальный университет пищевых технологий

Е. В. Штефан

Национальный технический университет Украины «КПИ» им. Игоря Сикорского

В статье представлены результаты исследования износостойкости технической керамики для деталей и узлов оборудования пищевой промышленности. На

основе математического моделирования деформации керамических материалов показано, что на их износостойкость влияет схема деформации, микроструктура, пластичность и ударная вязкость. Это позволяет получать практически непористый материал с рациональной ориентацией зёрен и текстурой деформаций. С учётом результатов моделирования проведены исследования сравнительной износостойкости технической керамики разных типов.

Показано, что износ керамических материалов является сложным процессом разрушения их отдельных составляющих с последующей потерей массы. Установлено, что преимущественным направлением повышения износостойкости керамических материалов является увеличение содержания оксида алюминия. Исследования с использованием численных методов удовлетворительно согласуются с результатами физических экспериментов.

Ключевые слова: оборудование, износостойкость, техническая керамика, оксид алюминия, ультразвуковая кавитация.

УДК 637.5

INVESTIGATION OF ACTIVE PACKAGING INFLUENCE ON COOKED SAUSAGES MICROBIOLOGICAL STABILITY DURING STORAGE

V. Pasichniy, A. Marynin, Yu. Zheludenko*National University of Food Technologies***Key words:**

cooked sausage,
active packaging,
oxygen scavengers,
ethanol emitters

Article history:

Received 09.10.2020
Received in revised form
10.11.2020
Accepted 14.12.2020

Corresponding author:

pasww1@ukr.net

ABSTRACT

In the presented materials of the article the results of research of desorption by sorbents of elements of active packing — ethanol evaporators by a weight method and with use of indicators of ethanol vapors are resulted. The presented research results and kinematic dependences on the desorption of sorbents, which are part of the ethanol evaporators allow to predict the conditions of modification of gas mixtures of packaged sausages. The obtained kinematic dependences of the desorption of ethanol vapors on sorbents allow us to state that during storage in packaged samples after 100—150 minutes in the packaging volume, the content of ethanol vapors goes into equilibrium. This allows you to effectively predict and regulate the conditions for achieving equilibrium gases in the packaged units. The efficiency of using the oxygen absorber of domestic and foreign production on the microbiological parameters of boiled sausages of the first grade is determined. The possibility of joint use of oxygen scavengers and ethanol evaporators to prolong the shelf life of cooked sausages is evaluated.

It is proved that the use of ethanol evaporator for cooked sausages does not show a significant bacteriostatic effect on the microflora of cooked sausages. The selectivity of the effect of the oxygen scavenger on the ability to inhibit the growth of molds in boiled sausages and its inability to influence the development of yeast was confirmed. The results of research indicate that the use of ethanol evaporators for cooked sausages is advisable in the selection of additional preservatives. A comparative assessment of the effectiveness of the impact of oxygen scavengers of domestic and foreign production indicates the similarity of technological effects of their use to extend the shelf life of cooked sausages.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-18

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕМЕНТІВ АКТИВНОГО ПАКУВАННЯ НА МІКРОБІОЛОГІЧНУ СТАБІЛЬНІСТЬ СОСІСОК ВАРЕНИХ У ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ

В. М. Пасічний, д-р техн. наук

А. І. Маринін, канд. техн. наук

Ю. В. Желуденко

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати дослідження десорбції сорбентами елементів активного пакування — випарювачів етанолу ваговим методом і з використанням індикаторів парів етанолу. Отримані кінематичні залежності десорбції парів етанолу на сорбентах дають змогу констатувати, що в процесі зберігання в запакованих зразках через 100—150 хв в об'ємі пакування вміст парів етанолу переходить у рівноважний стан.

Доведено, що використання випарювача етанолу для ковбасних виробів вареної групи значного бактеріостатичного ефекту на мікрофлору ковбасних виробів вареної групи не проявляє. Підтверджено селективність впливу поглинача кисню на здатність пригнічувати зростання пліснявих грибів у сосисках варених і його неспроможність впливати на розвиток дріжджів. Результати досліджень свідчать про те, що застосування випарювачів етанолу для сосисок варених є доцільним при підборі додаткових консервуючих речовин.

Ключові слова: сосиски варені, активне пакування, поглиначі кисню, випарювачі етанолу.

Постановка проблеми. При зберіганні м'ясопродуктів значною економічною проблемою є втрати продукції за рахунок мікробіологічного псування. При цьому можлива інтоксикація організму людини, викликана можливим споживанням зіпсованого продукту ставить загрозу життю і здоров'ю споживачів неякісної продукції.

Основною причиною втрати продуктів може бути наявність мікроорганізмів, що викликають псування, у сировині та готових продуктах через перехресне забруднення. Це призводить до погіршення поживних і сенсорних характеристик, таких як окиснення, проява неприємного смаку й аромату, небажані зміни текстури та кольору.

Для отримання більш безпечних продуктів зі збереженням якості досліджують нові технології. Одним із шляхів зменшення економічних втрат при зберіганні є підбір ефективних пакувальних матеріалів, що підвищують «бар'єрність» продукції під час зберігання та створюють умови регулювання газового середовища запакованої продукції.

Вибір пакування відіграє важливу роль у забезпеченні, гарантуванні безпечності продукції, а також пошуку шляхів подовження терміну зберігання, що сприяє зменшенню втрат харчових продуктів на етапі виробництва, перевезення та зберігання в торговельних мережах.

Одним із перспективних напрямків сучасних технологій, направлених на збереження якості харчових продуктів, є використання елементів активного пакування [1]. Активне пакування — технологія, в якій пакувальний матеріал бажаним чином взаємодіє з упакованими продуктами, забезпечуючи необхідний рівень якості безпечності продукції при зберіганні та мінімізуючи вплив навколишнього середовища на запаковану одиницю продукції [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні існують різні концепції активного пакування харчових продуктів, серед яких поглиначі кисню, поглиначі вологи, емітери/поглиначі діоксиду вуглецю, випарювачі етанолу, системи вивільнення/поглинання флейвору тощо.

Серед активних систем пакування харчових продуктів широко використовуються саше-пакети, розміщені всередині упаковки.

Кисень є причиною погіршення якості багатьох харчових продуктів через ріст мікроорганізмів та окиснення ліпідів. Залишковий кисень може знаходитися у вільному просторі упаковки, проникати в упаковку з навколишнього середовища або у вигляді розчиненого кисню в продукті [3]. Для абсорбції кисню з упакованих харчових продуктів і вільного простору упаковки використовують поглиначі кисню, які дають змогу знизити рівень залишкового кисню до кількості менше 0,01% [4]. Використання поглиначів кисню для сосисок сповільнює ріст мікроорганізмів та окиснювальні процеси за температури зберігання 0+6°C порівняно з контролем [5].

Залежно від використовуваних компонентів, поглиначі кисню поділяють на два типи: органічні (наприклад, аскорбінова кислота) та неорганічні (наприклад, порошок металів). Для комерційних цілей найбільшого поширення набуло використання неорганічних поглиначів на основі порошку заліза [6]. Вони являють собою суміш сорбенту (полімера-носія, глинистого матеріалу, нанокompозиту), порошку заліза з діаметром частинок у межах 10—30 мікрметрів і каталізатора, такого як хлорид натрію (NaCl) [7]. Механізм дії заснований на реакції заліза і кисню з утворенням оксиду заліза за наявності водяної пари.

У сухих умовах середовища металева руда інертна, навіть якщо це не благородний метал. Ця властивість пов'язана з тим, що металева руда утворює на своїй поверхні пасиваційний шар товщиною декілька нанометрів [8]. При високій відносній вологості або при контакті з водно-рідинною фазою пасиваційний шар реагує з водою і стає пористим, що робить цей шар проникним для водяної пари та кисню. Таким чином металева руда під цим пористим шаром є доступною для водяної пари та кисню і може реагувати з обома. Окислення каталізується електролітами, наприклад NaCl.

Важливою властивістю поглиначів кисню є їхня швидкість реакції. Для збільшення швидкості реакції використовують стратегію зменшення середнього діаметрального розміру частинок. Площа сфери збільшується в 10 разів, коли діаметр частинок зменшується в 10 разів. Наприклад, порошок заліза з діаметром частинок 10 нм порівняно з 10 μm матиме в 1000 разів більшу площу поверхні. Якщо пасиваційний шар металевої руди має товщину кілька мікрметрів та утворюється в сухих умовах середовища або при дуже низькій відносній вологості, такий порошок заліза вже активний при використанні для зневоднених і сухих продуктів. При товщині пасиваційного шару 3 нм сфера повністю окислюється, коли діаметр становить 6 нм або менше [9]. При діаметрі 20 нм близько 65 об % сфери окислюється, пасиваційний шар складається з оксиду або гідроксиду заліза [10]. Також у вологих умовах та при контакті з електролітами швидкість реакції нанорозмірного заліза буде набагато більшою, ніж для порошоків заліза діаметром у кілька мікрметрів.

Однак у саше-пакетів з поглиначем кисню на основі заліза є кілька недоліків. Вони становлять потенційний ризик для здоров'я споживачів, якщо їх проковтнути, тому ефективного використання набуло поєднання регулювання реакційної активності поглинача кисню в поєднанні з використанням пакувальних матеріалів різного рівня паро- і газопроникності, що унеможливило контакт заліза в суміші поглинача

кисню безпосередньо з продуктом. Крім того, середовище всередині упаковки після використання поглиначів кисню може бути сприятливим для росту анаеробних патогенів для продуктів з активністю води вище 0,92, що може призвести до проблем зі здоров'ям [11] і потребує регулювання, власне, рецептур ковбасних виробів [12].

Застосування саше-пакетів останнім часом розширилося на інші функції, такі як антимікробна, за рахунок включення та подальшого вивільнення летких сполук з добре відомою антимікробною активністю проти мікроорганізмів, що є причиною хвороб шлунково-кишкового тракту. Серед антимікробних сполук, які використовують для поглинаючих/випромінюючих саше-пакетів можна відмітити використання етанолу, діоксиду хлору, антимікробних наночастинок, різноманітних рослинних ефірних олій та їхніх основних активних компонентів [13]. Технологія антимікробних саше-пакетів постійно вдосконалюється завдяки дослідженням нових антимікробних сполук. Враховуючи потреби у зменшенні використання синтетичних консервантів, все більша кількість досліджень присвячена використанню натуральних речовин. Також рекомендовано використання біоматеріалів або матеріалів, що біологічно розкладаються, для носіїв, саше і зовнішніх пакувальних матеріалів.

Етанол давно відомий як антимікробний засіб. Етанол можна ввести в упаковку до герметизації харчових продуктів всередині, щоб досягти тривалого бажаного антимікробного ефекту при зберіганні або шляхом використання саше, що генерують етанол. Повільне або швидке вивільнення етанолу з матеріалу-носія у вільний простір упаковки регулюється проникністю для водяної пари та етанолу матеріалу саше. Саше містять етанол (55%) та воду (10%), які абсорбуються на силіконовий порошок (35%). Деякі саше, крім етанолу, можуть містити мікрокількість ароматичних речовин, таких як ваніль тощо, щоб замаскувати запах алкоголю у вільному просторі упаковки. Ефективність системи, що генерує етанол, передусім залежить від типу та розміру матеріалу-носія, кількості етанолу, захопленого матрицею носія, проникності матеріалу саше для водяної пари й етанолу та активності води в продуктах харчування.

Основним недоліком використання парів етанолу для консервування є можливе утворення неприємного запаху й аромату в харчових продуктах за рахунок поглинання етанолу з вільного простору упаковки.

Незважаючи на велику кількість досліджень фізико-хімічних показників харчових продуктів, які зберігаються з використанням саше-пакетів, бракує даних щодо їх впливу на сенсорні характеристики досліджуваних продуктів. Крім того, поглинання етанолу може призвести до перевищення нормованих значень етанолу для продуктів, де його наявність є небажаною.

У багатьох публікаціях описано властивості випарювачів етанолу та поглиначів кисню, а також використання цих видів активного пакування при зберіганні таких продуктів, як фрукти, овочі, риба, морепродукти, м'ясні продукти тощо [14]. Однак використання випарювачів етанолу та поглиначів кисню для ковбас вареної групи при зберіганні практично не досліджувалося.

Метою дослідження є визначення сорбційних характеристик реакційних сумішей для саше-пакетів поглиначів кисню і випарювачів етанолу та визначення їх впливу на мікробіологічну стабільність сосисок варених у процесі зберігання.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження були кінетика сорбції та десорбції реакційних сумішей поглиначів кисню й випарювачів етанолу для визначення їх при

використанні різного типу сорбційних носіїв і вплив регуляторів газового середовища на мікробіологічну стабільність сосисок варених у термінах подовженого зберігання.

Предметом дослідження був рівень контамінантного забруднення запакованих одиниць продукції та рівень залишкового вмісту парів етанолу в запакованій одиниці продукту, а також десорбція етанолу з матеріалу носія реакційної суміші випарювача етанолу.

Було проведено дослідження кінетики десорбції етилового спирту для реакційної суміші випарювачів етанолу, а також промислових зразків саше-пакетів випарювача етанолу, що дає змогу передбачати вплив цього активного елемента на стан МАР запакованих одиниць продукції.

Результати дослідження. Кінетику десорбції етилового спирту зі зразків випарювача ваговим методом наведено на рис. 1.

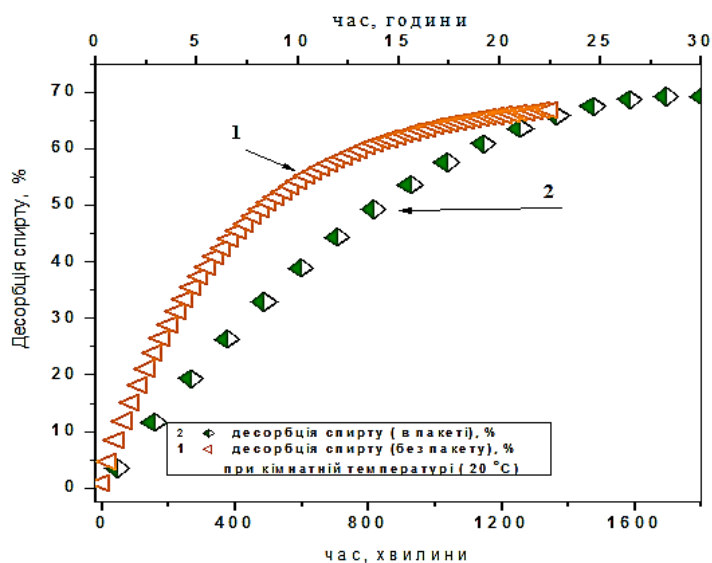


Рис. 1. Кінетика десорбції етилового спирту зі зразка випарювача вітчизняного виробництва: 1 — відкритий зразок; 2 — зразок з перфорацією

За результатами досліджень зразка 1 у відкритому пакеті і 2 — випарювача етанолу в закритому пакеті з промисловою перфорацією (рис. 1), можна зробити висновок, що десорбція етилового спирту з відкритого пакета більш швидка у проміжку від 4 до 20 год десорбції.

Для зразків з перфорацією саше-пакетів, без їх розгерметизації, процес випарювання етилового спирту більш тривалий у часі. Однак у цілому кінцева кількість десорбованого етилового спирту за обома методиками практично є однаковою і дорівнює 67...69% втрати маси змочених спиртом сорбентів.

На рис. 2 представлено кінетику десорбції етилового спирту зі зразка, яку визначали з використанням експериментальної установки, створеної в Проблемній науково-дослідній лабораторії НУХТ.

У процесі дослідження кінетики модифікації MAP у закрити ємність визначеного об'єму вносився саше-пакет випарювача етанолу і за допомогою датчика концентрації парів етилового спирту при заданій температурі зберігання визначався час накопичення концентрації парів етанолу в запакованому зразку.

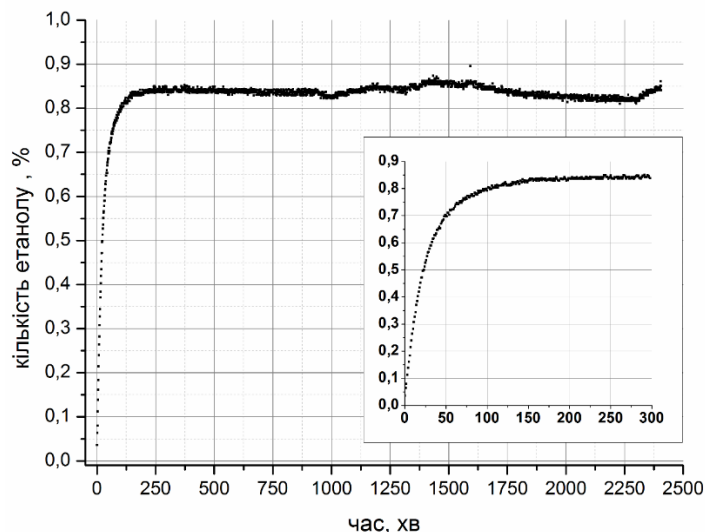


Рис. 2. Кінетика десорбції етилового спирту зі зразка випарювача вітчизняного виробництва

З представлених на рис. 2 даних видно, що в процесі зберігання в запакованих зразках через 100—150 хв в об'ємі пакування вміст парів етанолу переходить у рівноважний стан, що дає змогу ефективно прогнозувати і регулювати умови MAP запакованих одиниць продукції з використанням етилового спирту.

З метою визначення впливу умов пакування на мікробіологічні показники сосисок варених досліджено промислово виготовлені сосиски «Австрійські» першого сорту, упаковані в захисному середовищі.

Рецептурний склад сосисок включав 65% м'яса (свининину, в тому числі жирну 15%, м'ясо курчат-бройлерів), стабілізатор білковий тваринного походження, м'ясо птиці механічного обвалювання, сироватку молочну суху, крохмаль картопляний, порошок яєчний, воду питну, сіль кухонна, загущувач (E407, E412, E415), стабілізатор E450, антиоксиданти (E316, E330), прянощі та їх екстракти (мускатний горіх, перець чорний, часник, ялівець, коріандр, перець чилі, лавровий лист), ароматизатори «Шинка», рідкий дим, підсилювач смаку E621, фіксатор кольору E250.

Строк придатності за температури від 0°C до +6°C та відносній вологості повітря від 75% до 78% складає 2 доби за умови відкритої упаковки.

Для оцінки впливу елементів активного пакування на готовий продукт проводили дослідження сосисок з відкритої упаковки з використанням таких систем:

зразок АП₁ — контрольний зразок;

зразок АП₂ — зразки з використанням поглинача кисню — аналога виробництва Китаю;

зразок АП₃ — зразки з використанням поглинача кисню та випарювача спирту — аналогів виробництва Китаю.

Дослідження проводили одразу після розгерметизації оригінального пакування та запакованих з елементами активного пакування зразків на 3, 7, 10 та 20 добу зберігання при температурі $4\pm 2^\circ\text{C}$.

Початкове значення МАФАНМ перед пакуванням дослідних зразків сосисок становило $7,3 \times 10^3$ КУО/г. Результати подальших досліджень МАФАНМ сосисок у часі зберігання наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Значення МАФАНМ сосисок у динаміці розвитку залежно від пакування і часу зберігання

Зразок	МАФАНМ, КУО/г			
	3 доби	7 діб	10 діб	20 діб
АП ₁	$4,5 \times 10^4$	$8,0 \times 10^5$	$2,0 \times 10^6$	$7,5 \times 10^7$
АП ₂	$8,0 \times 10^3$	$7,5 \times 10^4$	$1,7 \times 10^5$	$7,0 \times 10^6$
АП ₃	$2,2 \times 10^4$	$6,0 \times 10^4$	$5,0 \times 10^5$	$5,5 \times 10^6$

Як видно з даних, представлених у табл. 1, значення МАФАНМ для зразків АП₁ та АП₃ на третю добу зберігання були в межах одного порядку, тоді як для зразка АП₂ цей показник був на порядок нижче. Для зразка АП₃ на 7 добу зберігання відбулася стабілізація показника порівняно з попередньою контрольною точкою. Водночас на 7 та 10 добу зберігання значення МАФАНМ для зразка АП₁ було на порядок вищим. Ця тенденція зберіглася на 20-у добу зберігання.

Як видно з результатів, використання поглинача кисню та спільне використання поглинача кисню з випарювачем етанолу пригнічує розвиток МАФАНМ. У той же час значення МАФАНМ для зразків АП₂ та АП₃ відрізняються не значно. Це свідчить про те, що наявність випарювача спирту в упаковці не чинить значного впливу на пригнічення загальної кількості мікроорганізмів у процесі зберігання.

Оскільки в Україні розвивається розробка власних поглиначів кисню, були проведені дослідження порівняння ефективності впливу вітчизняного поглинача кисню й аналога виробництва Китаю на мікробіологічну стабільність сосисок у процесі зберігання.

Досліджувались промислові зразки сосисок «Австрійських» першого сорту, запакованих з поглиначами кисню. Контрольним був зразок без використання поглинача кисню при пакуванні — зразок ПК₁.

Зразками ПК₂ були сосиски, запаковані з поглиначем кисню виробництва Китаю, кодуванням ПК₃ були позначені зразки, запаковані з використанням поглинача кисню вітчизняного виробництва.

Дослідження проводили одразу після розпаковки оригінального пакування на 8 та 13 добу зберігання при температурі $0+6^\circ\text{C}$.

Початкове значення МАФАНМ сосисок до процесу упаковки становило $4,5 \times 10^1$ КУО/г. Результати подальших досліджень наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Значення МАФАНМ сосисок, упакованих з використанням поглиначів кисню, в процесі зберігання

Зразок	МАФАНМ, КУО/г	
	8 діб	13 діб
ПК ₁	$1,9 \times 10^4$	$1,2 \times 10^5$
ПК ₂	$6,5 \times 10^3$	$6,9 \times 10^4$
ПК ₃	$5,0 \times 10^3$	$1,2 \times 10^4$

Як видно з отриманих даних, на 8-у добу зберігання значення МАФАНМ для зразків з використанням поглиначів кисню були в межах одного порядку. Значення МАФАНМ контролю порівняно з початковим значення підвищилися на порядок.

На 13-у добу зберігання значення МАФАНМ для зразків з поглиначем також були на порядок нижчими, ніж у контролі, і знаходилися в межах одного порядку, що вказує на здатність поглиначів кисню вітчизняного і закордонного виробництва сповільнювати накопичення МАФАНМ у запакованих одиницях продукції.

Досліджували також групи мікроорганізмів, які викликають псування, зокрема плісняві гриби та дріжджі.

Для неупакованих зразків на початку експерименту кількість пліснявих грибів була < 10 КУО/г, кількість дріжджів — 10 КУО/г. Результати дослідження пліснявих грибів і дріжджів у процесі зберігання наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Значення пліснявих грибів і дріжджів у сосисках, упакованих з використанням поглиначів кисню, в процесі зберігання

Зразок	Плісняві гриби, КУО/г		Дріжджі, КУО/г	
	8 діб	13 діб	8 діб	13 діб
ПК ₁	$2,0 \times 10^1$	$3,0 \times 10^1$	$3,3 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$
ПК ₂	<10	<10	$2,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$
ПК ₃	<10	<10	$4,6 \times 10^2$	$4,8 \times 10^2$

Як видно з даних, використання поглиначів кисню пригнічує зростання пліснявих грибів у сосисках варених і не має впливу на розвиток дріжджів.

Висновки. Встановлено, що використання поглиначів кисню та поглиначів кисню спільно з випарювачем спирту пригнічує розвиток МАФАНМ у сосисках варених. Наявність випарювача етанолу в упаковці значного бактеріостатичного ефекту на ковбасні вироби вареної групи не проявляє.

Підтверджено селективність впливу поглиначів кисню на здатність пригнічувати зростання пліснявих грибів у сосисках варених і його неспроможність впливати на розвиток дріжджів. Результати досліджень свідчать про те, що застосування випарювачів етанолу для сосисок варених є доцільним при підборі додаткових консервуючих речовин. Перспективним для цієї групи продуктів є використання поглиначів кисню, але в поєднанні з антимікробними агентами, що потребує подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Иванов С. В. Перспективные элементы активного пакувания / С. В. Иванов, В. М. Пасичный, В. В. Олишевский, А. И. Маринин, Ю. В. Желуденко // Упаковка. — 2014. — 6. — С. 16—18.
2. Soares N. F. F. Recent patents on active packaging for food application / N. F. F. Soares, A. C. Pires, G. P. Camilloto, P. Santiago-Silva, P. J. P. Espitia, W. A. Silva // Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture. — 2009. — 1. — P. 171—178.
3. Chaix E. Oxygen and carbon dioxide solubility and diffusivity in solid food matrices: A review of past and current knowledge / E. Chaix, C. Guillaume, V. Guillard // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. — 2014. — 13(3). — P. 261—286.
4. Cruz R. S. Efficiency of 484 oxygen — absorbing sachets in different relative humidities and temperatures / R. S. Cruz, N. F. F. Soares, N. J. Andrade // Ciência e Agrotecnologia. — 2007. — 31. — P. 1800—1804.
5. Ukrainets A. Investigation of oxygen scavengers influence on cooked sausages stability / A. Ukrainets, V. Pasichniy, A. Marynin, Yu. Zheludenko // Ukrainian Food Journal. — 2019. — 8(4). — P. 768—777.

6. Pereira de Abreu D. A. Active and intelligent packaging for the food industry / Pereira de Abreu D. A., Cruz J. M. & Paseiro Losada P. // Food Reviews International. — 2012. — 28(2). — P. 146—187.
7. Sangerlaub S. Compensation of pinhole defects in food packages by application of iron—based oxygen scavenging multilayer films /Sangerlaub S., Gibis D., Kirchhoff E., Tittjung M., Schmid M. & Muller M. // Packaging Technology and Science. — 2012. — 26(1). — P. 17—30.
8. Ohtsuka T. Passive oxide films on iron by in-situ detection of optical techniques. In S.-I. Pyun, & J.-W. Lee (Eds.) / Ohtsuka T.; Progress in corrosion science and engineering II. — New York, US: Springer, 2012. — P. 183—241.
9. Crane R. A. Nanoscale zero-valent iron: Future prospects for an emerging water treatment technology/ Crane R. A., Scott T. B. // Journal of Hazardous Materials. — 2012. — 211—212. — P. 112—125.
10. Liu A. Fine structural features of nanoscale zero-valent iron characterized by spherical aberration corrected scanning transmission electron microscopy (Cs—STEM) / Liu A., Zhang W.-X. // Analyst. — 2014. — 139(18). — P. 4512—4518.
11. Mexis S. F. Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf life extension of rainbow trout fillets stored at 4°C / Mexis S. F., Chouliara E. & Kontominas M. G. // Food Microbiology. — 2009. — 26. — P. 598—605.
12. Bozhko N. Cranberry extract in the technology of boiled sausages with meat waterfowl. / Bozhko N., Tischenko V. & Pasichniy V. // Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies. — 2017. — 19(75). — P. 106—109.
13. Ukrainets A. Oleoresins effect on cooked poultry sausages microbiological stability / Ukrainets Anatoliy et al. // Ukrainian food journal. — 2016. — 5, Issue 1. — P. 124—135.
14. Cichello S. A. Oxygen absorbers in food preservation: A review / Cichello S. A. // Journal of Food Science and Technology. — 2015. — 52. — P. 1889—1895.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АКТИВНОЙ УПАКОВКИ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ СОСИСОК ВАРЕННЫХ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

В. Н. Пасичный, А. И. Маринин, Ю. В. Желуденко

Национальный университет пищевых технологий

В представленных материалах статьи приведены результаты исследований десорбции сорбентами элементов активной упаковки — испарителя этанола весовым методом и с использованием индикаторов паров этанола. Полученные кинематические зависимости десорбции паров этанола на сорбентах позволяют констатировать, что в процессе хранения в упакованных образцах через 100—150 минут в объеме упаковки содержание паров этанола переходит в равновесное состояние. Доказано, что использование испарителя этанола для колбасных изделий вареной группы значительного бактериостатического эффекта на микрофлору колбасных изделий вареной группы не проявляет. Подтверждено селективность воздействия поглотителя кислорода на способность подавлять рост плесневых грибов в сосисках вареных и его неспособность влиять на развитие дрожжей. Результаты исследований свидетельствуют о том, что применение испарителей этанола для сосисок вареных целесообразно при подборе дополнительных консервирующих веществ.

Ключевые слова: сосиски вареные, активные упаковки, поглотители кислорода, испарители этанола.

УДК 004.8: 004.654: 339.378

ANALYSIS OF TRADING NETWORK MARKETING MEASURES BY TEXT MINING METHODS

S. Hrybkov, R. Khanbabaev, O. Kharkianen*National University of Food Technologies*

Key words:

Data Mining,
Text Mining,
social networks

Article history:

Received 06.10.2020
Received in revised form
20.11.2020
Accepted 07.12.2020

Corresponding author:

sergio_nuft@i.ua

ABSTRACT

The article researches and analyzes the methods of Data Mining for the formation and evaluation of marketing activities of the trade network. Special attention is paid to the analysis of Text Mining technology. This is a toolkit developed on the basis of basic Data Mining technologies in combination with statistical and linguistic analysis, methods of artificial intelligence, which allows you to search for trends, patterns and relationships in unstructured texts for management decisions. Data mining is a process of discovering patterns in large data sets involving methods at the intersection of machine learning, statistics, and database systems.

Building a strategy of trade network development requires the study of the information field in which the company operates, an objective assessment of the activities, comparing bonus programs of its own network and competitors.

Despite the large number of information sources for their rapid processing and classification is indispensable use of software products implementing Text Mining technology. Text mining similar to text analytics, is the process of deriving high-quality information from text. Written resources may include websites, books, emails, reviews, and articles. High-quality information is typically obtained by devising patterns and trends by means such as statistical pattern learning.

Thus, in order to evaluate the success of the marketing activities of the trade network, information support is offered using the methods of text tone and search for anomalies Text Mining technology based on data from the social network Twitter.

An example of Text Mining models implementation in Orange component software package using Twitter API is given. Working models for the practical implementation of the trade network tasks are formed on the basis of a set of Orange widgets. The result is visualized in the form of diagrams and clouds of words, which are easy to view and analyze.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-19

АНАЛІЗ МАРКЕТИНГОВИХ ЗАХОДІВ ТОРГОВЕЛЬНОЇ МЕРЕЖІ МЕТОДАМИ TEXT MINING

С. В. Грибков, канд. техн. наук

Р. Р. Ханбабаєв

О. В. Харкянєн, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено та проаналізовано методи Data Mining для формування й оцінки маркетингових заходів торговельної мережі. Особливу увагу приділено аналізу технології Text Mining. Це інструментарій, розроблений на основі базових технологій Data Mining у поєднанні зі статистичним і лінгвістичним аналізами, методами штучного інтелекту, який дає змогу здійснювати пошук тенденцій, шаблонів і взаємозв'язків у неструктурованих текстах для прийняття управлінських рішень.

Наведено приклад реалізації моделей Text Mining у компонентному програмному пакеті Orange з використанням Twitter API. Робочі моделі для практичної реалізації завдань торговельної мережі сформовані на основі набору віджетів Orange. Результат дослідження візуалізовано у вигляді діаграм і хмар зі слів, які зручно переглядати й аналізувати.

Ключові слова: інтелектуальний аналіз даних, Text Mining, соціальні мережі.

Постановка проблеми. Ефективність роботи торговельної мережі значною мірою залежить від успішності маркетингових кампаній. Технологія Data Mining набуває все більшої популярності в галузі маркетингу. Вона забезпечує збір, обробку й отримання нових корисних знань шляхом перетворення наявного масиву даних у зрозумілу для людини структуру для прийняття рішень.

Інформація, отримана завдяки технології Data Mining, може допомогти збільшити рентабельність інвестицій (ROI), покращити управління відносинами з клієнтами (CRM) та аналіз ринку, зменшити витрати на маркетингові кампанії та допомогти утримати клієнтів [1].

Сучасна людина проводить багато часу в мережі Інтернет, соціальних мережах, месенджерах. При цьому майже кожна дія залишає за собою невеликі шматочки електронних даних. Кожен раз, коли використовується Інтернет або мобільний телефон, дані оброблюються, узагальнюються, зберігаються і стають основою для формування акційних пропозицій, підібраних під потреби окремого клієнта. Кожна діяльність з продажу товарів генерує певну кількість даних, які при правильному аналізі можуть забезпечити конкурентну перевагу на міжнародному ринку шляхом виявлення прихованих зв'язків між великими наборами даних. Одним із прийомів, які використовуються для аналізу великого обсягу даних, є обробка даних методами Data Mining [10].

З огляду на вищезазначене, актуальним завданням для торговельної мережі є визначення способів отримання та практичного використання маркетингової інформації для розробки нових пропозицій, оцінки проведених заходів із застосуванням сучасної технології Data Mining на основі даних соціальних мереж.

Метою статті є дослідження способів застосування методів інтелектуального аналізу даних у маркетингових завданнях торговельної мережі.

Методи і матеріали. Під час дослідження використано методи інтелектуального аналізу даних, зокрема метод Text Mining, розроблений на основі статистичного й лінгвістичного аналізів, методах штучного інтелекту і призначений для проведення аналізу, забезпечення навігації й пошуку в неструктурованих текстах.

Проектування структури даних здійснено в компонентному програмному пакеті Orange. Для аналізу використані короткі текстові повідомлення — твіти користувачів з реакцією на діяльність торговельних мереж, отримані з соціальної мережі Twitter, з використанням Twitter API.

Результати дослідження. Торговельні мережі здійснюють просування товарів за допомогою проведення різноманітних маркетингових кампаній у засобах масової інформації, на телебаченні, радіо, в Інтернеті, на щитах, застосовують зовнішню рекламу, рекламу на транспорті, надають споживачам акційні пропозиції, організують дегустації тощо. Після проведення маркетингової кампанії виникає необхідність оцінити результати, знайти слабкі та сильні сторони проведених заходів, визначити реакцію споживачів. Використання методу Text Mining технології Data Mining — це сучасний спосіб отримати, узагальнити й проаналізувати успішність маркетингової кампанії на основі реакції споживачів в мережі Інтернет, соціальних мережах, месенджерах [4—7].

У дослідженні проаналізовано маркетингову кампанію торговельної мережі «Сільпо», що проводилась на території України, а також здійснено порівняння акційних програм торговельних мереж на основі реакції споживачів у соціальній мережі Twitter. Дані отримано з відкритих джерел соціальної мережі Twitter з використанням розробленої моделі робочого процесу аналізу даних у програмному додатку Orange.

Twitter — це соціальна мережа мікроблогів, що надає можливість користувачам надсилати короткі текстові повідомлення (до 280 символів). Її головним призначенням є висловлення думок користувачів про сучасні події та явища з усіх сфер людської діяльності.

Twitter є важливим джерелом даних для бізнес-моделей різних компаній, мережа зручна у використанні як для обміну інформацією, так і для її збору. Маючи акаунт розробника, можна отримати доступ до даних про пости, лайки, коментарі користувачів тощо. Одним із засобів збору й обробки інформації із Twitter є програмний додаток Orange.

Orange — це програмний пакет для візуального програмування на основі компонентів для візуалізації даних, машинного навчання, обміну й аналізу даних [3].

Проаналізуємо реакцію клієнтів на проведену маркетингову кампанію на прикладі торговельної мережі «Сільпо» засобами Text Mining. З метою реалізації методу Text Mining був отриманий і використаний акаунт розробника соціальної мережі Twitter.

Для проведення аналізу методом Text Mining створена модель робочого процесу у програмному додатку Orange, яка наведена на рис. 1.

Модель робочого процесу створена з використанням комбінації віджетів, що реалізують набір базових функцій і створюють структуру аналітики даних.

Віджет Twitter містить ключові слова, за якими проводиться пошук. Для аналізу проведеної маркетингової кампанії введені слова: «сільпо» та «реклама».

Віджет Preprocess Text розбиває текст на дрібні одиниці (лексеми), фільтрує їх, запускає нормалізацію (стематизацію, лематизацію), створює n-грами й теги токенів.

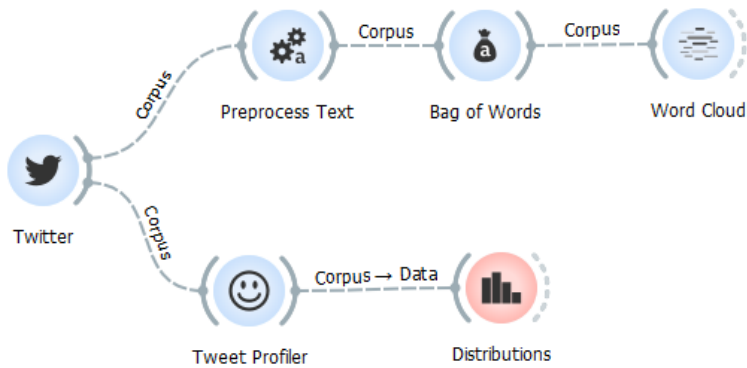


Рис. 1. Модель робочого процесу в Orange

Віджет *Bag of Words* потрібен для підрахунку частоти появи ключових слів. Він визначає кількість слів для кожного екземпляра даних (документа). Кількість може бути абсолютною, двійковою (міститься або не міститься слово в документі) або підлінійною (відношення числа входжень обраного слова до загальної кількості слів документа).

Віджет *Tweet Profiler* використовується для аналізу емоційного забарвлення твітів. *Tweet Profiler* отримує інформацію із сервера про емоції кожного твіту (або документа). Віджет надсилає дані на сервер, де модель *Twitter* обчислює ймовірні емоції та/або бали.

Для візуалізації результатів обробки необхідні два віджети: *Word Cloud* та *Distributions*.

Word Cloud відображає лексеми у вигляді хмари, їхній розмір означає частоту використання слова у тексті. Віджет *Distributions* відображає розподіл значень дискретних або безперервних атрибутів. Якщо дані містять змінну класу, розподіли можуть бути обумовлені класом. Для дискретних атрибутів графік, який відображається віджетом, показує скільки разів кожне значення атрибуту з'являється в даних. Якщо дані містять змінну класу, також будуть відображені розподіли класів для кожного зі значень атрибутів [8].

Візуалізація результатів здійснюється на основі отриманої хмари зі слів, представленої на рис. 2.



Рис. 2. Результат аналізу у вигляді хмари зі слів

У хмарі зі слів розмір літер слова позначає частоту його використання, тобто чим літери більше, тим частіше слово з'являється у постах з реакцією на маркетингову кампанію торговельної мережі «Сільпо».

Результат аналізу емоційного забарвлення твітів на рис. 3 представлено у вигляді діаграми, де синій колір означає злість, червоний — роздратування, зелений — страх, оранжевий — радість, жовтий — смуток, фіолетовий — здивування.

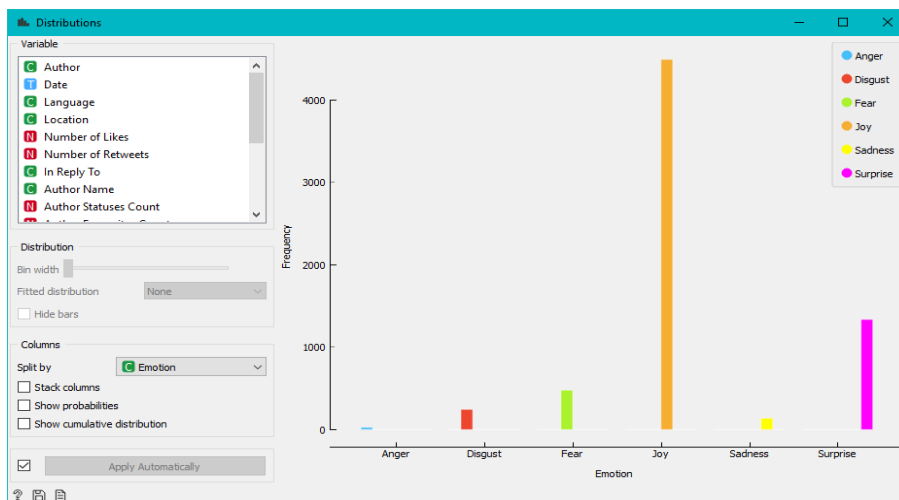


Рис. 3. Результат розподілу твітів користувачів за емоціями

Після візуалізації результатів обробки можна зробити висновок, що проведена маркетингова кампанія припала до душі користувачам соціальної мережі Twitter, що видно з графіка емоцій. У графіку домінує емоція «радість», що свідчить про позитивне ставлення користувачів до реклами торговельної мережі «Сільпо». Негативні ж емоції має невелика частина твітів.

На хмарі зі слів виділяються слова «лучшая», «ахахах», «отлично», «молодежь» тощо, що підтверджує висновок про позитивне враження від реклами (див. графік на рис. 3). Також виділено слово «драконов», що, ймовірно, стосується стилістичного оформлення одного з магазинів у Хмельницькому у китайському стилі. Можна припустити, що з цим також пов'язана значна частина твітів з емоційним забарвленням «здивування».

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що проведена маркетингова кампанія була вдалою і запам'яталась споживачам, їм до вподоби настрої і тип реклами, що була задіяна. Тож при проведенні наступної кампанії слід врахувати цей досвід і продовжити проводити рекламні заходи в тому ж напрямку.

Здійснимо порівняльний аналіз акційних пропозицій торговельної мережі «Сільпо» з конкурентом — торговельною мережею супермаркетів «Фуршет». Порівняльний аналіз проведений на прикладі акційних програм «Власний рахунок» і «Fishka».

На рис. 4 зображено пошук інформації про акційні програми в соціальній мережі Twitter за ключовими словами «власний рахунок» і «fishka». Для порівняння пости були згруповані за тегами «@silpoua» та «@Furshet UA».

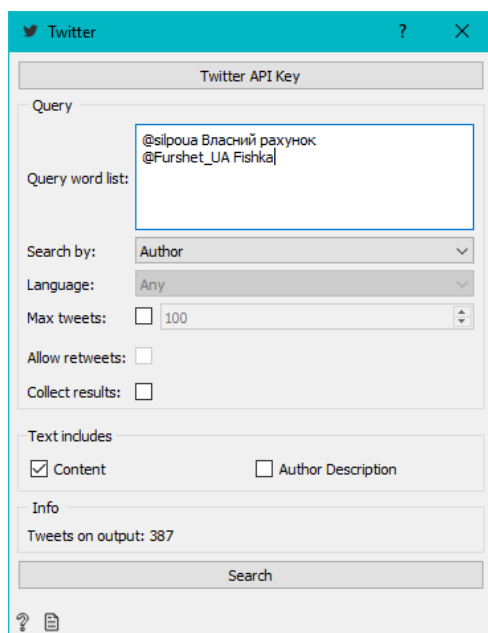


Рис. 4. Пошук інформації в соціальній мережі Twitter

У моделі робочого процесу (рис. 5) використано віджет Box Plot, що дає змогу перевірити нові дані, щоб швидко виявити будь-які аномалії.

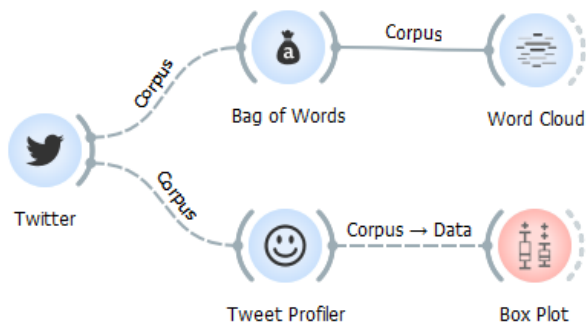


Рис. 5. Модель робочого процесу для порівняння акційних програм

На рис. 6 представлено результат аналізу у вигляді розподілу знайдених постів за емоційним забарвленням.

З розподілу можна зробити висновок, що обидві програми мають найрізноманітніші відгуки, але варто відмітити, що «Фуршет» має 55,31% постів з емоційним забарвленням «радість», тоді як «Сільпо» — лише 38,51%. Також «Сільпо» має значні 21,74% емоцій «страху» та 32,30% — «здивування», що може свідчити про невдоволення клієнтів.

Для аналізу побудовано хмари із слів по кожній акційній програмі для більш детального її вивчення (рис. 7, 8).

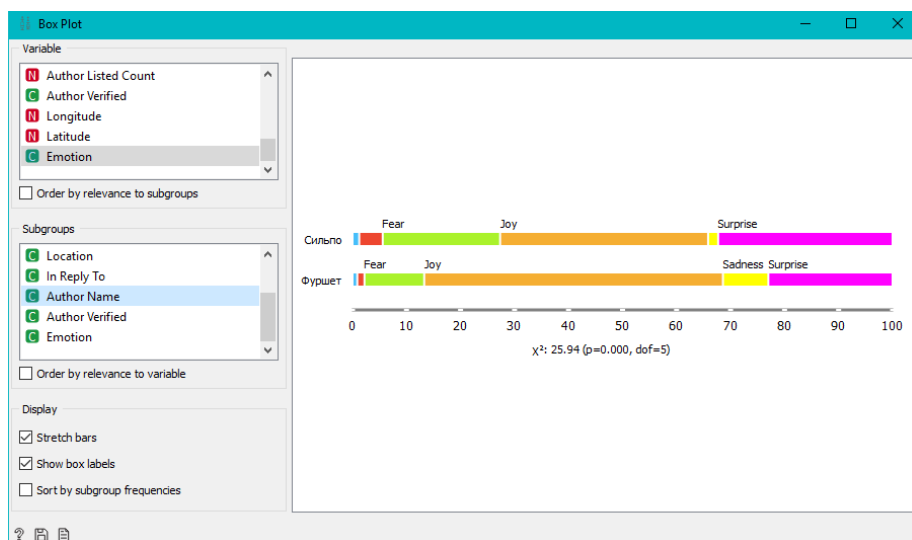


Рис. 6. Розподіл постів за емоційним забарвленням

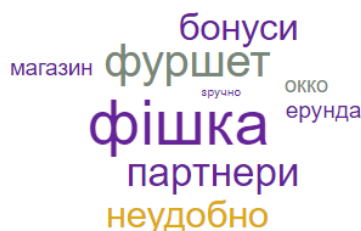


Рис. 7. Хмара із слів за запитом «Фішка»

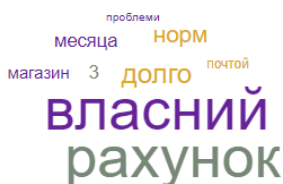


Рис. 8. Хмара із слів за запитом «Власний рахунок»

Хмари із слів дають змогу зрозуміти, що покупців торговельної мережі «Фуршет» (але далеко не всіх) приваблює можливість користування акційною програмою і за межами «Фуршету», адже «Фішка» — це єдина картка для великої партнерської мережі.

У мережі «Сільпо» можна виділити таку проблему: бонуси приходять один раз на три місяці, та ще й в окремих випадках поштою, що незручно для багатьох покупців.

На основі проведених досліджень можна сформуваати рекомендації для наступної маркетингової кампанії: переглянути термін видачі бонусів; розробити маркетингові заходи щодо популяризації мобільного додатку «Сільпо», що забезпечить можливість покупцям отримувати бонуси на смартфон.

Отже, використання технології Text Mining дає змогу (без залучення додаткових коштів на проведення досліджень) здійснити аналіз проведених торговельною мережею маркетингових заходів, виявити переваги й недоліки акційної програми мережі порівняно з конкурентами, а також сформулювати рекомендації щодо майбутніх маркетингових заходів.

Висновки. За результатами проведених досліджень:

- встановлено ефективність використання технології Text Mining для інформаційної підтримки формування й аналізу маркетингових заходів торговельної мережі;
- адаптовано методи технології Text Mining для практичної реалізації завдань торговельної мережі;
- здійснено оцінку проведеної маркетингової кампанії та порівняльний аналіз акційних програм конкуруючих торговельних мереж методами аналізу тональності тексту та виявлення аномалій технології Text Mining.

ЛІТЕРАТУРА

1. Mushtaq A. Data Mining For Marketing / Aiman Mushtaq, Hina Kanth // International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication. — 2015. — Vol. 3, no. 3. — P. 985—991. DOI: 10.17762/ijritcc.v3i3.3953.
2. Demšar J. Orange: data mining toolbox in Python / Janez Demšar, Tomaž Curk, Aleš Erjavec // Journal of Machine Learning Research. — 2013. — 14(1). — P. 2349—2353.
3. Ромакин В. В. Компьютерный анализ данных: навчальный посібник / Ромакин В. В. — Николаев: Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2006. — 144 с.
4. Нога Р. Аналітичний огляд методів та засобів опрацювання текстової інформації / Р. Нога, Н. Б. Шаховська // Вісн. Нац. Ун-ту «Львів. політехніка». — 2011. — № 715. — С. 323—332.
5. Sumathy L. Article: Text Mining: Concepts, Applications, Tools and Issues An Overview. / K. L. Sumathy, M. Chidambaram // International Journal of Computer Applications. — 2013. — 80(4). — P. 29—32.
6. Галина А. В. Обзор технологии Text Mining / А. В. Галина, Е. А. Есина // Аллея Науки. — 2018. — Т. 2, № 1. — С. 393—396.
7. Луговская Е. М. Методы и этапы автоматической обработки текста / Е. М. Луговская // Вестник Современных Исследований. — 2019. — С. 33—38.
8. Zhao Y. Analysing Twitter Data with Text Mining and Social Network Analysis / Y. Zhao // In Proceedings of the 11th Australasian Data Mining and Analytics Conference (AusDM 2013). — 2013. — 23 p.
9. Оксанич І. Г. Інтелектуальний аналіз масиву текстових документів на основі технології Text Mining / І. Г. Оксанич, Д. М. Піскунов, Д. П. Черниш // Системи обробки інформації. — 2013. — Вип. 2. — С. 139—143.
10. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 384 с.
11. Интеллектуальные системы: учебное пособие / Н. Соловьев, А. Семенов, А. Цыганков, Е. Чернопрудова // Оренбургский гос. ун-т. — Оренбург: ОГУ, 2013. — 236 с.

АНАЛИЗ МАРКЕТИНГОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТОРГОВОЙ СЕТИ МЕТОДАМИ TEXT MINING

С. В. Грибков, Р. Р. Ханбабаев, Е. В. Харкянен
Национальный университет пищевых технологий

В статье исследованы и проанализированы методы Data Mining для формирования и оценки маркетинговых мероприятий торговой сети. Особое внимание уделено анализу технологии Text Mining. Это инструментарий, разработанный на основе базовых технологий Data Mining в сочетании со статистическим и линг-

вистическим анализами, методами искусственного интеллекта, который позволяет осуществлять поиск тенденций, шаблонов и взаимосвязей в неструктурированных текстах для принятия управленческих решений.

Приведен пример реализации моделей Text Mining в компонентном программном пакете Orange с использованием Twitter API. Рабочие модели для практической реализации задач торговой сети сформированы на основе набора виджетов Orange. Результат исследования визуализирован в виде диаграмм и облаков со слов, которые удобно просматривать и анализировать.

Ключевые слова: интеллектуальный анализ данных, Text Mining, социальные сети.

УДК 621.01

ENERGY RECOVERY AND ADJUSTMENT OF MOVE OF MACHINES

O. Stepanets, K. Vasykivsky, S. Myronenko, I. Maksymenko*National University of Food Technologies***Key words:**

recuperation,
machine course,
packing film material,
roll,
flywheel,
coefficient of dynamism,
cyclic movement

Article history:

Received 08.11.2020
Received in revised form
25.11.2020
Accepted 15.12.2020

Corresponding author:

vasilkivski@voliacable.com

ABSTRACT

The article concerns the possibilities of regulating the course of machines with parallel measures for energy recovery. It is shown that the dynamics of technological machines of the food industry determines the ratio of productivity, loads of drives and working bodies, accuracy of reproduction of processes, specific energy costs. The latter are associated with the need for a given movement of moving parts to overcome the forces of useful and harmful resistance, which are represented by the forces of external friction in kinematic pairs and joints and internal friction during oscillatory processes. Indicators responsible for the dynamics of transients relate to the leading and driven masses, driving forces and resistance factors. Ensuring the conditions of the neighborhood and the appropriate synchronization of the components and working bodies of food packaging lines focused on the use of flexible packaging materials, is accompanied by instability of the moment of inertia of the driven mass of the roll of film material during its operation. It is proposed to limit this disadvantage by reducing the share of roll weight in the total mass of moving masses of machines.

Proposals for limiting dynamic loads and parameter selection in systems with the implementation of speed modes and organization of kinetic energy recovery processes in periodic machines or in the presence of moving masses with steady variable laws of motion in parallel flows are formulated.

The planned laws of movement of moving links and the corresponding transients are the root cause of the uneven course of the leading links. The limitation of the latter is achieved by machine provision of the laws of motion of the links, stabilization of the dynamic parameters of the systems, the logic of constructing an offset chronogram of synchronous movements in the modes of acceleration and run-out of parallel working bodies.

The choice in favor of the implementation in the system of uniformly accelerated and uniformly slow motions of moving masses at minimized speed meets the conditions of recovery of kinetic energy in parallel flows.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-20

ЕНЕРГЕТИЧНА РЕКУПЕРАЦІЯ І РЕГУЛЮВАННЯ ХОДУ МАШИН

О. І. Степанець, канд. техн. наук

К. В. Васильківський, канд. техн. наук

С. М. Мироненко

І. Ф. Максименко

Національний університет харчових технологій

Стаття стосується можливостей регулювання ходу машин з паралельними заходами щодо енергетичної рекуперації. Показано, що динаміка технологічних машин харчової промисловості визначає співвідношення продуктивності, навантажень приводів і робочих органів, точність відтворення процесів, питомі енергетичні витрати. Останні пов'язуються з необхідністю заданих переміщень рухомих ланок з подоланням сил корисних і шкідливих опорів, які представлені силами зовнішнього тертя в кінематичних парах та з'єднаннях і внутрішнього тертя при виникненні коливальних процесів.

Сформульовано пропозиції щодо обмеження динамічних навантажень і вибору параметрів у системах з реалізацією режимів швидкодії й організації процесів рекуперації кінетичної енергії в машинах періодичної дії або за наявності рухомих мас з усталеними змінними законами руху в паралельних потоках.

Ключові слова: рекуперація, хід машини, пакувальний плівковий матеріал, рулон, маховик, коефіцієнт динамічності, циклічне переміщення.

Постановка проблеми. Аналіз особливостей роботи будь-якої машинної системи пов'язаний з оцінками її відповідності технічному завданню, продуктивності, питомим масовими й енергетичними характеристиками, можливостями надійного виконання процесів, пов'язаних з подоланням технологічних або корисних і шкідливих опорів тощо [1—3]. Реалізація останніх потребує наявності рушійних факторів, які мають бути співрозмірними з факторами опору. Вказана співрозмірність відповідає відомому положенню про те, що робота сил рушійних і сил опору в одному циклі між собою рівні [4; 5]. Однак у середині таких циклів ця умова не виконується, що, власне, означає можливість існування перехідних процесів [6; 7], оскільки їх перебігу відповідає запис $P_{руш} \neq P_{оп}$. Очевидно, що умова $P_{руш} > P_{оп}$ означає реалізацію перехідного процесу розгону системи, в якому рушійна сила переважає силу опору, а перехідному процесу гальмування відповідає співвідношення $P_{руш} < P_{оп}$. Відсутність рушійного фактора за значення $P_{руш} = 0$ відповідає режиму вибігу системи [6; 7]. Очевидно, що фактор опору залежить від набору технічних задач, конструктивних параметрів робочих органів, системи передавання руху, влаштування системи в цілому.

Сили опору представлені сумою складових, визначених як корисний опір $P_{к.о}$ і шкідливий опір $P_{ш.о}$, тобто

$$P_{оп} = P_{к.о} + P_{ш.о} \quad (1)$$

У більшості випадків сили шкідливого опору пов'язують з тертям і це означає, що енергетичні втрати, пов'язані з їх подоланням, є незворотними і дисипативними. Проте в окремих випадках ті ж сили тертя виступають у ролі корисних опорів. Прикладом такої ситуації є переміщення вантажів по рухомих або нерухомих площинах з горизонтальною орієнтацією або з відхиленням від останньої. Протягування гнучкої плівки для пакування продукції також пов'язано з необхідністю подолання сил

тертя на різних ділянках, де вони генеруються [8; 9]. Проте ті ж сили тертя часто є єдиною можливістю виконання ролі рушійної сили, на яку покладається завдання подолання опорів шкідливих, корисних і опорів сил інерції. З цієї точки зору енергетичні витрати, пов'язані з необхідністю подолання сил інерції на етапах перехідних процесів, вводяться в систему на рівнях, що відповідають кінетичній енергії рухомих мас. У загальному положенні теорії динаміки машин реалізується і використовується твердження про достатність урахування в оцінках енерговитрат робіт сил рушійних і сил опору в рамках циклу [10; 11]. Однак лише рекуперативне повернення енергетичних ресурсів, пов'язаних з подоланням сил тяжіння, не викликає сумнівів, але необхідність варіювання режимами гальмування або вибігу часто вимагає додаткових енерговитрат для реалізації заданих законів. Особливі ускладнення динаміки стосуються машин циклічної дії, оскільки на змінні навантаження в режимах перехідних процесів має місце реакція з боку генератора рушійних сил. Так, асинхронні двигуни з жорсткими статичними механічними характеристиками навіть за відсутності змін в навантаженнях відносно обмежено реагують змінами швидкостей, що можна вважати позитивним явищем. Однак та ж жорстка характеристика відповідає найбільш ускладненим режимам ударних навантажень.

Триєдина сукупність кінематичних, динамічних і енергетичних параметрів механічних систем має прояви, започатковані змінами швидкостей, прискорень, інерційними навантаженнями і, нарешті, енергетичними потенціалами. Пошуки можливостей регулювання ходу машин циклічної дії з використанням енергетичної рекуперативної складають актуальність цього дослідження.

Мета дослідження: визначення можливостей поєднання процесів енергетичної рекуперативної і регулювання ходу машин періодичної дії.

Матеріали і методи. Теоретичний аналіз особливостей перебігу перехідних процесів у машинних системах циклічної дії на основі положень і закономірностей щодо трансформацій матеріальних і енергетичних потоків.

Результати дослідження. Розрізняють два типи відхилень або коливань швидкостей ведучих ланок. До першого відносяться періодичні, у яких зміни швидкостей відбуваються в цілком визначених циклах і повтореннях. Важливо, що в більшості випадків тільки в повному циклі усталеного руху робота рушійних сил дорівнює роботі сил опору, тоді як усередині циклу така рівність не спостерігається.

Змінний характер рушійних сил і сил опору часто відображують характеристики двигунів і запроєктовані значення сил опору аж до циклічних змін їх значень у режимах робочих і холостих ходів. В останньому випадку важливо, що наявність механізмів переривчастого ходу поділяє машину на дві частини. А саме: на частину, в якій ротор двигуна і частина ланок рух не припиняють, і на частину, в якій ланки здійснюють періодичні переміщення. Це означає, що в періоди холостого ходу і вистой сили технологічних опорів відсутні, на що реакцією з боку двигуна привода відповідно до властивостей його статичної механічної характеристики буде зростання кутової швидкості ротора. Оскільки таке зростання швидкості означає збільшення кінетичної енергії рухомої частини ланок, це вказує на можливість обмеження змін швидкості ведучої ланки за рахунок збільшення приведених мас, роль яких найчастіше виконують додаткові рухомі маси у формі маховиків [12; 13].

Маховики в ролі накопичувачів кінетичної енергії доцільно розміщувати на найбільш швидкохідних валах, оскільки їх кінетична енергія пропорційна квадрату швидкості:

$$E_{\text{кін}} = I_M \frac{\omega^2}{2}. \quad (2)$$

Технології визначення моментів інерції маховиків I_M відпрацьовані [12; 13] і вони відповідають програмованим обмеженням значень коефіцієнтів нерівномірності ходу машин δ :

$$\delta = \frac{\omega_{\text{max}} - \omega_{\text{min}}}{\omega_{\text{сеп}}}, \quad (3)$$

де ω_{max} , ω_{min} та $\omega_{\text{сеп}}$ — відповідно, максимальна, мінімальна і середня швидкості ведучої ланки.

Значення коефіцієнтів нерівномірності ходу δ наближено нормовані до класів машин, а середнє значення швидкості пропонується визначати залежністю:

$$\omega_{\text{сеп}} = \frac{\omega_{\text{max}} + \omega_{\text{min}}}{2}, \quad (4)$$

що дає змогу записати:

$$\omega_{\text{max}} = \omega_{\text{сеп}} \left(1 + \frac{\delta}{2} \right); \quad \omega_{\text{min}} = \omega_{\text{сеп}} \left(1 - \frac{\delta}{2} \right). \quad (5)$$

Зміни кінетичної енергії дають змогу визначити можливості обмежень нерівномірності ходу машин:

$$I_{\text{сеп}} \frac{\omega_{\text{max}}^2 - \omega_{\text{min}}^2}{2} = I_{\text{сеп}} \frac{\omega_{\text{max}} + \omega_{\text{min}}}{2} (\omega_{\text{max}} - \omega_{\text{min}}) = \delta \omega_{\text{сеп}}^2 I_{\text{сеп}} = A_{\text{max}}, \quad (6)$$

де $I_{\text{сеп}}$ — середнє значення моменту інерції за умови нехтування його змінами. Тоді найбільші і найменші значення кінетичної енергії відповідають ω_{max} і ω_{min} ; $A_{\text{max}} = A_{\text{max}}(\varphi)$ — надлишкова робота.

$$A_{\text{max}} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} (M_{\text{руш}} + M_{\text{оп}}) d\varphi. \quad (7)$$

З (7) випливає, що за заданої середньої кутової швидкості $\omega_{\text{сеп}}$ і надлишкової роботи $A_{\text{max}}(\varphi)$ єдиним вільним параметром є приведений момент інерції, на який покладається роль регулятора δ .

Порівняльна оцінка динамічних властивостей механізмів і машин у періоди усталеного руху стосується коефіцієнта динамічності χ :

$$\chi = \frac{\varepsilon_{\text{екс}}}{\omega_{\text{сеп}}^2}, \quad (8)$$

де $\varepsilon_{\text{екс}}$ — екстремальне кутове прискорення ведучої ланки.

$$\chi = \frac{I_{\text{сеп}} \varepsilon_{\text{екс}}}{I_{\text{сеп}} \omega_{\text{сеп}}^2} = \frac{M_{\text{екс}}}{2T_{\text{сеп}}}, \quad (9)$$

де $M_{\text{екс}}$ — екстремальний момент сил інерції; $T_{\text{сеп}}$ — середнє значення кінетичної енергії.

З останнього виразу випливає, що збільшення кінетичної енергії в системі «машина-двигун, передавальний механізм-робочий орган» обмежує нерівномірність ходу ведучої ланки. Окрім того, обмеження значення ω_{\max} на початок робочого ходу у випадку гнучких зв'язків між ведучою і веденою масами є корисним з точки зору зменшення пружних навантажень в них.

Неперіодичність коливання швидкостей вхідних ланок механізмів і машин є наслідком непрогнозованих впливів корисних або шкідливих опорів, підключенням додаткових мас тощо.

Важливою складовою харчових технологій є автоматизовані поточкові лінії, укомплектовані машинами-автоматами, об'єднаними транспортними зв'язками з функціями накопичувальних пристроїв. Кількапоточковість таких зв'язків відкриває перспективи обмеження динамічних навантажень, нерівномірності ходу машини і навіть рекуперації кінетичної енергії рухомих мас. Демонстрацією такого випадку може бути розробка до патенту на корисну модель UA № 58946. Патент стосується пристрою для переміщення вантажів, який складається з каркаса, ведучого і веденого валів із зірочками та паралельно встановлених ланцюгів. Недоліком таких пристроїв є нерівномірні швидкості переміщення ланцюгів з генеруванням динамічних навантажень на ведучий вал і елементи привода, зниження надійності та довговічності роботи.

Формула корисної моделі пропонує ведучі зірочки на ведучому валу встановлювати з послідовним зміщенням у відносному положенні на кут $\beta = 360/zn$, де z — число зубців на зірочці, n — кількість зірочок на ведучому валу або потоків ланцюгів (рис. 1). Таке розташування зірочок приводить до того, що інерційні складові навантажень на вал і елементи привода виявляються розподіленими в часі, що забезпечує попередньо вказані три переваги.

У дослідженні [4] виконано аналіз механічних систем при взаємодії ведучих і ведених мас з оцінкою динамічних навантажень на основі принципу Лагранжа-Д'Аламбера та енергетичних витрат за різних законів руху. Змінні значення швидкостей дають змогу відслідковувати рівні кінетичної енергії ланок, а наявність режимів вибігу можливості її рекуперативного використання. З точки зору можливості оцінки рівня кінетичної енергії значення має величина швидкості переміщення маси і, очевидно, найбільша швидкість її руху. При цьому закони переміщення значення не мають. Однак оцінка динамічних інерційних навантажень здійснюється на основі саме показника швидкості зміни швидкості, тобто прискорення.

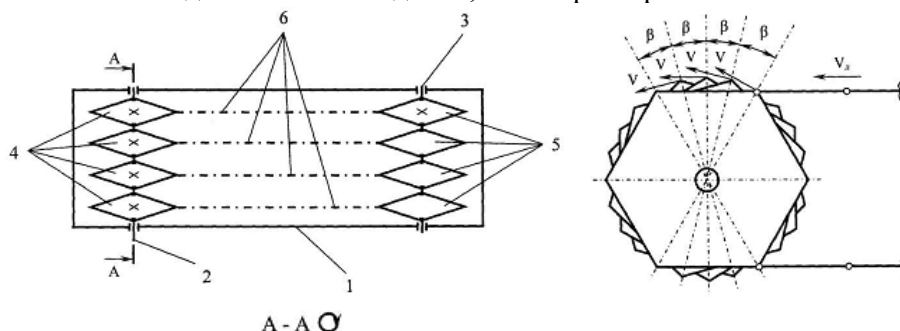


Рис. 1. Пристрій для переміщення вантажів: 1 — каркас; 2 — ведучий і 3 — ведений вали; 4 — ведучі і 5 — ведені зірочки; 6 — тягові ланцюги

У рекуперативних режимах кінетична енергія трансформується в роботу на виконання переміщення за вибігу як певна частка роботи рушійних сил. Співрозмірність значень кінетичної енергії з роботою на подолання сил технологічного опору в сумі зі шкідливим опором свідчить про реалізацію енергетичної рекуперації в самопливному режимі. Якщо переміщення маси відбувається в заданому кінематичному режимі, то при цьому можуть мати місце три випадки:

$$w_{\text{кін}} = P_{\text{т.о.}} s + P_{\text{ш.о.}} s; \quad (10)$$

$$w_{\text{кін}} > P_{\text{т.о.}} s + P_{\text{ш.о.}} s; \quad (11)$$

$$w_{\text{кін}} < P_{\text{т.о.}} s + P_{\text{ш.о.}} s; \quad (12)$$

де $P_{\text{т.о.}}$ і $P_{\text{ш.о.}}$ — відповідно, технологічний опір і шкідливий опір; s — величина переміщення.

Очевидно, що в першому і третьому випадках існує можливість повної рекуперації кінетичної енергії, а в другому — лише часткова.

Одержані співвідношення підтверджують, що кінематичний і динамічний синтез механізмів і машин з циклічними переміщеннями доцільно доповнювати розрахунками енергетичних балансів. Якщо режим вибігу починається з максимальним значенням $w_{\text{кін.макс}}$, то йому відповідає максимальна швидкість приведеної маси $V_{\text{макс}}$:

$$V_{\text{макс}} = \sqrt{\frac{2P_{\text{т.о.}} s + P_{\text{ш.о.}} s}{m}}. \quad (13)$$

За наведених умов дослідження [14] здійснено кінематичну оцінку вибігу і визначено час його завершення. Оскільки кінетична енергія $mV_{\text{макс}}^2/2$ досягається на першому етапі, то це означає можливість порівняння систем з різними законами на основі амплітуд швидкостей або аналогів швидкостей. Одночасно за прискореннями визначаються екстремуми динамічних навантажень. Виконані авторами порівняльні розрахунки стосувалися лінійного, параболічного симетричного і несиметричного законів, модифікованого лінійного, трикутного, косинусоїдального, синусоїдального, рівномірнозменшувального і трапецеїдального законів, що дало змогу до висновку про те, що жоден з них не відповідає обом сформульованим екстремальним умовам найменших енергетичних витрат і найменшим динамічним навантаженням. Проте найкраще співвідношення стосується трапецеїдального закону за комбінацією швидкостей і прискорень.

Наведена інформація щодо використовуваних методів обмеження динамічних складових навантажень дає змогу зробити висновки, які стосуються одномасових систем у формі:

- зниження сил інерції (моментів сил інерції) досягається зменшення різниці між рушійними силами і силами опору, що діють на приведену масу системи;
- збільшення приведеної маси системи приводить до зменшення інерційних навантажень за інших рівних умов;
- пуск системи в перехідному процесі бажано здійснювати без технологічного навантаження;
- у режимах розгону рух доцільно мати рівноприскореним, що досягається сталими значеннями сил рушійних, сил опору і приведених мас.

Названі позиції висновків відображуються залежністю:

$$\ddot{x}_1 = \frac{P_{руш} - P_{оп}}{m_{пр}} \tag{14}$$

для лінійної моделі, яка для випадку крутної моделі має такий вигляд:

$$\ddot{\phi}_1 = \frac{M_{руш} - M_{оп}}{I_{пр}} \tag{15}$$

Вигоди рівноприскореного руху на етапі розгону приведеної маси і рівносповільненого на етапі зменшення швидкості пов'язані з тим, що саме за таких умов реалізуються режими швидкодії за найменш можливих прискорень і динамічних навантажень (рис. 2).

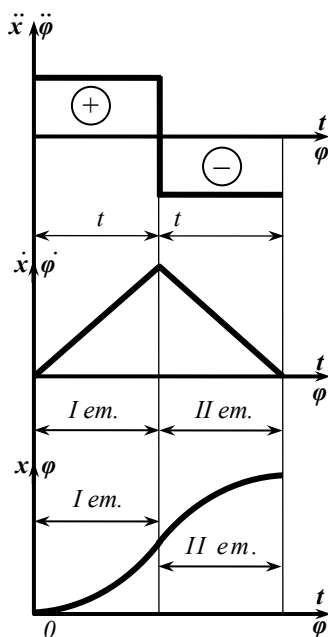


Рис. 2. Кінематичні діаграми двох етапів руху приведеної маси

Рівняння (15) стосується першого етапу, але на другому етапі воно трансформується до вигляду:

$$\ddot{\phi}_{II} = -\frac{M_{оп}}{I_{пр}} \tag{16}$$

Важливою умовою цього випадку є рівність модулів кутових прискорень:

$$|\ddot{\phi}_I| = |-\ddot{\phi}_{II}| \tag{17}$$

Це означає необхідність виконання умови:

$$|M_{руш} - M_{оп}| = |M_{оп}| \tag{18}$$

або звідси

$$|M_{руш}| = |-2M_{оп}| \tag{19}$$

Тоді співвідношення силових факторів складатимуть ряди:

$M_{оп}, НМ$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M_{руш}, НМ$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$M_{руш} - M_{оп}, НМ$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Це означає, що збільшення рушійного фактора (і кутового прискорення) у 2, 3, 4, ... рази потребує такого ж збільшення моменту сил опору, що складно з першого погляду вважати позитивним досягненням. Однак та обставина, що до складу $M_{оп}$ входить і величина технологічного опору ситуацію нівелює. Звідси випливає, що визначення параметрів перехідного процесу потрібно починати з силового параметра опору, до якого, окрім технологічного, потрібно додати показник шкідливого опору. При цьому дія двох останніх складових опорів розповсюджується на обидва етапи і досягається можливість визначення $M_{руш}$. Конструкція системи привода і об'єкта в цілому повинні забезпечувати умови $M_{оп} = \text{const}$ і $M_{руш} = \text{const}$. З урахуванням статичних механічних характеристик електричних двигунів стабілізації $M_{руш}$ можливо досягти використанням серводвигунів, фрикційних муфт граничних моментів або сучасних електронних систем.

Однак переваги рівноприскорених і рівносповільнених законів переміщень певною мірою нівелюються наявністю м'яких ударів, яким відповідають позиції стрибкоподібних змін прискорень. Ліквідацію цього недоліку доцільно здійснювати шляхом використання трапецеїдальних законів у рухах робочих органів [4].

Однак перехід до динаміки машин зі значними веденими масами ускладнюється наявністю в них частин з постійним рухом елементів привода і частин, пов'язаних з дискретними переміщеннями і паузами. Принцип адитивності при цьому вказує на ту ж стрибкоподібну зміну моментів інерції системи, що потребує дещо особливих підходів при оцінці змін параметрів таких систем. Так, у системі з жорсткими кінематичними зв'язками зупинка каруселі автомата означає виключення частини приведенного моменту інерції, там само, як і наступне включення. Такі зміни можливо оцінити на основі закону збереження енергії.

Припустимо, що на період зупинки дискретної частини машини вона характеризується приведеним моментом інерції I_0 і кутовою швидкістю ланки приведення ω_0 . Це означає, що кінетична енергія рухомих мас складає:

$$E_0 = I_0 \frac{\omega_0^2}{2}. \quad (20)$$

Від початку руху дискретної частини момент інерції системи зміниться і складе значення:

$$I_{\text{маш}} = I_0 + I_{\text{д.ч.}}. \quad (21)$$

Тоді за неврахування енергетичних втрат взаємодії між рухомою і дискретною частинами перерозподіл кінетичної енергії призведе до співвідношення:

$$E_0 = (I_0 + I_{\text{д.ч.}}) \frac{\omega_{(к)}^2}{2}, \quad (22)$$

де $\omega_{(к)}$ — кінцева кутова швидкість ланки приведення.

З останнього рівняння знаходимо:

$$\omega_{(к)} = \sqrt{2E_0 / (I_0 + I_{\text{д.ч.}})}. \quad (23)$$

Отже, в обмеженому часі $t_{(к)}$ зміна кутової швидкості складе:

$$\Delta\omega = \omega_0 - \omega_{(к)} \quad (24)$$

і цій зміні відповідає середнє кутове прискорення:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{t_{(к)}} = \frac{\omega_0 - \omega_{(к)}}{t_{(к)}} \tag{25}$$

Йому відповідає додатковий динамічний момент:

$$M_{д} = (I_0 + I_{д.ч.}) \frac{\omega_0 - \omega_{(к)}}{t_{(к)}} \tag{26}$$

Енергія E_0 є тією складовою, яка не втрачається в процесі експлуатації машини і має в кожному циклі доповнюватися до значення:

$$E_{доп} = (I_0 + I_{д.ч.}) \frac{\omega_{max}^2}{2} \tag{27}$$

Різниця доповнювання складає:

$$\Delta E_{доп} = (I_0 + I_{д.ч.}) \frac{\omega_{max}^2 - \omega_{(к)}^2}{2} \tag{28}$$

Отримані енергетичні витрати коригуються відповідно до ККД:

$$E_{доп} = (I_0 + I_{д.ч.}) \frac{\omega_{max}^2}{2\eta} \tag{29}$$

Додаткові можливості щодо рекуперації кінетичної енергії і, одночасно, до обмеження динамічних навантажень та нерівномірності ходу ланок стосуються випадків паралельних робочих органів або навіть паралельних ліній. Основні ідеї таких рішень [6; 7] стосуються синхронізованих переміщень робочих органів або машин із зсувом у часі на фази розгону і сповільненого руху на ділянках робочих ходів, які чергуються без вистоїв або з вистоями (рис. 3 та 4).

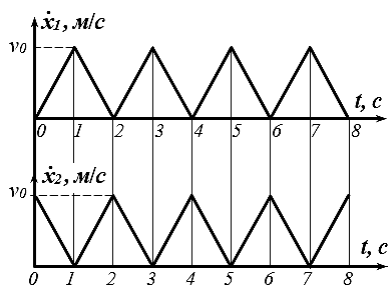


Рис. 3. Діаграми швидкостей переміщень робочих органів 1 і 2 із зсувом на пів фази

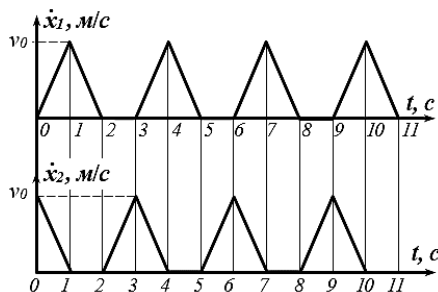


Рис. 4. Діаграми швидкостей переміщень робочих органів 1 і 2 із зсувом на пів фази за наявності

Рекуперативні прояви складаються з двох ефектів. По-перше, режими розгону у всіх випадках не збігаються, що означає можливість обмеження рушійних факторів. По-друге, на ділянках сповільнених рухів сили інерції виступають у ролі рушійних. Окрім того, з'являються додаткові можливості обмеження нерівномірності ходу ведучої ланки з відповідними позитивними наслідками.

Так, для випадку зі зсувом робочих ходів на півфази, зображеному на рис. 3, видно, що за однакових приведених мас робочих органів їх кінетична енергія у будь-який момент часу складає:

$$E_{\text{кін}} = \frac{m_1}{2} (\dot{x}_1)^2 + \frac{m_2}{2} (\dot{x}_2)^2. \quad (30)$$

Якщо прийняти $\dot{x}_1 = kt$ на першій півфазі і $\dot{x}_2 = v_0 - kt$, то

$$\begin{aligned} E_{\text{кін}} &= \frac{m_1}{2} (kt)^2 + \frac{m_2}{2} (v_0 - kt)^2 = \frac{m_1}{2} (kt)^2 + \frac{m_2}{2} v_0^2 - m_2 v_0 kt + \frac{m_2}{2} (kt)^2 = \\ &= \left(\frac{m_1}{2} + \frac{m_2}{2} \right) (kt)^2 + \frac{m_2}{2} v_0^2 - m_2 v_0 kt. \end{aligned} \quad (31)$$

З одержаної залежності і при $t=0$ маємо:

$$E_{\text{кін}} = \frac{m_2}{2} v_0^2. \quad (32)$$

Кінцевому часу півфази відповідає:

$$t_{(к)} = \frac{v_0}{k} \quad \text{і} \quad E_{(к)\text{кін}} = \frac{m_1}{2} v_0^2. \quad (33)$$

Це означає виконання умови $E_{\text{кін}}^{10}$ за будь-якого часу t_i і зменшення коефіцієнта динамічності пристрою.

Наявність вистойв у циклах роботи машини (рис. 4) приводить до погіршення ситуації, оскільки мають місце проміжки часу зупинки робочих органів з нульовим рівнем їх кінетичної енергії. Однак і при цьому позитивні ефекти від суміщення в часі пів фаз з вистоями і між собою мають місце. Очевидно, що у випадку диференціального приводу рух ведучих ланок має бути синхронізованим з однаковими кутівими швидкостями.

Висновки. Вирішення задач обмеження коливань швидкості в рухах ведучих, ведених і проміжних мас логічно поєднується з можливостями рециркуляції енергетичних потоків та обмеженням енергетичних витрат.

З цієї точки зору на особливу увагу заслуговують машини періодичної дії, оскільки кожний період пуску системи рухомих мас означає наявність енерговитрат на доведення до номінальних значень швидкостей і відповідних кінетичних енергій.

Заплановані закони переміщень рухомих ланок і відповідні їм перехідні процеси є першопрчиною нерівномірності ходу ведучих ланок. Обмеження останньої досягається машинним забезпеченням законів руху ланок, стабілізацією динамічних параметрів систем, логікою побудови зміщеної хронограми синхронічних переміщень у режимах розгону та вибігу паралельних робочих органів.

Вибір на користь реалізації в системі рівноприскорених і рівносповільнених переміщень рухомих мас за мінімізованої швидкодії відповідає умовам рекуперативної кінетичної енергії в паралельних потоках.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гавва О. М. Пристрої подачі рулонного пакувального матеріалу / Гавва О. М., Масло М. А., Яровий В. Л. // Упаковка. — 2003. — № 5. — С. 46—54.

2. Пристрої формування упаковки із термозварних рулонних матеріалів / Гавва О. М. та ін. // Упаковка. — 2005. — № 1. — С. 30—32.
3. Упаковывание пищевых продуктов в гибкие материалы / Галкин А. А. и др. // Упаковка. — 2014. — № 1. — С. 39—42.
4. Динаміка і рекуперация вторинних енергетичних ресурсів у механічних системах / Криворотко В. М. та ін. // Наукові праці НУХТ. — 2014. — Т. 20, № 1. — С. 171—180.
5. Павлов С. О. Удосконалення методів розрахунку пакувального обладнання харчових виробництв з робочими елементами змінної жорсткості: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12: захист 28.11.2012 / наук. кер. Соколенко А. І. Київ: НУХТ, 2012. 177 с.
6. Синтез машин ліній пакування та енергозбереження / Соколенко А. І. та ін. // Упаковка. — 2012. — № 3. — С. 53—55.
7. Соколенко А. І. Рекуперация кінетичної енергії в технологічних машинах / Соколенко А. І., Васильківський К. В., Степанець О. І. // Харчова промисловість. — 2016. — № 20. — С. 138—145.
8. Соколенко А., Васильковский К., Костюк В. Ограничение динамических нагрузок в приводах технологических машин линий упаковываний / Соколенко А., Васильковский К., Костюк В. // Научни трудове на университет по хранителни технологии. — 2015. — Том LXII. — С. 777—781.
9. Справочник механика пищевой промышленности / А. И. Соколенко и др.; под ред. проф. А. И. Соколенко. — Киев: АртЭк, 2004. — 304 с.
10. Стоцько З. А. Моделювання технологічних систем / Стоцько З. А. — Львів: Львівська політехніка, 2013. — 188 с.
11. Степанець О. І. Динаміка і енергетична рекуперация в технологічних машинах / Степанець О. І., Пригодій Д. В., Ткачук Н. А. // Наукові праці НУХТ. — 2017. — Том 23, № 5. Ч. 2. — С. 26—32.
12. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин: учебник для ВТУЗов / Артоболевский И. И.; 4-е издание перераб. и доп. — Москва: Наука, 1988. — 640 с.
13. Кожевников С. Н. Теория механизмов и машин / Кожевников С. Н. — Москва: Машиностроение, 1993. — 591 С.
14. Моделювання процесів пакування / А. І. Соколенко та ін. — Вінниця: Нова книга, 2004. — 272 с.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ РЕКУПЕРАЦИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ХОДА МАШИН

О. И. Степанец, К. В. Васильковский, С. М. Мироненко, И. Ф. Максименко
Национальный университет пищевых технологий

Статья касается возможностей регулирования хода машин с параллельными мерами по энергетической рекуперации. Показано, что динамика технологических машин пищевой промышленности определяет соотношение производительности, нагрузок приводов и рабочих органов, точность воспроизведения процессов, удельные энергетические затраты. Последние связываются с необходимостью заданных перемещений подвижных звеньев с преодолением сил полезных и вредных сопротивлений, которые представлены силами внешнего трения в кинематических парах и соединениях и внутреннего трения при возникновении колебательных процессов.

Сформулированы предложения по ограничению динамических нагрузок и выбору параметров систем с реализацией режимов быстрого действия и организации процессов рекуперации кинетической энергии в машинах периодического действия или в присутствии движущихся масс с устоявшимися законами движения в параллельных потоках.

Ключевые слова: рекуперация, ход машины, упаковочный пленочный материал, рулон, маховик, коэффициент динамичности, циклическое перемещение.

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 затверджений наказом МОН України (постанова № 241 від 09.03.2016) як наукове видання з технічних наук.

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 15 машинописних аркушів (до 15000 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 опубліковані 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** роздруків 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 носії 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 рисою, ставиться знак авторського права, ініціали, прізвища авторів, рік.

Матеріали, представлені у статті, мають бути розділені на основні змістові розділи, такі як: постановка проблеми, огляд літератури, 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, відповідно 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 лініями 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

ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

Науковий журнал

№ 28

Журнал «Харчова промисловість» затверджений наказом МОН України (постанова № 241 від 09.03.2016) як наукове видання з технічних наук. Реєстраційне 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.

Статті друкуються в авторській редакції.

Відповідальний редактор журналу: А. І. Соколенко

Відповідальний секретар: С. В. Токарчук

Комп'ютерна верстка: Т. В. Соколова

Підп. до друку 21.12.2020 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

НУХТ 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68
Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.2004