



НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

31-32

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Харчова
ПРОМИСЛОВІСТЬ

Заснований у 1965 р.

Київ НУХТ 2022

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 # 32 from January 15, 2018) 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 № 32 від 15.01.2018) 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, internal 92-45
E-mail: foodpromnuft@gmail.com

Адреса редакції:

Національний університет
харчових технологій
вул. Володимирська, 68,
м. Київ, 01601
(044) 287-92-45, внутрішній 92-45
E-mail: foodpromnuft@gmail.com

Recommended for publication by the Academic
Council of the National University of Food
Technologies.
Minutes of meeting № 6 of
December 22, 2022

Рекомендовано вченою радою
Національного університету харчових
технологій.
Протокол № 6 від 22 грудня 2022 року

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу «Харчова промисловість»

Головний редактор
Editor-in-Chief

Олександр ГАВВА
Oleksandr GAVVA

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

Відповідальний секретар
Accountable secretary

Анастасія ДЕРЕНІВСЬКА
Anastasia DERENIVSKA

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

Члени редакційної колегії:

Анатолій ЛАДАНЮК
Anatoly LADANYUK

д-р техн. наук, Україна
Ph. D. Hab., 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

Василь КИШЕНЬКО
Vasil KYSHENKO

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

Віктор ЄМЦЕВ
Viktor YEMTSEV

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

Віктор СТАБНИКОВ
Viktor STABNIKOV

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

Віра ЮРЧАК
Vira YURCHAK

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

Віталій ПРИБИЛЬСЬКИЙ
Vitaliy PRYBYL'S'KYI

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

Галина ПОЛІЩУК
Galina POLISCHUK

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

Галина СИМАХІНА
Halyna SIMAKHINA

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

Лариса АРСЕНЬЄВА
Larysa ARSEN'YEVA

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

Микола ЯКИМЧУК
Mykola YAKYMCHUK

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

Наталія ГУСЯТИНСЬКА
Nataliia HUSIATYNSKA

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

Наталія ПУШАНКО
Nataliia PUSHANKO

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

Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО
Oksana KOCHUBEI-LYTVYNENKO

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

Олександр КУРГАСЬ
Oleksandr KURGAEV

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

Олександр СЕРЬОГІН
Oleksandr SER'OHIN

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

Олександр ШЕВЧЕНКО
Olexander SHEVCHENKO

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

Олена БІЛИК
Olena BILYK

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

Світлана ЛІТВИНЧУК
Svitlana LITVYNCHUK

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

Сергій ТОКАРЧУК
Serhiy TOKARCHUK

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

Станка ДАМЯНОВА
Stanka DAMYANOVA

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

Стефан СТЕФАНОВ
Stefan STEFANOV

д-р інж., проф., Болгарія
DSc, University of Food Technologies, Plovdiv, Bulgaria

Тамара НОСЕНКО
Tamara NOSENKO

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

Тетяна ЛЕБЕДЕНКО
Tetiana LEBEDENKO

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

Тетяна ПИРОГ
Tetyana PYROH

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

Тетяна СИЛЬЧУК
Tetiana SYLCHUK

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

Юлія КАМБУЛОВА
Yuliia KAMBULOVA

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

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЇ, СИРОВИНА ТА МАТЕРІАЛИ

Сировина та матеріали

Вашека О. М., Петруша О. О., Арсеньєва Л. Ю. 7
Ідентифікація рослинних жирів у вершковому
маслі методами комп'ютерної колориметрії та
диференціальної скануючої калориметрії

Михалевич А. П., Поліщук Г. Є., Осмак Т. Г.,
Санига В. Я. 15
Комплексна органолептична оцінка
морозива з β -глюканом вівса

Давидович О. Я. Використання антиоксидант-
ного потенціалу квітів волошки синьої для
харчових продуктів 27

Иценко В. М., Квітковська Н. П., Костен-
ко Є. С., Кочубей-Литвиненко О. В., Ицен-
ко М. В. 35
Сучасні методи визначення
фальсифікації молока

Технології: дослідження, застосування та впровадження

Иващенко О. М., Поліщук Г. Є. Вивчення функ-
ціонально-технологічних властивостей крох-
мальної патоки у складі йогурту 43

Сидор В. М., Усатюк С. І., Тищенко О. М.,
Божко А. Ю. 54
Удосконалення аналізу небезпеч-
них факторів при виробництві сиру зернистого
у вершках

Грицайова А. О., Гораши О. А., Кохан О. О.,
Камбулова Ю. В. 63
Розробка технології органіч-
ного зефіру на основі рослинного піноутворю-
вача

РОЗДІЛ 2. ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Процеси харчових виробництв

Масліков М. О., Масліков М. М., Бойко В. О.,
Саміilenко С. М. 74
Інтенсифікація охолодження
соняшникової крупки на олісекстракційних
заводах

Булій Ю. В., Мукоїд Р. М., Ольшаківський І. М.,
Михайлов І. М., Іванчук В. І., Іванчук В. В. 84
Інноваційна технологія комплексної переробки зер-
нової післяспиртової барди

Пакування: розробки, дослідження, переробка

Кулик Н. В., Аліпатова М. Р. Фізико-механічні
властивості стретч-плівок з використанням вто-
ринної сировини 93

CONTENTS

SECTION 1. TECHNOLOGIES, RAW MATERIALS AND MATERIALS

Raw Materials and Materials

Vasheka O., Petrusha O., Arsenieva L. Identificati-
on of vegetable fats in butter using the methods of
computer colorimetry and differential scanning
calorimetry 7

Mykhalevych A., Polischuk G., Osmak T., Sapi-
ga V. Complex sensor assessment of ice cream
with oat β -glucan 15

Davydovych O. Use of the antioxidant potential of
the flowers of the blue corn for food products 27

Ischenko V., Kvitkovska N., Kostenko E., Kochu-
bei-Lytvynenko O., Ischenko N. Modern Methods
of determining the adulteration of milk 35

Technologies: Researches, Application and Introduction

Ivashchenko O., Polishchuk G. Study of the func-
tional and technological properties of starch molasses
in yogurt 43

Sidor V., Usatyuk S., Tyshchenko O., Bozhko A.
Improving the analysis of hazardous factors in the
production of grain cheese in cream 54

Hrytsaiova A., Horash O., Kokhan O., Kambulo-
va Yu. Development of technology of organic
marshmallow based on vegetable foaming agent 63

SECTION 2. PROCESSES AND EQUIPMENT

Processes of Food Industries

Maslikov M., Maslikov M., Boyko V., Samiilenko S.
Intensification of sunflower cakes cooling at oil
extraction plants 74

Bulii Y., Mukoid R., Olshakovskii I., Mihailov I.,
Ivanchuk V., Ivanchuk V. Technology of complex
processing of post-alcoholic grain bard 84

Packing: Developments, Researches, Processing

Kulyk N., Alipatova M. Physical and mechanical
properties of stretch films using secondary raw
materials 93

Обладнання та устаткування

Гапонюк І. І. Особливості технології та тепло-аеродинаміки апаратів сушіння зерна американського виробництва

Equipment and machinery

102 *Gaponjuk I.* Features of technology and thermal aerodynamics of american grain dryers

УДК 543.06: 637.2

IDENTIFICATION OF VEGETABLE FATS IN BUTTER USING THE METHODS OF COMPUTER COLOROMETRY AND DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY

O. Vasheka, O. Petrusha, L. Arsenieva*National University of Food Technologies***Key words:**

vegetablefat,
milkfat,
butter,
adulteration,
identification

Article history:

Received 17.10.2022

Received in revised form
16.11.2022

Accepted 21.11.2022

Corresponding author:

petrushaoo@nuft.edu.ua

ABSTRACT

A country should establish a policy through laws to protect its citizens from malicious acts, including food products. One of the basic documents is the law on information for consumers on the labeling of food products.

Recently, at the level of Ukraine and the world, control over the quality and safety of food products will be introduced from different sides. International organizations publicize an accessible registry of information on quality deviations and the identification of unsafe elements and substances in food and feed. In Ukraine, the State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection has implemented a program to detect the falsification of butter with vegetable fats. The problem of falsification is faced by consumers and manufacturers who use butter as an ingredient.

The technical equipment of laboratories in the food industry is quite different. Also, different methods are available to determine the falsification of butter by vegetable fat. Determining the origin of products for specific conditions must be implemented quickly, qualitatively, or quantitatively, with some accuracy or other parameters. A comparative evaluation of the methods will allow us to propose step-by-step instructions on the butter identification scheme to prevent a counterfeit product from entering the market.

The use of a simple method of luminescent computer colorimetry with the determination of color coordinates makes it possible to establish the presence of more than 7% of milk fat substitutes in the composition by the value of the color coordinate.

The results of the analysis of melting endotherms indicate that the presence of vegetable fats in the product may indicate the nature of the general melting curve.

DOI: 10.24263/2225-2916-2022-31-32-3

ІДЕНТИФІКАЦІЯ РОСЛИННИХ ЖИРІВ У ВЕРШКОВОМУ МАСЛІ МЕТОДАМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ КОЛОРОМЕТРІЇ ТА ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОЇ СКАНУЮЧОЇ КАЛОРИМЕТРІЇ

О. М. Вашека, канд. техн. наук

О. О. Петруша, канд. техн. наук

Л. Ю. Арсеньєва, д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій

Захист споживачів передбачає інформування про склад продукції. Питання ідентифікації та виявлення фальсифікації харчової продукції є актуальним як у всьому світі, так і в Україні. У статті описано порядок вибору методів експертизи вершкового масла з визначення присутності рослинних жирів у його складі. Проведено порівняння кількох методів аналізу (класичних і специфічних) з визначенням характеристик, які вказують на додавання до зразків вершкового масла рослинних жирів. Оцінено використовувані методи для розроблення алгоритму ідентифікації присутності рослинних жирових компонентів у молочному жирі для реалізації його в лабораторіях різного технічного рівня.

Ключові слова: рослинний жир, молочний жир, вершкове масло, фальсифікація, ідентифікація.

Постановка проблеми. Питання ідентифікації та виявлення фальсифікації харчової продукції є актуальним в усьому світі [1]. З одного боку, для надання харчовим продуктам підвищеної цінності додаються певні інгредієнти [2]. З іншого — будь-яка заміна складових або додавання компонентів для покращення якості повинна бути відображена при маркуванні такої харчової продукції.

В Україні особливо гостро постало питання визначення фальсифікації молочних продуктів. У різних регіонах були виявлені злочинці, які задля власного прибутку реалізовували молочну продукцію із заміною молочного жиру на рослинний [3—5]. Тому нині ідентифікація натуральних молочних продуктів і пошук ефективних шляхів виявлення фальсифікованих рослинними жирами продуктів є особливо актуальним питанням як серед представників державних органів нагляду, так і dobroсовісних виробників.

За останні роки підвищилось кількість повідомлень від Європейської системи швидкого оповіщення про харчові продукти і корми (Rapid Alert System for Food and Feed, RASFF), що вказують на випадки появи фальсифікованих харчових продуктів і таких, що можуть нести загрозу здоров'ю споживачів. Ці сповіщення стосуються не лише власне молочної продукції, але й похідних продуктів (печиво та інші борошняні кондитерські вироби), у складі яких використовується, наприклад, вершкове масло [6].

Дослідження останніх років у переважній більшості орієнтовані на зменшення вартості ідентифікаційної експертизи з одночасним підвищенням швидкості отримання достовірних результатів [7—10]. Систематизація та встановлення почерговості застосування методів ідентифікаційної експертизи з урахуванням їх чутливості надає можливість розробити схему ідентифікації продукції та виявлення фальсифікатів. Наявність останніх забезпечує раціональний підхід у питаннях ідентифікації на всіх етапах виробництва та реалізації кінцевого продукту, організацію вхідного контролю сировини на належному рівні та відповідно до вимог систем управління якістю і безпечністю, що запроваджені на виробничих потужностях операторів рин-

ку харчової промисловості. Торговельним мережам та операторам, які використовують вершкове масло як сировину, здійснюють товарознавчу експертизу вже кінцевого продукту, застосовуючи сучасні методи ідентифікації рослинних жирів у складі вершкового масла, важливо швидко виявляти фальсифікат, його походження за допомогою системи простежуваності. Тому проведення досліджень у сфері ідентифікації рослинних жирів у складі молочних продуктів є необхідним етапом для розробки нових алгоритмів і способів спрощення та пришвидшення роботи всіх служб, які контролюють якість і безпечність як сировини, так і кінцевого продукту з метою запобігання введення в оману споживачів та провадження добросовісної конкуренції.

Метою статті є розроблення алгоритму ідентифікації вершкового масла шляхом встановлення послідовності застосування методів порівняльного аналізу та визначення стандартизованих і специфічних ідентифікаційних характеристик готового продукту.

Матеріали і методи. У дослідженнях використовували вершкове масло та зразки, виготовлені шляхом заміни молочного жиру на гідрогенізовані рослинні жири (суміш пальмового та пальмо-ядрового жирів) у співвідношеннях: 93:7, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25, 70:30 та 60:40%. Як контроль використовували солодковершкове масло з м. ч. ж. 82%.

Здійснювалось якісне дослідження вмісту рослинних жирів у зразках реакціями Бельє та Цюга, які передбачають зміну забарвлення та появу осаду [11].

Під час проведення ідентифікації вершкового масла використовували метод комп'ютерної колориметрії з люмінесцентним освітленням (характеристика люмінесцентної ультрафіолетової лампи: потужність 26 Вт; цоколь Е 27; світловий потік 780 Лм, $\lambda=365$ нм) зразка для збудження люмінофорів продукції [12]. З обсягу пікселів аналізованого цифрового зображення обирали ділянку, яка має стандартне відхилення до 5,0%, що відповідає частині, яка мала найбільше пласке і рівномірне розподілення.

Дослідження фазових змін гліцеридів молочного жиру в зразках вершкового масла проводили термодинамічним методом на диференціальному скануючому калориметрі (DSC-60 Plus, Shimadzu Corporation, Японія) у діапазоні температур від -100 °C до $+70$ °C. Відносна похибка отриманих результатів становить не більше 2,5% при довірчій імовірності 0,95. На отриманих ендотермах плавлення відмічали піки видалення теплоти, характерні тій чи іншій групі гліцеридів або водної фази продукту [13]. Ідентифікацію піків проводили за температурами плавлення характерних груп гліцеридів. Для більш точного визначення температур та інтервалів плавлення окремих груп гліцеридів проводили математичну обробку кривих за допомогою програми PeakFit.

Результати дослідження. При встановленні натуральності вершкового масла найбільш актуальними методами з високим рівнем достовірності отриманих результатів є методи хроматографічного аналізу та визначення констант молочного жиру [8; 14]. У зв'язку зі складністю застосування хроматографічних досліджень важливого значення при викритті фальсифікації вершкового масла набувають специфічні фізичні та хімічні ідентифікаційні характеристики продукту. Слід відмітити, що при їх визначенні у більшості випадків перевагу надають фізичним константам вершкового масла. Це обумовлено прямою залежністю фізичних характеристик продукції від її хімічного складу та можливістю застосування більш простих і менш вартісних методів для їх визначення.

До фізичних специфічних ідентифікаційних ознак молочного жиру відносять по-

казники кута заломлення, температури плавлення кристалічної жирової фази продукту та його люмінесцентні властивості. Сучасними методами досліджень із достатнім ступенем достовірності при їх визначенні є диференціальна скануюча колориметрія та методи люмінесцентного аналізу. Серед якісних реакцій, що дають змогу швидко встановити присутність рослинних жирів при їх значному вмісті у складі виробу є реакції Бельє та Цюга.

На першому етапі дослідження використано якісні реакції з виявлення присутності рослинних жирів у складі вершкового масла методом Бельє і Цюга. За результатами проведених досліджень експериментально встановлено, що межа визначення заміни молочного жиру на рослинний за реакцією Цюга складає понад 25% присутності останніх у складі готового продукту. Більш чутливою є якісна реакція Бельє. Зміна забарвлення розчину спостерігається вже при 15% (зразок із співвідношенням 85:15) заміни молочного жиру. Проте достовірними є результати при вмісті замінників понад 20%.

Для прийняття рішень щодо застосування методу люмінесцентної комп'ютерної колориметрії на першому етапі були отримані цифрові зображення вершкового масла із м. ч. ж. 82% та рослинних жирів (рис. 1).

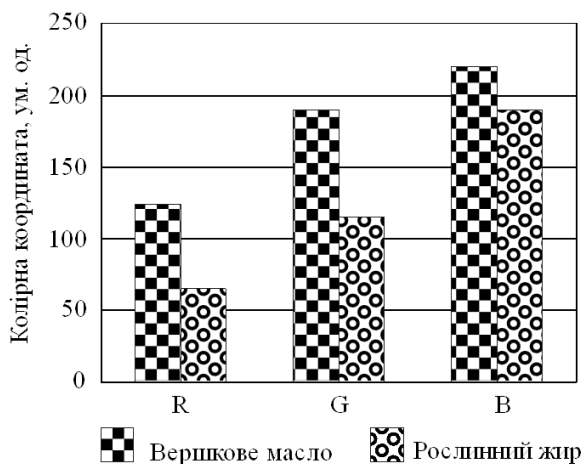


Рис. 1. Гістограма кольорних координат системи R, G, B

Для зразка вершкового масла вищими були координати для червоної та зеленої складової (рис. 1) — на 70 ум. од. Це дає підстави для подальших більш детальних досліджень щодо можливості застосування методу для виявлення фальсифікації вершкового масла рослинними жирами.

На наступному етапі досліджень проводили вивчення зміни кольорних характеристик при ультрафіолетовому освітленні дослідних зразків із подальшою обробкою цифрових зображень і розкодуванням за координатами кожного пікселя. Для розкодування можна використовувати низку прикладних програм Mathcad, ImageJ, CorelDraw тощо, а також онлайн-сервіси IMGonline, ImageColorPicker.online, Aspose тощо. При проведенні дослідження застосовували сервіс IMGonline. За результатами розкодування репрезентативних ділянок цифрового зображення побудовано залежності кольорних координат від кількості доданих рослинних жирів до вершкового масла (рис. 2).

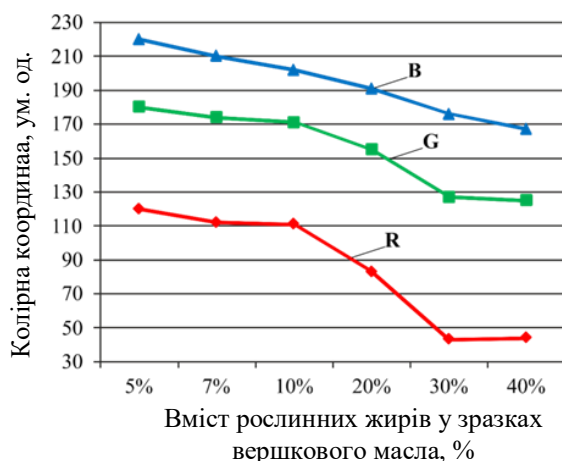


Рис. 2. Залежність колірних характеристик R, G, B від вмісту рослинних жирів

Аналіз наведених результатів досліджень вказує на загальну тенденцію зниження значень колірних координат при зростанні відсоткового вмісту рослинних жирів у зразках вершкового масла — від 5 до 40% (рис. 2), що пояснюється, власне, зниженими колірними характеристиками рослинних жирів (рис. 1). Із наведеного видно, що характер зміни колірних координат RGB переважно мають лінійні залежності. Значення колірної координати R та G при внесенні замінників молочного жиру у кількостях від 7 до 10% та від 30 до 40% змінюється незначно. Суттєвим зниженням на 73 од. і 47 ум. од. відповідно характеризуються діапазони колірних координат зразків із вмістом рослинних жирів від 10 до 30%. Червона та зелена складові проявляють найбільшу чутливість до зміни складу зразка в цьому обмеженому діапазоні. Кращим критерієм для встановлення відсотка вмісту рослинних жирів у межах всього діапазону є використання колірної координати B, яка лінійно змінюється в діапазоні від 5 до 40% вмісту рослинних жирів та зменшується на 64 ум. од. Коефіцієнт регресії кривої становить більше 95%.

У літературних джерелах наводяться результати досліджень процесів якісного виявлення присутності рослинних жирів у складі молочного жиру методом диференційної скануючої калориметрії [13]. З метою підвищення достовірності інтерпретації отриманих результатів досліджень запропоновано проведення обробки кривих плавлення кристалічної фази вершкового масла з використанням програми PeakFit та розкладання узагальненої кривої і сумарної кривої теплоємності дослідних зразків на окремі гаусіани. Для проведення досліджень було використано натуральне вершкове масло та зразки із заміною молочного жиру в кількостях 5 та 10%. Загальні ендотерми плавлення дослідних зразків і результати їх математичної обробки наведено на рис. 3. Порівнюючи характер загальних ендотерм плавлення, слід зазначити, що із зростанням кількості замінників молочного жиру зростає дифузність піків плавлення в інтервалі температур $-50...+15^{\circ}\text{C}$. Це більш виражено у зразку з 10% заміною молочного жиру (рис. 3, с). Пік сформований сумісним плавленням легкоплавких гліцеридів молочного жиру та водної фази продукту. Пік сумісного плавлення груп середньо- та високоплавких гліцеридів в інтервалі близько $15...35^{\circ}\text{C}$ при збільшенні вмісту рослинних жирів стає диференційованим і зміщується у бік нижчих додатних температур.

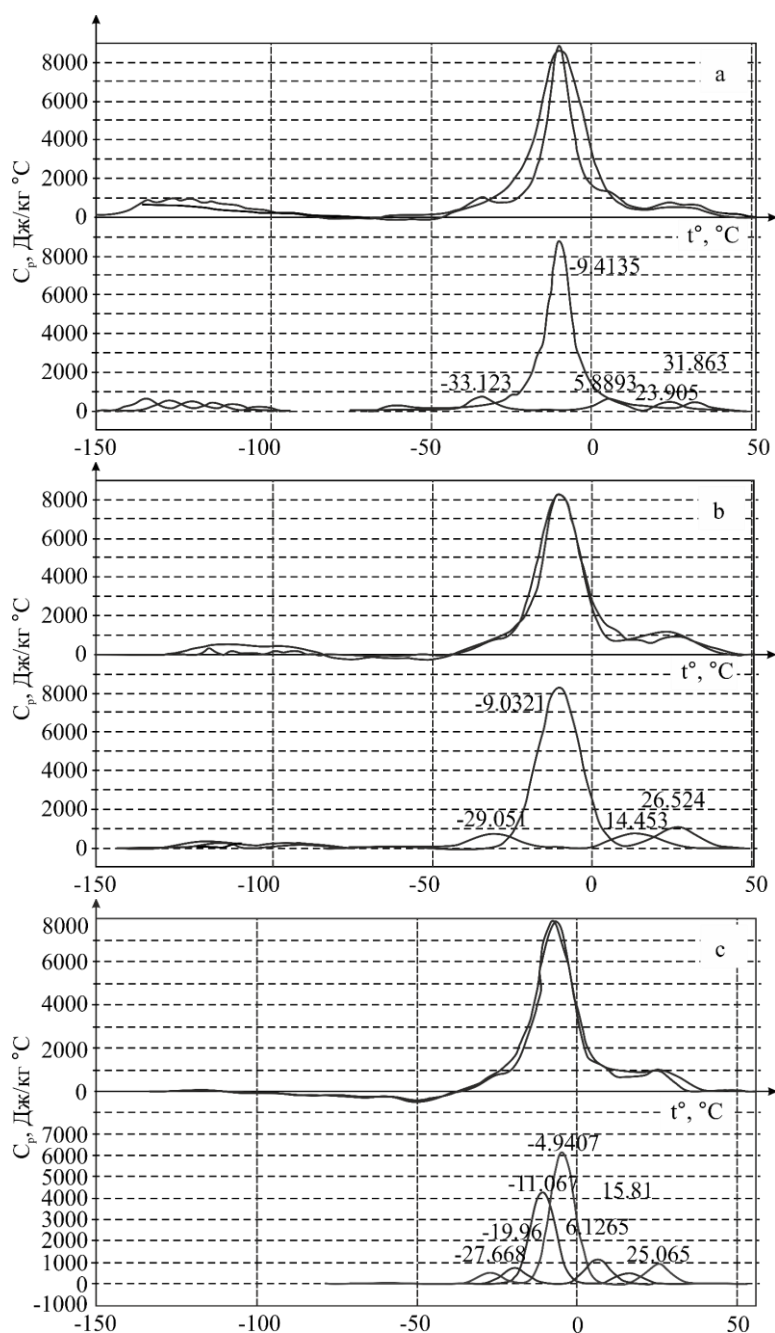


Рис. 3. Ендотерми плавлення дослідних зразків молочного жиру та їх сумішей:

a — натуральне вершкове масло; b — зразок із 5% заміною молочного жиру на суміш рослинних жирів; c — зразок із 10% заміною молочного жиру на суміш рослинних жирів

Аналіз результатів математичної обробки кривих плавлення вказує, що при додаванні рослинних жирів при формуванні кристалічної фази продукту зростає вклад легкоплавких гліцеридів із діапазоном плавлення $-22...+15$ °C. Про це свідчить збільшення площі піку плавлення за температури $-9,03$ °C (рис. 3, b). При збільшенні кіль-

кості рослинних жирів у продукті до 10% під час кристалізації спостерігається фракціонування легкоплавких гліцеридів за температурами плавлення (рис. 3, с). Загальна ендотерма плавлення кристалічної фази, сформованою водною фазою та легкоплавкими гліцеридами, характеризується трьома гаусіанами з максимумами при —19,9 °C, —11,07 °C та —4,94 °C.

Також однією з важливих характеристик, що вказує на присутність рослинних жирів, є збільшення дифузності стрибка розскловування за температури —33,12 °C та зміщення його у бік додатних температур. При внесенні до вершкового масла 5% рослинних жирів температура стрибка розскловування зменшується на 4 °C. При зростанні кількості останніх до 10% — температура знижується на 5,5 °C. Отримані дані корелюють з відомими результатами досліджень [13].

Отже, отримані результати досліджень вказують на перерозподіл вкладів груп гліцеридів у формування кристалічної структури продукту. У хімічному складі спеціально підготовлених сумішей рослинних жирів переважають легкоплавкі гліцериди з низькими додатними температурами плавлення. Їх внесення до вершкового масла спричинює диференціацію в кристалічній фазі за температурами плавлення та, у свою чергу, формує дифузний характер піків плавлення у діапазоні —50...+15 °C.

Висновки. Встановлено, що застосування методу люмінесцентної комп'ютерної колориметрії з подальшою обробкою отриманих зображень і визначенням колірних координат надають можливість за значенням колірної координати В встановити наявність понад 7% замінників молочного жиру в складі готових виробів.

Результати аналізу ендотерм плавлення свідчать, що на наявність у продукті рослинних жирів може вказувати характер загальної кривої плавлення: наявність дифузних піків плавлення середньоплавких гліцеридів, значна площа піку плавлення легкоплавких гліцеридів і дифузність або відсутність піку розскловування гліцеридів в інтервалі —50...—18 °C. Математична обробка ендотерми плавлення з використанням програми PeakFit полегшує інтерпретацію отриманих результатів.

Варто провести також подальше порівняння й інших методів для побудови схеми ідентифікації рослинних жирів у вершковому маслі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Deelstra, H. The adulteration of food, lessons from the past, with reference to butter, margarine and fraud [Електронний ресурс] / H. Deelstra, D. Thorburn Burns, M. J. Walker // *European Food Research and Technology*. 2014. 239(5). PP. 725—744. Режим доступу: <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2274-0>.
2. Tereshchuk, L. V. Theoretical and practical aspects of the development of a balanced lipid complex of fat compositions [Електронний ресурс] / L. V. Tereshchuk // *Foods and Raw Materials*. № 2. PP. 59—67. Режим доступу: <https://doi.org/10.12737/5461>.
3. Завдяки зусиллям Держпродспоживслужби вилучено з обігу 2,4 тонни фальсифікованого масла [Електронний ресурс] // Держпродспоживслужба. Новини. Режим доступу: <https://dpss.gov.ua/news/zavdyaki-zusilyam-derzhprodspozhivsluzhbi-vilucheno-z-obigu-24-tonni-falsifikovanogo-masla>. (дата звернення 15.11.2022). Назва з екрана.
4. Фальсифікацію молочних продуктів пропонують внести до Кримінального кодексу [Електронний ресурс] // Agroportal. Новини. Режим доступу: <https://agroportal.ua/news/zhivotnovodstvo/falsifikaciyu-molochnih-produktiv-proponuyut-vnesti-do-kriminalnogo-kodeksu>. (дата звернення 15.11.2022). Назва з екрана.
5. «СТОП фальсифікат МАСЛЮ» — матеріали дослідження передані до Держпродспоживслужби [Електронний ресурс] // Держпродспоживслужба. Новини. Режим доступу: <https://dpss.gov.ua/news/stop-falsifikat-maslo-materiali-doslidzhennya-peredani-do-derzhprodspozhivsluzhbi> (дата звернення 15.11.2022). Назва з екрана.

6. RASFF Window. CONSUMERS PORTAL [Електронний ресурс] // European Commission. Режим доступу: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/search?event=notificationsList> (дата звернення 15.11.2022). Назва з екрана.
7. Determination of milk fat adulteration in sour cream with vegetable oils by gc-fid method [Електронний ресурс] / Z. Hajrulai-Musliu, R. Uzunov, A. Angeleska, V. Poposka-Trenevska, V. Arapcheska, E. Dimitrieska-Stojkovikj // Journal of Hygienic Engineering and Design. 2021. Vol. 37. PP. 160—165. Режим доступу: <http://hdl.handle.net/20.500.12188/21394>.
8. Fats and oils adulteration: present scenario and rapid detection techniques [Електронний ресурс] / A. K. O. Huq, I. Uddin, E. Ahmed, M. A. B. Siddique, M. A. Zaher, S. Nigar // Food Research. 2022. 6(1). PP. 5—11. Режим доступу: [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(1\).116](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(1).116).
9. A novel technique for detection of vanaspati (hydrogenated fat) in cow ghee (clarified butter fat) using flash gas chromatography electronic nose combined with chemometrics [Електронний ресурс] / M. Roy, M. Doddappa, B. K. Yadav, S. Shanmugasundaram // Journal of Food Processing and Preservation. 2020. Volume 57. PP. 191—199. Режим доступу: <https://doi.org/10.1111/jfpp.16667>.
10. Щербакова, Н. С. Визначення натуральності вершкового масла / Н. С. Щербакова, Ж. О. Передера, С. Б. Передера // Вісник ЖНАЕУ. 2016. № 1 (53). С.355—360.
11. Ветеринарно-санітарний та технологічний контроль молока та молочних продуктів: навч. посібник. / М. В. Козак, Ю. Р. Гачак, Ю. І. Остап'юк. Львів. 2012. 345 с.
12. Visualization of Gluten, Starch, and Butter in Pie Pastry by Fluorescence Fingerprint Imaging [Електронний ресурс] / M. Kokawa, N. Yokoya, H. Ashida, J. Sugiyama, M. Tsuta, M. Yoshimura, K. Fujita, M. Shibata // Food Bioprocess Technol. 2014. 8(2). PP. 409—419. Режим доступу: <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1410-y>.
13. Мазаєва, В. С. Дослідження температур плавлення і кристалізації жирів методом диференціальної скануючої калориметрії / В. С. Мазаєва, В. О. Голодняк, І. М. Демидов, І. В. Левчук, О. В. Голубець // Вісник НТУ «ХП», серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХП». 2016. № 42 (1214). С. 179—187.
14. Determination of the adulteration of butter [Електронний ресурс] / D. Derewiaka, E. Sosińska, M. Obiedziński, A. Krogulec & S. Czaplicki // European Journal of Lipid Science and Technology. 2011. 113(8). 1005—1011. Режим доступу: <https://doi.org/10.1002/ejlt.201100006>.

УДК 663.674

COMPLEX SENSOR ASSESSMENT OF ICE CREAM WITH OAT β -GLUCAN

A. Mykhalevych, G. Polischuk, T. Osmak, V. Sapiga

National University of Food Technologies

Key words:

correction factor,
descriptor,
quality criterion,
 β -glucan,
low-fat ice cream

Article history:

Received 23.06.2022

Received in revised
form 17.10.2022

Accepted 24.10.2022

Corresponding author:

osmaktg@ukr.net

ABSTRACT

A complex sensor evaluation of ice cream was carried out to determine the rational dose of β -glucan in its recipe. The study used control and experimental samples of sour-milk ice cream with β -glucan content from 0.25 to 1.0%. The sensor evaluation was carried out using well-known (qualitative and quantitative) and special methods (descriptive, qualimetric).

The authors modified the descriptive method of sensor evaluation of acidophilic-whey ice cream. Gradation of quality criteria was carried out with the help of descriptors, which allows to increase the accuracy of assessment of ice cream sensor characteristics. In addition, an important criterion for ice cream was additionally applied — the nature of melting, which is not a generally known practice. According to the integral assessment, ice cream with a β -glucan content of 0.75% received 96 points, which, according to the rating scale, corresponds to very high quality. The calculation of the concordance coefficient and Pearson's criterion confirmed the reliability of the obtained sensor evaluation data by the expert group using this method.

Using the qualimetric method, the potential advantages and disadvantages of using β -glucan in ice cream were determined. The authors developed a table of typical defects of low-fat ice cream with β -glucan and improved the formula for calculating the complex index by introducing a correction factor, which allows to improve the quality of the product, identify its defects in a timely manner and compare its properties with known analogues. The overall quality indicator was the highest for the ice cream sample with β -glucan in the amount of 0.75% and his value was 4.79 points.

The modified methods were validated by comparison with a well-known method. It has been confirmed that improved methods of sensor assessment provide reliable data and allow more accurate and objective investigation of the quality of low-fat ice cream. According to the results of the complex sensor evaluation of ice cream, including the methods modified by the authors, the highest quality index was established for the sample containing 0.75% of β -glucan.

DOI: 10.24263/2225-2916-2022-31-32-4

КОМПЛЕКСНА ОРГАНОЛЕПТИЧНА ОЦІНКА МОРОЗИВА З В-ГЛЮКАНОМ ВІВСА

А. П. Михалевич, аспірант,
Г. Є. Поліщук, д-р техн. наук,
Т. Г. Осьмак, канд. техн. наук,
В. Я. Сапіга, аспірант,
Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати комплексної органолептичної оцінки морозива нежирного ацидофільно-сироваткового. Модифіковано дескрипторний метод органолептичної оцінки морозива, розроблено таблицю типових вад низькожирного морозива із β -глюканом та вдосконалено формулу розрахунку комплексного показника шляхом введення коефіцієнта поправки, що дає змогу підвищити якість продукту, своєчасно виявити його недоліки та порівняти його властивості з відомим аналогами. За результатами комплексної органолептичної оцінки морозива, у тому числі за модифікованим авторами методом, встановлено найвищий показник якості для зразка, що містить 0,75% β -глюкану.

Ключові слова: коефіцієнт поправки, дескриптор, критерій якості, β -глюкан, нежирне морозиво.

Постановка проблеми. Одним із важливих завдань у харчовій галузі є виробництво харчових продуктів з прогнозованими показниками якості, які не змінюються впродовж гарантованого строку зберігання [1]. Донедавна вважалося, що розробка і впровадження у виробництво нових видів продуктів харчування, зокрема морозива, мають бути направлені на отримання продукції високої якості та задоволення потреб усіх груп споживачів [2]. Задля досягнення цієї мети виробники дедалі частіше використовували численні добавки та композиції, які суттєво змінюють колір [3], запах і смак морозива [4], що часто не є релевантним до їх функціонально-технологічних характеристик і призводить до численних вад [5], як-то надлишкове кристалоутворення та грубокристалічна структура за браку регламентованого вмісту сухих речовин (25...35%) або до втрати кольору за використання кислото- і термонестійких барвників тощо. Такий підхід не може забезпечити повноцінного циклу існування та розвитку харчового продукту на ринку, обмежуючи його фазою введення на ринок і подальшим переходом до фази втрати інтересу з боку споживачів. Здебільшого це можна пояснити тим, що сенсорна оцінка споживача є набагато багатограннішою та складнішою, ніж вибір лише привабливого кольору [6], що призводить до зникнення інтересу до продукту з боку споживача після виявлення недоліків, які були замасковані, наприклад, солодким смаком або яскравим відтінком лише поверхні продукту.

Наукова методологія комплексного сенсорного аналізу направлена на виявлення потенційних вад продукту [7]. Тому саме ця методологія й спроможна окреслити напрям подальшого дослідження властивостей харчової системи або окремого інгредієнта з метою впровадження у виробництво продукту з прогнозованими та стабільними впродовж транспортування і зберігання характеристиками для подальшого успішного маркетингового розвитку.

Сенсорний аналіз за допомогою спеціальних методів оцінювання морозива не знайшов широкого розповсюдження у його виробників, що частіше пов'язано з недостатнім розумінням мети його проведення [8; 9]. До того ж деякі фахівці хибно вважають, що фізико-хімічні дослідження харчового продукту повністю заперечу-

ють необхідність проведення сенсорного аналізу, що формалізує його [10]. Національні стандарти України та міждержавні стандарти більшості країн СНД, розроблені для різних видів морозива, містять узагальнені описові характеристики критеріїв якості [11] (смак і запах, консистенція, колір), що робить неможливим виявлення численних вад морозива.

Кількісна оцінка морозива за допомогою бальної оцінки є найбільш поширеною, проте вона є надзвичайно складною для експертів з малим досвідом [12], що пов'язано з відсутністю деталізації критеріїв якості. Деякі вчені доволі скептично відносяться до неї, оскільки ще й досі немає чітких даних щодо можливості більш точного вираження своїх сенсорних вражень від продукту. Доведено, що три- і п'ятибальні шкали ускладнюють здійснення правильного оцінювання, в той час як 100-бальна шкала вважається доволі відносною через відсутність опису кожного бала шкали. Водночас спеціалісти вважають, що широкий діапазон 100-бальної шкали забезпечує більшу достовірність даних [13].

Кваліметрична оцінка морозива побудована на використанні коефіцієнтів значущості [14]. Це дає змогу більш точно визначити реальні оцінки для кожного з критеріїв якості, що особливо важливо при виробництві низькожирного морозива, яке може мати характерні вади консистенції, такі як піщанистість [15; 16], крихка або водяниста текстура [17; 18]. Однак фахівці надають перевагу застосуванню цього методу за участі експертної групи, яка була підготовлена за вимогами міжнародних стандартів, що обумовлено складністю правильного розподілення коефіцієнтів вагомості до показників якості.

Дескрипторний аналіз побудований на використанні дескрипторів, які, як правило, обирають з міжнародних переліків. Цей вид оцінювання вважають одним з найперспективніших [19], однак він потребує індивідуальної адаптації для кожного виду продукту в контексті обробки значень, що були отримані після оцінювання кожного дескриптора. Також можливе оцінювання за допомогою сучасних пристроїв, таких як електронний ніс, що є доволі складним процесом, потребує тривалої підготовки персоналу та купівлі вартісного обладнання [20].

Заміна класичних стабілізаторів структури в низькожирному морозиві, що виконують функції технологічного агента та підтримують стабільність фізико-хімічних показників під час зберігання [21; 22], на нові технологічні добавки, вимагає вдосконалення існуючих і пошуку нових шляхів комплексного сенсорного оцінювання якості готової продукції.

Метою дослідження є комплексна органолептична оцінка розробленого авторами морозива нежирного ацидофільно-сироваткового для визначення раціональної дози β -глокану в його рецептурному складі.

Матеріали і методи. На попередньому етапі наукового дослідження проведено порівняння технологічних і функціональних характеристик β -глокану вівся різних виробників та визначено найкращу марку цієї добавки для застосування у складі морозива нежирного [23].

Об'єктом дослідження були контрольний та дослідні зразки морозива, які зберігалися 28 днів у герметичній тарі за температури мінус 18 ± 2 °C. Предметом дослідження була комплексна органолептична оцінка зразків морозива задля визначення оптимальної дози β -глокану (як структуроутворювача) та куркуміну (як натурального барвника і дієтичної добавки) у складі морозива.

Відповідно до мети, об'єкта та предмета дослідження було сформульовано такі завдання:

1. Провести органолептичне оцінювання морозива нежирного за допомогою стандартних і спеціальних методів.

2. Визначити оптимальну дозу β -глюкану та куркуміну в рецептурному складі морозива шляхом модифікації методів органолептичного оцінювання відповідно до хімічного складу розробленого виду морозива.

3. Провести валідацію модифікованих методів органолептичного оцінювання із загальновідомим задля підтвердження достовірності отриманих даних.

Масова частка гуарової камеді в морозиві була на рівні 0...0,4%, β -глюкану — 0...1,0%, куркуміну — 0...0,2%. Як базові інгредієнти в рецептурі морозива ацидофільно-сироваткового використовували гідролізований концентрат сироватки [24] та цукор у кількостях 83,8...84,6 і 15% відповідно.

Органолептичну оцінку проводили за допомогою загальновідомих і спеціальних методів дослідження експертною групою з 10 людей, що були відібрані з числа наукових, науково-педагогічних працівників та аспірантів кафедри технології молока і молочних продуктів НУХТ та підготовлені відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 6658:2017. Відбір і підготовку проб до оцінювання проводили відповідно до вимог стандартів ISO 13299:2016 та ISO 8586:2012. З метою забезпечення достовірності оцінювання зразки морозива були закодовані: контроль — AV, зразок 1 — AN, зразок 2 — AT, зразок 3 — AH, зразок 4 — AL.

Оцінювання дослідних зразків морозива проводили у два етапи в однаковому складі. Голова експертної групи на початку засідання видавав кожному експерту анкету сенсорного оцінювання, які в кінці були зібрані для подальшої статистичної обробки.

Дескрипторний метод сенсорного аналізу [25; 26], який застосовують для оцінювання вин і продуктів харчування з рослинної сировини, був модифікований авторами статті для проведення експертної оцінки досліджуваних зразків морозива. Середньоарифметичне оцінок одиничних показників розраховували за формулою:

$$\bar{X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}, \quad (1)$$

де $\sum_{i=1}^n x_i^2$ — сума оцінок експертів за кожним з п'яти критеріїв (смак і післясмак, запах, зовнішній вигляд, консистенція, колір) одного зразка морозива; n — кількість експертів.

Стандартне відхилення для кожного одиничного показника визначали за формулою [27]:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n} - \bar{x}^2}, \quad (2)$$

де $\sum_{i=1}^n x_i^2$ — сума квадратів оцінок експертів, балів; $\bar{x}^2$ — квадрат середнього значення оцінок показника, балів.

Комплексний показник Q розраховували за формулою:

$$Q = \sum_{i=1}^n \bar{x}_i, \quad (3)$$

де $\bar{x}_i$ — середнє оцінка одиничного критерію якості, балів.

Коефіцієнт збігу розраховували за формулою:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{i1} - x_{i2})^2}{n}, \quad (4)$$

де x_{i1} — значення оцінок якості серії зразків морозива на першому етапі оцінювання; x_{i2} — значення оцінок якості серії зразків морозива на другому етапі оцінювання; n — кількість експертів.

Інтегральне оцінювання проводили за 100-бальною шкалою, яка мала таку градацію якості: 0...24 — надзвичайно низька, 25...39 — низька, 40...54 — нижче середнього, 55...69 — середня, 70...84 — вище середнього, 85...95 — висока, 96...100 — надзвичайно висока.

Кожен з п'яти критеріїв якості був градований за дескрипторами, що притаманні морозиву нежирному кисломолочному з урахуванням рекомендацій міжнародного стандарту ISO 13299:2016 та досвіду попередників, що займалися вивченням питань методів органолептичної оцінки морозива різних видів, зокрема з β -глюканом [28—32].

Кваліметричний метод органолептичної оцінки з урахуванням коефіцієнтів вагомості органолептичних показників був представлений як сукупність таких характеристик: зовнішній вигляд (K_1), колір (K_2), смак (K_3), запах (K_4) [33]. Загальний комплексний показник має вигляд:

$$K = K_1M_1 + K_2M_2 + K_3M_3 + K_4M_4 + K_5M_5, \quad (5)$$

де K — загальний комплексний показник; M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 — коефіцієнти вагомості кожної з груп показників K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 .

З метою забезпечення високої точності визначення критеріїв якості та деталізації можливих недоліків за кожним з критеріїв авторами було введено коефіцієнт поправки й таблицю невідповідностей для кожного з критеріїв якості морозива з β -глюканом. Загальний рівень якості зразків морозива розраховували за формулою:

$$Q = \sum (K_i B_i), \quad (6)$$

де K_i — коефіцієнт вагомості кожного з п'яти критеріїв якості; B_i — оцінка кожного показника, бали.

Задля валідації модифікованих методів сенсорного оцінювання морозива було проведено органолептичну оцінку за загальновідомим методом [34], відповідно до якого загальна якісна оцінка морозива виражається описово, а кількісна — в балах у діапазоні від 1 до 10. За результатами кількісної оцінки, зазвичай, будують діаграму критеріїв якості або сенсорні профілі [35].

Обробка статистичних даних була проведена за допомогою програми Statistika 10, побудову діаграми здійснювали у Microsoft Excel 2016.

Результати дослідження. На першому етапі дослідження проведено дескрипторний аналіз органолептичної оцінки морозива. Для цього був розроблений словник дескрипторів, що описують шість критеріїв якості. Стандарт ISO 13299:2016 пропонує до застосування велику кількість дескрипторів для кожного з показників якості, з яких тільки для запаху й аромату їх наведено 30. Зважаючи на те, що зі збільшенням кількості дескрипторів ефективність оцінювання експертами може знижуватися, деякі вчені рекомендують не застосовувати одночасно більше 5...10 для одного критерію [36; 37]. Саме тому було вирішено обрати 6 дескрипторів для кожного критерію якості, що найбільш точно характеризують той чи інший вид морозива.

Результати органолептичної оцінки дескриптивним методом наведені у табл. 1.

Коефіцієнт конкордації, що відображає узгодженість думок експертів щодо результатів органолептичного оцінювання, є величиною у межах 0...1 одиниць.

Таблиця 1. Органолептична оцінка зразків морозива за модифікованим дескрипторним методом

Дескриптор	Загальна оцінка, бали				
	Кодована назва зразка				
	AV	AN	AT	АН	AL
1	2	3	4	5	6
Критерій 1. Зовнішній вигляд					
Дрібнодисперсні бульбашки повітря	2,3	3,2	4,0	5,0	3,6
Однорідність маси	3,0	3,8	4,3	5,0	5,0
Піноутворення	1,9	2,8	4,1	4,8	5,0
Дрібні кристали льоду	2,0	3,5	4,8	5,0	4,5
Форма	2,8	3,3	4,1	4,9	5,0
Однорідність кольору	3,6	4,8	5,0	5,0	5,0
Критерій 2. Запах і аромат					
Солодкий	4,4	4,3	4,1	4,0	3,8
Вершковий	2,5	3,5	4,7	5,0	5,0
Молочний	3,4	4,5	4,7	4,9	4,7
Сироватковий	4,6	4,4	4,1	4,0	3,8
Відсутність сторонніх запахів	4,6	4,9	5,0	5,0	4,7
Водянистий	3,0	4,5	4,9	5,0	5,0
Критерій 3. Колір					
Світло-жовтий	5,0	4,0	3,1	2,2	2,0
Жовтий	4,5	5,0	4,7	2,3	1,5
Світло-помаранчевий	3,1	3,5	5,0	4,0	4,5
Помаранчевий	2,6	3,0	4,8	5,0	4,6
Насичений помаранчевий	2,1	2,3	3,1	3,8	5,0
Однорідний	2,9	4,7	5,0	5,0	5,0
Критерій 4. Консистенція					
Без тріщин	2,6	3,9	4,6	5,0	5,0
Збитість	2,0	4,0	4,5	4,8	5,0
Без піщаності	1,9	3,2	4,0	4,6	4,4
Щільність	1,5	3,0	3,8	4,7	5,0
Дрібні кристали льоду	1,4	3,8	4,5	4,9	4,2
Відсутність сніжистості	2,4	2,9	3,7	5,0	5,0
Критерій 5. Характер плавлення					
Водяниста маса	5,0	4,4	4,0	3,8	3,3
Губчаста маса	1,4	2,6	3,0	3,6	4,1
Маса, що швидко плавиться	5,0	4,2	3,8	3,1	2,0
Без розшарування	3,5	3,9	4,0	4,3	4,7
Без згортання	4,5	4,8	5,0	5,0	5,0
Піноутворення	2,8	4,0	4,7	4,9	5,0
Критерій 6. Смак і післясмак					
Кисломолочний	4,6	4,3	4,1	3,7	3,2
Молочний	2,6	3,5	4,8	5,0	4,8
Кислий	3,1	3,5	3,9	4,6	4,7
Вівсяний	2,0	2,2	3,4	3,9	5,0
Сироватковий	4,7	4,5	4,4	4,0	3,7
Без сторонніх смаків	4,8	4,9	5,0	4,9	4,6
Інтегральна оцінка	64	73	86	96	84

Відомо, що отримані значення можна вважати достовірними, якщо $W > 0,5$ [38]. Так, для дескрипторів критеріїв якості (табл. 1) вони коливалися у межах

0,63...0,95 одиниць, в той час як для експертів — в діапазоні 0,88...0,89 одиниць, що свідчить про відповідність підготовки експертів та умов проведення оцінювання вимогам міжнародних стандартів. Перевірка значущості коефіцієнта конкордації була здійснена за критерієм Пірсона (χ^2), що коливався у межах 24,4...39,2 одиниць для дескрипторів критеріїв якості, тоді як його табличне значення (χ_a^2) становило 13,28 одиниць. Оскільки виконується рівність $\chi^2 > \chi_a^2$, точність отриманих даних підтверджується, що дає змогу вважати коефіцієнт конкордації значущим.

Дескрипторний метод органолептичного оцінювання дає змогу не тільки отримати інтегральну оцінку для кожного зразка та визначити раціональний вміст β -глюкану вівса у морозиві, але й виявити потенційні переваги та недоліки його застосування за різних доз у такому рецептурному складі. Так, з отриманих даних (табл. 1) можна побачити, що збільшення вмісту β -глюкану вівса у морозиві покращує його форму, збитість, піноутворення, надає насиченого кольору та молочно-вершкового смаку. Водночас максимальна доза β -глюкану на рівні 1,0% є нераціональною через збільшення щільності маси морозива, що під час зберігання призводить до формування занадто твердої текстури продукту, яка довгий час не тане. Така текстура не властива для морозива і може бути віднесена до вади «тістоподібна консистенція» [39], що, у свою чергу, призводить до виникнення великих бульбашок повітря та погіршення структури морозива. Незважаючи на те, що β -глюкан вівса є ефективним міметиком молочного жиру [40], його висока доза призводить до утворення вівсяного післясмаку, який нівелює кисломолочний смак і не є характерним для морозива.

Доволі цікавим є те, що доза β -глюкану на рівні 0,5%, яка є меншою за оптимальну (0,75%), ефективніша за її перевищення (1,0%), що пояснюється функціонально-технологічними показниками цього полісахариду, зокрема його структуруююю та адсорбуююю здатностями [41].

Використання куркуміну дає змогу забезпечити рівномірний за всією масою колір морозива та оригінальний присмак, привабливі для кінцевого споживача. Але дескрипторний метод не забезпечує точне визначення раціонального вмісту куркуміну в морозиві, тому це питання буде детальніше розглянуто під час використання кваліметричного методу органолептичної оцінки.

Гармонізація дескрипторного методу до вимог міжнародних стандартів надає авторам можливість оцінити морозиво за таким критерієм, як характер плавлення, що не є типовим для багатьох досліджень. Дескриптори цього критерію вказують і на те, що β -глюкан може виявляти комплекс технологічних функцій, зокрема емульгуючі, вологозв'язучі та піноутворюючі властивості, що потребує додаткових досліджень. Отримані висновки за результатами застосування цього методу органолептичної оцінки морозива збігаються з даними вчених, які проводили дослідження фізико-хімічних характеристик продуктів з β -глюканом [42—44], що підтверджує їхню об'єктивність.

На наступному етапі було проведено оцінювання зразків морозива за допомогою кваліметричного методу. Органолептичну оцінку за п'ятьма критеріями якості здійснювали відповідно до відомих вимог щодо якості морозива кисломолочного та перераховували їх за допомогою коефіцієнтів вагомості, які мали такі значення: зовнішній вигляд — 0,15, колір — 0,15, запах — 0,2, консистенція — 0,25, смак — 0,25. Авторами розроблено таблицю типових вад для кожного критерію якості, що можуть зустрічатися при виробництві морозива низько жирного та нежирного з β -глюканом вівса (табл. 2).

Таблиця 2. Показники невідповідності якості низькожирного морозива з β -глюканом

Критерій якості	Вада
Зовнішній вигляд	Наявність великих кристалів льоду
	Наявність великих бульбашок повітря
	Неоднорідна маса з нерівномірною поверхнею
	Наявність тріщин
	Наявність пустот у масі морозива
	Наявність включень рецептурних інгредієнтів
Колір	Неоднорідний колір
	Неприродний відтінок
Запах	Сторонній запах
	Вівсяний аромат (β -глюкану)
	Водянистий
Консистенція	Грубокристалічна маса
	Щільна або тверда
	Тістоподібна
	Сніжиста
	Маса, що швидко тане
	Грубокристалічна структура
Смак	Зі сторонніми смаками
	З вівсяним присмаком
	З вираженою кислотністю

Врахування можливих вад морозива при проведенні органолептичної оцінки дало змогу ввести у формулу коефіцієнт поправки. Так, якщо невідповідність для критерія якості не виявлено, то коефіцієнт множили на 5. У разі виявлення невідповідності коефіцієнт множили на менший бал — від 1 до 4 із розрахунку, що одна вада призводить до зниження на 1 бал за мінімальної оцінки не нижче 1 бала.

Результати органолептичної оцінки якості морозива представлені у табл. 3.

Таблиця 3. Органолептична оцінка морозива, одержана за допомогою модифікованого кваліметричного методу

Критерій якості	Коефіцієнт вагомості	Середня підсумкова оцінка з урахуванням коефіцієнту поправки, балів				
		AV	AN	AT	AN	AL
Зовнішній вигляд	0,15	1,0	3,3	4,0	4,0	3,8
Колір	0,15	3,0	4,4	4,8	5,0	3,7
Запах	0,25	3,2	4,1	5,0	5,0	4,8
Консистенція	0,2	1,0	2,5	4,5	4,7	3,2
Смак	0,25	3,6	4,5	5,0	5,0	3,8
Загальна якість, балів		2,5	3,79	4,6	4,79	3,92

Модифікований кваліметричний метод органолептичної оцінки морозива (табл. 3) є більш точним і селективним та зосереджений на виявленні невідповідностей продукту, що суттєво впливає на результати кінцевої оцінки. Однак за його використання загальна тенденція, що була виявлена на попередньому етапі, не змінюється, що підтверджує порівнянність методів. За допомогою цього методу було виявлено, що β -глюкан має властивість знижувати ступінь солодкості та кислотності морозива, що прослідковується за збільшення дози цієї добавки від 0,25 до 1,0%. У свою чергу, куркумін за максимальної концентрації 0,2% надає морозиву неприродного

занадто насиченого кольору, що не було виявлено під час органолептичної оцінки дескрипторним методом.

На останньому етапі дослідження якості морозива визначалася загальновідомим методом. Якісну оцінку виражено описово у табл. 4.

Таблиця 4. Органолептична оцінка морозива ацидофільно-сироваткового

Критерій якості	Зразок				
	AV	AN	AT	АН	AL
Колір	Світло-жовтий, із блідим відтінком		Жовтий, яскравий		Насичений жовтий, непропорційно яскравий
	Рівномірний за всією масою				
Смак і запах	Надто солодкий смак з легкою кислотою, з відчутними кристалами льоду		Солодкий смак з легкою кислотою	В міру солодкий смак з легкою кислотою	В міру солодкий смак з легкою кислотою і вівсяним післясмаком
	Без сторонніх запахів				
Консистенція	Маса з грубокристалічною структурою, що швидко тане	Однорідна маса з поодинокими кристалами льоду, що швидко тане	Однорідна, збита маса	Пластична, однорідна, кремоподібна маса	Надто щільна маса з твердою структурою

Графічне зображення кількісної оцінки, вираженої в балах (максимальна кількість балів смаку і запаху — 6, кольору — 1, консистенції — 3), представлено на рис. 1.



Рис. 1. Органолептична оцінка морозива ацидофільно-сироваткового за 10-бальною шкалою

Традиційний метод оцінювання морозива підтверджує доцільність застосування в його рецептурному складі β -глюкану в кількості 0,75%, що збігається з даними, отриманими за допомогою модифікованих методів. Проте такий метод містить занадто широкі діапазони балів для оцінювання органолептичних характеристик морозива, що не дає змоги більш глибоко і точно дослідити якість продукту.

Зрозумілим є те, що застосування 10-бальної шкали є доцільним лише у тоді, ко-

ли потрібно дуже швидко провести проміжне оцінювання морозива у виробничих умовах наприкінці технологічного процесу. За тривалого зберігання більш точно й достовірно визначення показників якості морозива можна провести лише за допомогою комплексних методів органолептичного аналізу.

Висновки. 1. Проведено порівняльну органолептичну оцінку морозива нежирного ацидофільно-сироваткового з β -глюканом та контрольного зразка без β -глюкану за допомогою загальновідомих і спеціальних методів. За допомогою описативного методу органолептичної оцінки доведено достовірність отриманих даних експертною групою та виявлено потенційні переваги й недоліки застосування β -глюкану в рецептурному складі морозива.

2. Встановлено, що оптимальна доза β -глюкану як структуроутворювача у складі морозива складає 0,75%, а куркумін у якості натурального барвника — 0,15%. Таке сполучення β -глюкану і куркуміну забезпечує отримання продукту з кремоподібною, пластичною консистенцією, надає йому насиченого привабливого кольору, підвищує збитість і опір до танення. За допомогою модифікації кваліметричного методу розроблено таблицю типових вад морозива та введено коефіцієнт поправки, що запобігатиме виникненню невідповідностей при виробництві продукту.

3. Проведено валідацію модифікованих методів шляхом їх порівняння із загальновідомим методом і підтверджено можливість їх застосування для отримання достовірних даних під час проведення органолептичної оцінки морозива.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nemes, S. A. Applicability of Agro-Industrial By-Products in Intelligent Food Packaging / S. A. Nemes, K. Szabo, D. C. Vodnar // *Coatings*. 2020. Vol. 10, No. 6. P. 550. Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/coatings10060550>.
2. Jeltama, M. Model for understanding consumer textural food choice / M. Jeltama, J. Beckley, J. Vahalik // *Food Sci Nutr*. 2015. No. 3. P. 202—212. Режим доступу: <https://doi.org/10.1002/fsn3.205>.
3. Dey, S. Applications of Food Colour and Bio-Preservatives in the Food and Its Effect on the Human Health / S. Dey, B. H. Nagababu // *Food Chemistry Advances*. 2022. P. 100019. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100019>.
4. Поліщук, Г. Є. Інноваційні харчові інгредієнти у технологіях молочних та молоковісних продуктів: підручник / Г. Є. Поліщук, О. В. Кочубей-Литвиненко, Т. Г. Осьмак, О. О. Басс. Київ: НУХТ. 2020.
5. Silva, M. M. Food Colour Additives: A Synoptical Overview on Their Chemical Properties, Applications in Food Products, and Health Side Effects / M. M. Silva, F. H. Reboredo, F. C. Lidon // *Foods*. 2022. No. 11. P. 379. Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/foods11030379>.
6. Ciccone, M. Determining Which Cooking Method Provides the Best Sensory Differentiation of Potatoes / M. Ciccone, D. Chambers, E. C. Iv, M. Talavera // *Foods (Basel, Switzerland)*. 2020. Vol. 9, No. 4. P. 451. Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/foods9040451>.
7. Lahne, J. Sensory science, the food industry, and the objectification of taste / J. Lahne // *Anthropology of food*. 2016. Vol. 10. Режим доступу: <https://doi.org/10.4000/aof.7956>.
8. Drake, M. A. Invited review: Sensory analysis of dairy foods / M. A. Drake // *Journal of dairy science*. 2007. Vol. 90, No. 11. Pp. 4925—4937. Режим доступу: <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0332>.
9. Świąder, K. Trends of Using Sensory Evaluation in New Product Development in the Food Industry in Countries That Belong to the EIT Regional Innovation Scheme / K. Świąder, M. Marczevska // *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 2. P. 446. Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/foods10020446>.
10. Zielińska, D. Consumer understanding of the date of minimum durability of food in association with quality evaluation of food products after expiration / D. Zielińska, B. Bilska, K. Marciniak-Lukasiak, A. Łepecka, M. Trzaskowska, K. Neffe-Skocińska, M. Tomaszewska, A. Szydłowska, D. Kołożyn-Krajewska // *International journal of environmental research and public health*. 2020. Vol. 17, No. 5. P. 1632. Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/ijerph17051632>.
11. Polishchuk, G. Scientific explanation of composition of acidophilic-whey ice cream, enriched with protein / G. Polishchuk, O. Kochubei-Lytvynenko, T. Osmak, U. Kuzmyk, O. Bass, A. Mykhalevych,

V. Sapiga // Food and Environment Safety. 2021. Vol. XX, Is. 1. P. 13—20. Режим доступу: <https://doi.org/10.4316/fens.2021.002>.

12. Turgut, T. Investigation of the possible use of probiotics in ice cream manufacture / T. Turgut, S. Cakmakci // International Journal of Dairy Technology. 2009. No. 62. Pp. 444—451. Режим доступу: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2009.00494.x>.

13. Coelho, P. S. The Choice between a Fivepoint and a Ten-point Scale in the Framework of Customer Satisfaction Measurement / P. S. Coelho, S. P. Esteves // International Journal of Market Research. 2007. Vol. 49, No. 3. Pp. 313—339. Режим доступу: <https://doi.org/10.1177/147078530704900305>.

14. Fedulova, I. Determination of the level of products novelty importance for developing product innovative policy / I. Fedulova, O. Dragan, O. Sheremet, Yu. Vasyutynska, A. Berher // Scientific Horizons. 2021. Vol. 24, No 8. Pp. 66—80. Режим доступу: [https://doi.org/10.48077/sci-hor.24\(8\).2021.66-80](https://doi.org/10.48077/sci-hor.24(8).2021.66-80).

15. Dekker, P. Lactose-Free Dairy Products: Market Developments, Production, Nutrition and Health Benefits / P. Dekker, D. Koenders, M. J. Bruins // Nutrients. 2019. Vol. 11, No. 3. P. 551. Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/nu11030551>.

16. Investigation of the process of lactose enzymolysis in the production of acidophilic-whey ice cream / A. Mykhalevych, V. Sapiga, G. Polischuk, T. Osmak // European Dimensions of Sustainable Development: Proceedings of the III International Conference on, June 11, 2021. Kyiv: NUFT, 2021. P. 47—48.

17. Akalin, A. S. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin / A. S. Akalin, C. Karagözlü, G. Ünal // Eur Food Res Technol. 2008. No. 227. Pp. 889—895. Режим доступу: <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0800-z>.

18. Osmak, T. Overcoming protein deficiency — a current issue of contemporaneity / T. Osmak, A. Mykhalevych, G. Polischuk, V. Sapiga // Європейські виміри сталого розвитку: збірник наукових статей за матеріалами III Міжнародної науково-практичної конференції, 11 червня 2021. Київ: НУХТ, 2021. С. 118—127.

19. Lilishentseva, A. Дескрипторно-профільний метод визначення якості зразків яблучного соку / A. Lilishentseva, A. Smolyar // Food Science and Technology. 2019. Vol. 13, No. 4. Режим доступу: <https://doi.org/10.15673/fst.v13i4.1564>.

20. Wu, Z. (2020). Development of Electronic Nose for Qualitative and Quantitative Monitoring of Volatile Flammable Liquids / Z. Wu, H. Wang, X. Wang, H. Zheng, Z. Chen, C. Meng // Sensors. 2020. Vol. 20, No. 7. P. 1817. Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/s20071817>.

21. Bahramparvar, M. Application and Functions of Stabilizers in Ice Cream / M. Bahramparvar, M. M. Tehrani // Food Reviews International. 2011. Vol. 27, No. 4. Pp. 389—407. Режим доступу: <https://doi.org/110.1080/87559129.2011.563399>.

22. Kochubei-Lytvynenko, O. Development of a new type of alcoholic ice cream / O. Kochubei-Lytvynenko, G. Polischuk, T. Osmak, U. Kuznyk, O. Bass, A. Mykhalevych // New industries, digital economy, society — projections of the future iv: 60th Annual Scientific Conference. Bulgaria: University of Ruse and Union of Scientists, 2021. P. 199—203.

23. Саліра, В. Використання бета-глюканів у виробництві молочних продуктів / В. Саліра, А. Михалевич, Г. Поліщук, Т. Осьмак // Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науково-педагогічних працівників, 18 травня 2022 р. Умань: ВПЦ «Візаві», 2022. С. 174—175.

24. Osmak, T. Enzymatic hydrolysis of lactose in concentrates of reconstituted demineralized whey, intended for ice cream production / T. Osmak, S. Mleko, O. Bass, A. Mykhalevych, U. Kuznyk // Ukrainian Food Journal. 2021. Vol. 10, Issue 2. P. 277—288. Режим доступу: <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2021-10-2-6>.

25. Cherevychna, N. Modern white quality assessment systems of wine / N. Cherevychna, O. Haponceva // Young Scientist. 2019. Vol. 5, No. 69. Pp. 281—286. Режим доступу: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-5-69-62>.

26. Shabanova, I. A. The effect of beet fiber on the evaluation of the quality of gingerbread / I. A. Shabanova, L. Kh. Tokhtieva, V. B. Tsugkueva, D. N. Doev, B. A. Datieva // International Research Journal. 2022. Vol. 2, No. 116, Part 1. Pp. 180—186. Режим доступу: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.031>.

27. Stephenson, F. H. Chapter 11. Protein / F. H. Stephenson // Calculations for Molecular Biology and Biotechnology. 2003. Pp. 375—429. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/B978-012665751-7/50053-6>.

28. Şimşek, B. Some physicochemical, rheological and sensory properties of flavored ice cream / B. Şimşek, İ. Gün // *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 2021. Vol. 10, No. 2. Pp. 598—605. Режим доступу: <https://doi.org/10.28948/ngumuh.911167>.
29. Aljewicz, M. Influence of β -Glucan Structures and Contents on the Functional Properties of Low-Fat Ice Cream During Storage / M. Aljewicz, A. Florczuk, A. Dąbrowska // *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2020. Vol. 70, No. 3. Pp. 233—240. Режим доступу: <https://doi.org/10.31883/pjfn/120915>.
30. Shibani, F. The effect of beta-glucan as a fat substitute on the sensory and physico-chemical properties of low-fat ice cream / F. Shibani, S. Asadollahi, M. Eshaghi // *Journal of Food Safety and Processing*. 2021. Vol. 1, No. 1. Pp. 71—84.
31. Сапіга, В. Бета-глюкан з вівса як функціонально-технологічний інгредієнт у складі морозива / В. Сапіга, А. Михалевич, Г. Поліщук // Проблеми і практичні підходи виробництва та регулювання використання харчових добавок в країнах Європейського Союзу та в Україні: матеріали І Міжнародної науково-практичної конференції, 30 листопада 2021. Київ: НУХТ, 2021. С. 106—107.
32. Abdel-Haleem, A. M. H. Some quality attributes of low fat ice cream substituted with hullless barley flour and barley β -glucan / A. M. H. Abdel-Haleem, R. A. Awad // *J. Food Sci. Technol.* 2015. No. 52. Pp. 6425—6434. Режим доступу: <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1755-x>.
33. Ianchyk, M. Technology of smoothie based on walnut nut beverage with addition of banana and cocoa powder / M. Ianchyk, Yu. Savchuk // *SWorld Journal*. 2021. Vol. 1, No. 07—01. Pp. 93—97. Режим доступу: <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2021-07-01-085>.
34. Bass, O. Influence of sweeteners on rheological and qualitative indicators of ice cream / O. Bass, G. Polischuk, E. Goncharuk // *Ukrainian Food Journal*. 2018. № 7(1). P. 41—53. Режим доступу: <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2018-7-1-5>.
35. Sapiga, V. Scientific explanation of the composition and technological modes of manufacture of dairy ice cream with vegetable puree / V. Sapiga, G. Polischuk, T. Osmak (Fedchenko), A. Mykhalevych, M. Maslikov // *Ukrainian Journal of Food Science*. 2019. Vol. 7, Issue 1. P. 83—91.
36. Carabante, K. M. Data analyses of a multiple-samples sensory ranking test and its duplicated test: A review / K. M. Carabante, W. Prinyawiwatukul // *J. Sens. Stud.* 2018. No. 33. Pp. e12435. Режим доступу: <https://doi.org/10.1111/joss.12435>.
37. Salinas-Hernández, R. M. Utilization of physicochemical variables developed from changes in sensory attributes and consumer acceptability to predict the shelf life of fresh-cut mango fruit / R. M. Salinas-Hernández, G. A. González-Aguilar, M. E. Tiznado-Hernández // *Journal of food science and technology*. 2015. Vol. 52, No. 1. Pp. 63—77. Режим доступу: <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0992-0>.
38. Carrasco, J. L. Concordance correlation coefficient applied to discrete data / J. L. Carrasco, L. Jover // *Statistics in medicine*. 2005. Vol. 24, No. 24. Pp. 4021—4034. Режим доступу: <https://doi.org/10.1002/sim.2397>.
39. Поліщук, Г. Є., Гудз, І. С. Технологія морозива: навч. посібник. К.: Фірма «ІНКОС», 2008.
40. El Khoury D. Beta glucan: health benefits in obesity and metabolic syndrome / D. El Khoury, C. Cuda, B. L. Luhovyy, G. H. Anderson // *Journal of nutrition and metabolism*. 2012. e851362. Режим доступу: <https://doi.org/10.1155/2012/851362>.
41. Anttila, H. Viscosity of beta-glucan in oat products / H. Anttila, T. Sontag-Strohm, H. Salovaara // *Agricultural and Food Science*. 2004. Vol. 13, No. 1—2. Pp. 80—87. Режим доступу: <https://doi.org/10.2137/1239099041838012>.
42. Obadi, M. Highland barley: Chemical composition, bioactive compounds, health effects, and applications / M. Obadi, J. Sun, B. Xu // *Food research international* (Ottawa, Ont.). 2021. No. 140. P. 110065. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110065>.
43. Du, B. A Concise Review on the Molecular Structure and Function Relationship of β -Glucan / B. Du, M. Meenu, H. Liu, B. Xu // *International journal of molecular sciences*. 2019. Vol. 20, No. 16. P. 4032. Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/ijms20164032>.
44. Maheshwari, G. Extraction and Isolation of β -Glucan from Grain Sources-A Review / G. Maheshwari, S. Sowrirajan, B. Joseph // *Journal of food science*. 2017. Vol. 82, No. 7. Pp. 1535—1545. Режим доступу: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13765>.

УДК 665.112.2

USE OF THE ANTIOXIDANT POTENTIAL OF THE FLOWERS OF THE BLUE CORN FOR FOOD PRODUCTS

O. Davydovych*Lviv University of Trade and Economics***Key words:**

cornflower blue flowers,
fatty mixture,
oxidation,
hydrolysis,
antioxidants

Article history:

Received 18.11.2022

Received in revised form
21.12.2022

Accepted 22.12.2022

Corresponding author:

oksana_davydovych@ukr.
net

ABSTRACT

At the current stage, one of the effective solutions in protecting fats and fat-containing products from oxidation is the introduction of antioxidants into their composition. Based on the analysis of literary data of domestic and foreign authors, it was established that the use of natural antioxidants is promising. Among natural antioxidants, the greatest interest is shown in medicinal plants, which have been studied fragmentarily as a source of antioxidants and have not found proper use in food technology. Therefore, we conducted experimental studies of the antioxidant properties of cornflower blue flowers.

The research was carried out in laboratory conditions by the accelerated-kinetic method at a temperature of $(98 \pm 2)^\circ\text{C}$ with free access of air oxygen during 10 days of storage. Cornflower blue flowers were added in the form of powder in different concentrations (0,5, 1,0 and 2,0%) to the mass of the fat mixture. At the same time, the experimental samples were evaluated according to organoleptic indicators, the accumulation of peroxide and carbonyl compounds that react with benzidine and thiobarbituric acid, as well as free fatty acids.

It was found that the addition of cornflower blue flowers in the amount of 2,0% (1,3 times less compared to the control) was the most effective in reducing the accumulation of primary oxidation products. On the 10 th day of storage, the least secondary oxidation products by reaction with benzidine accumulated as a result of adding the powder of this additive in the amount of 2,0% (1,1 times less than in the control). Also, the introduction of this concentration of the additive made it possible to limit the increase in the content of dialdehydes in the fat mixture by 2,8 times compared to the control.

It was found that after 5 days of storage in a fat mixture with cornflower blue flower powder (2,0%), the acid value was 1,6 times lower than in the control sample. During 10 days of storage, the same trend was observed, the amount of free fatty acids was 1,5 times lower compared to the control.

Thus, on the basis of comprehensive experimental studies, it was established that the substances of cornflower blue flowers have antioxidant properties and it can be used to extend the shelf life of fats and fat-containing products.

DOI: 10.24263/2225-2916-2022-31-32-5

ВИКОРИСТАННЯ АНТИОКСИДАНТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КВІТІВ ВОЛОШКИ СИНЬОЇ ДЛЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

О. Я. Давидович, канд. техн. наук

Львівський торговельно-економічний університет

На сучасному етапі одним із ефективних рішень у захисті жирів і жировмісних продуктів від окислення є введення до їх складу природних антиоксидантів. Найбільш цікавими є лікарські рослини, які як джерело антиоксидантів вивчені фрагментарно і не знайшли належного використання в харчових технологіях.

У статті проведено експериментальні дослідження антиоксидантних властивостей квітів волошки синьої, яку додавали у вигляді порошку в різних концентраціях (0,5, 1,0 та 2,0%) до маси жирової суміші. Доведено, що найефективнішою виявилася концентрація добавки у кількості 2,0%. На основі виконаних досліджень встановлено, що порошок квітів волошки синьої можна використовувати для подовження терміну зберігання жирів і жировмісних продуктів.

Ключові слова: квіти волошки синьої, жирова суміш, окислення, гідроліз, антиоксиданти.

Постановка проблеми. В Україні досить гострою є проблема підвищення якості харчових продуктів під час виробництва та зберігання. Жири, через особливості хімічної структури, належать до продуктів, нестійких під час зберігання, легко піддаються окисленню, тому вважаються найбільш лабільними компонентами харчових продуктів. Збереження їх якості й біологічної цінності забезпечується вибором ефективних і екологічно безпечних антиоксидантів — речовин, які здатні інгібувати утворення вільних радикалів під час окислення [1].

Нині у світовій практиці виробництва жирів і жировмісних продуктів для гальмування окислювальних процесів широко використовуються синтетичні антиоксиданти, що не завжди може бути схвалено з погляду екології харчування. Перспективним є використання антиокислювальних властивостей природних сполук, які не лише не створюють загрозу шкідливої дії на організм, але й самі є біологічно цінними речовинами. Саме тому сьогодні посилюється інтерес до визначення антиоксидантної активності рослинної сировини та біологічно активних речовин. Найкращими джерелами антиоксидантів є рослини, зокрема лікарські, які містять їх у вигляді комплексів споріднених сполук, однак як джерело антиоксидантів вивчені фрагментарно і не знайшли належного використання в харчових технологіях [2].

З літературних джерел відомо, що найвищу антиоксидантну дію має рослинна сировина з високим вмістом фенольних і поліфенольних сполук, а також вітамінів А, Е, К і С. Крім того, антиоксидантну активність проявляють біологічно активні сполуки — терпеноїди фенольного ряду, такі як карнозол, хамазулен, кумарин, кверцитин тощо [3].

Проблемі пошуку природних антиоксидантів присвячені наукові дослідження вітчизняних і зарубіжних вчених. Так, встановлено антиоксидантну дію на жирах добавок із таких лікарських рослин, як фіалки триколірної, деревію, череди, шипшини, арніки, звіробою звичайного, бадану, насіння лимонника, порошку листя меліси лікарської, коріння кульбаби лікарської, листя горіху волоського, квітів дивини густоквіткової тощо [4].

Виявлено антиокислювальні властивості і вміст фенольних сполук у метаноль-

них, ацетонних і водних екстрактах шовковиці. З'ясовано, що метанольний екстракт має найвищу антиоксидантну активність і містить максимальну кількість фенольних сполук [5].

Екстракт м'яти колосової (*Mentha spicata* Linn.) здатний захищати ліпіди від окиснення з утворенням перекисних сполук. Вміст поліфенольних сполук в екстракті 1 мг м'яти еквівалентний 500 мг галової кислоти [6].

Із досліджених спиртових екстрактів з листя хінного дерева (*Moringa oleifera*), листя м'яти (*Mentha spicata*) і коренеплідів моркви (*Daucus carota*) активність екстрактів з м'яти і моркви була більш високою при pH 9, ніж при pH 4, тоді як екстракт хінного дерева залишався активним при двох значеннях pH. Екстракт з моркви більш стійкий до нагрівання, ніж інші екстракти. Антиокислювальна активність всіх екстрактів мало змінювалась ($p \leq 0,05$) після зберігання в темному місці за температури 5 і 25 °C протягом 15 діб. Ці рослинні екстракти рекомендовано використовувати як харчові антиоксиданти [7].

Вивчено процеси інгібування окислення ліпідів, одержано дані щодо динаміки накопичення продуктів окислення у часі та визначено раціональні концентрації: дигідрокверцетину (92%) — 0,05%, екстракту зеленого чаю — 0,15%, екстракту виноградної кісточки — 0,05% та 0,1%, екстракту розмарину — 0,15% [8].

Експериментально підтверджено високу антиоксидантну дію ацетонового, етанольного та метанольного екстрактів з листя евкаліпту проти пероксидазного окислення [9].

Насіння рослин естрагону, майорану, кмину та моркви після поверхневої стерилізації культивували в умовах культури *in vitro* на живильних середовищах Мурасиге-Скуга за температури 20—24 °C у теплиці зі світловим фотоперіодом. Екстракти отриманих проростків готували шляхом розтирання рослинних тканин у подвійному об'ємі 1 М PBS буферу та наступного центрифугування (10000 об./хв протягом 5—7 хв, 4 °C; 15000 об./хв протягом 25 хв, 4 °C). Антиоксидантну активність визначали методом, запропонованим В. Л. Семеновим та А. М. Ярош. Встановлено, що найбільшою активністю володіє багаторічна трав'яниста рослина естрагон [10].

Доведено високу ефективність екстракту кори дуба під час гальмування вільнорадикальних процесів. Окрім того, проаналізовано вміст фенольних сполук у корі дуба, який склав 7,2—8,4 мг/г [11]. Також досліджено антиоксидантну дію екстракту кори дуба під час виробництва йогуртів, сирів і морозива [12].

Середня активність поліфенольних препаратів із кори сосни звичайної та глоду вища активності їх фракцій за тих же концентрацій і дорівнює активності тролоксу і 2,6-ди-трет-бутил-п-крезолу [13].

Розроблено харчовий антиоксидантний комплекс з рослинної сировини: кори дуба, листя евкаліпту та листя зеленого чаю. Виділені антиоксиданти є ефективними при гальмуванні процесів окислення олії соняшникової як в індивідуальному вигляді, так і за умов одночасної дії.

При введенні екстрактів із зеленого чаю, кори дуба та евкаліпту в рівній пропорції у кількості 0,02% у перерахунку на суху речовину період індукції модельної речовини (олії соняшникової) збільшується у 2,7 раза порівняно з модельною речовиною без додавання антиоксидантів.

Одержані екстракти-антиоксиданти є цінним джерелом біологічно активних речовин, які виявляють стійкий антиокислювальний ефект щодо харчових продуктів і синергізм між собою. Це дасть змогу не тільки захищати жиромісні продукти від окислення, а й додатково вводити в організм природні антиоксиданти [8].

Проведено дослідження активності ферментів антиоксидантної системи багаторічних рослин з родин *Lamiaceae* та *Asteraceae* (в чебреці, пижмі та деревії звичайному). До таких ферментів належать пероксидаза і каталаза.

Як свідчать отримані результати, активність пероксидази є значно вищою у листках досліджуваних лікарських рослин, ніж у квітах. Тобто найбільший рівень активності ферменту притаманний вегетативним органам у період їх максимального росту.

Встановлено, що досліджувані рослини проявляють різну каталазну активність. Отримані результати свідчать, що активність ферменту каталази є найвищою у листках і квітах чебрецю звичайного. Найнижчу активність каталази виявлено у квітах деревії звичайного.

Отже, показники активності ферментів дослідних зразків свідчать про високу антиоксидантну активність чебрецю звичайного порівняно з деревієм звичайним і пижмою звичайною. При цьому не виявлено тісної кореляції між рівнями активності різних ферментів антиоксидантної системи [14].

Природні жири й олія не є ідеальними і фізіологічно повноцінними продуктами за своїм складом. У кожному з них є дефіцит чи надлишок одного або декількох компонентів. З метою підвищення засвоюваності жирів і їх біологічної повноцінності доцільно створювати жирові композиції зі збалансованим жирнокислотним складом. Застосування таких композицій у рецептурах жиромісних продуктів дасть змогу випускати вироби поліпшеної якості загального і спеціального призначення [3].

Мета дослідження: провести комплекс експериментальних визначень антиоксидантних властивостей порошку квітів волошки синьої під час зберігання жирової суміші.

Матеріали і методи. Проведено дослідження антиоксидантної активності порошку квітів волошки синьої у різних концентраціях (0,5, 1,0 та 2,0%) під час зберігання жирової суміші. Жирова суміш складається з жиру маргарину «Вершковий особливий» і 10% олії насіння розторопші плямистої холодного пресування.

Для отримання суміші маргарин розплавляли при температурі 60—70 °C та змішували з підігрітою до цієї ж температури олією розторопші у відповідному співвідношенні (90:10%). Порошок квітів волошки синьої додавали до отриманої суміші.

Олія насіння розторопші плямистої нерафінована і недезодорована холодного пресування багата на незамінні поліненасичені жирні кислоти — 62—65%. Вона містить близько 61% лінолевої кислоти та 2 % ліноленової. Перевагами олії розторопші плямистої є досить високий вміст токоферолів, каротиноїдів, вітамінів А, В, Е, К, Р, D і флаволігнатів, які, як відомо, гальмують процеси перекисного окислювання ліпідів. Ця олія містить особливий компонент силібінін, який зміцнює і регенерує клітини печінки.

Олія з розторопші має протизапальні, ранозагоювальні та знеболюючі властивості. Вона також позитивно впливає на підшлункову залозу, шлунково-кишковий тракт, статеву систему, серце та судини [15].

До хімічного складу порошку квітів волошки синьої входять глікозиди ціанарин, пентаурин і цикорин, антоціани пеларгонін і ціанідин, флаволи, флавоноїди лутеолін, астрагалін, кемпферол, апіїн, космозин, кверцетин і рутин, барвник ціанін, сапоніни, пектинові речовини, алкалоїди, аскорбінова кислота, каротин, дубильні речовини, органічні кислоти та мінеральні солі. Препарати волошки синьої застосовують у науковій і народній медицині як сечогінний засіб, слабкий жовчогінний чин-

ник у поєднанні з іншими рослинами. Крім того, вони мають протизапальні й антимікробні властивості. Квіти волошки синьої використовують і в лікєро-горілочній промисловості [16].

Дослідження проводили в лабораторних умовах прискорено-кінетичним методом за температури 98 ± 2 °C з вільним доступом кисню повітря протягом 10 діб. Зміну якості дослідних зразків оцінювали за органолептичними показниками, накопиченням перекисних і карбонільних сполук, які реагують з бензидином і тіобарбітуровою кислотою, а також вільних жирних кислот.

Органолептичну оцінку якості жирової суміші проводили сенсорним методом за такими стандартними показниками, як колір, смак і запах [4].

Кількість пероксидів у жировій суміші визначали йодометричним методом [17]. Бензидинове число — за кольоровою реакцією бензидину з карбонільними сполуками, що є продуктами окислення жиру. Цей показник характеризує вміст нелетких карбонільних сполук з високою молекулярною масою. Тіобарбітурове число — за реакцією тіобарбітурової кислоти з альдегідами та іншими речовинами, що містять карбонільну групу з утворенням забарвлених сполук. При цьому діальдегіди утворюють комплекси рожевого кольору з максимумом поглинання при довжині хвилі 532—535 нм, а моноальдегіди — жовтого забарвлення при 448—452 нм [4].

Вміст вільних жирних кислот (кислотне число) визначали методом титрування [18].

Результати дослідження. Свіжа жирова суміш у розтопленому стані мала характерне жовте забарвлення з легким присмаком вихідної сировини, без сторонніх присмаків і запахів. Початкове значення перекисного числа жирової суміші становило 10,9 ммоль $\frac{1}{2}$ O/kg. Додавання порошку квітів волошки синьої на органолептичні показники жирової суміші істотно не вплинуло.

Під час зберігання жирова суміш без добавок, що використовувалась як контроль, швидко піддавалась окислювальному перетворенню, внаслідок чого спостерігалось погіршення її органолептичних властивостей. Так, на 5 добу зберігання з'явився невластивий запах прогірклого жиру. В усіх зразках з добавкою це проявлялось тільки на 8 добу зберігання.

Про перебіг окислювальних процесів у дослідних зразках жирової суміші свідчить динаміка утворення та накопичення пероксидних сполук (рис. 1).

Найефективнішою щодо зменшення нагромадження кількості пероксидів виявилася добавка квітів волошки синьої у кількості 2,0%. Це дало змогу сповільнити процес окислювального псування жирової суміші в 1,4 раза після 6 діб зберігання, в 1,2 раза — після 8 діб та в 1,3 раза — після 10 діб зберігання порівняно з контрольним зразком.

Під час зберігання дослідних зразків утворилися вторинні продукти окислення — альдегіди, кетони, окисикислоти. Ці карбонільні сполуки здатні реагувати з бензидином і тіобарбітуровою кислотою. Значення бензидинового числа після 5 і 10 діб зберігання наведено в табл. 1.

Як видно з даних табл. 1, антиоксидантні властивості на 10 добу зберігання показали всі досліджені концентрації квітів волошки синьої. Найменше вторинних продуктів окислення за реакцією з бензидином накопичилось у результаті додавання порошку цієї добавки у кількості 2,0%. Таких сполук було в 1,1 раза менше, ніж у контролі.

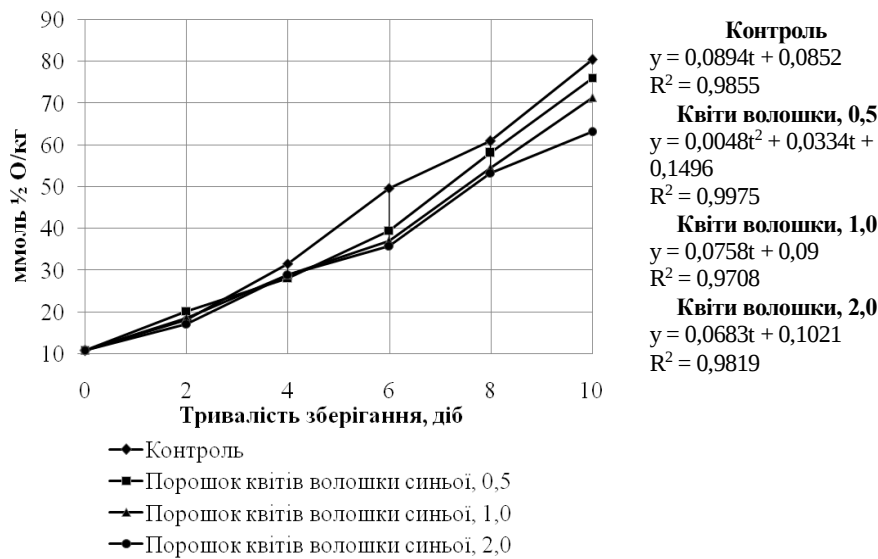


Рис. 1. Вплив порошку квітів волошки синьої на зміну перекисного числа жирової суміші

Таблиця 1. Вплив порошку квітів волошки синьої на зміну бензидинового числа жирової суміші, $E_{1cm}^{1\%}$

Добавки, % до маси жирової суміші	Тривалість зберігання, діб	
	5	10
Контроль	1,394 ± 0,070	1,777 ± 0,089
Порошок квітів волошки синьої, 0,5	1,334 ± 0,067	1,766 ± 0,088
Порошок квітів волошки синьої, 1,0	1,274 ± 0,064	1,749 ± 0,087
Порошок квітів волошки синьої, 2,0	1,323 ± 0,066	1,743 ± 0,087

На рис. 2 наведено спектрограми продуктів окислення жирової суміші з додаван-
ням порошку квітів волошки синьої за реакцією з тіобарбітуровою кислотою після
10 діб зберігання.

Встановлено, що внесена добавка сповільнила процес накопичення вторинних
продуктів окислення, які реагують з тіобарбутуровою кислотою, зокрема діальдегі-
дів. Так, найефективнішою виявилася концентрація порошку квітів волошки синьої
2,0%. Завдяки додаванню цієї концентрації добавки кількість вказаних сполук була
в 2,8 раза меншою, ніж у контролі.

Під час зберігання жирів, окрім окислювального прогріккання, відбувається і гід-
роліз, внаслідок чого тригліцериди розщеплюються у присутності води, що спричи-
няє накопичення вільних жирних кислот. Це позначається на зміні органолептичних
показників. Саме тому, окрім показників, які характеризують глибину окислюваль-
ного прогріккання досліджено накопичення вільних жирних кислот. Результати до-
сліджень наведені у табл. 2.

Встановлено, що після 5 діб зберігання у жировій суміші з порошком квітів во-
лошки синьої (2,0%) кислотне число було в 1,6 раза меншим, ніж у контрольному
зразку. Протягом 10 діб зберігання спостерігалась така ж тенденція. Кількість віль-
них жирних кислот була в 1,5 раза меншою порівняно з контролем.

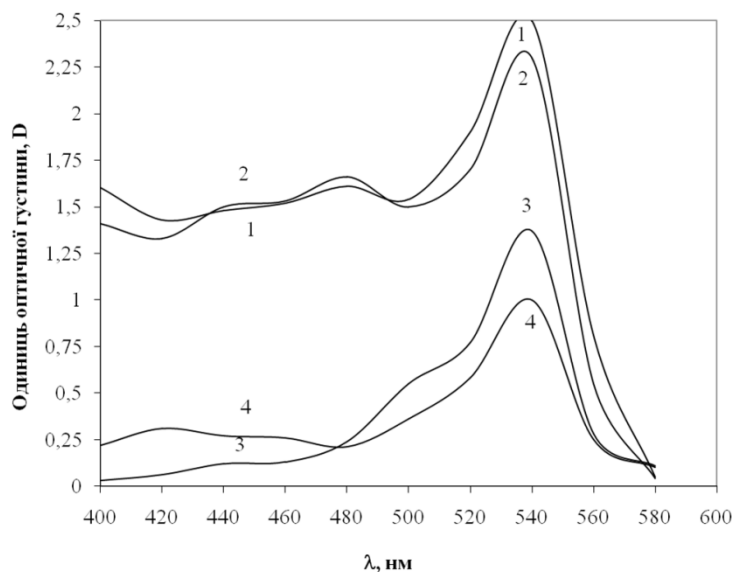


Рис. 2. Спектрограми продуктів окислення жирової суміші з додаванням порошку квітів волошки синьої після 10 діб зберігання: 1 — контроль; 2 — 0,5 %; 3 — 1,0 %; 4 — 2,0 %

Таблиця 2. Вплив порошку квітів волошки синьої на зміну кислотного числа жирової суміші, мг КОН*

Добавки, % до маси жирової суміші	Тривалість зберігання, діб	
	5	10
Контроль	$1,29 \pm 0,06$	$1,44 \pm 0,07$
Порошок квітів волошки синьої, 0,5	$0,93 \pm 0,05$	$1,26 \pm 0,06$
Порошок квітів волошки синьої, 1,0	$0,89 \pm 0,04$	$1,04 \pm 0,05$
Порошок квітів волошки синьої, 2,0	$0,79 \pm 0,04$	$0,99 \pm 0,05$

*Примітка. Початкове значення к. ч. жирової суміші з порошком квітів волошки синьої становить 0,6117 мг КОН.

Висновки. Отже, на основі виконаних експериментальних досліджень було встановлено, що речовини квітів волошки синьої виявили антиоксидантні властивості і вона може бути використана для подовження терміну зберігання жирів і жиромісних продуктів.

У подальшому планується дослідити вплив порошку квітів волошки синьої у поєднанні з синергістами не тільки на жирову суміш у модельних умовах, але і під час зберігання жиромісних продуктів за стандартних умов. Також важливим є пошук інших природних добавок рослинного походження, які не тільки сповільнюють процеси окислювального та гідролітичного перетворення жирів, але й підвищують біологічну цінність продуктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Загоруй, Л. П. Антиоксидантний потенціал рослинних добавок у молочному жирі / Л. П. Загоруй // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. 2008. Т. 10, № 1 (36). Частина 1. С. 120—125.
2. Наукові проблеми зберігання, поліпшення якості, споживних властивостей і безпеки харчових продуктів: монографія. Розділ 6. Формування якості печива з природними антиоксидантними добавками / Т. М. Лозова, В. В. Гаврилишин, Л. І. Решетило, М. П. Бодак, О. І. Гирка,

О. Я. Давидович, І. В. Донцова, В. Т. Лебединець, Н. С. Палько, М. К. Турчиняк, А. І. Лебединець; за наук. ред. проф. Лозової Т. М. Львів: Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2022. 431 с. С. 234—270.

3. Давидович, О. Я. Стабілізація якості жирів під час зберігання / О. Я. Давидович, М. К. Турчиняк, Н. С. Палько // The 4th International scientific and practical conference "Actual trends of modern scientific research" (October, 11—13, 2020) MDPC Publishing, Munich, Germany. 2020. Р. 133—138.

4. Давидович, О. Я. Формування споживчих властивостей печива цукрового з природними антиоксидантними добавками: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15. Київ, 2010. 148 с.

5. Saeedeh, Arabshahi-Delouee. Antioxidant properties of various solvent extract of mulberry (*Morus indica* L.) leaves / Arabshahi-Delouee Saeedeh, Urooj Asna // Food Chem. 2007. 102. № 4. Р. 1233—1240.

6. Akhilesh, Kumar. DNA damage protecting activity and antioxidant potential of pudina extract / Kumar Akhilesh, Chattopodhyay Sharmil // Food Chem. 2007. 100. № 4. Р. 1377—1384.

7. Arabshahi-D, Saeedeh. Evalution of antioxidant activity of some plant extracts and their heat, pH and storage stability / Saeedeh Arabshahi-D, Devi Vishalakshi, Urooj Asna // Food Chem. 2007. 100, № 3. Р. 1100—1105.

8. Bilous, O. Development of a food antioxidant complex of plant origin / O. Bilous, N. Sytnik, S. Bukhkalov, V. Glukhykh, G. Sabadosh, V. Natarov, N. Yarmysh, S. Zakharkiv, T. Kravchenko, V. Mazaeva // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 6, № 11(102): Technology and Equipment of Food Production. Р. 66—73.

9. González-Burgos, E. Antioxidant activity, neuroprotective properties and bioactive constituents analysis of varying polarity extracts from Eucalyptus glob-ulus leaves / E. González-Burgos, M. Liaundanskas, J. Viškelis, V. Žvikas, V. Janulis, M. P. Gómez-Serranillos // Journal of Food and Drug Analysis. 2018. № 26(4). Р. 1293—1302.

10. Черняєв, С. Антиоксидантна активність екстрактів деяких лікарських рослин / С. Черняєв // Екологія. Людина. Суспільство: збірка тез доповідей XVII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених (Київ, 2014 р.). К.: НТУУ «КПІ», 2014. С. 62—63.

11. Skrypnik, L. Comparative study on radical scavenging activity and phenolic compounds content in water bark extracts of alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), oak (*Quercus robur* L.) and pine (*Pinus sylvestris* L.) / L. Skrypnik., N. Grigorev, D. Michailov, M. Antipina, M. Danilova, A. Pungin // European Journal of Wood and Wood Products. 2019. № 77 (5). Р. 879—890.

12. Granato, D. Effects of herbal extracts on quality traits of yogurts, cheeses, fermented milks, and ice creams: a technological perspective / D. Granato, J. S. Santos, R. D. Salem, A. M. Mortazavian, R. S. Rocha, A. G. Cruz // Current Opinion in Food Science. 2018. № 19. Р. 1—7.

13. Sokol-Letowska, A. Antioxidant activity of phenolic compounds of hawthorn, pine and skullcap / A. Sokol-Letowska, J. Oszmiariski, A. Wojdyto // Food Chem. 2007. 103. № 3. Р. 853—859.

14. Монастирська, С. С. Вивчення антиоксидантної активності деяких лікарських рослин Передкарпаття / С. С. Монастирська, Р. Д. Стецик, Н. К. Гойванович // Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць. Львів: РВВНЛТУ України. 2015. Вип. 25.8. С. 123—128.

15. Патент 28344 Україна, МПК А 21 D 13/08. Спосіб виробництва печива «Особливого з додаванням олії розторопші з селеном» / Пересічний М. І., Грищенко І. М., Романенко Р. П.; заявник і власник Київський національний торговельно-економічний університет. № u 200707050; заявл. 25.06.2007; опубл. 10.12.2007.

16. Гродзинський, А. М. Лікарські рослини: енциклопедичний довідник / А. М. Гродзинський. К.: Голов. Ред УРЕ, 1991. 544 с.

17. Жири рослинні та олії. Метод визначання пероксидного числа: ДСТУ 4570:2006. Чинний від 2008-01-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 10 с.

18. Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення кислотного числа та кислотності: ДСТУ EN ISO 660:2019. Чинний від 2019-09-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2019. 17 с.

УДК 637.1 068:543.5-043.89

MODERN METHODS OF DETERMINING THE ADULTERATION OF MILK

V. Ischenko, N. Kvitkovska, E. Kostenko, O. Kochubei-Lytvynenko*National University of Food Technologies***N. Ischenko***Taras Shevchenko National University of Kyiv*

Key words:

milk,
adulteration,
physical and chemical
analysis

Article history:

Received 30.09.2022

Received in revised form
26.10.2022

Accepted 03.11.2022

Corresponding author:

suxodolska@ukr.net

ABSTRACT

Milk is valuable for its special properties of protein, fat, vitamins, trace elements and should be included in the daily diet of a certain group of consumers. At the same time, products with a high nutritional value are the most vulnerable to falsification. The article analyzes the problem of falsification of food products and, in particular, milk. An overview of the main types of milk falsification and the reasons that lead to it was carried out. Most often, milk adulteration is carried out by adding preservatives, diluting milk with water followed by adding substances with a high nitrogen content to compensate for the level of protein content, replacing milk fat with fat of vegetable origin, adding natural or dry whey to some dairy products, replacing one type of milk with another, in particular, reconstituted natural milk. The article notes that the issue of detecting adulteration of milk is extremely difficult, since the composition of milk is influenced by many factors: area and breed of livestock, climate and seasons, individual differences between animals, stages of lactation, technological processes, etc. National food safety standards were reviewed and modern physico-chemical methods for detecting milk adulteration were analyzed, in particular, targeted ones, such as high-performance liquid chromatography and gas chromatography, isotope ratio mass spectrometry, enzyme immunoassay, nuclear magnetic resonance, and the polymerase chain reaction method. Characterized non-targeted screening methods for detecting milk adulteration: methods of molecular absorption and emission spectroscopy, such as near-IR spectroscopy, which, in combination with chemometric processing of the obtained data, can reliably establish milk adulteration. The need for the development of fast, inexpensive and effective analytical methods for detecting falsification and authenticity of milk is noted.

DOI: 10.24263/2225-2916-2022-31-32-6

СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ФАЛЬСИФІКАЦІЇ МОЛОКА

В. М. Іщенко, канд. хім. наук,
Н. П. Квітковська,
Є. Є. Костенко, д-р хім. наук,
О. В. Кочубей-Литвиненко, д-р тех. наук,
Національний університет харчових технологій
М. В. Іщенко, канд. хім. наук,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

*У статті охарактеризовано способи фальсифікації молока, зокрема ті, які є найскладнішими для детектування. Розглянуто сучасні цільові фізико-хімічні методи виявлення фальсифікації молока, такі як високоефективна рідинна хроматографія та газова хроматографія, масова спектрометрія із співвідношенням ізотопів, імуноферментний аналіз, ядерний магнітний резонанс і метод полімеразної реакції. Описано нецільові скринінгові методи: методи молекулярної абсорбційної та емісійної спектроскопії, спектроскопія ближньої ІЧ-області. Проведений аналітичний огляд розглянутих методів показав, що критеріями вибору того чи іншого методу повинна бути його придатність для досягнення поставленої мети, універсальність і чутливість аналізу, а також економічна доцільність використання. **Ключові слова:** молоко, фальсифікація, фізико-хімічний аналіз.*

Постановка проблеми. Молоко в його натуральному вигляді має високу поживну цінність, оскільки воно є чудовим джерелом якісних білків, жирів, вуглеводів, вітамінів і мінералів [1]. Згідно з науково обґрунтованими нормами молоко та молочні продукти повинні складати третю частину в харчовому раціоні людини, тому надзвичайно важливо забезпечувати їх якість. Фальсифіковане молоко не тільки має неповноцінну харчову якість, але й може завдати економічних втрат споживачеві, бути небезпечним для його здоров'я [2—4]. Контроль якості та безпечності молока на молокозаводах України за державними стандартами (ДСТУ) проводиться з використанням фізичних (вимірювання густини, жиру, вмісту вологи та сухого залишку, термостійкості), хімічних (визначення вмісту нітрогену, пероксидази, титрованої кислотності та деяких інших речовин) та фізико-хімічних методів (вміст білка, фосфору, лактози тощо). Одержані дані дають змогу визначати склад молока, але питання виявлення фальсифікації молока є надзвичайно складним, адже на його склад впливають дуже багато чинників: ареал худоби, клімат і пори року, індивідуальні відмінності між тваринами, стадії лактації, ступінь термічної обробки молока тощо [5]. Крім того, за стандартними методиками, які використовують у лабораторії, не можна, наприклад, гарантовано відрізнити відновлене молоко від натурального чи знайти у свіжому молоці добавку сухого [6]. Невирішеним залишається також питання визначення автентичності молока, зокрема з якої країни продукт, які корми одержувала худоба та чи дійсно заявлений продукт є екологічно чистим [7]. Слід зазначити, що в українських наукових публікаціях практично відсутні системні дослідження цієї проблеми і відповідні експериментальні роботи, тому огляд сучасних аналітичних методів виявлення фальсифікації молока є актуальною проблемою.

Мета дослідження: провести аналітичний огляд сучасних методів виявлення різних способів фальсифікації молока, порівняти їхні характеристики та обрати максимально придатні й універсальні аналітичні процедури.

Матеріали і методи. Розглянуто способи фальсифікації молока, а також літературні джерела, у яких описані методи виявлення фальсифікації. Проведено аналіз, обробку й узагальнення наукової інформації з теми дослідження.

Результати дослідження. Проблема фальсифікації харчової продукції досить гостро стоїть для українського ринку. При цьому головні позиції в антирейтингу підробок традиційно займають молоко та молочні продукти [2].

Фальсифікація молока-сировини, що виробляється в господарствах населення, може здійснюватися безпосередньо селянами, а також заготівельниками, які збирають і доставляють його на молокопереробні підприємства. Це відбувається через складність забезпечення належного контролю за виробництвом молока в приватному секторі. Водночас, з метою одержання неправомірних прибутків, сфальсифікованим може бути молоко, що виробляється на підприємствах молочної промисловості, зокрема на невеликих молокозаводах. Непоодинокими для світової практики є випадки використання відновленого молока з подальшим його просуванням як натурального [4]. Також зустрічаються часті випадки підміни одного виду молока іншим, наприклад, більш дорогого козиного молока чи органічного молока на звичайне коров'яче; підміна незбираного молока нормалізованим або навіть знежиреним і заміна молочного жиру жиром рослинного походження. До різновидів якісної фальсифікації молока відноситься: розведення водою; змішування молока з сироваткою молочною; додавання консервантів (таких як формальдегід, бензойна кислота, пероксид гідрогену тощо); додавання багатих нітрогеном речовин для компенсації рівня білка; розкислення молока з підвищеною кислотністю (додавання соди, амоніаку, вапна, крейди, розчину натрій гідроксиду та інших розкислювачів), додавання крохмалю, борошна для збільшення ваги, а також антибіотиків [8]. В останні роки з'явилась інформація, що деякі нечесні індивідуальні сільгосптоваровиробники України додають у молоко навіть миючі засоби (поверхнево-активні речовини) [9]. Це унеможливує одержання з такої «сировини» кисломолочних продуктів і сирів, а про її безпечність навіть не йдеться.

Загалом, для виявлення фальсифікатів харчових продуктів використовують два класи методів — цільові, такі як високоефективна рідинна хроматографія (ВЕРХ) та ВЕРХ з мас-спектрометрією (ВЕРХ-МС), газова хроматографія (ГХ) і, відповідно (ГХ-МС), масова спектрометрія із співвідношенням ізотопів (IRMS), імуноферментний аналіз (ІФА), ядерний магнітний резонанс (ЯМР) та деякі інші методи, про які буде згадано далі, і нецільові, або ж скринінгові методи. Цільові методи переважно застосовують для пошуку конкретних маркерів фальсифікації молочної продукції (жирнокислотний склад, фуразин, триптофан, вода, нітрогенвмісні добавки, амінокислоти, вітаміни, антибіотики тощо), які в поєднанні з хеометричними способами обробки даних [10] можуть бути використані для швидкого пошуку нетипових, підозрілих зразків. Нецільові методи переважно ґрунтуються на методах молекулярної спектроскопії, де вклад у сигнал робить велика кількість сполук, при цьому фіксуються загальні спектральні відмінності між зразками. До нецільових методів можна віднести і органолептичний аналіз.

Високоефективна рідинна хроматографія є одним з аналітичних методів, які використовуються для розділення, ідентифікації та кількісного визначення компонентів у суміші. Компоненти можуть бути розділені шляхом подачі зразка в потік рухомої фази, які проходять через колонку. Різні компоненти проходять через колонку за різний час і взаємодіють із сорбентом (стаціонарна фаза). Залежно від типу фази,

компоненти можуть бути розділені на основі їхньої хімічної природи. За допомогою рідинної хроматографії з тандемною мас-спектрометрією (ВЕРХ-МС-МС) можна визначати мікрокількості нітрогенвмісних сполук, амінокислот, вітамінів [11]. Автори [12] запропонували використовувати метод ВЕРХ для виявлення добавок соєвого, горохового, рисового білка та білка пшениці в молоці. В іншому дослідженні [13] Мотта та співавтори з використанням методу ВЕРХ розробили методики виявлення розбавлення молока сироваткою. В праці [14] з використанням методу ВЕРХ розроблена методика визначення фуринозу, який є одним із показників реакції Маяра для виявлення добавок сухого молока, що, на думку авторів, дало змогу встановити фальсифікацію комерційних зразків молока його відновленням аналогом. Методом ВЕРХ з діодо-матричним детектором можна також визначати антибіотики в молоці [15].

Таким чином, метод високоефективної рідинної хроматографії є надійним методом виявлення можливої фальсифікації молока, проте недоліком цього підходу є складна пробопідготовка зразків і необхідність використання великої кількості стандартів.

Газову хроматографію застосовують для визначення летких компонентів молока — жирів і жирних кислот. Застосування саме методу ГХ дає змогу виявити такий вид шахрайства, як підміну органічного молока звичайним коров'ячим. Колломб із співавторами [16], використовуючи метод газової хроматографії з полум'яно-іонізаційним детектором (GC-FID), встановили, що кількісно вміст насичених жирних кислот органічного і звичайного молока істотно не відрізняються. Проте органічні зразки молока мали значно вищий вміст поліненасичених жирних кислот, ліноленової кислоти і розгалужених жирних кислот, що може бути маркером на підміну молока, заявленого як органічне, звичайним молоком.

Також вміст ненасичених жирних кислот і довголанцюгових жирних кислот ($C>18$), визначених методом ГХ, може бути використаний як один із маркерів для розрізнення проб молока залежно від країни походження [17]. Газову хроматографію можна успішно використовувати і для визначення чистоти молочного жиру [18].

Ще один метод, який дає змогу визначати екологічне та географічне походження молока, є мас-спектрометрія співвідношення стабільних ізотопів (IRMS). Дані щодо розподілу стабільних ізотопів карбону, нітрогену, гідрогену, кисню та сульфору широко застосовуються в США, європейських країнах для завдань, пов'язаних із виявленням фальсифікації продуктів харчування і сировини та їх справжнього регіону походження [19]. Відомо, що ізотопний склад карбону молока (сухий залишок) найбільше відображає дієту тварини. Це означає, якщо взимку корова отримує корм у стійлі, а влітку — на випасі, то ізотопний склад карбону «літнього» та «зимового» молока відрізнятиметься. Якщо молоко, вироблене взимку, має ізотопний склад карбону, притаманний «літньому» молоку, то, ймовірно, воно відновлене із сухого. Проте метод IRMS є одним із найдорожчих аналітичних методів аналізу. Крім того, потрібна велика база даних зразків, щоб їх правильно класифікувати.

Метод імуноферментного аналізу (ІФА, ELISA) дає змогу виявити як різні фракції білків молока або сироватки, так і кількісно та якісно певний цільовий білок (антиген). Використання методу імуноферментного аналізу для виявлення фальсифікації молока представлено в огляді [20].

Одним із найпотужніших і універсальних аналітичних методів, який наразі застосовується для визначення фальсифікації продуктів харчування, є спектроскопія

ядерного магнітного резонансу (ЯМР). В огляді [10] представлена інформація щодо використання ЯМР для ідентифікації та визначення автентичності молока та молочних продуктів. Зокрема, відмічається, що використання ЯМР у поєднанні з хемометричною обробкою даних дало змогу ідентифікувати 39 зразків молока, вироблених у двох сусідніх регіонах Італії, а також в деяких країнах, розташованих у Центральній-Східній Європі. Одержані результати показали, що піки деяких органічних кислот, цукрів і амінокислот можуть бути використані для розрізнення досліджуваних зразків молока з 90% точністю. Також метод ЯМР може бути використаний як експрес-метод для розрізнення свіжовидоєного молока та того, що вже якийсь час зберігалось. Проте, незважаючи на зростаючу популярність серед науковців у галузі харчової науки, спектроскопія ЯМР поки що залишається недостатньо використаною методологією в цій галузі, головним чином через її високу вартість, відносно низьку чутливість та відсутність досвіду роботи з ЯМР у фахівців, які займаються аналізом харчових продуктів.

До цільових методів визначення фальсифікації харчових продуктів відноситься і метод полімеразної ланцюгової реакції (Real-time PCR, qPCR), який дає змогу визначати не тільки присутність цільової нуклеотидної послідовності у зразку, а й вимірювати кількість її копій. У недавньому дослідженні [21] кількісне визначення ДНК видоспецифічного праймера дало змогу ідентифікувати молоко корів, овець і кіз.

Відносно простими і недорогими способами визначення фальсифікації є методи молекулярної абсорбційної та емісійної спектроскопії, а також спектроскопія ближньої ІЧ-області.

ІЧ спектроскопію досить часто застосовують для дослідження фізико-хімічних, функціональних і сенсорних характеристик молочних продуктів, наприклад, у праці [22] розробили метод контролю розмірів колоїдних часток молока для поліпшення виробничих процесів та якості продукту, де за допомогою ультразвукової гомогенізації сирого молока була досліджена варіабельність розподілу розмірів жирових глобул за рахунок розсіювання молока у видимій ділянці спектра та ближній ІЧ. За допомогою спектральних даних з ближньої ІЧ області та їх обробки різними хемометричними методами можна з достатньою точністю кількісно визначати меламін у сухому молоці [23]. У дослідженні [24] проведено калібрування та валідацію компактного обладнання (MilkoScan FT1), яке використовує метод інфрачервоної спектроскопії з перетворенням Фур'є для моніторингу фальсифікацій сирого молока. Майже 2500 зразків молока було використано для побудови еталонного спектра та 1650 зразків — для валідації моделі та виявлення таких заборонених домішок у молоці, як кукурудзяний крохмаль, натрій гідрогенкарбонат, натрій цитрат, формальдегід і сахароза.

Проте поряд із перевагами метод ІЧ-спектроскопії має і деякі недоліки: низька чутливість і низька структурна селективність спектрів ближній ІЧ-області, наявність декількох сигналів, які перекриваються, що ускладнює інтерпретацію спектрів.

Метод молекулярної абсорбційної спектроскопії в ультрафіолетовому та видимому діапазонах (UV–VIS) був використаний для визначення ступеня термічної обробки молока, що описано в [25], де кількісно визначали в зразках ультрапастеризованого молока вміст такого маркера на високотемпературну обробку, як лактулоза, з використанням капілярного зонного електрофорезу для відокремлення від великих концентрацій лактози. Цей метод застосовується для якісного і кількісного

аналізу багатьох груп хімічних сполук, що містять хромофори [26; 27]. Цікавим виявився метод четвертих похідних спектрів поглинання, що був застосований для визначення асортиментної фальсифікації ультрапастеризованого молока сироваткою [28]. Метод полягав у визначенні співвідношення білка до загального казеїну, яке змінюється під час термічної обробки молока.

Наразі все більшої популярності набуває метод молекулярної емісійної спектроскопії (флуоресцентна спектроскопія). Флуоресцентні методи дослідження більш чутливі, ніж абсорбційна спектроскопія. Також спектри флуоресценції більш специфічні, ніж спектри інших спектроскопічних методів, оскільки флуоресцентні сполуки дуже чутливі до оточення (матриці). Для надійної реєстрації параметрів флуоресценції достатня набагато менша кількість речовини, що актуально для визначення багатьох маркерів у молоці і взагалі в харчових продуктах. Флуоресценція може бути використана для характеристики конформаційних змін, що відбуваються в різних умовах виробництва молочної продукції [29]. Метод базується на визначенні амінокислот, які зазнають змін під час термічної обробки молока, зокрема триптофану, та виявленні речовин, що утворюються в результаті реакції Маяра.

У [30] для оцінки ступеня термічної обробки молока запропоновано використовувати флуоресценцію продуктів реакції Маяра і розчинного триптофану (FAST). Індекс FAST являє собою відношення інтенсивності флуоресценції продуктів реакції Маяра до інтенсивності флуоресценції триптофану в молочній фракції при рН 4,6 після осадження білка.

В дослідженні [31] висловлене припущення, що за індексом FAST можна виявити до 5% відновленого молока у свіжому молоці. Проте в інших дослідженнях, де використовувалися модельні системи, було встановлено, що на вихід флуоресценції продуктів реакції Маяра впливає не тільки ступінь термічного оброблення, але й інші параметри, зокрема, рН та сольовий склад [32]. Проведені дослідження [8] показали, що виміряні значення флуоресценції триптофану, продуктів реакції Маяра і розрахований індекс FAST можуть бути маркером тільки на натуральне незбиране молоко. Для виявлення відновленого молока або можливої фальсифікації пастеризованого молока відновленим молоком необхідно долучати додаткові дослідження. Такий же висновок роблять і автори праці [33], які вважають, що жоден флуоресцентний індикатор не може бути універсальним для виявлення ступеня термічної обробки молока, якщо він не пов'язаний з іншими маркерами.

Слід зазначити, що особливістю переважної більшості описаних методів є те, що досліднику досить часто доводиться мати справу з обробкою масиву багатовимірних експериментальних даних, одержаних у результаті аналізу. При обробці таких даних неминучим стає застосування хемометричних методів, про що відмічалось у багатьох дослідженнях. Тому сучасна стратегія виявлення фальсифікації харчових продуктів полягає в тому, щоб використати хемометричні інструменти обробки одержаних даних для якісної і достовірної класифікації досліджуваних зразків [34].

Висновки. Виявлення можливих фальсифікатів у молоці є складним завданням, адже на існуючі маркери фальсифікації впливають біологічні, кліматичні, агрономічні фактори. Крім того, технологічна обробка молока може також кардинально змінити композицію маркерів фальсифікації. В останні роки основними методами аналізу молока стали хроматографічний аналіз, імуноферментний аналіз, мас-спектрометрія із співвідношенням ізотопів, ядерний магнітний резонанс та різні спектроскопічні методи. Проведений аналітичний огляд показав, що критеріями вибору

того чи іншого методу повинна бути придатність методу для досягнення поставленої мети, його універсальність і чутливість аналізу. Важливою складовою є також вартість дослідження, тому наразі завдання вітчизняних науковців і фахівців галузі полягає в тому, щоб розробити прості та економічно обґрунтовані методи виявлення фальсифікації молока, які можуть бути використані з високим ступенем достовірності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Park, Young W. Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health / Young W. Park, George F. W. Haenlein // John Wiley & Sons Ltd. 2013. 700 p.
2. Чесна розмова про молочний фальсифікат: в чому небезпека та як запобігти? Режим доступу: <https://agravery.com/uk/posts/show/cesna-rozmova-pro-molocnij-falsifikat-v-comu-nebezpeka-ta-ak-zapobigti>.
3. Сичов, М. І. Питання якості, натуральності і токсикології молочних продуктів / М. І. Сичов // Харчова наука і технологія. 2015. Т. 9, №4. С.62—67.
4. Handford, Caroline E. Impacts of Milk Fraud on Food Safety and Nutrition with Special Emphasis on Developing Countries. / Caroline E. Handford, Katrina Campbell, Christopher T. Elliott Comprehensive // Reviews in Food Science and Food Safety. 2016. Vol. 15, Is. P. 130—142.
5. Chandan, Ramesh C. Dairy Processing and Quality Assurance. / Ramesh C. Chandan, Arun Kilaa, Nagendra P. Shah. // John Wiley & Sons. Second Edition. 2015. 696 p.
6. Іщенко, В. М. Використання флуоресцентної спектроскопії та ультразвукового аналізу для ідентифікації молочної продукції / В. М. Іщенко, Н. П. Квітківська, О. В. Кочубей-Литвиненко та ін. // Methods Objects Chem. Anal. 2018. 13 (3). P. 131—135.
7. Danezis, Georgios P. Food authentication: Techniques, trends & emerging approaches / Georgios P. Danezis, Aristidis S. Tsagkaris, Federica Camin [at al]. Trends in Analytical Chemistry. 2016. Vol. 85, Part A. P. 123—132.
8. Nascimento, Carina F. Recent advances on determination of milk adulterants. / Carina F. Nascimento, Poliana M. Santos, Edenir Rodrigues Pereira-Filho [at al] // Food Chemistry. 2016. № 221. P. 1232—1244.
9. Миючі засоби в молоці: підробку на смак не відрізнити. Режим доступу: <http://novosti.kr.ua/2021/06/myuchi-zasoby-v-moloci-pidrobku-na-smak-ne-vidriznyty/>.
10. Kamal, M. Analytical methods coupled with chemometric tools for determining the authenticity and detecting the adulteration of dairy products: A review / M. Kamal, R. Karoui // Trends in Food Science & Technology. 2015. Vol. 46. P. 27—48.
11. Abernethy, Grant. Rapid detection of economic adulterants in fresh milk by liquid chromatography-tandem mass spectrometry / Grant Abernethy, Kerianne Higgs // Journal of Chromatography. 2013. A1288 P. 10—20.
12. Jablonski, J. E. Nontargeted detection of adulteration of skim milk powder with foreign proteins using UHPLC-UV / J. E. Jablonski, J. C. Moore, J. M. Harnly // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2014. 62. P. 5198—5206.
13. Motta, T. M. C. Detection and confirmation of milk adulteration with cheese whey using proteomic-like sample preparation and liquid chromatography-electrospray-tandem mass spectrometry analysis / T. M. C. Motta, R. B. Hoff, F. Barreto [at al] // Talanta. 2014. Vol. 120. P. 498—505.
14. Renterghem, Roland Van. Furosine in Consumption Milk and Milk Powders / Roland Van Renterghem, Jan De Block // Elsevier. 1996. Vol. 6. P. 371—382.
15. Kumar, Atul. Determination of antibiotic residues in bovine milk by HPLC-DAD and assessment of human health risks in Northwestern Himalayan region, India. / Atul Kumar, Ashok Kumar Panda, Neelam Sharma // Journal of Food Science and Technology. 2022. Vol. 59. P. 95—104.
16. Collomb, M. Fatty acid composition of mountain milk from Switzerland: Comparison of organic and integrated farming systems. / M. Collomb, W. Bisig, U. Bütikofer [at al] // International Dairy Journal. 2008. Vol. 18. P. 976—982.
17. Gaspardo, B. Use of milk fatty acids composition to discriminate area of origin of bulk milk. / B. Gaspardo, A. Lavrencic, A. Levart [at al] // Journal of Dairy Science. 2010. Vol. 93. P. 3417—3426.

18. ISO 17678:2010 (IDF 202:2010) Milk and milk products. — Determination of milk fat purity by gas chromatographic analysis of triglycerides (Reference method).
19. Bostic, Joshua N. Carbon and nitrogen stable isotopes in U. S. milk: Insight into production process. / Joshua N. Bostic, William M. Hagopian, A. Hope Jahren // *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 2018. Vol. 32, Is. 7. P. 561—566.
20. Poonia, Amrita. Detection of adulteration in milk: A review. / Amrita Poonia, Alok Jha, Rajan Sharma [at al] // *International Journal of Dairy Technology*. 2017. Vol. 70, No 1. P. 23—42.
21. Giglioti, Rodrigo. Detection and quantification of adulteration in milk and dairy products: A novel and sensitive qPCR-based method. / Rodrigo Giglioti, Hiago Polli, Bianca Taina Azevedo [at al] // *Food Chemistry: Molecular Sciences*. 2022. Vol. 4. 30 July.
22. Aernouts, Ben. Effect of ultrasonic homogenization on the Vis/NIR bulk optical properties of milk / Ben Aernouts, Robbe Van Beers, Rodrigo Watté, Tjebbe Huybrechts // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2015 Vol. 126. P. 510—519.
23. Huang, Yue. Distribution assessment and quantification of counterfeit melamine in powdered milk by NIR imaging methods / Yue Huang, Kuangda Tian, Shungeng Min // *Food Chemistry*. 2015 Vol. 177. P. 174—181.
24. Barbosa, Coitinho Tatiane. Adulteration identification in raw milk using Fourier transform infrared spectroscopy // Tatiane Barbosa Coitinho, Laerte Dagher Cassoli, Pedro Henrique Ramos Cerqueira [at al] // *Journal of Food Science and Technology*. 2017. Vol. 54(8). P. 2394—2402.
25. De Oliveira Neves Leandra Natália. Lactulose determination in UHT milk by CZE-UV with indirect detection / Leandra Natália de Oliveira Neves, Rafael Marques, Paulo Henrique Fonseca da Silva [at al] // *Food Chemistry*. 2018 Vol. 258. P. 337—342.
26. Kus, S. Derivative UV-vis spectroscopy in analytical chemistry / S. Kus, Z. Marczenko, N. Obarski // *Chem. Anal.* 1996. № 41. P. 899—927.
27. Karpińska, J. Derivative spectrophotometer — recent applications and directions of developments // *Talanta*. 2004. Vol. 64. P. 801—822.
28. Miralles, Beatriz. Determination of whey protein to total protein ratio in UHT milk using fourth derivative spectroscopy / Beatriz Miralles, Begona Bartolome, Mercedes Ramos // *International Dairy Journal*. 2000. Vol. 10. P. 191—197.
29. Shaikh, S. Applications of fluorescence spectroscopy in dairy processing: a review / S. Shaikh, C. O'Donnell // *Current Opinion in Food Science*. 2017. Vol. 17. P. 16—24.
30. Birlouez-Aragon, I. A rapid fluorimetric method to estimate the heat treatment of liquid milk // I. Birlouez-Aragon, M. Nicolas, A. Metais [at al] // *International Dairy Journal*. 1998. Vol. 8. P. 771—777.
31. Rong-fa, Guan. Use of fluorometry for determination of skim milk powder adulteration in fresh milk / G. Rong-fa, L. Dong-hong, Y. Xing-qian // *Journal of Zhejiang University Science*. 2005. Vol. 6B (11). P. 1101—1106.
32. Matiacevich, S. B. A critical evaluation of fluorescence as a potential marker for the Maillard reaction / S. B. Matiacevich, M. Pilar Buera // *Food Chemistry*. 2006. Vol. 95. P. 423—430.
33. Feinberg, M. Evaluation of tracers for the authentication of thermal treatments of milks / M. Feinberg, D. Dupont, T. Efstathiou [at al] // *Food Chemistry*. 2006. Vol. 98. P. 188—194.
34. Rodionova, O. Ye. Chemometric tools for food fraud detection: The role of target class in non-targeted analysis / O. Ye. Rodionova, A. L. Pomerantsev // *Food Chemistry*. 2020. Vol. 317. 126448.

УДК 637.146.34

STUDY OF THE FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF STARCH MOLASSES IN YOGURT

O. Ivashchenko, G. Polishchuk

National University of Food Technologies

Key words:

yogurt,
starchmolasses,
milk-proteincurd,
consistency,
syneresis

Article history:

Received 04.10.2022

Received in revised
form 15.10.2022

Accepted 16.12.2022

Corresponding author:

olivasha25@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of the research is to study the functional and technological properties of molasses from cornstarch as part of drinking low-fat classic yogurt and yogurt with probiotics. The object of research is low-fat yogurt technology. Starch molasses as products of destruction of cornstarch are multifunctional ingredients that are a source of dry substances, sweeteners, thickeners, and structural stabilizers in food systems. To confirm the possibility of their use in the composition of drinkable low-fat yogurt obtained by the tank method, samples of this product. The dependence of fermentation time, conditional viscosity and moisture-retaining capacity of low-fat yogurt on the degree of saccharification of starch molasses was established.

The greatest structuring and stabilizing ability of caramel molasses and glucose syrup has been proven. A slight inhibition of the milk fermentation process was revealed in the presence of higher sugars in the composition of these molasses, which is enough to add them to the prepared milk before fermentation and fermentation. Instead, glucose-fructose syrup can be recommended only as a sweetener, which practically does not affect the activity of lactic acid bacteria and does not show a structuring effect in the composition of yogurt. According to the results of a comprehensive study of the organoleptic and physico-chemical indicators of yogurt with starch products, starch molasses (glucose syrup) IG-42 can be recommended for wide practical use in its composition, which, with the complete replacement of dry skimmed milk and sugar with molasses IG-42, ensures consistently high quality finished product.

The possibility of using caramel molasses or glucose syrup brand IG-42 in the composition of low-fat classic yogurt and yogurt with probiotics in the amount of 9% (in terms of dry matter) to replace the equivalent content of sugar and dry skimmed milk without reducing the level of quality indicators of the finished product.

According to the balanced ratio between the moisture-retaining capacity and the complex of organoleptic quality indicators, the best functional and technological properties in the recipe composition of low-fat classic yogurt and yogurt with probiotics are revealed by IG-42 starch molasses, which performs the functions of a sweetener, thickener and structure stabilizer.

The feasibility of using IG-42 molasses in the composition of drinking classic yogurt and yogurt with probiotics to replace sugar and skimmed milk powder has been scientifically confirmed.

DOI: 10.24263/2225-2916-2022-31-32-7

ВИВЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КРОХМАЛЬНОЇ ПАТОКИ У СКЛАДІ ЙОГУРТУ

О. М Іващенко, аспірант

Г. Є. Поліщук, д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено можливість застосування крохмальної патоки у складі йогурту питного нежирного. Підтверджено позитивний вплив патоки карамельної і глюкозного сиропу марки ІГ-42 на показники якості йогурту нежирного класичного виду та біойогурту. Встановлено, що патока у кількості 9% у перерахунку на сухі речовини практично не впливає на час сквашування молока. За показниками вологоутримувальної здатності комплексом органолептичних показників йогурту нежирного класичного і йогурту нежирного з пробіотиками встановлено, що найкращі функціонально-технологічні властивості виявляє глюкозний сироп марки ІГ-42.

Ключові слова: йогурт, патока крохмальна, молочно-білковий згусток, консистенція, синерезис.

Постановка проблеми. Підвищений попит на йогурти мотивує виробників впроваджувати прогресивні способи їх виробництва та застосовувати функціонально-технологічні інгредієнти. Однією з найважливіших технологічних операцій у виробництві кисломолочних напоїв, яка обумовлює їх високу якість, є сквашування нормалізованої суміші, в результаті чого утворюється молочно-білковий згусток. Водночас одержати характерний для йогурту щільний згусток можна лише за умови високого вмісту білків у молоці-сировині в сполученні зі стабілізаторами або сухим знежиреним молоком [1]. Вказані інгредієнти за високої вологоутримувальної здатності знижують синерезис згустку, загущують йогурт і зберігають його споживчі властивості впродовж гарантованого строку зберігання. Однак стабілізатори структури, які, зазвичай, є полісахаридами або продуктами їх хімічної модифікації, доволі високовартісні та не володіють харчовою цінністю, а сухе знежирене молоко не є достатньо ефективним з технологічної точки зору, оскільки містить за масою лише до однієї третини технологічно-функціонального білка [2]. Відносно низький вміст білка в сухому знежиреному молоці й обумовлює необхідність його застосування у складі йогурту питного в кількості 2—4%, а в складі йогурту грецького його вміст досягає навіть 10% [3]. Натуральні структуруючі інгредієнти, які широко застосовують у харчовій промисловості, зокрема середньо- та низькоосахарована крохмальна патока, можуть водночас виконувати у складі йогурту структуруючу і підсолоджуючу функції [4].

Продукти ферментативної деструкції крохмалю також широко використовують і для повної або часткової заміни цукру в продуктах десертного призначення та у складі фруктових наповнювачів. Певний баланс між цукром і патокою надає можливість підсилити аромат фруктових наповнювачів за наявності фруктози та дещо зменшувати солодкість готового продукту. Крім того, моносахариди (глюкоза і фруктоза) знижують рівень активності води у харчових системах, що сприяє подовженню гарантованого строку придатності до зберігання харчових продуктів [5].

Патока з низьким декстрозним еквівалентом (ДЕ) спроможна частково нівелювати вади смаку, запаху і консистенції йогурту за низького вмісту сухих речовин молока, зокрема молочного жиру. Декстрини у складі такої патоки зв'язують воду і

структурують харчові системи, а моносахариди можуть також впливати і на процес молочнокислого бродіння [6]. Ще однією з переваг застосування крохмальної патоки (сиропів) у харчових технологіях є їхня мікробіологічна чистота, що зумовлена застосуванням в технологічному циклі виробництва фільтрування через мікробіологічні фільтри з порами розмірами 0,45 мкм [7].

Отже, можна зробити висновок, що крохмальні патоки (сиropи) є поліфункціональними інгредієнтами. Сиропи з високим ДЕ та вмістом солодких моносахаридів можуть підсолоджувати продукти десертного призначення та підсилювати аромат наповнювачів. Натомість глюкозні сиропи з низьким ДЕ і високим вмістом декстринів (цукрів з полімеризацією 4 і вище) можуть певним чином компенсувати брак сухих речовин молока, у тому числі молочного жиру, і стабілізаторів структури. Саме тому важливо обрати крохмальну патоку, яка містить моносахариди і декстрини за такого співвідношення, який дасть змогу цілеспрямовано впливати на формування властивих для йогуртів показників якості.

Перші спроби вітчизняних учених щодо застосування патоки карамельної (ДЕ=30), глюкозного сиропу П-42 (ДЕ=38—42) та глюкозно-фруктозного сиропу ГФС-42 (ДЕ=97) у складі йогурту з масовою часткою жиру 1,5% довели технологічну доцільність застосування саме низькоосахарованої патоки [4]. Перспективність такого напрямку досліджень очевидна, але подальший його розвиток відсутній. Так, не досліджено вплив крохмальної патоки різного ступеня осахарованості на органолептичні та фізико-хімічні показники йогурту нежирного. Також не вивчено особливості формування показників якості йогурту з патоками різного ступеня осахарованості в разі застосування заквашувальних препаратів, які містять *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus* для одержання йогурту класичного і *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* — для одержання йогурту з пробіотиками. Не визначено раціональний вміст сухих речовин крохмальної патоки у складі йогурту нежирного для подальшого застосування результатів дослідження в процесі розробки базових рецептур нових видів ферментованих напоїв.

За підвищеного попиту сучасних споживачів на низькокалорійні питні йогурти, для формування густої консистенції яких застосовують стабілізатори структури або сухе знежирене молоко, пошук альтернативних функціонально-технологічних інгредієнтів є надзвичайно важливим завданням для науковців і практиків.

Тому **метою дослідження** є вивчення можливості застосування крохмальної патоки різного ступеня осахарованості як загущувача, підсолоджувача і вологозв'язувального агента у складі йогурту нежирного питного, одержуваного із застосуванням заквасок класичного складу і з пробіотиками.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- дослідити можливість використання у складі йогурту нежирного питного крохмальної патоки різного ступеня осахарованості у кількості 9% (у перерахунку на сухі речовини), що еквівалентно сукупному вмісту цукру і сухого знежиреного молока в йогурті традиційного виду;
- вивчити особливості процесу сквашування і формування фізико-хімічних показників йогуртів з крохмальною патокою, зокрема йогурту класичного, одержаного із застосуванням закваски традиційного складу (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*), і біойогурту на заквасці з пробіотиками (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*);

- обрати для подальшої розробки нових базових рецептур йогурту питного нежирного патоку, яка виявляє найкращі функціонально-технологічні властивості.

Матеріали і методи. Дослідні зразки йогурту нежирного готували відповідно до чинних технологічних інструкцій і вимог ДСТУ 4343: 2004 «Йогурти. Загальні технічні умови». Як контрольні зразки обрано рецептури йогуртів нежирних (м. ч. ж. 0,05 і 1,0%) зі сталим вмістом сухого знежиреного молока (4%) і цукру (5%). Паралельно готували по три зразки йогурту класичного і йогурту з пробіотиками жирністю 0,05% і 1,0%, в яких замість цукру і сухого знежиреного молока (СЗМ) застосовували крохмальну патоку з різним декстрозним еквівалентом — патоку карамельну низькоосахаровану (ДЕ=30), патоку глюкозну високоосахаровану ІГ-42 (ДЕ=42) та глюкозно-фруктозний сироп ГФС (ДЕ=97).

Для дотримання балансу за вмістом сухих речовин у складі зразків йогурту враховували, що рідка крохмальна патока (сиропи) (виробник — ПрАТ «Дніпровський крохмале-патоковий комбінат», Україна) містять не менше 78% сухих речовин відповідно до ДСТУ 4498:2005. Сталою для всіх зразків йогурту десертного з урахуванням вмісту цукру була прийнята масова частка сухого знежиреного залишку не нижче 16,6%.

Зразки йогурту сквашували двома видами йогуртової закваски прямого внесення на чистих культурах молочнокислих мікроорганізмів (виробники — ТМ «Іпровіт» Інститут продовольчих ресурсів НААН та ТОВ «Віво-Актив»):

- закваскою для класичного йогурту (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*);

- закваскою для йогурту з пробіотиками (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*).

Нормалізовані суміші заквашували активованою закваскою і сквашували за температури 41 ± 1 °C до досягнення значення титрованої кислотності згустку не нижче 80 °T. Перед заквашуванням бактеріальні препарати активували у частині знежиреного молока, що входить до складу рецептур, впродовж 2 год за температури сквашування.

Дослідні зразки містили 9% сухих речовин патоки з різним ДЕ. Так, для проведення дослідження виготовляли такі зразки класичного йогурту із застосуванням закваски *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*:

- контрольні зразки № 1—2 з різним вмістом жиру (№ 1 — 0,05%; № 2 — 1,0%) і сталим вмістом СЗМ (4%) та цукру (5%);

- дослідні зразки № 1—3 жирністю 0,05% з масовою часткою сухих речовин 9% ПК (№ 1), ІГ-42 (№ 2), ГФС (№ 3) без СЗМ і цукру;

- дослідні зразки № 4—6 жирністю 1,0% з масовою часткою сухих речовин 9% ПК (№ 4), ІГ-42 (№ 5), ГФС (№ 6) без СЗМ і цукру.

Для дослідження йогурту з пробіотиками виготовляли такі зразки із застосуванням закваски *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*:

- контрольні зразки № 3—4 з різним вмістом жиру (№ 3 — 0,05%; № 4 — 1,0%) і сталим вмістом СЗМ (4%) та цукру (5%);

- дослідні зразки № 7—9: йогурти жирністю 0,05% з масовою часткою сухих речовин 9% ПК (№ 7), ІГ-42 (№ 8), ГФС (№ 9) без СЗМ і цукру;

- дослідні зразки № 10—12: йогурти жирністю 1,0% з масовою часткою сухих речовин 9% ПК (№ 10), ІГ-42 (№ 11), ГФС (№ 12) без СЗМ і цукру.

Титровану кислотність визначали загальновідомим титриметричним способом

шляхом нейтралізації кислот, які знаходяться в продукті, розчином гідроксиду натрію та ідентифікації точки еквівалентності.

Умовну в'язкість перемішаних до гомогенного стану зразків йогурту за температури 20 °C вимірювали за допомогою віскозиметра ВЗ-246.

Вологоутримувальну здатність визначали фільтруванням 100 см³ кисломолочних згустків через паперовий фільтр та вимірюванням об'єму відділеної сироватки у см³ впродовж 30 хвилин.

Загальну кількість бактерій МАФAM та життєздатних молочнокислих мікроорганізмів визначали за допомогою приладу для підрахунку колоній СКМ-1 та світлового мікроскопа.

Органолептичні властивості зразків йогурту оцінювали шляхом сенсорного профілювання за п'ятибальною описовою шкалою відповідно до стандартного методу ISO [EN ISO 13299:2016]. Були передбачені такі індивідуальні сенсорні (органолептичні) атрибути: зовнішній вигляд і консистенція, колір, смак, запах, які оцінювали за п'ятибальною описовою шкалою від 1 до 5. Тестували інтенсивність кожного сенсорного атрибута, де за 1 приймали відсутність цього атрибута, а за 5 — атрибут максимальної інтенсивності. Оцінки за п'ятибальною шкалою відмічали на осях діаграм та отримували сенсорні профілі зразків. Розподіл коефіцієнтів вагомості за 25-бальною шкалою наведений у табл. 1.

Таблиця 1. Розподіл коефіцієнтів вагомості у 25-бальній системі для оцінювання органолептичних показників якості зразків йогурту

Показник	Балові оціночні шкали	Коефіцієнт вагомості
Консистенція	5,0	0,3
Смак	5,0	0,3
Аромат	5,0	0,2
Зовнішній вигляд	5,0	0,1
Колір	5,0	0,1
Сума	25,0	1,0

Застосування 25-бальної системи передбачало таке диференціювання зразків йогурту за оцінкою рівня якості та загальним зваженим балом: 21—25 балів — відмінний; 16—20,9 бала — добрий; 11—15,9 бала — задовільний; 6—10,9 бала — поганий (практично неприйнятний); менше 6 балів — дуже поганий (неприйнятний).

Сенсорні властивості зразків йогурту аналізували після виготовлення і після 14 днів зберігання.

Обробку статистичних даних проведено за допомогою програми Statistika 10, побудову діаграми здійснено у Microsoft Excel 2016.

Результати дослідження. Результати впливу видового складу закваски і наявності жиру в молочних сумішах на час їх сквашування наведено в табл. 2. За час сквашування приймали тривалість досягнення заквашеними молочними сумішами титрованої кислотності не нижче 80 °T відповідно до вимог чинних технологічних інструкцій щодо мінімальних значень титрованої кислотності для йогуртів.

Відповідно до табл. 2, загальні закономірності зміни тривалості процесу сквашування зразків різної жирності різними за складом заквасками в цілому подібні.

Таблиця 2. Тривалість досягнення заквашеними зразками йогурту титрованої кислотності 80 °Т, n=3; P≥0,95

Види зразків	Час сквашування, год			
	йогурт класичний		йогурт з пробіотиками	
	м. ч. ж. 0,05%	м. ч. ж. 1,0%	м. ч. ж. 0,05%	м. ч. ж. 1,0%
Контрольні	4,15±0,21	4,2±0,20	3,9±0,19	4,0±0,20
Зразки з ПК	4,7±0,16	4,9±0,22	4,5±0,23	4,6±0,21
Зразки з ІГ-42	4,5±0,18	4,7±0,21	4,3±0,20	4,4±0,19
Зразки з ГФС	3,8±0,19	4,1±0,19	3,6±0,17	3,7±0,18

Дещо активнішою виявилася закваска з пробіотиками, що пояснюється наявністю в її складі активного термофільного кислотоутворювача — ацидофільної палички. Також зрозумілим є незначне скорочення часу сквашування для сумішей жирністю 0,05% порівняно із сумішами 1% жирності, оскільки наявність жиру дещо гальмує молочнокислий процес. Що стосується впливу крохмальної патоки на швидкість процесу сквашування, то для обох видів йогурту найбільше гальмування життєдіяльності молочнокислих мікроорганізмів характерне для низькоосахарованої карамельної патоки, що також підтверджується результатами досліджень Т. Марченко і Г. Поліщук для систем жирністю 1,5% [4]. Ця закономірність пояснюється наявністю у складі ПК достатньої кількості декстринів, які ефективно зв'язують воду як середовище життєдіяльності мікроорганізмів. У той же час присутність моносахаридів у складі ГФС активує молочнокислі бактерії, що скорочує час сквашування молочних сумішей. Одержані результати будуть враховані у подальших дослідженнях як обґрунтування технологічних режимів виробництва йогурту нежирного з патокою різного ступеня оцукрення.

Умовну в'язкість згустків дослідних зразків йогурту наведено на рис. 1 а, б.

Відповідно до рис. 1, найбільшу структуруючу здатність виявляє карамельна патока з низьким ДЕ, що пояснюється наявністю у її складі декстринів. Глюкозний сироп ІГ-42 виявляє меншу структуруючу здатність, але наближається за цим показником до патоки карамельної. Водночас умовна в'язкість йогурту з ПК не тільки не перевищує, але й не досягає значень цього показника для контрольних зразків, оскільки молочні білки у складі сухого молока в контрольних зразках беруть участь у формуванні молочно-білкового згустка, що суттєво зміцнює його. Але сухе молоко у складі йогурту в кількості до 4% впливає на собівартість йогурту, що доводить необхідність подальшого вивчення можливого сполучення крохмальної патоки з іншими, дешевшими структуруючими інгредієнтами з урахуванням економічної складової. Що стосується ГФС, слід відзначити не тільки відсутність структуруючої здатності цього сиропу, але й розріджувальну дію на молочно-білковий згусток, що особливо виражено у зразках йогурту класичного. Так, умовна в'язкість йогурту з ГФС, незалежно від вмісту жиру, знижується майже удвічі, порівняно з контрольними зразками, що є неприпустимим для цього продукту. Тому можна констатувати, що ГФС у складі йогурту може виконувати лише роль підсолоджувача і джерела сухих речовин.

На наступному етапі досліджено ступінь синерезису йогурту з різними видами крохмальної патоки. Відомо, що ПК містить до 70% вищих цукрів, ІГ-42 — до 58%, а ГФС — від 1 до 10% [8].

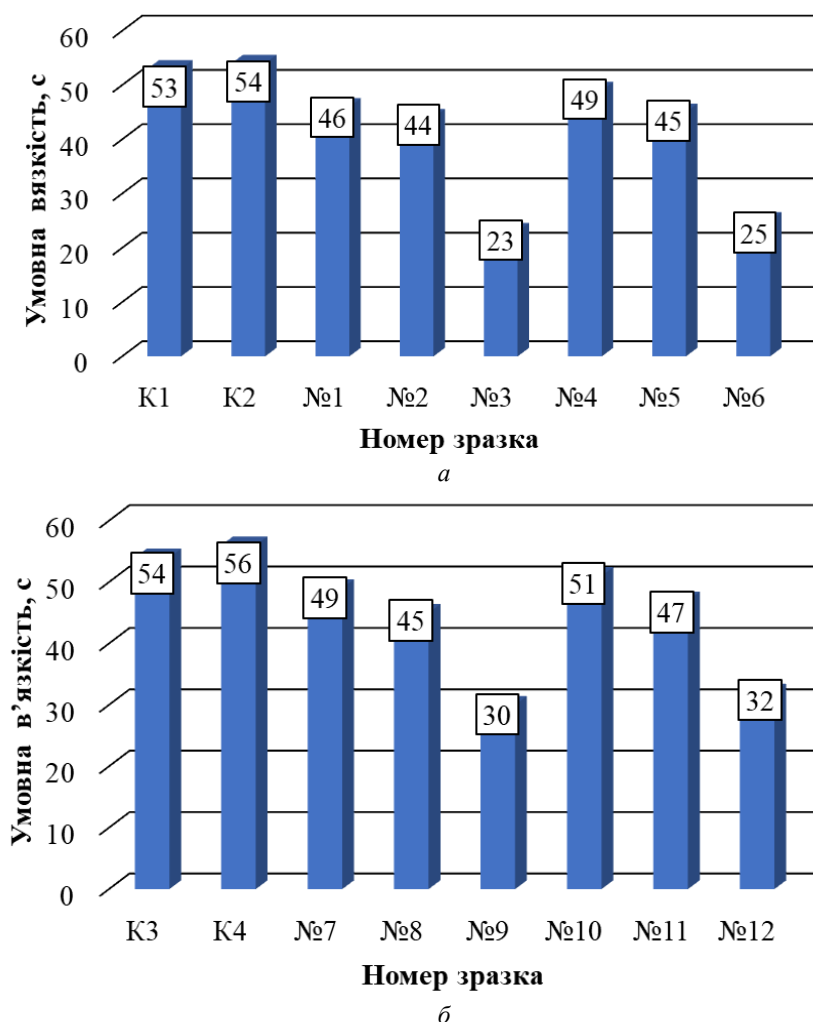


Рис. 1. Умовна в'язкість зразків йогурту класичного (а) і йогурту з пробіотиками (б): K1, K3 — контрольні зразки йогурту 0,05% жирності; K2, K4 — контрольні зразки йогурту 1,0% жирності; 1, 4, 7, 10 — зразки з ПК; 2, 5, 8, 11 — зразки з ІГ-42; 3, 6, 9, 12 — зразки з ГФС

Зважаючи на те, що вищі цукри ефективно зв'язують вологу та виявляють структуруючу здатність, а моно- і дисахариди є ефективними підсолоджувачами, можна передбачити різний вплив цих крохмалепродуктів і на ступінь синерезису молочно-білкових згустків йогурту. Результати перевірки цього припущення наведено на рис. 2.

Отже, відповідно до рис. 2, можна констатувати найсуттєвіше підвищення вологоутримувальної здатності кисломолочних згустків йогурту в присутності патоки карамельної. Менш ефективний за вологоутримувальною здатністю глюкозний сироп ІГ-42. ГФС виявився непридатним для запобігання синерезису згустку й поступається за цим показником навіть контрольним зразкам. Також слід відмітити краще утримування вологи згустком у йогурті з пробіотиками. Цей ефект можна пояснити наявністю в йогурті в'язких екзополісахаридів як продуцентів життєдіяльності ацидофільної палички у складі закваски для пробіотичного йогурту [9].

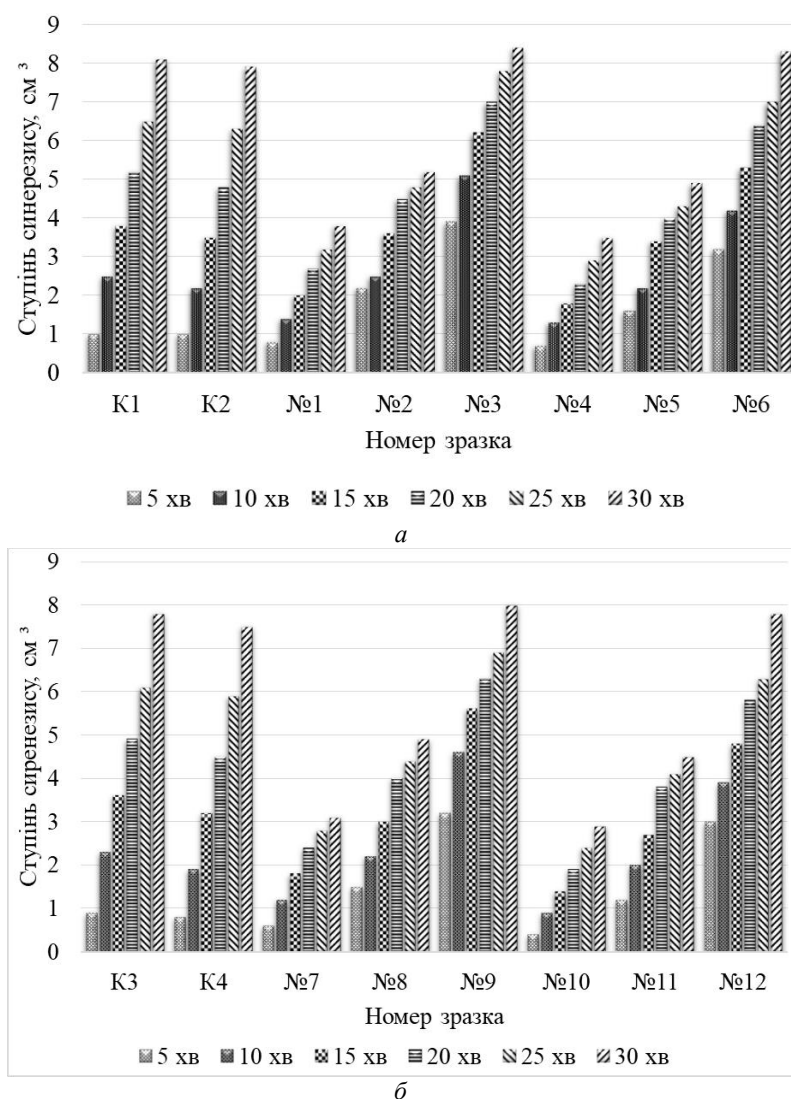


Рис. 2. Вологоутримувальна здатність зразків йогурту нежирного класичного (а) і з пробіотиками (б): K1, K3 — контрольні зразки йогурту 0,05% жирності; K2, K4 — контрольні зразки йогурту 1,0% жирності; 1, 4, 7, 10 — зразки з ПК; 2, 5, 8, 11 — зразки з ІГ-42; 3, 6, 9, 12 — зразки з ГФС

Збільшення відсоткового вмісту декстринів у патоці за зв'язування вільної воло- ги може впливати і на осмотичний тиск, що сприятиме пригніченню життєдіяльно- сті мікрофлори заквасок з відповідним збільшенням часу сквашування, що опосе- редковано доведено в попередній серії експерименту (табл. 1). Високий вміст підсо- лоджуючих компонентів також може пригнічувати життєдіяльність молочнокислих бактерій [10]. Сучасні заквашувальні препарати, зазвичай, містять такі штами мо- лочнокислих бактерій, на активність яких практично не впливає вміст сахарози в діапазоні вмісту від 10 до 15% [11], але вплив моносахаридів на перебіг молочно- кислого процесу все ж потребує перевірки.

Загальну кількість мікроорганізмів і вміст молочнокислих бактерій у йогуртах на

прикладі зразків жирністю 1% з різними видами крохмальної патоки представлено в табл. 3.

Відповідно до табл. 3, зразки йогурту з ПК наприкінці сквашування містили найменшу кількість життєздатних форм молочнокислих бактерій закваски. Це пояснюється високим вмістом вищих цукрів і декстринів і, як наслідок, меншою часткою простих, легкозброджуваних цукрів у поєднанні з підвищеним осмотичним тиском.

Таблиця 3. Загальна кількість мікроорганізмів і молочнокислих бактерій у йогурті 1% жирності з цукром і СЗМ (контроль) та з крохмальною патокою

Зразки йогуртів	Кількість МАФАнМ, КУО в 1 см ³	Кількість життєздатних молочнокислих бактерій, КУО в 1 см ³
Йогурт класичний, м. ч. ж. 1,0%		
Цукор і СЗМ (контроль)	$3,8 \cdot 10^8$	$3,5 \cdot 10^7$
ПК	$3,0 \cdot 10^8$	$2,0 \cdot 10^7$
ПГ-42	$3,7 \cdot 10^8$	$3,0 \cdot 10^7$
ГФС	$3,8 \cdot 10^8$	$3,6 \cdot 10^7$
Йогурт з пробіотиками, м. ч. ж. 1,0%		
Цукор і СЗМ (контроль)	$4,0 \cdot 10^8$	$4,7 \cdot 10^7$
ПК	$3,5 \cdot 10^8$	$3,0 \cdot 10^7$
ПГ-42	$4,0 \cdot 10^8$	$4,0 \cdot 10^7$
ГФС	$4,1 \cdot 10^8$	$4,9 \cdot 10^7$

Найближчими до контрольних зразків з цукром є зразки з ГФС, що містять фруктозу як пробіотик. У разі застосування ПГ-4 спостерігається несуттєве гальмування життєдіяльності молочнокислої мікрофлори, яке все ж наприкінці сквашування досягає в йогурті її мінімально необхідного вмісту (в 1 см³ не менше 10^7 КУО).

На наступному етапі дослідження авторами було зроблене припущення, що органолептичні характеристики йогурту суттєво залежатимуть від декстрозного еквівалента крохмальних патоки. За підвищення ДЕ патока все більше впливатиме на солодкість йогурту з одночасною втратою структуруючої здатності. Результати дослідження, які підтверджують вказані закономірності, наведено на рис. 3 на прикладі йогурту класичного нежирного (м. ч. ж. 0,05%).

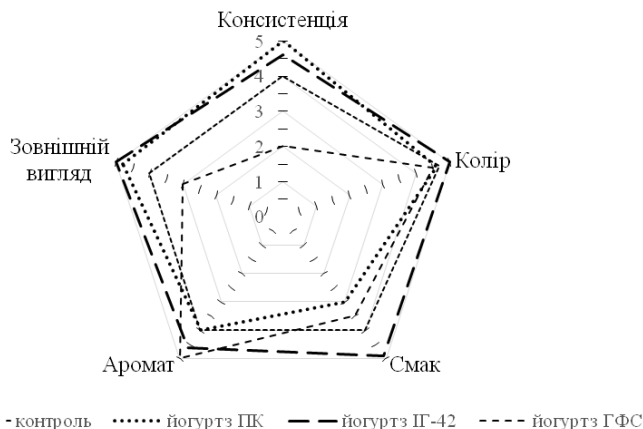


Рис. 3. Профілограма органолептичних показників зразків йогурту класичного нежирного (м. ч. ж. 0,05%) з різними видами крохмальної патоки

Загальний зважений бал органолептичної оцінки зразків йогурту класичного і йогурту з пробіотиками різної жирності та їхній рівень якості наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Загальний зважений бал і рівень якості йогурту класичного та йогурту з пробіотиками різної жирності за результатами органолептичної оцінки

Види зразків	Вид йогурту			
	класичний		з пробіотиками	
	м.ч.ж. 0,05%	м.ч.ж. 1,0%	м.ч.ж. 0,05%	м.ч.ж. 1,0%
Загальний зважений бал				
Контрольні	20,3	21,3	21,8	22,7
Зразки з ПК	20,7	20,9	20,9	21,3
Зразки з ІГ-42	23,8	24,1	24,5	24,8
Зразки з ГФС	15,8	16,5	18,7	20,1
Рівень якості				
Контрольні	добрий	відмінний	відмінний	відмінний
Зразки з ПК	добрий	добрий	добрий	відмінний
Зразки з ІГ-42	відмінний	відмінний	відмінний	відмінний
Зразки з ГФС	задовільний	добрий	добрий	добрий

Відповідно до табл. 4, зразки йогурту з ІГ-42 були найбільш зрівноважені за сукупністю одиничних органолептичних показників. Зокрема, слід відзначити гармонійний баланс між консистенцією, відчуттям солодкості та ароматом йогурту з глюкозним сиропом ІГ-42. Натомість консистенція йогурту з ГФС була незадовільна, а відчуття солодкості надмірне. Зразки йогурту з ПК характеризувалися недостатнім ступенем солодкості.

Також варто зазначити, що підвищення вмісту жиру та застосування закваски для йогурту пробіотичного позитивно впливає на загальне органолептичне сприйняття продукту. Тобто найбільш проблемним є формування належних органолептичних показників саме в йогурті класичному нежирному (м. ч. ж. 0,05%), що потрібно врахувати в подальших дослідженнях.

Усі проаналізовані зразки йогурту не відрізнялися ($P \geq 0,95$) за рівнем якості на 1-й і на 14-й день дослідження.

Отже, науково підтверджено доцільність застосування саме патоки марки ІГ-42 у складі йогурту питного класичного та йогурту з пробіотиками з метою заміни цукру і сухого знежиреного молока. Крохмальну патоку можна вносити у молочну основу до заквашування і сквашування, тому що вона практично не впливає на перебіг молочнокислого процесу.

Перспективи подальших досліджень полягають в оптимізації рецептурного складу йогурту нежирного з патокою ІГ-42.

Висновки. 1. Доведено можливість застосування у складі йогурту нежирного класичного і йогурту з пробіотиками карамельної патоки або глюкозного сиропу марки ІГ-42 у кількості 9% (у перерахунку на сухі речовини) на заміну еквівалентного вмісту цукру і сухого знежиреного молока без зниження рівня показників якості готового продукту.

2. Патока крохмальна карамельна і патока марки ІГ-42 незначно впливають на тривалість процесу сквашування молока, що дає змогу вносити їх у підготовлене молоко до заквашування і сквашування.

3. За збалансованим співвідношенням між вологоутримувальною здатністю та комплексом органолептичних показників якості найкращі функціонально-технологічні властивості в рецептурному складі йогурту нежирного класичного і йогурту з пробіотиками виявляє крохмальна патока марки ПГ-42, яка виконує функції підсолюджувача, загущувача і стабілізатора структури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Lange, I. Technology and factors influencing Greek-style yogurt / I. Lange, S. Mleko, M. Tomczyńska-Mleko, G. Polischuk, P. Janas, L. Ozimek // *Ukrainian Food Journal*. 2020. № 7. С. 7—35.
2. Information and documentation. Technical Specifications for Skommer milk powder // *Commodity codes: DAISMP000*. 2020.
3. De Souza Weysser, F. C. The addition of skim milk powder and dairy cream influences the physicochemical properties and the sensory acceptance of concentrated Greek-style yogurt / Weysser F. C. de Souza, C. R. Souza do Amaral, P.D.L. da Silva Bernardino // *International Journal of Gastronomy and Food Science* 2021. №24. С. 6—29.
4. Марченко, Т. С. Наукове обґрунтування доцільності використання крохмальної патоки у складі йогуртів / Т. С. Марченко, Г. Є. Поліщук // *Наукові праці НУХТ*. 2017. Vol. 23, № 1. С. 240—247.
5. Mc Gregor, J. U. Effect of Sweeteners on Major Volatile Compounds and Flavor of Yogurt / J. U. Mc Gregor, C.H. White // *Journal of Dairy Science*. 1987. Vol. 70, № 9. С. 1828—1834.
6. Parker, K. High fructose corn syrup: Production, uses and public health concerns / K. Parker, M. Salas, V. C. Nwosu // *Biotechnology and Molecular Biology*. 2010. №. 5. С. 71—78.
7. Богданов, Е. Глюкозные, мальтозные и глюкозно-фруктозные сиропы. Функциональные особенности при производстве мороженого и замороженных десертов / Е. Богданов // *Продукты и ингредиенты*. 2008. № 3. С. 76—78.
8. Polischuk, G. Cryoprotective ability of starch syrup in the composition of aromatic and fruit-berry ice cream / G. Polischuk, O. Bass, T. Osmak, N. Breus // *Ukrainian Food Journal*. 2019. Vol. 8, № 2. С. 239—248.
9. Angelin, J. Exopolysaccharides from probiotic bacteria and their health potential / J. Angelin, M. Kavitha // *Int J. // Biol Macromol*. 2020. №16. С. 853—865.
10. Mc Gregor, J. U. Effect of Sweeteners on Major Volatile Compounds and Flavor of Yogurt / J. U. Mc Gregor, C. H. White // *Journal of Dairy Science*. 1987. Vol. 70, № 9. С. 1828—1834.
11. Чагаровский, А. П. Закваски YO-FLEX компании CHR. HANSEN для производства йогурта / А. П. Чагаровский, О. Н. Богач // *Молочная промышленность*. 2003. № 3. С. 8—10.

УДК543.06: 637.2

IMPROVING THE ANALYSIS OF HAZARDOUS FACTORS IN THE PRODUCTION OF GRAIN CHEESE IN CREAM

V. Sidor, S. Usatyuk, O. Tyshchenko, A. Bozhko

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

cream cheese,
dangerous factor,
dangerous factor severity
index,
preventive measures,
HACCP system

Article history:

Received 13.10.2022

Received in revised form
15.12.2022

Accepted 19.12.2022

Corresponding author:

esmeraldo@ukr.net

ABSTRACT

Every domestic consumer has the right to purchase safe food products that do not pose risks of dangerous factors for his life and health. The HACCP system is a preventive tool for controlling dangerous factors. Market operators should consider a rational approach for the systematic identification of hazardous factors and control measures that are important for food safety.

The work is devoted to the improvement of the procedure for identifying dangerous factors in the production of cream cheese. A comparison of the methods of analysis of dangerous factors with the establishment of effective procedures for their identification at all technological stages of food product production, which are based on the assessment of the probability of the occurrence of a dangerous factor and the degree of severity of its consequences, taking into account management measures to prevent the appearance, eliminate or reduce the dangerous factor to the maximum permissible level, was carried out equal.

The purpose of the study is to analyze the methodology for assessing dangerous factors, which is based on a risk-oriented approach, and to improve it by developing new algorithms for determining the level and significance of the risk of dangerous factors exceeding the maximum permissible value. The object of the study was the production technology of cottage cheese in cream. The preventive measures for the identified dangerous factors at all stages of the technological process of the production of cream cheese were analyzed.

As a result of the conducted research, it is proposed to use a unified classification of potential dangerous factors in the production of cottage cheese with cream, according to such criteria as the index of seriousness and probability of impact on the life and health of consumers.

DOI: 10.24263/2225-2916-2022-31-32-8

УДОСКОНАЛЕННЯ АНАЛІЗУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СИРУ ЗЕРНИСТОГО У ВЕРШКАХ

В. М. Сидор, канд. техн. наук

С. І. Усатюк, канд. техн. наук,

О. М. Тищенко,

А. Ю. Божко, аспірантка

Національний університет харчових технологій

Кожен вітчизняний споживач має право на придбання безпечної харчової продукції, яка не несе ризиків небезпечних факторів для його життя та здоров'я. Оператори ринку повинні враховувати раціональний підхід для систематичної ідентифікації небезпечних факторів і заходів контролю, які є важливими для безпечності харчових продуктів.

Проведено порівняння методів аналізу небезпечних факторів із встановлення ефективних процедур їх ідентифікації на всіх технологічних етапах виробництва сиру зернистого у вершках, які ґрунтуються на оцінці ймовірності виникнення небезпечного фактора та ступеня тяжкості його наслідків, з урахуванням заходів керування щодо запобігання появі та зменшення небезпечного фактора до гранично допустимого рівня.

Ключові слова: сир зернистий у вершках, небезпечний фактор, індекс серйозності, запобіжні заходи, система HACCP.

Постановка проблеми. Відповідно до вимог чинного вітчизняного законодавства оператори ринку харчових продуктів зобов'язані розробляти, запроваджувати та ефективно використовувати постійно діючі процедури, які базуються на принципах системи аналізу небезпечних факторів і контролю в критичних точках [1].

Аналіз небезпечних факторів є специфічним для кожного технологічного процесу та потужності, у зв'язку з чим не може бути запозичений в іншого оператора ринку, який виготовляє аналогічні харчові продукти чи здійснює діяльність, пов'язану з ними. Як варіант аналізу небезпечних факторів пропонується попередня розробка переліку небезпечних факторів (біологічних, хімічних, фізичних), які є характерними для цього харчового продукту й етапів технологічного процесу, та визначення їх характеристик чи властивостей.

При аналізі небезпечних факторів враховуються: значимість небезпечного фактора як функція ймовірності його появи та потенційного негативного впливу на здоров'я споживачів, оцінка потенційного негативного впливу, якісна або кількісна оцінка наявності небезпечного фактора, виживання та розмноження патогенних мікроорганізмів і неприйнятне утворення хімічних сполук у харчовому продукті, утворення та стабільність у харчовому продукті токсинів чи інших небажаних сполук метаболізму мікроорганізмів, хімічних речовин, алергенів, фізичних забруднень [2].

Оцінка потенційного негативного впливу проводиться відповідно до знань про вид (природу) харчового продукту й технологічних процесів його виробництва, науково-технічної інформації, передбачуваного способу споживання.

Для оцінки ймовірності виникнення небезпечного фактора використовують інформацію та досвід про випадки небезпечних харчових продуктів, які вже траплялись безпосередньо на потужності чи в інших операторів ринку в регіоні щодо епідеміологічної ситуації.

Група НАССР визначає метод, згідно з яким на підставі аналізу (досліджень) приймається рішення про значущість ризику перевищення небезпечними факторами допустимого рівня. Тому проведення досліджень щодо удосконалення аналізу небезпечних факторів є необхідним, зокрема при виробництві сиру зернистого у вершках, оскільки це дасть змогу операторам ринку більш ефективно визначати ризики і, з огляду на це, виготовляти продукцію з високими показниками безпечності.

Метою дослідження є удосконалення методології оцінювання небезпечних факторів, заснованої на ризик-орієнтованому підході шляхом розроблення нових алгоритмів визначення рівня і значущості ризику перевищення небезпечними факторами гранично допустимого значення.

Матеріали і методи. У дослідженнях використовували методи ідентифікації й аналізування небезпечних факторів з урахуванням імовірності виникнення небезпечного фактора та ступеня тяжкості його наслідків, за результатами заходів керування щодо запобігання появи, усунення або зменшення небезпечного фактора до гранично допустимого рівня в технології сиру зернистого у вершках.

Результати дослідження. Для аналізу небезпек необхідне попереднє встановлення переліку потенційно небезпечних факторів (біологічних, хімічних, фізичних), які є характерними для певного харчового продукту і технологічних процесів, та визначення їх характеристик (властивостей).

Аналіз ідентифікованих небезпечних факторів ґрунтується на оцінці ймовірності виникнення небезпечного фактора та ступеня тяжкості його наслідків, з урахуванням заходів керування щодо запобігання появи, усунення або зменшення небезпечного фактора до гранично допустимого рівня.

Як об'єкт дослідження запропоновано сир зернистий з вершками, який відноситься до молочних продуктів, більшість яких є вразливими до мікробіологічного псування, їх вживають споживачі різних вікових груп, особливо діти. Тому контроль та ідентифікація небезпечних факторів, особливо мікробіологічних, є актуальними для цього сегменту продукції.

Існуюча методика визначення значущості небезпечних факторів, запропонована у [3], не дає змоги пропорційно оцінити ступінь ризику потенційного небезпечного фактора, тому що критерії оцінки знаходяться у дуже вузькому діапазоні, що робить таку процедуру менш ефективною.

Авторами розроблена та пропонується до використання уніфікована методика визначення індексу серйозності впливу (SI) потенційних небезпечних факторів на прикладі виробництва сиру зернистого з вершками за такими критеріями, як серйозність шкідливого впливу (SI) і ймовірність виникнення небезпечного фактора (PO) щодо впливу на життя та здоров'я споживачів, характеристику яких наведено у табл. 1, 2.

Імовірність виникнення небезпеки (PO) оцінюється на конкретному етапі технологічного процесу до впровадження заходів контролю і в числовому вимірі оцінюється: 1 — малоімовірно, 3 — імовірно, 9 — часто.

Серйозність шкідливого впливу (SI) розраховується з урахуванням ступеня небезпеки для життя і здоров'я споживачів на підставі наукових експериментальних та епідеміологічних даних залежно від кількості, виявленої небезпеки в сировині та кінцевому продукті. Індекс розраховується для загального здоров'я потенційних споживачів харчового продукту і оцінюється в числовому вимірі: 1 — незначний, 3 — середній, 9 — тяжкий (табл. 3).

Таблиця 1. Індекс серйозності, SI

Індекс небезпечно-сті	Критерій оцінки				
	Хімічний ризик	Хімічний контакт з харчовими матеріалами	Мікробіологічний ризик	Чужорідні предмети	Алергени
9 ТЯЖКИЙ	1. Тільки генотоксичний. 2. Не генотоксичний, але канцероген. 3. Генотоксичні та канцерогенні		Небезпека є збудником, пов'язана зі значним ризиком смертності, становить загрозу для життя або хронічний стан для населення	Перфорація або тяжке печіння шлунково-кишкового тракту, задуха	Спричинення тяжких симптомів, що загрожують життю (анафілактичний шок із летальним наслідком)
3 СЕРЕДНІЙ	За винятком незначного або тяжкого погіршення здоров'я (нефротоксичні, гепатоксичні, репродуктивні, нейротоксичні, імуно-токсичні)		Небезпека пов'язана з низьким рівнем смертності або хронічного стану, як правило, короточасні симптоми самообмеження або тимчасові ефекти, які вирішуються при незначному медичному втручанні	Порізи, зламаний зуб, рвані рани	Легкі симптоми (набряки, висип, блювота). Деякі серйозні реакції (шок) в особливо чутливих пацієнтів
1 НЕЗНАЧНИЙ	Реверсивні побічні ефекти (шлункові розлади, головний біль, зміна ваги органів)		Недостатня небезпека та/або ще недостатньо документована як збудник. Не відомо жодного випадку госпіталізації, симптоми тимчасові та самообмежувальні (без лікування)	Немає жодних пошкоджень ротової порожнини чи шлунково-кишкового тракту, тільки дискомфорт при наявності чужорідних предметів у роті	Небезпека не підтверджується

Таблиця 2. Імовірність виникнення небезпечного фактору (PO)

Імовірність виникнення	Критерій оцінки				
	Хімічний ризик	Хімічний контакт з харчовими матеріалами	Мікробіологічний ризик	Чужорідні предмети	Алергени
ІМОВІРНО ЧАСТО 9 балів	Можливе перевищення токсикологічних показників, для загальної групи населення у разі глобального споживання	Часте перевищення цільових показників для загальної групи населення або підгрупи населення	Інфікування, харчові отруєння або офіційне попередження про наявність небезпеки у кінцевому продукті	За замовчуванням, спосіб з чужорідними предметами, які присутні в готовому продукті	Основні алергени визначені оператором ринку, присутні в кінцевих продуктах через крос-контамінацію в харчовому ланцюгу

Продовження таблиці 2

ІМОВІРНО 3 бали	Немає недос- татніх і надій- них даних для висновку про можливе пере- вищення токс- икологічних цільових по- казників (не- обхідна іден- тифікація ри- зиків)	Немає недос- татніх і надійних даних для вис- новку про мо- жливе переви- щення цільових показників для загальної групи населення або підгрупи насе- лення	Імовірна небез- пека в кінцевих продуктах, через можливу наяв- ність у сировині, матеріалах, що контактують з продуктом, та або навколишнім середовищем	—	—
МАЛОЙМОВІРНО 1 бал	Малоймовірне перевищення токсикологіч- них цільових показників для населення у ра- зі глобального споживання	Малоймовірне перевищення цільових показ- ників для загаль- ної групи насе- лення або під- групи населення	Малоймовірна присутність небезпеки у готовому продукті	—	—

Таблиця 3. Індекс серйозності (CI)

Імовірність виникнення небезпеки РО	Серйозність шкідливого впливу — SI			
	CI = x SI	Незначний (SI = 1)	Середній (SI = 3)	Тяжкий (SI = 9)
	Малоймовірно (РО = 1) відсутність впродовж останніх 2 років	CI = 1 —	CI = 3 —	CI = 9 ±
	Імовірно (РО = 3) >1 за останні 2 роки	CI = 3 —	CI = 9 ±	CI = 27 +
	Дуже часто (РО = 9) >1 за останні 2 роки	CI = 9 ±	CI = 27 +	CI = 81 +

Для технологічного процесу виробництва сиру зернистого з вершками пропонується три рівні критичності ризику для здоров'я споживача: 27...81 — критичний, 9...27 — серйозний, 1...3 — низький ризик.

Після завершення аналізу небезпек робоча група НАССР повинна розглянути, чи існують запобіжні заходи, які можна застосувати для контролю кожного ідентифікованого небезпечного фактора.

Контрольні заходи — це дії, які потрібно здійснити для запобігання або усунення потенційної загрози для безпечності харчового продукту або зниження її до прийняттого рівня, і які необхідно застосувати на кожному етапі технологічного процесу виготовлення сиру зернистого з вершками [4]. Робоча група НАССР повинна пере-

вірити, чи повністю контролюється будь-який з ідентифікованих небезпечних факторів шляхом застосування правил GMP/GHP та загальних принципів харчової гігієни Кодекс Аліментарус. Алгоритм таких дій наведено у табл. 4.

Таблиця 4. Перелік запобіжних дій для контролю та управління ідентифікованих небезпечних факторів

Сир зернистий у вершках	
Ідентифікований небезпечний фактор	Процедура запобіжної дії
<u>Молоко коров'яче знежирене</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: токсичні елементи, антибіотики, пестициди, радіонукліди Ф: можливе забруднення шкідливими сторонніми матеріалами (комахи та ін.)	GMP/GHP (отримання, зберігання, транспортування); ДСТУ 3662:2018 «Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови»; журнал контролю приймання та зберігання сировини
<u>Вершки</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки дезінфікуючих і миючих засобів; Ф: можливе забруднення шкідливими сторонніми матеріалами	GMP/GHP (Отримання, зберігання, транспортування); ДСТУ 7519:2014 «Вершки питні. Технічні умови»; журнал контролю процесу приймання та зберігання сировини
<u>Закваска</u> Б: патогенні мікроорганізми; Ф: можливе забруднення шкідливими сторонніми матеріалами	GMP/GHP (отримання, зберігання, транспортування); супровідна документація; журнал приймання та зберігання сировини
<u>Сіль харчова</u> Х: патогенні мікроорганізми; Ф: сторонні домішки та шкідливі сторонні матеріали	GMP/GHP (отримання, зберігання, транспортування); ДСТУ 3583:2015 «Сіль кухонна харчова. Загальні технічні умови»; журнал приймання та зберігання інгредієнтів
<u>Пакувальний матеріал (полімерні стаканчики, кришки та картонні ящики)</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки дезінфікуючих і мийних засобів; Ф: шкідливі сторонні матеріали та домішки	GMP/GHP (отримання, зберігання, транспортування); чинна нормативна документація; журнал приймання та зберігання пакувальних та допоміжних матеріалів
Етапи виробничого процесу	
<u>Приймання сировини</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: токсичні елементи, антибіотики, пестициди, гормональні препарати, радіонукліди, залишки мийних засобів; Ф: сторонні домішки та шкідливі сторонні матеріали	GMP/GHP (приймання сировини, підготовка персоналу); ДСТУ 3662:2018 «Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови»; журнал контролю приймання сировини
<u>Очищення молока</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки дезінфікуючих і мийних засобів; Ф: сторонні домішки	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу очищення молока; журнал контролю процесу миття обладнання

Продовження таблиці 4

<u>Охолодження молока</u> Б: вегетативні патогени; Х: залишки мийних і дезінфікуючих засобів; Ф: домішки та шкідливі сторонні матеріали	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу охолодження молока; журнал контролю процесу миття обладнання
<u>Тимчасове резервування молока</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки дезінфікуючих і мийних засобів; Ф: шкідливі сторонні матеріали та домішки	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу резервування молока; журнал контролю процесу миття обладнання
<u>Підігрів молока</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки мийних і дезінфікуючих засобів; Ф: сторонні домішки та шкідливі сторонні матеріали	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу підігріву молока; журнал контролю процесу миття обладнання
<u>Сепарування молока</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки мийних і дезінфікуючих засобів; Ф: сторонні домішки та шкідливі сторонні матеріали, металеві частини обладнання	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу сепарування молока; журнал контролю процесу миття обладнання; журнал контролю роботи сепаратора
<u>Пастеризація знежиреного молока</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки дезінфікуючих і мийних засобів; Ф: шкідливі сторонні матеріали та домішки	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу пастеризації молока; журнал контролю процесу миття обладнання; журнал контролю роботи пастеризатора; журнал контролю зміни температур
<u>Охолодження знежиреного молока</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки мийних і дезінфікуючих засобів; Ф: сторонні домішки та шкідливі сторонні матеріали	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу охолодження молока; журнал контролю процесу миття обладнання
<u>Заквашування</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки мийних і дезінфікуючих засобів; Ф: сторонні домішки та шкідливі сторонні матеріали	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу заквашування молока; журнал контролю процесу миття обладнання
<u>Сквашування</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки мийних і дезінфікуючих засобів; Ф: сторонні домішки та шкідливі сторонні матеріали	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу сквашування молока; журнал контролю процесу миття обладнання; журнал контролю зміни кислотності
<u>Розрізання згустка та промивання зерна</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки мийних та дезінфікуючих засобів; Ф: шкідливі сторонні матеріали та домішки	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу; журнал контролю процесу миття обладнання
<u>Обсушування зерна</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки мийних і дезінфікуючих засобів; Ф: сторонні домішки та шкідливі сторонні матеріали	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу обсушування зерна; журнал контролю процесу миття обладнання

Продовження таблиці 4

<u>Пастеризація вершків</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки мийних і дезінфікуючих засобів; Ф: сторонні домішки та шкідливі сторонні матеріали	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу пастеризації молока; журнал контролю процесу миття обладнання; журнал контролю роботи пастеризатора; журнал контролю зміни температур
<u>Гомогенізація вершків</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки дезінфікуючих і мийних засобів; Ф: сторонні домішки	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу гомогенізації вершків; журнал контролю процесу миття обладнання; журнал контролю роботи пастеризатора
<u>Охолодження вершків</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки дезінфікуючих і мийних засобів; Ф: шкідливі сторонні матеріали та домішки	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу охолодження молока; журнал контролю процесу миття обладнання
<u>Приймання солі</u> Х: токсичні елементи; Ф: сторонні домішки та шкідливі сторонні матеріали	GMP/GHP (отримання, зберігання, транспортування); ДСТУ 3583:2015 «Сіль кухонна харчова. Загальні технічні умови»; журнал приймання та зберігання інгредієнтів
<u>Просіювання солі</u> Х: токсичні елементи; Ф: сторонні домішки та шкідливі сторонні матеріали	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу просіювання солі; журнал контролю обладнання (сит); журнал контролю процесу миття обладнання
<u>Змішування та розчинення солі у вершках</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки мийних і дезінфікуючих засобів; Ф: шкідливі сторонні матеріали та домішки	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу змішування солі з вершками та їх розчинення; журнал контролю процесу миття обладнання
<u>Змішування сиру з вершками</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки мийних і дезінфікуючих засобів; Ф: шкідливі сторонні матеріали та домішки	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу змішування сиру з вершками; журнал контролю процесу миття обладнання
<u>Витримка суміші</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки мийних і дезінфікуючих засобів; Ф: сторонні домішки та шкідливі сторонні матеріали	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу витримки суміші; журнал контролю процесу миття обладнання
<u>Перемішування суміші</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки мийних і дезінфікуючих засобів; Ф: сторонні домішки та шкідливі сторонні матеріали	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу витримки суміші; журнал контролю процесу миття обладнання
<u>Доохолодження сиру</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки мийних і дезінфікуючих засобів; Ф: шкідливі сторонні матеріали та домішки	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу охолодження сиру; журнал контролю процесу миття обладнання
<u>Фасування сиру</u> Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки мийних і дезінфікуючих засобів; Ф: шкідливі сторонні матеріали та домішки	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю технологічного процесу фасування сиру; журнал контролю процесу миття обладнання

Продовження таблиці 4

Пакування та маркування сиру Б: патогенні мікроорганізми; Х: залишки мийних і дезінфікуючих засобів, алергени; Ф: шкідливі сторонні матеріали	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал приймання пакувальних матеріалів; журнал контролю технологічного процесу пакування та маркування сиру; журнал контролю процесу миття обладнання
Зберігання сиру Б: патогенні мікроорганізми; Х: – Ф: сторонні домішки та шкідливі сторонні матеріали	GMP/GHP (підготовка персоналу); журнал контролю параметрів зберігання сиру; журнал стану приміщень для зберігання готової продукції
Дата _____	Затвердив _____

Правильне визначення критичних контрольних точок впливає на ефективність роботи всієї системи управління безпечністю харчового продукту. Врахувавши вищенаведені результати, можна скласти операційні програми-передумови та план управління небезпечними факторами НАССР для виготовлення сиру зернистого у вершках, які включають дані про процедури моніторингу, граничні значення та коригувальні дії, процедуру верифікації для кожної критичної контрольної точки, а також операційні програми-передумови.

Висновки. Запропонована удосконалена методика оцінювання небезпечних факторів за рахунок визначення індексу серйозності впливу (CI) потенційних небезпечних факторів на прикладі виробництва сиру зернистого з вершками за такими критеріями, як серйозність шкідливого впливу (SI) і ймовірність виникнення небезпечного фактора (PO) щодо впливу на життя та здоров'я споживачів, яка дає змогу підвищити рівень показників безпечності харчового продукту й ефективність функціонування системи НАССР.

Детальне оцінювання кожного небезпечного фактора з точки зору ризику його небезпечності і запропоновані чіткі процедури запобіжних дій на кожній стадії технологічного процесу виробництва сиру зернистого з вершками нададуть можливість операторам ринку більш ефективно управляти цими факторами, а отже, виготовляти продукцію з високим показниками безпечності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів»: (офіц. текст: за станом на 19 серпня 2022 р.) / Верховна Рада України. К.: Парламентське вид-во, 2022. С. 13.
2. ДСТУ ISO 22000:2019. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації в харчовому ланцюзі (ISO 22000:2018, IDT). [На заміну ДСТУ ISO 22000:2007; чинний від 2019-12-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 40 с. (Інформація та документація).
3. Наказ № 590 «Про затвердження вимог щодо розробки, впровадження та застосування постійно діючих процедур, заснованих на принципах Системи управління безпечністю харчових продуктів (НАССР)»: (офіц. текст: за станом на 25 грудня 2015 р.) / Міністерство аграрної політики та продовольства України. К.: Парламентське вид-во, 2015. С. 35.
4. Микийчук, М. М. Етапи розроблення системи НАССР на молокопереробному підприємстві / М. М. Микийчук, С. Д. Остап'юк // Електронний науковий журнал НУ «Біоресурсів і природокористування України» «Енергетика і автоматика». 2017. №1. С. 123—131.
5. Stolyarchuk, P. DEVELOPMENT OF MONITORING PROCEDURE FOR CRITICAL POINTS OF CONTROL AFTER SYSTEM HACCP / P. Stolyarchuk, S. Ostapjuk // International Journal "Sustainable Development" Varna, 2014. №14. P. 132—135.
6. Солошенко, К. І. Використання принципів НАССР при виробництві сиру кисломолочного / К. І. Солошенко, О. П. Слободян, О. В. Матіяшук // SWordl Journal. 2019. Issue 1. P. 21—31.

УДК 664.14

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF ORGANIC MARSHMALLOW BASED ON VEGETABLE FOAMING AGENT

A. Hrytsaiova, O. Horash, O. Kokhan, Yu. Kambulova

National University of Food Technologies

Key words:

chickpeas,
aquafaba,
marshmallow,
organic production

Article history:

Received 29.11.2022

Received in revised form
16.12.2022

Accepted 19.12.2022

Corresponding author:

eagavva@gmail.com

ABSTRACT

The article presents the results of research on the possibility of completely replacing egg white in the recipe of organic marshmallows with aquafaba vegetable foaming agent.

To obtain a vegetable foaming agent, chickpea grains were used, which were grown in compliance with the principles of organic production. Rational parameters for the preparation of aquafaba based on organic chickpea grains were established. The main technological indicators of foam based on egg white and aquafaba were studied. The need to use technological techniques for stabilizing foam based on vegetable protein has been established.

The study of quality indicators of the marshmallow mass made it possible to adjust the parameters of its preparation and the stage of formation of the product blanks. To increase the dimensional stability of the marshmallow halves made on the basis of aquafaba, it is suggested to boil sugar-agaro-molasses syrup to a higher content of dry substances, and to carry out the forming process at a lower temperature of the marshmallow mass in comparison with the control sample on egg white.

Analysis of the quality indicators of ready-made samples of organic marshmallow based on aquafaba showed their compliance with the requirements of the current documentation. The developed samples are close to the reference marshmallow sample in terms of their quality indicators, have a harmonious taste and maintain their quality during the warranty period of storage.

The calculated comprehensive index and the conducted tasting evaluation of the product allow us to assert the possibility of expanding the assortment of pasty confectionery products, which are made exclusively on the basis of raw materials of plant origin, which allows us to expand the circle of potential consumers of such products.

DOI: 10.24263/2225-2916-2022-31-32-9

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОРГАНІЧНОГО ЗЕФІРУ НА ОСНОВІ РОСЛИННОГО ПІНОУТВОРЮВАЧА

А. О. Грицайова,

О. А. Гораш,

О. О. Кохан, канд. техн. наук

Ю. В. Камбулова, д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати досліджень можливості повної заміни яєчного білка в рецептурі органічного зефіру на рослинний піноутворювач аквафабу. Для отримання аквафаби використовували зерна нуту, що був вирощений з дотриманням принципів органічного виробництва. Встановлені раціональні параметри приготування аквафаби та досліджені основні її технологічні характеристики. Аналіз показників якості готових зразків органічного зефіру на основі рослинного піноутворювача показав їх відповідність вимогам чинної документації. Розрахований комплексний показник і дегустаційна оцінка виробу свідчать про можливість розширення асортименту зефіру.

Ключові слова: нут, аквафаба, зефір, органічне виробництво.

Постановка проблеми. Для вітчизняної економіки важливим аспектом є розвиток органічного виробництва, що забезпечує населення безпечною, екологічно чистою та високоякісною сільськогосподарською продукцією. Органічний сектор сільськогосподарства в Україні переживає стійке зростання з початку 2000-х років. Проте існують значні можливості для подальшого росту в цьому секторі завдяки географічній близькості до платоспроможних і зростаючих органічних ринків Європейського Союзу, а також за рахунок нереалізованого потенціалу внутрішнього органічного ринку України [1].

Розвиток органічного виробництва є досить актуальним на сьогодні через низку явних екологічних, економічних і соціальних переваг, що притаманні цій сфері діяльності. Ринок продукції органічного сільськогосподарства відкриває перед виробниками та експортерами широкі горизонти. Виробництво органічної продукції в Україні є надзвичайно перспективним напрямом, який здатен підвищити рівень конкурентоспроможності сільськогосподарської продукції, значно покращити імідж країни на світовій арені, сприяти розвитку ринкової інфраструктури та сталому розвитку країни загалом.

За рахунок зацікавленості споживачів до продуктів харчування, які є екологічно чистими і виробництво яких не має негативного впливу на навколишнє середовище, попит населення на якісні органічні продукти значно підвищився. У свою чергу, це призвело до значних передумов для розвитку органічної продукції в Україні та важливості її реалізації.

Кондитерські вироби, зокрема пастильні, популярні серед усіх верств населення. Вони приваблюють споживачів легкою пінодрагелеподібною консистенцією та вмістом фруктовано-ягідної сировини як джерела пектину, що сприяє виведенню радіонуклідів з організму. Невисокі температурні режими виробництва сприяють максимальному збереженню поживних речовин у виробах.

Як піноутворювач переважно використовують сухий або нативний яєчний білок, біологічна цінність якого характеризується наявністю незамінних амінокислот, що не синтезуються в організмі людини. Кількість білка в зефірі коливається від 6,5 до

24,3%. Яйця не тільки містять велику кількість поживних речовин, а й входять до багатьох продуктів харчування як один з головних компонентів. Незважаючи на значні переваги яєць, вони також мають низку недоліків [2].

Відомо, що алергія на яєчні білки широко визнана і знаходиться на другому місці серед усіх харчових алергій, перше місце посідають молочні продукти. Найчастіше цією алергією страждають діти. Яєчна алергія вражає близько 0,5—2,5% маленьких дітей із симптомами від легкої висипки до анафілаксії [3]. Наявність цього інгредієнта в готовому харчовому продукті може стримувати споживачів від здійснення покупки, і вони шукають безалергенні варіанти. Незважаючи на те, що харчову алергію може мати лише один із членів родини, загалом вона вся намагається дотримуватися обмеженого харчування.

Також слід особливу увагу приділити такій групі споживачів, як вегетаріанці та вегани. У всьому світі спостерігається зростання прихильників рослинної дієти, досягаючи 12% у Канаді, 11% в Австралії, 30% в Індії, 18% в Швеції, 14% в Швейцарії, 20% у Великобританії і 14% на Тайвані. В США 6% населення дотримуються вегетаріанської дієти, а 3% — суворо веганської [4]. Така споживча поведінка суттєво підвищує попит на продукти, виготовлені на основі альтернатив тваринній сировині. Окрім цього, є люди, які не можуть вживати тваринну їжу через релігійні переконання.

Зростаючий інтерес харчової промисловості до використання альтернатив курячим яйцям обумовлений багатьма факторами, включаючи споживчий попит, зменшення кількості алергенів, покращення безпечності харчових продуктів, більш здорове харчування, простішу обробку та зберігання, покращену функціональність, нижчу ціну та покращення екології [5]. В наш час спостерігається і значний ріст цін на яйцепродукти. Ціна на курячі яйця є нестабільною через їх нетривалий термін зберігання, сезонні коливання та попит. Прогнозується, що в майбутньому альтернативи яйцепродуктам будуть широко застосовуваними різними виробниками харчових продуктів і сприйняті споживачами.

Популярні джерела рослинного білка — це горіхи і насіння, бобові, соєві продукти, зернові культури та білки з водоростей. Однак причиною, яка обмежує застосування білкових продуктів, одержаних із зерна пшениці та деяких інших злакових культур, є наявність в ньому глютену, в тому числі гліадину, що викликає харчову алергію в певній групі людей.

Зернобобові не містять глютену і холестерину, мають низький глікемічний індекс, в них мало Na, але вони багаті на Fe і є лідерами за вмістом фолатів. Ці особливості складу зернобобових роблять їх цінною сировиною для проектування функціональних, дієтичних і спеціальних продуктів харчування. Відповідно до думки дієтологів, бобові входять у список десяти найбільш корисних для здоров'я продуктів і повинні складати 8—10% раціону харчування [6]. Важливо, що тваринні білки і протеїн зернобобових близькі за амінокислотним складом. Так, у білках продуктів переробки насіння зернобобових ідентифіковано 18 амінокислот, в т. ч. всі незамінні, вміст яких коливається в межах 28,5—37,0% від їх загальної кількості. Білки бобових представлені, головним чином, глобулінами, серед яких розрізняють два основних компоненти — віцилін і легумін. За біологічною цінністю вони неповноцінні, лімітуючі амінокислоти — сірковмісні (метіонін і цистеїн), в той же час відзначається підвищений вміст лізину [7]. Серед усіх зернобобових зараз особлива увага розробників альтернатив тваринних білків прикута до нуту.

Нут — одна з найдревніших культур. За посівними площами нут займає третє

місце у світі серед зернобобових культур — після сої і квасолі. Нут — цінна продовольча і кормова культура. Насіння містить до 34% білка, який за якістю наближається до яєчного. Білок нуту — складний комплекс індивідуальних білків, добре розчинних у воді (до 62%), їх розчинність в 0,05-відсотковому розчині соляної кислоти досягає 90%. У нуті міститься значна кількість мінеральних солей, багато Р, К і Mg. За кількістю Se нут посідає перше місце серед усіх зернобобових культур. Саме тому інтерес до цієї культури за останні роки в Україні зростає і площі посівів збільшуються [8].

Зернобобові давно відомі своїми функціональними властивостями і широко використовуються в багатьох харчових продуктах для заміни тваринного білка. Вода, отримана після обробки нуту або інших бобових на пару, під час консервування або варіння, називається аквафабою. Використання аквафаби швидко поширилося з 2014 р., коли було виявлено, що вона є відмінним емульгатором і піноутворювачем [9].

Інтерес до аквафаби з кожним роком все більше зростає, тому вчені з усього світу проводять дослідження її хімічного складу, фізико-хімічних властивостей та впливу аквафаби на якість харчових продуктів.

Автори праці [10] досліджували вплив різних видів бобових культур на якість та органолептичні показники готової аквафаби. Як показали дослідження, аквафаба, виготовлена з бобів нуту, після збивання має більш стійку пінну структуру, кращу консистенцію, нейтральний смак та аромат, порівняно з іншими збитими відварами бобових. Канадськими вченими [11,12] було досліджено хімічний склад аквафаби іззерен нуту, а також вивчено вплив аквафаби як замітника яєчного білка при виробництві бісквітів. Згідно із проведеними дослідженнями рідка аквафаба містить 5—8% органічних сполук, включаючи, в основному, полісахариди, білок, са-поніни і продукти реакції Маяра, які сприяють її функціональними властивостями. BioProfile Testing Laboratories провела аналіз сапонінів як можливого механізму піноутворення аквафаби. Аналіз показав, що аквафаба містить менше 0,03% сапонінів. Це означає, що на піноутворювальну дію аквафаби сапоніни впливають лише частково, якщо взагалі впливають [13].

У результаті огляду літератури було помічено, що існує дуже обмежена кількість праць, присвячених вивченню властивостей рослинного білка аквафаби з можливістю її застосування при розробці харчових продуктів. У більшості проведених досліджень використовується аквафаба з консервованого нуту, а не свіжовиготовлена. Дані щодо якісних характеристик і показників «бобової води» практично відсутні. Окрім цього, не було знайдено жодного дослідження щодо використання аквафаби при виробництві продуктів харчування органічного походження. Тому, на нашу думку, дослідження перспективи використання аквафаби, отриманої на основі органічного нуту, у виробництві збивних кондитерських виробів органічного походження є актуальним завданням.

Мета статті: дослідити вплив піноутворювача рослинного походження аквафаби на якість збивних кондитерських виробів органічного походження, параметри технологічного процесу виробництва, структурно-механічні властивості збивних мас, розробити рецептуру органічного зефіру на основі аквафаби.

Матеріали і методи. Проводилися дослідження зразків аквафаби, отриманої з органічного нуту вітчизняного виробника (ТМ «Єкород») при різних режимах приготування. З метою вивчення впливу аквафаби на утворення пінної структури кон-

дитерської маси проводили дослідження з визначення основних характеристик піни порівняно з контрольним зразком на основі яєчного білка за загальноприйнятими методиками [14]. Визначення фізико-хімічних показників напівфабрикатів і готової продукції здійснювали загальноприйнятими в кондитерській галузі методами [14] та визначали відповідність зразків готового виробу вимогам ДСТУ 6441 «Пастильні вироби. Технічні умови» [15]. Комплексний показник якості готових виробів визначався за методикою, розробленою А. М. Дорохович [14].

Результати дослідження. Для виготовлення аквафаби як сировину було обрано зерна нуту органічного. Першим етапом у приготуванні аквафаби є замочування зерен нуту у воді при гідромодулі 1:2 на 8—10 год, після цієї операції маса набухлого нуту була на 90—92% більша за початкову масу сухого зерна нуту. Гідромодуль для варіння набухлого нуту було обрано, опираючись на дослідження, проведені канадськими вченими [16], які встановили, що оптимальне співвідношення нуту і води становить 1,5:3,5, а тривалість варіння — 60 хв. Однак така тривалість варіння без використання спеціального обладнання є недостатньою, оскільки отримана аквафаба виходить не достатньо в'язкою, а значення її показника густини знаходяться в межах 0,92—0,94 г/см³. Тому було запропоновано збільшити тривалість варіння зерен нуту без зміни ГМ. Основним критерієм для встановлення тривалості варіння зерен нуту була обрана густина аквафаби, яка б мала наближатися до густини яєчного білка, що дозволило б прогнозувати можливість її використання на заміну піноутворювача тваринного походження в рецептурах пастильних виробів. Було проведено порівняння органолептичних показників якості та густини свіжозвареної, консервованої аквафаби та нативного яєчного білка (табл. 1).

Таблиця 1. Показники якості аквафаби та яєчного білка

Найменування показника	Свіжовиготовлена аквафаба	Консервована аквафаба	Яєчний білок
Зовнішній вигляд	Мутний розчин, наявний осад	Мутний розчин, без наявного осаду	Чистий, щільний, прозорий, без сторонніх домішок
Колір	Темно-жовтий	Від блідо-жовтого до світло-жовтого	Світло-жовтий
Смак і запах	Властивий нуту, без сторонніх запахів і присмаків	Властивий нуту, солонуватий, без сторонніх запахів і присмаків	Властивий яєчному білку, слабо виражений, без сторонніх запахів та присмаків
Густина, г/см ³	1,017±0,001	0,983±0,001	1,017±0,001

Таким чином, експериментально було встановлено, що тривалість варіння нуту необхідно збільшили в 1,5 раза, з 60 хв до 90 хв, при цьому густина аквафаби буде дорівнювати густині яєчного білка.

Яєчний білок характеризується високою піноутворюючою здатністю (ПУЗ) і стійкістю утвореної піни, що є необхідною умовою для забезпечення якості багатьох груп кондитерських виробів, які мають пінну чи пінодрагелеподібну структуру. Характеристику піноутворювача визначають за піноутворюючою здатністю (ПУЗ) та стійкістю отриманої піни. Оскільки досліджується можливість заміни використання яєчного білка, що виступає в ролі піноутворювача, на рослинний аналог аквафабу, то доцільно провести визначення цих показників.

Згідно з отриманими результатами (рис. 1), різниця ПУЗ яєчного білка та консер-

вованої аквафаби з органічного нуту (ТМ «La Finestra Sul Cielo», Італія) незначна, ПУЗ яєчного білка на 3,8% більше. Однак ПУЗ свіжозвареної аквафаби в 1,2 раза менша, ніж ПУЗ яєчного білка.

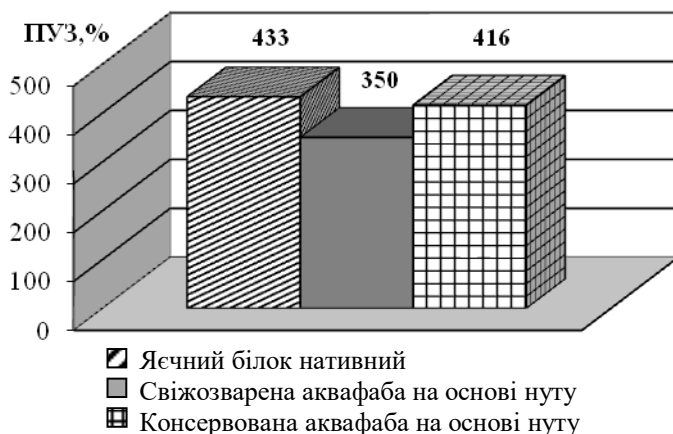


Рис. 1. Піноутворювальна здатність зразків досліджуваних піноутворювачів

На нашу думку, таку різницю можна пояснити різним хімічним складом аквафаби, зокрема наявністю солі та інших рецептурних компонентів, що використовуються при консервуванні аквафаби, і які впливають на цей показник. На якість та стійкість піни впливає і спосіб приготування аквафаби. Так, при консервуванні нуту використовується обладнання, в якому режими варіння нуту відрізняються від тих, які використовували ми у своїх дослідженнях.

Також було встановлено, що для отримання максимального об'єму піни на аквафабі необхідно більше часу, порівняно з яєчним білком, тривалість збивання збільшується майже на 40%. Цей факт підтверджується вже наявними літературними даними про аквафабу [17].

Проте дослідження стійкості піни (СП) показали (рис. 2), що свіжовиготовлена аквафаба має кращі показники, ніж консервована. Піна, яка була виготовлена з консервованої аквафаби, була майже зруйнована вже після 60 хв вистоявання, при цьому піна із свіжозвареної аквафаби без використання інших рецептурних компонентів зруйнувалась менше, ніж на 50%.

Менші значення ПУЗ та стійкості піни у відварі з нуту порівняно з яєчним білком можна пояснити нижчим вмістом білка та наявністю інших небілкових речовин, що впливають на стійкість піни. Результати досліджень хімічного складу відвару з нуту [18] показали, що вміст білка у 100 г аквафаби становить близько 6 г, що в 2 рази менше порівняно з його вмістом у яєчному білку. Таким чином, отримані результати підтверджують дані літературних джерел і пояснюють домінуючий вплив білків аквафаби на її здатність виступати піноутворювачем.

У результаті аналізу літературних джерел встановлено, що для збільшення ПУЗ та підвищення стійкості піни доцільно вносити до аквафаби на етапі збивання такі додаткові компоненти, як кислоти, цукри, камеді [19], тому була проведена серія досліджень зі встановлення впливу цих груп речовин на ПУЗ і СП з відвару органічного нуту.

Як джерело цукрів було обрано цукор білий кристалічний та патоку крохмальну, отримані з дотриманням вимог органічного виробництва і передбачені рецептурою

пастильних виробів. Для дослідження впливу цукру на ПУЗ та СП було обрано таке співвідношення аквафаби та цукру — 1:0,5; 1:1; 1:2, а для патоки 1:1.

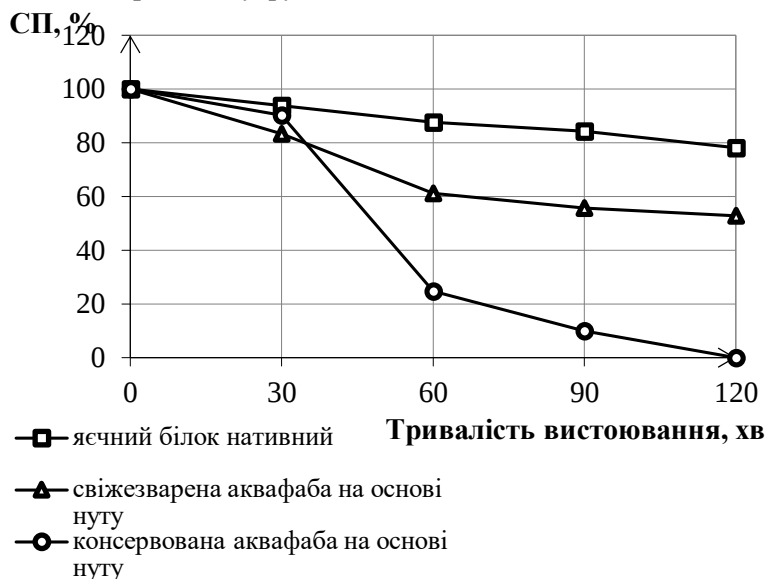


Рис. 2. Стійкість піни зразків досліджуваних піноутворювачів

При введенні до аквафаби 0,5 частини цукру білого кристалічного на початку збивання ПУЗ отриманої піни становила 371%, стійкість піни була на 40% вище порівняно з контролем без додавання цукру. Початок руйнування піни був зафіксований після 90 хв вистоювання. Готова піна мала гарний зовнішній вигляд, була однорідною. Густина піни становила 0,22 г/см³. При співвідношенні аквафаби до цукру 1:1 ПУЗ було дещо нижчою порівняно із ПУЗ нативної аквафаби, однак СП була набагато вищою, хоча досягання максимального об'єму піни було дещо довшим. Піна почала руйнуватись лише після 90 хв вистоювання. Готова піна мала стійкі піки, добре тримала форму, не розтікалась. Густина піни становила 0,299 г/см³. При співвідношенні аквафаби до цукру 1:2 якість піни та досягання максимального об'єму піни були незадовільними. Руйнування піни почалось вже після 60 хв вистоювання. Густина піни була найвищою з усіх зразків — 0,508 г/см³. Готова піна була густою, але форми не тримала, була текучою, також у піні були присутні не розчинені кристали цукру. Під час внесення патоки на етапі збивання аквафаби, були отримані найгірші результати з усіх варіантів, ПУЗ становила 262,5%, час досягання максимального об'єму піни був найдовший. Стійкість піни гірша, ніж на цукрі, піна почала руйнуватись вже в перші 30 хв. Готова піна збилась до м'яких піків, була гладкою та однорідною. Густина отриманої піни становила 0,294 г/см³. Зважаючи на отримані результати, було обране для подальших досліджень внесення цукру на етапі збивання аквафаби у співвідношенні аквафаби:цукор — 1:0,5.

Внесення лимонної кислоти, що дозволена при виробництві переробленої органічної продукції [20], на стадії збивання аквафаби показало гарний її вплив на значення ПУЗ та стійкості піни. Руйнування піни почалось на перших 30 хв, проте воно було незначне, показник ПУЗ був вищим порівняно з аквафабою без додавання кислоти на 16%. Час досягання максимального значення об'єму піни становив 5 хв, що є меншим від контролю. Густина збитої піни становила 0,144 г/см³, тому вне-

сення кислоти на стадії збивання рослинного заміниника яєчного білка є доцільним і було використано в подальших дослідженнях.

Як загущувач свіжозвареної аквафаби для покращення характеристик піни на її основі досліджена можливість використання камеді гуару, що дозволена як харчова добавка при виробництві харчової органічної продукції [20]. Встановлено, що внесення цієї камеді мало негативний вплив на показник ПУЗ, знизивши його на 20%, час досягання максимального об'єму піни становив 7 хв, але при цьому додавання камеді дало гарний результат на покращення стійкості піни, порівняно з контролем. Руйнування піни почалось після 60 хв вистоювання. Густина піни мала значення $0,177 \text{ г/см}^3$. Внесення камеді до аквафаби є необхідним, оскільки масова частка води відвару нуту є вищою, порівняно із яєчним білком і становить 94—93%, при цьому підвищений вміст води цього компоненту буде негативно впливати на якість вже готового виробу, підвищуючи його масову частку води. Внесення камеді як вологоутримувального агента дасть змогу частину вільної води аквафаби перевести у зв'язаний стан та отримати зефір з основними показниками якості, які відповідатимуть нормативній документації.

Наступним кроком в наших дослідженнях було визначення раціональної комбінації досліджуваних компонентів (цукру, кислоти та камеді гуару) для покращення характеристик піни з аквафаби. Найкращий результат мало поєднання: аквафаба+цукор (50% до маси аквафаби)+кислота лимонна (2,8%)+камедь гуару (0,14 %). Такий склад компонентів дав змогу отримати піну з ПУЗ 380%, а стійкість піни була 100%. Тому для приготування зефіру органічного на рослинному білку була обрана саме ця композиція для проведення подальших досліджень щодо розробки рецептури виробу.

Наступним етапом роботи було встановлення раціональної кількості аквафаби для заміни рецептурної кількості яєчного білка для отримання зефіру, органолептичні та фізико-хімічні показники якого будуть відповідати чинній нормативній документації на цей виріб, а за своїми споживчими характеристиками він би наближався до традиційних зразків. Заміни здійснювались у таких співвідношеннях яєчного та рослинного білка відповідно: 1:1, 1:1,5 та 1:2. Встановлено, що при співвідношенні досліджуваних піноутворювачів 1:1,5 та 1:2 результати були подібними, однак при заміні 1:2, якість зефіру та зефірної маси були кращими. Зефірна маса при цьому мала кращу консистенцію, була більш пишною (густина $0,6 \text{ см}^3$), збивалась маса до стійких піків. Під час відсаджування заготовки тримали форму, мали кращу структуру, а готовий зефір був не таким щільним, як інші досліджувані зразки на аквафабі. Однак тривалість вистоювання зразків зефіру на аквафабі становила 18—20 год при кімнатній температурі, тому важливо було продумати технологічні прийоми скорочення тривалості цієї технологічної операції.

Експериментальним шляхом було встановлено, що для зниження масової частки води в готових виробах необхідно проводити додаткову технологічну операцію з ущільнення фруктового пюре до 14% сухих речовин у ньому, а цукрово-агаро-паточковий сироп уварювати до кінцевої температури в межах 113—114 °С. Запропоноване коригування цих параметрів дало змогу скоротити процес вистоювання половинок зефіру на агарі до 12 годин.

Наступним етапом було дослідження технологічних параметрів стадії формування половинок зефіру на аквафабі. В ході експериментів був помічений вплив температури зефірної маси на інтенсивність втрати початкової форми половинок зефіру під час формування. Тому для встановлення раціональних температурних значень

зефірної маси на аквафабі перед її подаванням на формування було визначено коефіцієнт формостійкості відсаджених половинок зефіру, результати досліджень наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Вплив температури зефірної маси на формостійкість половинок зефіру після відсаджування

Показник	Температура зефірної маси перед формуванням, °С			
	60	55	50	45
Коефіцієнт формостійкості	1,14	1,10	1,04	1,01

Як видно з табл. 2, розтікання готових половинок зефіру безпосередньо залежить від температури зефірної маси, тому для одержання правильної форми, чіткого малюнка та рельєфу зефіру, виготовленого з використанням аквафаби, необхідно знизити температуру формування половинок до 45—50 °С, при такій температурі показник розтікання буде в межах 1,04—1,01, що забезпечить збереження форми половинок зефіру.

На основі проведених досліджень було розроблено рецептуру та технологічну інструкцію органічного зефіру «Яблучна хмаринка», виготовленого виключно з рослинних компонентів. Для розширення асортименту цього сегменту органічних кондитерських виробів також було запропоновано використати в рецептурі зефіру комбінацію яблучного та смородинового пюре у співвідношенні 2:1, що дало змогу отримати зефір «Ягідна хмаринка» з високими споживчими характеристиками, привабливим кольором і приємним кисло-солодким смаком. Дослідні зразки розробленої продукції наведені на рис. 3.

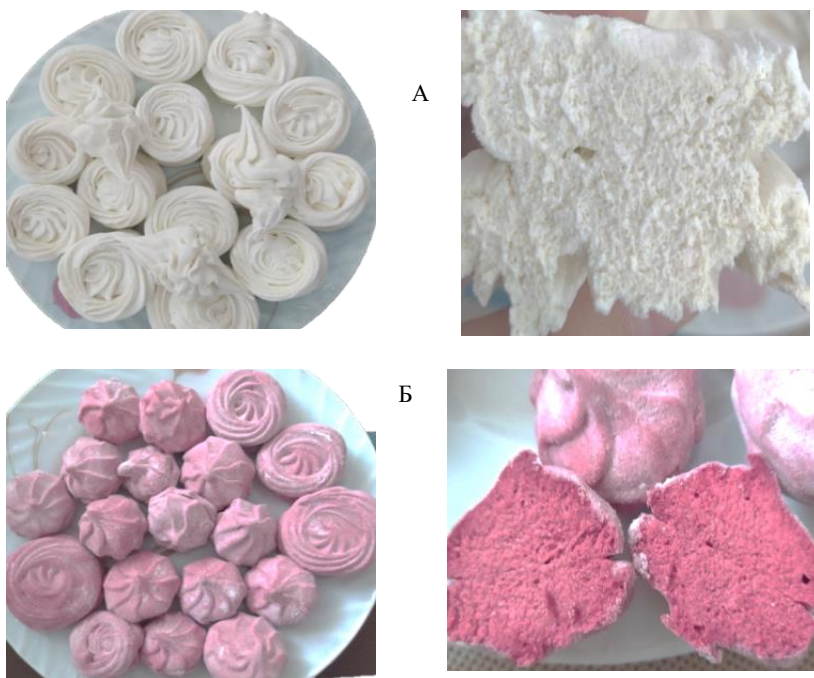


Рис. 3. Зразки органічного зефіру на основі рослинного піноутворювача:
А — зефір «Яблучна хмаринка»; Б — зефір «Ягідна хмаринка»

Була проведена органолептична оцінка якості досліджуваних зразків зефіру органічного з використанням аквафаби як піноутворювача замість білка яєчного за показниками, регламентованими нормативною документацією на цей виріб [15].

Визначення органолептичних показників зразків зефіру методом експертного опитування Делфі та оцінювання якості розробленого зефіру за комплексним показником показало, що зразки мають відмінну якість, адже значення їх комплексного показника дорівнює 0,95.

Згідно з ДСТУ 6441 «Пастильні вироби. Загальні технічні умови» одним із головних фізико-хімічних показників, за яким проводиться оцінка якості зефіру є густина (щільність) готового виробу, що не повинен перевищувати значення $0,7 \text{ г/см}^3$. У розроблених зразках зефіру «Яблучна хмаринка» та «Ягідна хмаринка» цей показник має значення $0,66 \text{ г/см}^3$ та $0,54 \text{ г/см}^3$ відповідно.

Розрахунково встановлено, що енергетична цінність зефіру органічного, виготовленого на аквафабі, становить 240 ккал/100 г продукту, що на 25% менше, ніж у традиційному зефірі, виготовленому за рецептурою зефіру «Ванільний».

Висновок. Встановлена можливість виготовлення аквафаби на основі органічного нуту з її подальшим використанням як заміника яєчного білка в рецептурах пастильних кондитерських виробів. Визначені раціональні режими отримання аквафаби, шляхи покращення її технологічних властивостей для можливості повної заміни нею яєчного білка. Підібране раціональне співвідношення компонентів і технологічних параметрів для отримання органічного зефіру на основі лише рослинних компонентів, який за своїми властивостями не поступається традиційним зразкам цієї солодкої продукції. Це дає змогу говорити про можливість розширення асортименту органічних солодощів, які задовольнятимуть попит різних верств населення країни.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аналіз ринку органічної продукції в Україні, 2020. «Гаряча агрополітика» AgroPolit.com. [Електронний ресурс]: URL: <https://agropolit.com/spetsproekty/407-analiz-rinku-organichnoyi-produktsiyi-v-ukrayini>.
2. Аналіз ринку кондитерських виробів. [Електронний ресурс]: URL: www.stoksmarket.gov.ua/www.eminet.net.ua.
3. Roberto, J. Rona. The prevalence of food allergy: A meta-analysis / Roberto J. Rona, FFPH, Thomas Keil, MD, Colin Summers, BSc, David Gislason // J. ALLERGY CLIN IMMUNOL. 2007. Vol. 120. №3. P. 638—646.
4. European Food Safety Authority. Monitoring data n pesticide residues in food: results on organic versus conventionally produced food. EFSA Supporting Publications, 2018. 15(4). 1397 p.
5. Future Market Insights, 2016. Egg replacement ingredient market: Global Industry Analysis and Opportunity Assessment, 2016—2026: [Електронний ресурс]. URL: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/egg-replacement-ingredient-market>.
6. Зернобобові культури: тематичний науково-допоміжний бібліографічний покажчик вітчизняних та зарубіжних видань з фондів Національної наукової сільськогосподарської бібліотеки НААН/НААН, ННСГБ; уклад. В. А. Вергунов, Л. М. Татарчук, Н. Д. Коломієць, Л. А. Зайцева; наук. ред. В. А. Вергунов. К., 2016. 270 с.
7. Sophie E. Stantiall. Application of pulses cooking water as functional ingredients: the foaming and gelling abilities / Stantiall S. E., Dale K. J., Calizo F. S., Serventi L. // European Food Research and Technology. 2018. Vol. 244. P. 97—104.
8. Бірта, Г. О. Основи рослинництва і тваринництва: навч. посіб. / Г. О. Бірта, Ю. Г. Бургу. К.: «Центр учбової літератури», 2014. 304 с.
9. Raikos, V. Aquafaba from commercially canned chickpeas as potential egg replacer for the development of vegan mayonnaise: recipe optimisation and storage stability / V. Raikos, H. Hayes, Ni He // International Journal of Food Science & Technology. May 2020. Vol. 55, Issue 5. P. 1935—1942.

10. He, Yue. Chickpea Cultivar Selection to Produce Aquafaba with Superior Emulsion Properties. / He Y., Shim Y. Y., Mustafa R., Meda V., Reaney M. J. T // *Foods*. 2019. № 8(12). P. 685.
11. Mustafa, R. Aquafaba, from Food Waste to a Value-Added Product / Mustafa, R.; Reaney, M. J. T // *Food Wastes and By-products: Nutraceutical and Health Potential*. 2019. Chapter 4. Vol. 1. P. 93—126.
12. Mustafa, R. Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake / R. Mustafa, Y. Y. Shim, R M. J. T. eaney // *Journal of Food Science. Int. J. Food Sci. Tech*. 2018. Vol. 53, №10. P. 2247—2255.
13. Aquafaba, what is its chemical composition?: [Електронний ресурс]. URL:<https://frikaker.no/aquafaba-what-is-its-chemical-composition/>.
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 «ІНКОС», 2015. 632 с.
15. ДСТУ 6441:2003 «Пастильні вироби. Загальні технічні умови». / Нац. стандарт України. Вид. офіц. [Чинний від 01.07.2003]. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 35 с.
16. Mustafa, R. Factors affecting functional properties of aquafaba, water recovered from commercially canned chickpeas / R. Mustafa, Y. Y. Shim, M. J. T. Reaney // *J. Exp. Food Chem.*, July 24—26, 2017. Vol. 3., Is. 2. P. 38.
17. Fatemah, B. Alsalman. Evaluation and optimization of functional and antinutritional properties of aquafaba / F. B. Alsalman, M. Tulbek, M. Nickerson, H. S. Ramaswamy // *Legume Science*. 2020. Vol. 2, №2. С. 30.
18. Лазарева, Т. А, Цихановська, І. В., Благий, О. С. Перспективи використання аквафаби для приготування солодких страв. Харчування здорової та хворої людини: матеріали IX міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., м. Прага, 23 жовт., 2020 р., Прага, 2020. С. 254—255.
19. Nguyet, T. M. Effect of processing methods on foam properties and application of lima bean (*Phaseolus lunatus L.*) aquafaba in eggless cupcakes / T. M. Nguyet, G. B. Tran, T. P. QuocLe // *Journal of Food Processing and Preservation*. November 2020. Vol. 44, Issue 11. P. 14886.
20. Про затвердження Переліку речовин (інгредієнтів, компонентів), що дозволяється використовувати у процесі органічного виробництва та які дозволені до використання у гранично допустимих кількостях [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0763-20#Text>.

УДК 536.3665.3

INTENSIFICATION OF SUNFLOWER CAKES COOLING AT OIL EXTRACTION PLANTS

M. Maslikov, M. Maslikov, V. Boyko, S. Samiilenko*National University of Food Technologies***Key words:**

cooling,
sunflower oily cake,
extraction,
intensity,
fins,
conveyor

Article history:

Received 31.08.2022

Received in revised form
24.10.2022

Accepted 24.10.2022

Corresponding author:

mmaslikov@gmail.com

ABSTRACT

The results of the development of the sunflower oily cake cooling system at the oil production are presented in this article.

The optimal oily cake temperature before extraction is 45–55 °C. Its decrease leads to a decrease in the intensity of extraction and an increase in sunflower oil losses. Its increase leads to an increase in solvent losses due to evaporation. Cooling of the oily cake becomes relevant during global warming, especially noticeable in the south regions of Ukraine, where sunflowers are grown and processed.

At domestic plants, the cooling of the oily cake usually occurs due to heat losses during its transportation for extraction. In world practice, heat exchangers are most often used for cooling bulk materials. However, significant grinding and removal of the material are observed in this case.

The analysis of factors affecting the efficiency of cooling of bulk brittle materials is carried out, the advantages and disadvantages of using different cooling methods are revealed. A computer model of the cooling system has been developed, which allows determining the temperature of oily cake under different cooling conditions and the configuration of its transportation system. The results of the computational experiment carried out using the computer model are presented and analyzed. Graphs of the ambient temperature influence on the temperature of the cooled oily cake for different methods of its cooling are presented.

On the basis of the computational experiment, the method of intensification of heat transferring from the oily cake to the ambient air with air blowing of the finned bottom of a part of the conveyors was chosen. For blowing under the finned conveyors, air boxes with slots are installed, which provide uniform in length air supply. The air is supplied by fans, exits through the slots at the same speed and blows the finned conveyors, improving heat removal from the fins. The methods of calculation and design of the finned conveyors and air showers for their blowing are developed.

DOI: 10.24263/2225-2916-2022-31-32-10

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ОХОЛОДЖЕННЯ СОНЯШНИКОВОЇ КРУПКИ НА ОЛІЄЕКСТРАКЦІЙНИХ ЗАВОДАХ

М. О. Масліков, канд. техн. наук,

М. М. Масліков, канд. техн. наук,

В. О. Бойко, канд. техн. наук,

С. М. Самійленко, канд. техн. наук,

Національний університет харчових технологій

Наведено результати дослідження ефективності охолодження соняшникової крупки в олієжировому виробництві. Проведено аналіз чинників, які впливають на інтенсивність охолодження силових крихких речовин. Представлено методику розрахунку і комп'ютерну модель системи охолодження, результати обчислювального експерименту та їх аналіз. Розроблено методики розрахунку та конструкції засобів інтенсифікації охолодження: оребрення транспортерів крупки та повітряного душу для їх обдування. Наведено графіки залежності температури охолодженої крупки від способів охолодження й температури довкілля.

Ключові слова: охолодження, соняшникова крупка, екстракція, інтенсивність, оребрення, транспортер.

Постановка проблеми. Для екстракції олії з крупки в Україні застосовують розчинник гексановий. Оптимальна температура крупки перед екстракцією 45—55 °С [1]. Зменшення температури призводить до погіршення процесу і втрат олії, а збільшення — до втрат розчинника через його випаровування. Охолодження крупки стає актуальним через підвищення температури довкілля внаслідок глобального потепління, особливо відчутного на півдні країни, де вирощують і переробляють насіння соняшника. Збільшення втрат розчинника на ЗАТ «Пологівський ОЕЗ» сягало 1,5—3%, що може становити до 20 т/добу. При вартості 150 грн/кг збитки можуть становити від 1,5 до 3 млн грн на добу.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Україна є світовим лідером виробництва олії з насіння соняшника. Найпоширенішими способами її отримання є механічний віджим насіння (45% олійності) та екстракція. Після застосування механічного способу (пресування), крім олії, отримують макуху, яка містить до 10—15% олії. Для її вилучення застосовують екстрагування. Отримані з макухи гранули (пелюстки чи крупка) подають до екстрактора, де органічний розчинник з підвищеною леткістю (наприклад, гексан) у кількості 2,5—3,5% до маси сировини, попередньо підігрітий у теплообмінниках до 30—40 °С, вилучає залишки олії.

Температура олієвмісного матеріалу, що надходить до екстрактора, для його безпечної роботи за малих втрат розчинника має бути нижчою за температуру кипіння розчинника щонайменше на 5 °С. Для розчинників, що використовуються в Україні, температура не повинна перевищувати 60 °С. Місцелу (розчин олії в розчиннику) дистилують для видалення розчинника. Залишок макухи після екстракції (шрот), що містить 0,3—1% олії та інші поживні речовини, використовують для вироблення комбікормів. Температура соняшникової крупки після дробарок має температуру близько 100 °С, а на вході до екстрактора вона не повинна перевищувати нормативних значень (55 °С) [1]. На вітчизняних заводах таке охолодження крупки, зазвичай, відбувається під час транспортування за рахунок тепловтрат.

У світовій практиці для охолодження матеріалу в гранулах найчастіше використовують додаткові теплообмінні апарати — горизонтальні стрічкові та протитоккові

охолоджувачі [2]. Недоліком горизонтальних охолоджувачів є малі коефіцієнти тепловіддачі, через що під час омивання шару матеріалу основна маса повітря не контактує з ним і випускається. У протитоківому охолоджувачі продукт рухається згори донизу, тоді як повітря проходить крізь його шар знизу вгору. Завдяки цьому забезпечується більш ефективний теплообмін і краще охолодження при використанні меншої кількості повітря. Проте використання протитоківих охолоджувачів, особливо з мішалками, супроводжується значним подрібненням і винесенням продукту, що також обмежує використання охолоджувачів з киплячим шаром. Іноді застосовують каскадні та інші типи охолоджувачів [3].

Гранулювання перед екстракцією [4] усуває перелічені вище недоліки та підвищує ефективність екстрагування. Крім того, гранулювання забезпечує отримання пористої, міцної гранули, необхідну температуру продукту перед екстракцією, зниження витрат розчинника. Але це вимагає збільшення видатків на придбання додаткового обладнання для гранулювання, сушіння й охолодження гранул. Тривають дослідження, що мають на меті оптимізацію охолодження гранульованих продуктів [5; 6].

Підвищення ефективності охолодження крупки в транспортері можливе відомими засобами інтенсифікації тепловіддачі: оребрением транспортерів, обдуванням повітрям, водяною сорочкою. Розрахунки показали, що оребрения існуючих транспортерів не дасть змоги охолодити крупку до потрібної температури, оскільки потребує надто великої кількості ребер, які мають малий крок розміщення. Крім того, неможливе регулювання охолодження крупки за зміни температури довкілля. Використання водяної сорочки збільшить масу системи транспортерів, яка має велику протяжність і розташована, як правило, на даху. Обдування транспортерів повітрям через низький коефіцієнт тепловіддачі вимагає надто великих витрат повітря та, відповідно, важких і енергомістких вентиляторів [7].

Мета дослідження: розробити систему охолодження крупки до екстрактора, що, незалежно від температури навколишнього середовища, забезпечує можливість підтримання регламентної температури екстракції і усуває перевитрату екстрагента.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження є система охолодження крупки перед екстрактором та аналіз її ефективності. Методи дослідження — математичне моделювання, розроблення комп'ютерної моделі та обчислювальний експеримент.

Результати дослідження. Дослідження системи транспортування крупки проведені на підприємстві ЗАТ «Пологівський ОЕЗ». Система складається з транспортерів, що переміщують крупку горизонтально, і двох норій, що піднімають крупку по вертикалі. Більшість горизонтальних транспортерів розміщені на даху і знаходяться під дією сонячної радіації. Охолодження крупки до екстракції відбувається в системі транспортування її в екстрактор шляхом відведення теплоти в довкілля за рахунок вільної конвекції. За даними фахівців підприємства перевищення регламентної температури екстракції призводить до перевитрат розчинника гексанового на 1,5—3% [7].

Принципова схема подачі крупки від пресів до екстрактора наведена на рис. 1. Для розроблення раціональної системи охолодження проаналізовано технічні рішення, застосування яких доцільне з огляду на їх ефективність та можливі недоліки.

Охолоджувати крупку під час її транспортування до екстрактора вирішено без встановлення додаткового обладнання. Крім охолодження за рахунок вільної конвекції, розглянуто оребрения транспортерів, охолодження їх повітряним душем, оснащення транспортерів водяною сорочкою. За показник ефективності системи прийнята температура крупки перед екстрактором.

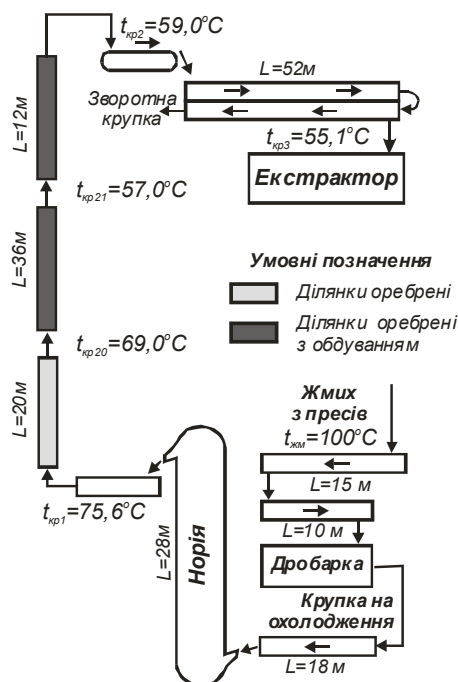


Рис. 1. Система транспортування крупки до екстрактора

Для проведення аналізу розроблена методика розрахунку і комп'ютерна модель, проведено обчислювальний експеримент, за допомогою якого виконано порівняльний аналіз різних способів охолодження крупки під час транспортування.

Для моделювання процесів використано математичні залежності. Так, теплота, яку крупка віддає з транспортера (за тепловим балансом), визначається за формулою:

$$\frac{G_{кр}}{2} c_{кр} (t_{жм} - t_{кр1}) = k_{кр} F_{кр} \frac{(t_{жм} - t_{нов}) - (t_{кр1} - t_{нов})}{\ln \left[\frac{(t_{жм} - t_{нов})}{(t_{кр1} - t_{нов})} \right]} + \dots$$

$$\dots + k_{нов} F_{нов} (t_{нов.к} - t_{нов}), \quad (1)$$

де $G_{кр}$ — витрата крупки, т/добу; $c_{кр}$ — питома теплоємність крупки, кДж/кг; $t_{жм}$, $t_{кр1}$, $t_{нов}$ — температура, відповідно, крупки після дробарки, після норій і повітря у приміщенні цеху, °C; $F_{кр}$, $F_{нов}$ — площа тепловідведення, відповідно, від повітря в кожусі до повітря на ділянці і від крупки до повітря на ділянці, м²:

$$F_{нов} = L1a(b + 2(h - h_{кр})); \quad (2)$$

$$F_{кр} = L1a(b + 2h_{кр}), \quad (3)$$

де b , h , $h_{кр}$ — відповідно, ширина і висота транспортера, висота шару крупки, м; $k_{кр}$, $k_{нов}$ — коефіцієнт теплопередачі на ділянці, заповнений, відповідно, крупкою і повітрям [8], Вт/м²К:

$$k_{кр} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{1кр}} + \frac{1}{\alpha_{21}} + \frac{\delta'_{см}}{\lambda_{см}}}; \quad (4)$$

$$k_{нов} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{1нов}} + \frac{1}{\alpha_{22}} + \frac{\delta'_{см}}{\lambda_{см}}}, \quad (5)$$

де $\alpha_{1кр}$, α_{21} , α_{22} , $\alpha_{1нов}$ — коефіцієнти тепловіддачі, відповідно, від крупки до стінки, від стінки на ділянці крупки до повітря в приміщенні, від стінки на ділянці над крупкою до повітря, а також від крупки до повітря в кожусі [8], Вт/м²К, ($\alpha_{1кр} = 75$ Вт/м²К):

$$\alpha_{21} = 9,3 + 0,47(t_{дн.з} - t_{нов}) + 7\sqrt{w_{нов.л}}; \quad (6)$$

$$\alpha_{22} = 9,3 + 0,47(t_{см.з} - t_{нов}) + 7\sqrt{w_{нов.л}}; \quad (7)$$

$$\alpha_{1нов} = 9,3 + 0,47(t_{нов.к} - t_{см.с}) + 7\sqrt{w_{нов.к}}; \quad (8)$$

$$\alpha_{2кр} = 9,3 + 0,47(t_{кр.с} - t_{нов.к}) + 7\sqrt{w_{нов.к}}. \quad (9)$$

Температура крупки середня, °С:

$$t_{кр.с} = \frac{t_{жм} + t_{кр1}}{2}. \quad (10)$$

Температура дна транспортера внутрішня, °С:

$$t_{дн.в} = t_{кр.с} - \frac{q_{кр1}}{\alpha_{1кр}}. \quad (11)$$

Температура дна транспортера зовнішня, °С:

$$t_{дн.з} = t_{дн.в} - \frac{q_{кр1}\delta_{см}}{\lambda_{см}}. \quad (12)$$

Температура повітря у кожусі транспортера, °С:

$$t_{нов.к} = t_{кр.с} - \frac{q_{кр2}}{\alpha_{2кр}}. \quad (13)$$

Температура стінки кожуха транспортера внутрішня, °С:

$$t_{см.с} = t_{нов.к} - \frac{q_{кр2}}{\alpha_{2кр}}. \quad (14)$$

Температура стінки кожуха транспортера зовнішня, °С:

$$t_{см.з} = t_{см.с} - \frac{q_{нов}\delta_{см}}{\lambda_{см}}. \quad (15)$$

Інтенсивність охолодження можна збільшити обребненням [9]. Коли теплота відводиться від транспортера з обребненим дном кількість ребер становить:

$$n_p = \frac{L}{S_p}, \quad (16)$$

де L — довжина транспортера, м; S_p — крок ребер, м.

Розміри ребра, м: l — висота; b — ширина; δ_p — товщина. Периметр і площа поперечного перерізу ребра, відповідно: $P=2(b+\delta_p)$, м; $f_p = b\delta_p$, м².

Визначальний розмір, м:

$$x = \frac{4bh}{2(b+h)}. \quad (17)$$

Коефіцієнти тепловіддачі від неоребреної стінки до повітря, Вт/м²К:

$$\alpha_{21} = 0,264 \left(\frac{w_{нов.н} x}{v_n} \right)^{0,66} Pr_0^{0,35} \frac{\lambda_n}{x}, \quad (18)$$

де v_n , λ_n — відповідно, в'язкість і густина повітря.

Коефіцієнти тепловіддачі від ребра стінки до повітря, Вт/м²К:

$$\alpha_{2p} = 7,54 \frac{\lambda_n}{2S_p}. \quad (19)$$

Перенесення теплоти в ребрах сталого перерізу:

$$\mu_p = \sqrt{\frac{P\alpha_{2c}}{f_p\lambda_{cm}}}. \quad (20)$$

Коефіцієнт теплопередачі від оребреного транспортера до повітря, Вт/м²К:

$$K_p = \lambda_{cm} f_p \mu_p \frac{\sinh(\mu_p l) + \frac{\alpha_{2p} \cosh(\mu_p l)}{\lambda_{cm} \mu_p}}{\cosh(\mu_p l) + \frac{\alpha_{2p} \sinh(\mu_p l)}{\lambda_{cm} \mu_p}}. \quad (21)$$

Кількість відведеної теплоти, Вт:

$$Q_p = K_p (t_{дн.з} - t_{нов1p}). \quad (22)$$

Температура крупки на виході з оребреного транспортера, °С:

$$t_{см.з} = t_{см.в} - \frac{q_{нов}\delta_{cm}}{\lambda_{cm}}. \quad (23)$$

Поверхня оребрення, м²:

$$F_{p1} = 2L(b+h) + n_p [2lb + \delta_p(2l+b)] - n_p b \delta_p. \quad (24)$$

Потрібна кількість металу на оребрення (площа листа) м²:

$$F_m = n_p b l. \quad (25)$$

Маса металу на оребрення (площа листа) м²:

$$M_m = F_m \delta_p \rho_m. \quad (26)$$

Для інтенсифікації охолодження крупки обдуванням транспортера розроблена конструкція повітряного душа (рис. 2). Повітря нагнітачем подається у короб 5, розміщений під транспортером, і через щілину обдуває його оребрене дно 3. Висота короба на вході, м:

$$h_{1к} = \frac{Q_{нов}}{wb_1}, \quad (27)$$

де $Q_{нов}$ — витрата повітря, м³/год; w — швидкість повітря, м/с; b_1 — ширина короба на вході.

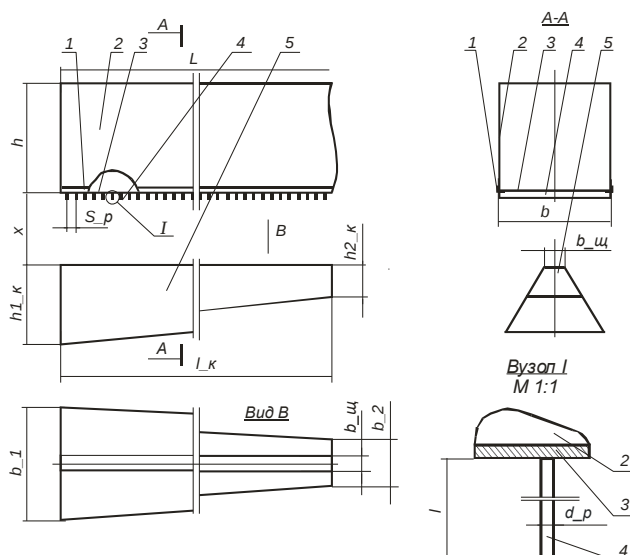


Рис. 2. Повітряний душ транспортера: 1 — кутик рівнобічний; 2 — стінка бокова; 3 — дно; 4 — ребро; 5 — обдувальний пристрій

Висота короба на виході $h_{2\kappa} = 0,25h_{1\kappa}$, м; площа повздовжнього перерізу короба $f_{\kappa} = b_1 l_{\kappa}$, м². Еквівалентний діаметр щілини, м:

$$d_0 = \frac{4f_{щ}}{2(l_{\kappa} + b_{щ})}, \quad (28)$$

де $f_{щ} = b_{щ} l_{\kappa}$, м² — площа перерізу щілини.

Діаметр повітряного струменя біля дна (з урахуванням розкриття струменя) [10], м:

$$d_x = 6,8d_0 \left(\frac{ax}{d_0} + 0,145 \right), \quad (29)$$

де a — дослідний коефіцієнт турбулентності повітря.

Швидкість повітря на виході з щілини, м/с:

$$w_0 = w_{нов} \frac{(ax/d_0) + 0,145}{0,266}. \quad (30)$$

Сумарна витрата повітря на короби,

$$Q_{нов} = w_0 L b_{щ}. \quad (31)$$

Необхідна площа перетину короба на вході, м²:

$$F_1 = Q_{нов} / w. \quad (32)$$

Еквівалентний діаметр короба, м:

$$d_{\kappa} = \frac{4F_1}{2(b_1 + h_1)}. \quad (33)$$

Кінематична в'язкість повітря [10], м²/с:

$$\nu_{нов} = [13,45 + 0,0885t_{нов} + 0,00013t_{нов}^2] 10^{-4}. \quad (34)$$

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{w_0 d_{\kappa}}{\nu_{нов}}. \quad (35)$$

Коефіцієнт гідравлічного опору для турбулентного режиму:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d_{\kappa}} \right)^{0,25} . \quad (36)$$

Втрати напору, мм в. ст.:

$$H = 1,2 \left(\lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} + \Sigma \zeta \right) \frac{\rho_{\text{нов}} W^2}{2} , \quad (37)$$

де $\Sigma \zeta$ — сумарний коефіцієнт місцевого опору повітряного каналу.

Умови проведення обчислювального експерименту: розрахункова схема (рис. 1); розрахункова літня температура регіону — +28 °С. Варіювалися: температурний режим; продуктивність виробництва; способи охолодження; конструктивні (L ; b_1 ; $b_{\text{щ}}$; $h_{1\kappa}$) і режимні (w ; $Q_{\text{нов}}$; H) параметри системи охолодження. Визначалась $t_{\text{кр}}$ після кожної розрахункової ділянки і на вході в екстрактор.

У табл. 1 наведені результати проведеного обчислювального експерименту (ширина щілини короба 50 мм).

Таблиця 1. Результати обчислювального експерименту [11]

№ варіанта	Ширина короба b_1 , мм	Ширина щілини $b_{\text{щ}}$, мм	Висота короба на вході $h_{1\kappa}$ (для $L=12$ м)	Висота короба на вході $h_{1\kappa}$ (для $L=18$ м)	Швидкість повітря в щілині w , м/с	Напір вентилятора H , мм (для $L=12$ м)	Напір вентилятора H , мм (для $L=18$ м)	Витрата повітря $Q_{\text{нов}}$, м ³ /год (для $L=12$ м)	Витрата повітря $Q_{\text{нов}}$, м ³ /год (для $L=18$ м)	Температура крупки кінцева $t_{\text{кр}}$, °С
1	300	50	320	480	4	685,1	689,8	8640	12960	55,13
2	400	50	240	360	4	842,8	845,6	8640	12960	55,13
3	500	50	192	288	4	1004	1006	8640	12960	55,13
4	300	50	280	420	3,5	687,1	691,8	7560	11340	55,96
5	400	50	210	315	3,5	845,5	848,2	7560	11340	55,96
6	500	50	168	252	3,5	1007	1009	7560	11340	55,96
7	300	50	240	360	3	689,9	694,4	6480	9720	56,72
8	400	50	180	270	3	849,2	851,7	6480	9720	56,72
9	500	50	144	216	3	1012	1013	6480	9720	56,72
10	300	50	200	300	2,5	693,8	698,1	5400	8100	57,5
11	400	50	150	225	2,5	854,5	856,6	5400	8100	57,5
12	500	50	120	180	2,5	1019	1020	5400	8100	57,5
13	300	50	160	240	2	699,8	703,8	4320	6480	57,83
14	400	50	120	180	2	862,8	864,3	4320	6480	57,83
15	500	50	96	144	2	1030	1029	4320	6480	57,83

У табл. 2. наведений розрахунок температури крупки перед екстрактором для транспортної системи Пологівського ОЕЗ і узгоджених параметрів системи примусового повітряного охолодження: 7 коробів; довжина коробів — 12 м; ширина коробів — 500 мм; ширина щілини — 50 мм; швидкість повітря в коробі — 16 м/с; температура повітря — 28 °С. Швидкість обдування змінна — 3—5 м/с.

На рис. 3 представлена залежність температури охолодженої крупки від температури зовнішнього повітря та способів охолодження: 1 — охолодження за рахунок тепловтрат транспортерів; 2 — транспортери обдуваються повітрям; 3 — транспор-

тери оребрєні і обдуваються повітрям; 4 — транспортери охолоджуються водою; 5 — транспортери оребрєні; 6 — охолодження і оребрєння транспортерів за конфігурацією (рис. 1).

Таблиця 2. Параметри системи охолодження транспортерів крупки [11]

№ варіанта	Швидкість повітря біля короба, м/с	Витрата повітря Q, м³/год	Висота короба на вході, мм	Напір вентилятора Н, мм в. ст. (для L=18 м)	Температура крупки кінцева, град
1	3	6952	290	80	56,7
2	3,5	8111	340	79	56
3	4	9270	390	77	55,1
4	4,5	10430	440	76	54,6
5	5	11590	485	75	54,1

Для зменшення температури крупки вибрано спосіб інтенсифікації теплопередачі від крупки до зовнішнього повітря за допомогою оребрєння дна однієї частини транспортерів та оребрєння дна й обдування повітрям іншої частини транспортерів. Для охолодження обдуванням під оребрєними транспортерами встановлено повітряні короби з щілинами, що забезпечують рівномірну по довжині подачу повітря. Повітря подається вентиляторами, виходить через щілини з однаковою швидкістю та обдуває оребрєні транспортери, покращуючи тепловідведення з ребер [11].

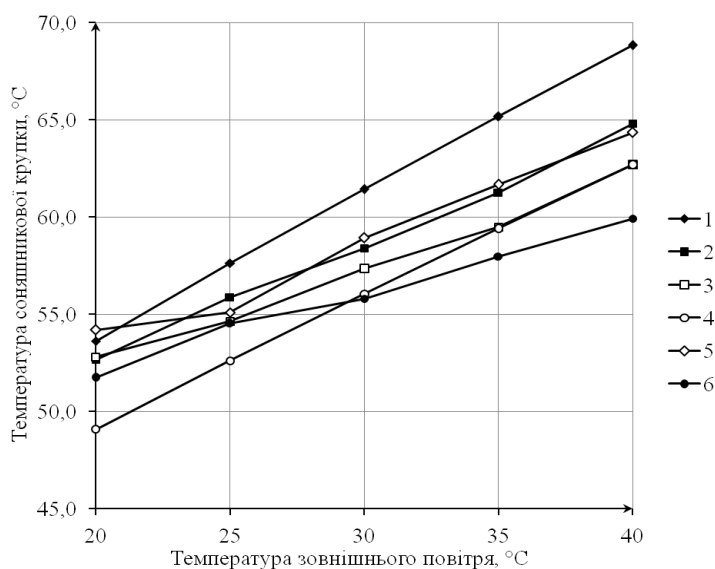


Рис. 3. Вплив температури зовнішнього повітря та різних варіантів системи охолодження на температуру крупки перед екстрактором: 1 — охолодження за рахунок тепловтрат транспортерів; 2 — транспортери обдуваються повітрям; 3 — транспортери оребрєні і обдуваються повітрям; 4 — транспортери охолоджуються водою; 5 — транспортери оребрєні; 6 — охолодження і оребрєння транспортерів за конфігурацією (рис. 1)

Висновки. За допомогою розробленої комп'ютерної моделі та результатів обчислювального експерименту встановлено вплив способів і схеми системи охолодження, а також температури зовнішнього повітря на температуру крупки перед екстрактором. Знайдені оптимальні розміри оребрєння транспортерів крупки. Розроблена

система повітряного охолодження дає змогу підтримувати оптимальну температуру екстракції в існуючому діапазоні температур довкілля. Результати дослідження рекомендовані до впровадження на ЗАТ «Пологівський ОЕЗ».

ЛІТЕРАТУРА

1. Осейко, М. І. Технологія рослинних олій: підруч. / М. І. Осейко. К.: Варта, 2006.
2. The Importance of Cooling Pellets in Quality Feed Processing [Electronic resource]. Regime of access: <https://www.yemmak.com/en/the-importance-of-cooling-pellets-in-quality-feed-processing>.
3. Andersson, D. Mathematical Model for Countercurrent Feed Pellet Cooler [Electronic resource] / David Andersson, Daniel Johansson // Master of Science Thesis. Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2008. Regime of access: <https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/68101.pdf>.
4. Група компаній ICK Group [Електронний ресурс]: Олієжирова галузь. Технологія гранулювання перед екстракцією. Режим доступу: <https://ick.ua/industries/olijno-zhyrova/>.
5. Bortone, E. Matching product to cooling process [Electronic resource]. Regime of access: https://www.feedstrategy.com/wp-content/uploads/2019/09/3-12_Matching_product_to_cooling_process.pdf.
6. Юхименко, М. П. Конвективне охолодження гранульованих та зернистих матеріалів: монографія / М. П. Юхименко, Р. О. Острога, Й. Боцко. Суми: Університетська книга, 2021.
7. Масліков, М. О. Система охолодження крупки перед подаванням до екстрактора / М. О. Масліков, М. М. Масліков // Наукові праці УДУХТ. 2001. №10. С. 29—30.
8. Масликов, В. А. Примеры расчетов оборудования производства растительных масел. М.: Пищепромиздат, 1967.
9. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. Справочник в 4-х томах. / Под общей ред. А. В. Клименка и В. М. Зорина. М.: Издательство МЭИ, 2001.
10. Справочник по теплоснабжению и вентиляции: Книга 2. К: Будівельник, 1976.
11. Візерський, В. А. Розроблення методу та схеми охолодження соняшникової крупки для ЗАТ «Пологівський ОЕЗ»: кваліфікаційна робота ... магістра: 144 Теплоенергетика / В. А. Візерський; наук. керівник М. О. Масліков. Київ, 2021. 87 с. URI: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/35744>.

УДК 663.551

TECHNOLOGY OF COMPLEX PROCESSING OF POST-ALCOHOLIC GRAIN BARD

Y. Bulii, R. Mukoid*National University of Food Technologies***I. Olshakovskii, I. Mihailov, V. Ivanchuk, V. Ivanchuk***Limited Liability Company "Organika"***Keywords:**

bard,
cake,
fugate,
decanter centrifuge,
filtrate

Article history:

Received 28.11.2022

Received in revised form
13.12.2022

Accepted 20.12.2022

Corresponding author:

yvbuliy@gmail.com

ABSTRACT

Grain post-alcohol bard in concentrated form is a high-protein fodder product for animals, containing dry protein, easily digestible carbohydrates, fiber, proteins, fats, amino acids, vitamins, micro- and macroelements. Therefore, the development of sustainable ways of its processing is an urgent task for alcohol production.

Two fundamentally different technological solutions of bard processing are known: thickening of bard at multicompartiment evaporation unit and its thickening by mechanical methods (by decanting, separating) with subsequent drying of the thickened residue. The first method is energy-intensive because of the high cost of thermal energy.

Graduates of the Department of Biotechnology of Fermentation Products and Winemaking NUFT, and now the employees of LLC "Organics" have achieved significant results in this direction. Innovative technology they have developed provides the separation of bard into a wet cake with a dry matter content of 30...35% and fugate (6...9%) in a decanter centrifuge, thickening of fugate to 28...32% in SE decanter, and fugate after SE decanter from 3...4 to 14...18% in ultrafiltration installation, drying of cake and concentrate and getting dry bard (DDGS) with humidity 10...12% and protein content 30...35%. Cleaning and desalting of a mixture of luther water, leachate after the ultrafiltration unit and condensate after the drying unit by nano-filtration made it possible to obtain water suitable for process purposes and to ensure a waste-free cycle in alcohol production.

The technological solutions adopted have made it possible to reduce energy costs for the production of the dry fodder product and to ensure a waste-free cycle of alcohol production.

After production trials, the innovative technology has been introduced at the alcohol plants..

DOI: 10.24263/2225-2916-2022-31-32-11

ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНОВОЇ ПІСЛЯСПИРТОВОЇ БАРДИ

Ю. В. Булій, канд. техн. наук

Р. М. Мукоїд, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

І. М. Ольшаківський,

І. М. Михайлов,

В. І. Іванчук,

В. В. Іванчук, канд. техн. наук

Товариство з обмеженою відповідальністю «Органіка»

Розробка раціональних способів переробки зернової післяспиртової барди є актуальним завданням, для вирішення якого запропонована енергозберігаюча технологія, що передбачає отримання вологого кеку з вмістом сухих речовин 30...35%, згушення фугату — від 6...9 до 28...32% в SE-декантері, а фугату після SE-декантера — від 3...4 до 14...18% в ультрафільтраційній установці та висушування кеку і концентрату з отриманням сухої барди (DDGS) вологістю 10...12% і вмістом протеїну 30...35%. Очищення і знесолення суміші фільтрату після ультрафільтраційної установки, лютерної води і конденсату після сушильної установки шляхом нанофільтрації дало змогу отримати воду, придатну для використання на технологічні потреби. Після виробничих досліджень інноваційна технологія була впроваджена на спиртових заводах.

Ключові слова: барда, кек, фугат, декантерна центрифуга, фільтрат.

Постановка проблеми. Зернова післяспиртова барда (ПСБ) відноситься до відходів спиртового виробництва. Навіть при падінні річного виробництва спирту до 11 млн дал на заводах щорічно утворюється близько 1 млн т нативної зернової барди. Наприклад, на заводі потужністю 3000 дал спирту на добу кожної доби утворюється 270 т барди. У барді містяться білки, клітковина, геміцелюлози, зольні речовини, жири, вітаміни А, D, E, групи В, фолієва кислота (В₉), біотин (Н), каротиноїди, амінокислоти (лізин, метіонін, цистин, триптофан), макроелементи (кальцій, фосфор, азот) і мікроелементи (залізо, цинк, мідь), що дає змогу застосовувати барду як рідку кормову добавку за умови, якщо поруч знаходиться потужна відгодівельна кормова база [1; 2]. У концентрованому (сухому) вигляді барда є високобілковим продуктом і використовується для виробництва високоякісних білково-вуглеводних кормів. На кожні 1000 дал спирту у барді міститься близько 10000 корм. од. Вартість 1 корм. од. нативної барди у 10 разів нижча, ніж у концентрованих кормах. У Франції та США близько 90...95% ПСБ переробляють у сухий кормовий продукт, в якому довго зберігається протеїн, легкоперетравлювані вуглеводи, вітаміни, а також мікро- і макроелементи.

Разом з тим нативна барда є одним із основних органічних забруднювачів. Її скидання у водойми або ґрунтові поля фільтрації вже набуває характеру екологічної катастрофи в ряді регіонів України. За рахунок високих показників хімічного та біохімічного споживання кисню, високого вмісту завислих речовин, специфічного кольору та неприємного запаху, низького значення рН очищення таких відходів на полях фільтрації неможливе. Через відсутність поблизу спиртових заводів великих комплексів для відгодівлі поголів'я сільськогосподарських тварин реалізація барди в натуральному вигляді дуже обмежена, а її транспортування потребує суттєвих витрат. З розвитком біоетанольного виробництва, де потужності підприємств сягають

10000 дал на добу і більше, а об'єми нативної барди становлять 700...800 т на добу, відгодівельні комплекси повинні містити близько 25000 голів рогатої худоби, що важко собі уявити. За таких умов актуальною є розробка технології комплексної переробки сухої ПБС для виробництва кормових продуктів. Вирішення цього завдання дасть змогу підвищити рентабельність спиртового виробництва, забезпечити екологічну безпеку навколишнього середовища та зменшити споживання артезіанської води на 70...80%.

Мета статті: дослідження ефективності енергозберігаючої технології комплексної переробки зернової ПБС з отриманням високобілкового кормового продукту DDGS, вологого концентрату та очищеної технологічної води, розробленої співробітниками ТОВ «Органіка», у виробничих умовах та обґрунтування її переваги порівняно з відомими способами.

Матеріали і методи. Методи досліджень — аналітичні, хімічні, фізико-хімічні з використанням приладів і методики досліджень, що застосовуються у виробництві спирту етилового ректифікованого [3]. Фізико-хімічні показники сухого кормового продукту DDGS визначали згідно з методикою аналізів, наведених у ДСТУ 4478:2005, токсичних елементів — згідно з ДСТУ 3570-97, очищеної стічної води методами, вказаними в ДСанПіН 2.2.4-171-10 [4; 5].

Результати дослідження. Одним із відомих способів переробки барди у спиртовому виробництві є використання фільтрату барди для приготування замісів і розведення концентрованого оцукреного суслу на стадії його бродіння. Технічне рішення дає змогу суттєво зменшити енерговитрати і водоспоживання на головних стадіях виробництва, включаючи оцукрювання, підтримувати концентрацію спирту в зрілій бражці в межах 12...12,5 об. %, підвищити буферність зброджуваного суслу та покращити умови для ферментативного дооцукрювання вуглеводів і збільшення виходу спирту.

Фільтрат барди містить 31,67 мг/100 см³ суміші амінокислот, зокрема, 9,39 — глютамінової кислоти, 1,20 — аспарагінової кислоти, 0,42 — тирозину, 0,68 — лейцину, які є ефективним джерелом азоту для сахароміцетів. За умови його використання на стадії приготування замісів у кількості 20...0% щодо води в дистилатах зменшується концентрація альдегідів, вищих спиртів, складних ефірів та органічних кислот. Але багаторазове використання фільтрату барди на стадії приготування замісів призводить до зменшення виходу спирту та погіршення його якості через зниження рН субстрату, накопичення СР та солевмісту у ферментованому суслі [1].

Співробітники компанії «Гріндфілд» (Ірландія) розробили технологію паливного біостанолу «Biostil 2000», яка передбачає виділення дріжджів з бражки шляхом її сепарування і повернення дріжджів у бродильний апарат. Отриману за цією технологією барду з вмістом сухих речовин близько 30% подавали на сушіння без попереднього концентрування у випарній установці. Підвищена концентрація дріжджів у ферментаційному середовищі забезпечувала високий вміст протеїну в сухому концентраті барди порівняно з кормовим продуктом, отриманому за традиційною технологією. Але через втрати спирту в навколишнє середовище, інфікованість ферментативної маси та високі енерговитрати на сепарування і перекачку бражки такий спосіб не знайшов широкого використання [6].

Відомі два принципово різні технологічні рішення комплексної переробки зернової ПБС. Перше передбачає випаровування води з фугату барди на багатокорпусній випарній установці та отримання сухого залишку для подальшого перероблення

[7; 8]. Друге передбачає фільтрацію фугату барди з подальшим висушуванням концентратів продукту, отриманих після фільтрації.

Їх аналіз показав, що перший спосіб відноситься до енергоємних через високі витрати теплової енергії. Використання випарних апаратів для розділення ПБС потребує високих експлуатаційних витрат, необхідних для збільшення паросилового господарства, очищення обладнання від накипу і нагару та конденсування випареної вологи, яка в подальшому потребує доочищення для повторного використання в технологічному процесі. Більш технологічними в роботі і надійними в плані автоматизації процесу є фільтраційні установки. Другий спосіб передбачає відділення води шляхом фільтрування на установках ультрафільтрації (УФ) та нанофільтрації (НФ). Спосіб дає змогу ефективно очищувати всі стічні води, крім побутових, у тому числі лютерну воду, об'єми якої на потужних спиртових заводах сягають 200 м³ на добу і більше, яка також є загрозою для екосистеми. При цьому суттєво зменшуються витрати води, яку направляють на очисні споруди.

Останнім часом для розділення барди на рідку та густу фракції на першій стадії використовують центрифуги-декантери, які виготовляються як в Україні, так і поставляються із закордону. Співробітниками НВ ТОВ «Інтермаш» розроблено конструкцію вітчизняного декантера й апаратурно-технологічну схему переробки ПБС з отриманням сухої зернової барди та вологого концентрату [9]. Інноваційна технологія впроваджена у виробничих умовах ДП «Червонослобідський спиртовий завод» і представлена на рис. 1.

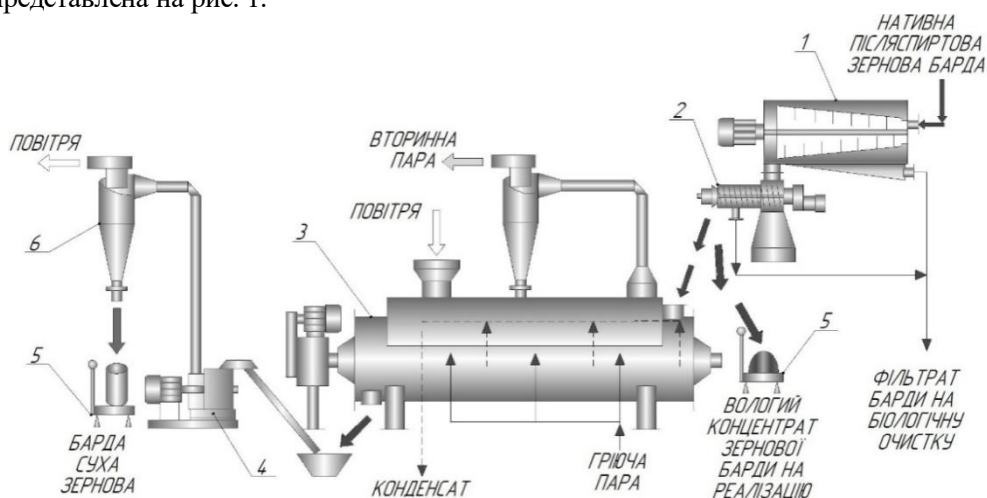


Рис. 1. Технологічна схема переробки зернової ПБС:

1 — сепаратор; 2 — декантер; 3 — сушарка СКМ-200 (ВАТ «НМЗ»); 4 — дробарка; 5 — ваги; 6 — циклон

Потужність установки по барді становила 350 м³/добу, вміст вологи в згущеній барді після сепаратора — 87...88%, після декантера — 68...70%.

Досліджено, що концентрація протеїну у вологому концентраті після декантера досягала 30% в перерахунку на суху речовину (СР). Незважаючи на отримані позитивні результати, технічне рішення не вирішило завдання комплексної переробки ПБС, оскільки не передбачало висушування вологого концентрату й очистку фільтрату барди. Як наслідок, у відходоному фільтраті залишався високий відсоток СР, що призводило до зниження кормової цінності барди.

Перспективні результати були отримані під час переробки фугату барди з використанням процесів ультрафільтрації та зворотного осмосу на рівні нанофільтрації. Очищена від органічних домішок вода використовувалась як заміник технологічної води в процесі виробництва етанолу, концентрована — як корм у необробленому або висушеному вигляді. Недоліками способу були додаткові енерговитрати на підсушування концентратів, які в гелевому стані (14...18% СР) також можливо легко транспортувати та згодовувати ВРХ [10].

На підприємствах США і Європи, що виробляють паливний біоетанол, використовують технологію комплексної переробки ПСБ, яка передбачає отримання цінного білкового продукту «Distillers Dried Grains with Solubles» (DDGS). Згідно з відомим способом зважені частинки барди відділяють під час її центрифугування. Фугат частково використовують у головному виробництві, а більшу його частину упарюють на багатокорпусній випарній установці до концентрації сухих речовин 30...35%. Концентрат змішують з кеком і частиною основного продукту (вологість суміші становить до 45%) і висушують у сушарці барабанного типу. Така технологія потребує підвищених енерговитрат на обезводнення барди і суттєвих витрат на обслуговування випарної установки. Крім того, конденсат після випарної установки має високий рівень забрудненості (1500...3000 мг/дм³ О₂ поХПК), тому потребує додаткового очищення, яке технологією не передбачено [1].

У зв'язку з розширенням виробництва паливного біоетанолу в Україні ряд компаній пропонують свої послуги щодо постачання обладнання та розробки технологічних схем для комплексної переробки ПСБ з отриманням DDGS: «BTS Engineering», ПрАТ «Українська технологічна компанія», ТОВ «ВГ «Техінсервіс», компанія «Агротехнолоджи» та ін. Значних результатів у цьому напрямку досягли випускники кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства НУХТ, а нині співробітники ТОВ «Органіка». Запропонована ними технологічна схема утилізації нативної барди з отриманням DDGS, збагаченого білками, дріжджами та іншими поживними речовинами, представлена на рис. 2.

Згідно з наведеною схемою кукурудзяна нативна барда, яка містить 10...14% СР, безперервно подається із збірника в горизонтальну декантерну центрифугу, в якій відбувається її розділення на вологий кек (30...35% СР) і фугат (6...9% СР). Після декантера кек через шнек-змішувач подається на висушування в сушильній установці № 1 типу СКС-1,1-750БМ, а фугат через проміжний збірник-накопичувач надходить на горизонтальну високооборотну центрифугу — SE-декантер, в якій відбувається його розділення на кек (28...32% СР) і фугат (3...4% СР).

Кек через шнек-змішувач подається на висушування в сушильну установку, а гарячий фільтрат (фугат), температура якого становить 70...80 °С, направляють на очищення в ультрафільтраційній установці (УФ-установці), оснащений керамічними мембранами. В ній відбувається відділення і концентрування залишків білкових речовин барди, згущення фугату до концентрації в ньому СР 14...18% й отримання прозорої рідини з легким солом'яним відтінком — фільтрату УФ, що містить 2...3% СР, до складу яких входять водорозчинні солі, залишки органічних сполук і цукри.

Отриманий в УФ-установці концентрат через шнек-змішувач направляють у сушильну установку, а фільтрат УФ — у реактор. Також у реактор подають лютерну воду з кубової частини ректифікаційної колони, конденсат із сушильної установки та розчини для корегування рН суміші з метою зміщення ізоелектричної точки залишків білків, присутніх у суміші, до їх переходу у водонерозчинну форму.

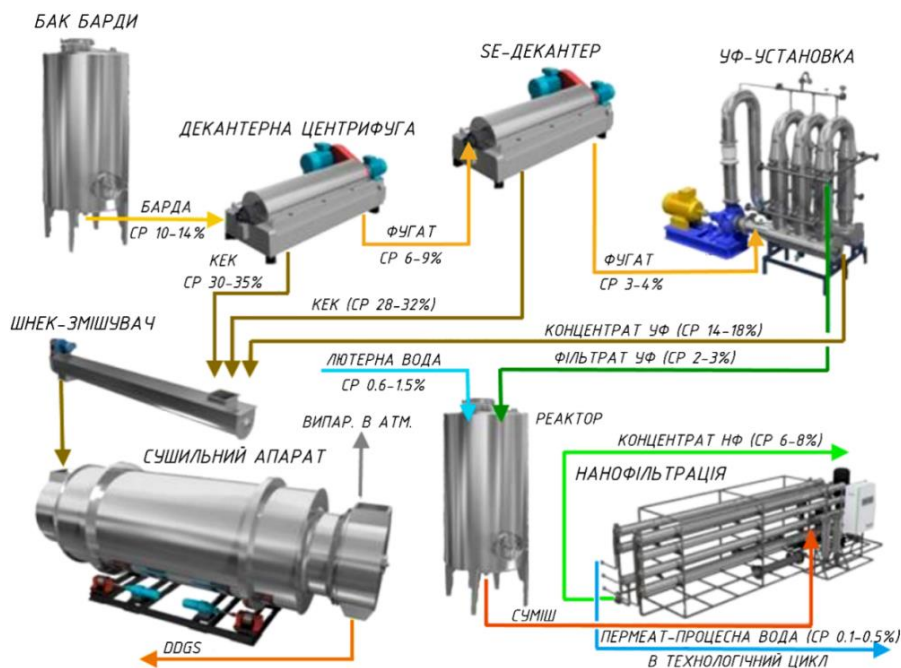


Рис. 2. Технологічна схема комплексної переробки зернової ПСБ

Підготовлену в реакторі суміш подають на доочищення в нанофільтраційну установку (НФ-установку), оснащену полімерними мембранами. В цій установці суміш розділяється на концентрат і пермеат НФ (знесолену процесну воду). Отриманий після нанофільтрації суміші концентрат НФ, вміст СР у якому становить 10...12%, направляють на поля фільтрації. Його кількість становить 10...15% від загальної кількості відфільтрованих вод. До його складу входять залишки мінеральних солей, амінокислот і цукрів. Але через малі об'єми і низький вміст вуглеводів концентрат НФ недоцільно переробляти разом з іншими концентратами на корм.

Пермеат НФ, вміст СР в якому становить 0,06...0,5% залежно від якості вхідної води для приготування замісу, повертають на основне виробництво і використовують на технологічні потреби (для приготування замісу, живлення градірні тощо). Вологий кек після декантерної центрифуги, кек після SE-декантера та концентрат УФ надходять в шнек-змішувач, і далі суміш подається на висушування. Після висушування отримують суху барду (DDGS) вологістю 10...12% і вмістом протеїну 30...35%.

Дослідження ефективності інноваційної технології проводились у виробничих умовах на Бороському спиртовому заводі і частково на заводі «Бікорм». Фізико-хімічні показники отриманого у виробничих умовах кормового продукту DDGS наведені в табл. 1.

Аналіз результатів, наведених у табл. 1, свідчить про те, що фізико-хімічні показники сухої зернової барди (DDGS) відповідають вимогам ДСТУ 4478:2005, а концентрація мікотоксинів, пестицидів, радіонуклідів і токсичних елементів не перевищує нормативних значень.

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники сухого кормового продукту DDGS

Найменування показника	МДР за нормативними документами	Результати досліджень	Позначення НД на метод випробувань	Відмітка про відповідність
<i>Фізико-хімічні випробування</i>				
Масова частка вологи, % не більше	11,0	6,2	ДСТУ ISO 6496:2005	відповідає
Масова частка сирової клітковини, не більше	17,0	13,1	ДСТУ ISO 6865:2004	відповідає
Масова частка жиру, в перерахунку на СР, %	не менше 5,0	5,1	ДСТУ ISO 6492:2003	відповідає
Масова частка сирового протеїну, % на СР, не менше	26	27,5	ДСТУ 7169:2010	відповідає
Масова частка сирової золи, % на СР, не більше	10	1,3	ДСТУ ISO 5984:2004	відповідає
Наявність металоманітних домішок: часток розміром до 2 мм включно, мг/кг барди, не більше	30	не виявлено	ГОСТ 13496.9-96	відповідає
Токсичність	не допускається	не токсична	ДСТУ 3570-97	відповідає
<i>Токсичні елементи</i>				
Свинець, мг/кг	0,3	0,17	ДСТУ EN 14082:2003	відповідає
Кадмій, мг/кг	0,03	0,018	ДСТУ EN 14082:2003	відповідає
Миш'як, мг/кг	0,2	0,025	ДСТУ ISO 6634:2004	відповідає
Ртуть, мг/кг	0,005	0,0075	ДСТУ ISO 6637:2001	відповідає
Мідь, мг/кг	5,0	2,12	ДСТУ 8123:2015	відповідає
Цинк, мг/кг	10,0	4,44	ДСТУ 8123:2015	відповідає

Порівняльна характеристика очищеної технологічної стічної води, питної води і вимоги до якості стічних вод, дозволених до скидання в поверхневі вододжерела, наведені в табл. 2. Дані, наведені в табл. 2, підтверджують, що якісні показники очищеної за вищенаведеним способом технологічної стічної води відповідають нормативним згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10. Очищені стічні води доцільно використовувати на технологічні потреби спиртового виробництва, що дає змогу на 60...70% зменшити витрати технологічної води.

Таблиця 2. Порівняльна характеристика очищеної технологічної стічної та питної води

Показник, одиниця виміру	Чисельне значення			
	за результатами аналізу	водопровідної	за нормою ДСанПіН 2.2.4-171-10	
			колодязів і каптажів, джерел	фасованої, пунктів розливу та бюветів
Показник рН	6,7	6,5...8,5	6,5...8,5	6,5...8,5
Електропровідність, мкс/см	1086	2500	не визначається	не визначається
Азот амонійний, мг/дм ³	0,13	0,5	в межах ГДК	в межах ГДК

Продовження таблиці 2

Нітрати, мг/дм ³	1,82	50	50	10
Нітриди, мг/дм ³	0,046	0,5	3,3	0,5
Хлориди, мг/дм ³	44,5	250	350	350
Фториди, мг/дм ³	1,5	0,7	1,5	0,7
Сульфати, мг/дм ³	29,8	250	500	250
Оксиди заліза, мг/дм ³	0,01	0,2	в межах ГДК	в межах ГДК
Марганець, мг/дм ³	0,05	0,05	0,5	0,5
Перманганатна окислюваність, мг/дм ³	5,0	5,0	не нормується	4,0
Загальна окислюваність, ммоль/дм ³	не більше 0,05	не нормується	не нормується	не нормується
Розчинений кисень, мг/дм ³	не визнач.	не нормується	4,0	4,0
Збудники кишкових інфекцій	не містить	—	вода не повинна містити	
Життєздатні яйця гельмінтів	не містить	—	не повинні міститися в 25 см ³ води	
(аскарид, волосоголовець, токсокар, фасціол), онкосфери тенід і життєздатні цисти патогенних кишкових найпростіших	відсутні	—	не повинні міститися в 25 см ³ води	
Термотолерантніколіформні бактерії	відсутні	—	не більше 100 КУО на 100 см ³	
Загальні коліформні бактерії	відсутні	—	не більше 1000 КУО на 100 см ³	не більше 500 КУО на 100 см ³
Коліфаги	відсутні	—	не більше 10 БОЮ на 100 см ³	

Висновки. Використання інноваційної технології комплексної переробки зернової ПСБ дає змогу:

1. У виробничих умовах отримати високобілковий кормовий продукт DDGS вологістю 10...12%, вмістом протеїну 30...35% і вологий концентрат зернової барди, якісні показники яких відповідають вимогам ДСТУ 4478:2005 і ТУ У 15.7-30219014-001-2003.

2. Забезпечити високу ступінь очистки всіх стічних вод спиртового виробництва і відповідність їх якісних показників вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10.

3. Зменшити енерговитрати на реалізацію інноваційної технології через відсутність у технологічній схемі багатокорпусної випарної установки для випаровування води з барди й отримання сухого залишку.

4. Зменшити витрати технологічної води завдяки очищенню фугату після згущення і розділення барди, лютерної води спиртової колони і колони дегідратації, а також конденсату пари після сушильної установки і повернення очищеної стічної води на основне виробництво для її повторного використання.

5. Підвищити довговічність роботи технологічного обладнання шляхом обезсолювання суміші фільтрату після ультрафільтраційної установки, лютерної води та інших промивних вод у процесі її нанофільтрації.

6. Забезпечити безвідходний цикл спиртового виробництва.

7. Впровадити енергозберігаючу технологію на спиртових заводах без збільшення потужності паросилового господарства.

7. Скоротити або відмовитись від очисних споруд, що надає можливість суттєво зменшити капітальні та експлуатаційні витрати на підприємстві.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шиян, П. Л. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія. / П. Л. Шиян, В. В. Сосницький, С. Т. Олійнічук. К.: Видавничий дім «Асканія», 2009. 424 с.
2. Казаков, Д. Д. Розробка технологічного процесу переробки післяспиртової барди для використання її в харчовій промисловості / Д. Д. Казаков, Ю. П. Рожевський // Вісник Сумського національного аграрного університету. 2017. № 10. С. 113—116. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_mekh_2017_10_27.
3. Янчевський, В. К. Інструкція по хіміко-технологічному контролю лікєро-горілчаного виробництва / В. К. Янчевський, В. П. Ковальчук, З. Д. Кравчук, В. М. Попова, С. І. Олійник. Київ: УкрНДспиртбіопрод, 1999. 459 с.
4. ДСТУ 4478:2005. Продукти перероблення барди зернової післяспиртової. Загальні технічні умови. [Чинний від 2006-07-01]. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2006. 13 с.
5. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Вода питна. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. [Чинний від 2010-12-05]. Зареєстровано в міністерстві юстиції України 1 липня 2010 р. за № 452/17747. (Державні санітарні правила і норми), 2010. 45 с.
6. Голуб, Н. Б. Сучасні методи переробки й утилізації зернової післяспиртової барди / Н.Б. Голуб, М.В. Потапова // Innovative Biosystems and Bioengineering. 2018. Т. 2, вип. 2. С. 125—134. DOI:10.20535/ibb.2018.2.2.125733.
7. Бухкало, С. І. Дослідження та аналіз інноваційних заходів з технології комплексної утилізації післяспиртової барди / С. І. Бухкало, О. І. Ольховська, В. О. Ольховська, М. М. Зіпунніков // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». 2018. № 15. С. 66—74. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vcpiind_2019_15_14.
8. Переробка післяспиртової барди (DDGS) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://agrotechnology.com.ua/ua/ddgs/>.
9. Барда зернова суха ТУ У 15.7-30219014-002-2003. Технічні умови. ДКПП 15.96.20.000. УКНД 65.120; затверд. 30.07.2003; зареєстр. Укрметртестстандарт ідент. код 02568182. [Чинний від 23-01-2004]. К.: Держспоживстандарт України, 2004. 4 с. (Національний стандарт України).
10. Belyea, R. L. Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing / R. L. Belyea, K. D. Rausch, and M. E. Tumbleson // Bioresource Technology. 2004. № 94. P.293—298.

УДК 678.027.3'06:621.798

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF STRETCH FILMS USING SECONDARY RAW MATERIALS

N. Kulyk, M. Alipatova*National University of Food Technologies*

Key words:

stretch film,
physical and mechanical
properties,
secondary raw materials,
cast extrusion

Article history:

Received 26.11.2022

Received in revised form
15.12.2022

Accepted 21.12.2022

Corresponding author:

nataliya.kulyk@ukr.net

ABSTRACT

Current EU regulations and the growing demand for sustainable packaging solutions require the inclusion of recycled polymer materials in non-food packaging. Therefore, the development of recipes for new stretch films with the inclusion of recycled materials and the study of their physical and mechanical properties is an urgent task.

The article deals with the study of physical and mechanical properties of stretch films made by cast extrusion technology using secondary raw materials. Samples of 5-layer stretch film were produced and tested at the R&D center of the Dow Chemical Company, Tarragona, where one of the authors completed a one-year internship. Highlight Ultimate equipment, Tarragona TS&D Lab determined the main physical and mechanical characteristics of stretch films, namely: maximum relative elongation (E_b) and force (M_b) of the film at break, holding force (M_{hf}), puncture strength of the film (M_{pr}). Various primary polymers with certain properties were used to model the formulations of stretch films with the addition of secondary raw materials. It is shown that the modeling of recipes of stretch films with the addition of secondary raw materials due to the use of primary polymers that have certain properties can contribute to the improvement of the main physical and mechanical properties of stretch films to acceptable values, which do not differ by more than 5—7% from the corresponding properties of stretch films without the addition of secondary raw materials. The obtained results allow us to draw a conclusion about the prospects of effective use of stretch films using secondary raw materials for wrapping transport pallets while maintaining productivity and reliability. The work should be continued in the direction of modeling the recipes of stretch films using secondary raw materials to ensure acceptable values of all the main physical and mechanical parameters in one film sample.

DOI: 10.24263/2225-2916-2022-31-32-12

ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СТРЕТЧ-ПЛІВОК З ВИКОРИСТАННЯМ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ

Н. В. Кулик, канд.хім.наук

М. Р. Аліпатова

Національний університет харчових технологій

Стаття стосується дослідження фізико-механічних властивостей стретч-плівок, виготовлених за технологією каст-екструзії з використанням вторинної сировини. Для моделювання рецептур п'ятишарових стретч-плівок з додаванням вторинної сировини використовувались різні первинні полімери, які мають певні властивості. Показано що, такий підхід сприяє поліпшенню основних фізико-механічних властивостей стретч-плівок до прийнятних значень, які не відрізняються від відповідних властивостей стретч-плівки без додавання вторинної сировини більш ніж на 5—7%. Отримані результати підтверджують перспективність ефективного використання стретч-плівок з використанням вторинної сировини для обгортання транспортних палет зі збереженням продуктивності та надійності.

Ключові слова: стретч-плівка, фізико-механічні властивості, вторинна сировина, каст-екструзія.

Постановка проблеми. В умовах впровадження економіки замкненого циклу у 2018 р. Європейська комісія прийняла новий комплекс заходів — Circular Economy Package, спрямований на реалізацію Плану дій для економіки замкненого циклу. До нього входять такі документи:

Загальноєвропейська Стратегія ЄС щодо полімерів у циркулярній економіці [1] спрямована на зміну способів розроблення, виробництва, використання та перероблення полімерів і виробів з полімерів. Стратегія встановлює, що до 2030 р. вся упаковка з полімерів має бути придатна до перероблення. Зокрема, Стратегія передбачає таке бачення економічної політики щодо полімерів:

- виробництво пластмас і виробів, що містять пластмаси, передбачає забезпечення більшої міцності, сприяє повторному використанню та якісному переробленню. До 2030 р. вся полімерна упаковка, розміщена на ринку ЄС, підлягає багаторазовому використанню або може бути перероблена економічно ефективним способом;

- зміни у виробництві та дизайні дають змогу підвищити рівень перероблення полімерів у всіх ключових сферах застосування.

До 2030 р. більш ніж половина відходів полімерів, що утворюються в Європі, мають перероблятися, забезпечуватиметься високий рівень роздільного збирання відходів полімерів, а перероблення відходів упаковки з полімерів досягне рівня, порівняного з рівнем перероблення інших пакувальних матеріалів;

- мають бути збільшені та модернізовані потужності з перероблення полімерів у ЄС. До 2030 р. передбачається зростання потужностей із сортування та перероблення в чотири рази порівняно з 2015 р.;

- припинення експорту погано відсортованих відходів полімерів завдяки покращенню роздільного збирання;

- створення інтегрованого ринку полімерів — забезпечення умов співпраці хімічної промисловості з переробниками пластмас, щоб допомогти знайти ширші можливості використання. Речовини, що стримують процеси перероблення полімерів, мають бути замінені;

- зростання ринку перероблених та інноваційних пластмасових виробів;
- зростання перероблення полімерів допомагатиме зменшити залежність Європи від імпортного викопного палива та скоротити викиди CO₂, відповідно до зобов'язань, передбачених Паризькою угодою тощо.

Провідні світові компанії галузі спрямовують потужні зусилля у напрямку розробки нових високотехнологічних якісних пакувальних матеріалів з використанням вторинної сировини. Всесвітньовідомий виробник полімерів — компанія Dow Chemical є одним із лідерів у цій сфері інновацій. Для забезпечення ефективного вирішення цього та інших завдань компанія приділяє велику увагу відбору та підготовці кваліфікованих фахівців, для чого впродовж декількох років реалізує програму стажувань для студентів з усього світу.

Використання вторинної сировини у пакувальних полімерних матеріалах є і буде нагальною потребою та важливою вимогою розвитку пакувальної галузі, в тому числі виробництва пакувальних полімерних матеріалів для транспортних палет.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Полімерні термозбіжні та стретч-плівки широко використовуються для обгортання та скріплення будь-яких товарів або вантажів на піддонах. Завдяки своїм властивостям, зокрема можливості сильно розтягуватися при дії докладеного ззовні зусилля, а потім відновлювати свій попередній стан після закінчення цієї дії, вони надійно утримують продукцію в груповій упаковці або вантажі в транспортних пакетах на піддонах. Найбільше їх на світовому ринку (81%) припадає на розтягувальну стретч-плівку — pallet stretch film (PSF). Далі йдуть — чохла з термозбіжної плівки — pallet shrink hoods (PSH) — 12%, за ними чохла із стретч-плівки — pallet stretch hoods (PStH) — 7% (рис. 1). Стретч-плівку виготовляють двома способами — за технологією каст-екструзії (83,4%), за технологією екструзії з роздувом — лише 16,6% (рис. 2) [2].



Рис. 1. Структура світового ринку засобів скріплення вантажів на піддонах, побудовано за даними AMI Consulting

З іншого боку, на ринку збільшується кількість вторинної сировини у вигляді перероблених відходів виробів, в тому числі упаковки, з різних полімерів. Така вторинна сировина, навіть після її обробки, містить велику кількість домішок, що погіршує механічні властивості виготовлених з неї матеріалів, в тому числі полімерних плівок. Використання такої сировини для виробництва плівок можливе лише при її змішуванні з первинним полімером. У пропонованій статті досліджували мож-

ливість використання вторинної полімерної сировини для виготовлення п'ятишарової стретч-плівки, яка може ефективно використовуватися для обгортання та скріплення вантажів у транспортних пакетах на піддонах без шкоди для продуктивності та їх надійності і стабільності.

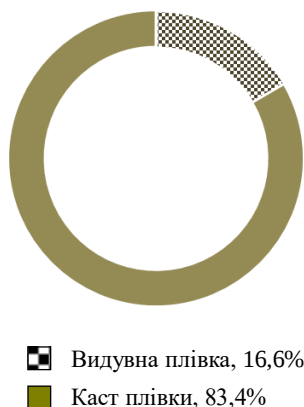


Рис. 2. Структура ринку стретч плівок за технологіями їх виробництва, побудовано за даними AMI Consulting

Мета дослідження: визначення перспектив ефективного використання п'ятишарових стретч-плівок, виготовлених за технологією каст-екструзії з додаванням вторинної сировини для обгортання транспортних палет зі збереженням продуктивності та надійності на основі аналізу основних фізико-механічних властивостей цих плівок.

Матеріали і методи. Для дослідження використовували зразки з п'ятишарової стретч-плівки товщиною 23 мкм, яку виготовляли на екструзійній лінії Dolci в Tagragona TS&D Lab [3]. Як полімерні шари такої стретч-плівки використовували поліетилен ультранизької густини (уПЕНГ), лінійний поліетилен низької густини (ЛПЕНГ), металоценовий лінійний поліетилен низької густини (мЛПЕНГ), суміш повторно переробленого поліетилену низької густини (рПЕНГ) із ЛПЕНГ у співвідношенні за масою 7:3, яку позначали як Post-Consumer Recyclate (PCR) [4] (табл. 1).

Таблиця 1. Полімери, які використовувались для виготовлення стретч-плівки

Умове позначення полімеру	Тип полімеру	Густина [г/см ³]	Індекс розплаву [г/10 хв]
A1	уПЕНГ	0.904	4
D1	ЛПЕНГ	0.917	2,3
D2	ЛПЕНГ	0.918	3,5
D3	ЛПЕНГ	0.916	4
E1	мЛПЕНГ	0.916	4
E2	мЛПЕНГ	0.912	3,7
PCR	рПЕНГ:ЛПЕНГ(7:3)	0.920	2,5

Склад п'ятишарових стретч-плівок формували, зважаючи на властивості певних марок полімерів:

1. ЛПЕНГ марки D1 має високу ударну міцність і міцність на розрив.

2. ЛПЕНГ марки D2 поєднує технологічність переробки, необхідну міцність і відносне видовження.

3. ЛПЕНГ марки D3 має достатню стійкість до проколу та розриву.

4. мЛПЕНГ марки E1 відрізняється фізико-механічними властивостями, особливо відносним видовженням.

5. мЛПЕНГ марки E2 характеризується оптимізованим балансом відносного видовження, ударної міцності та стійкості до проколу.

6. уПЕНГ марки A1 має зчеплювальні властивості, тому був використаний для клінг-шару.

Склад шарів досліджуваних зразків п'ятишарової стретч-плівки наведений у табл. 2.

Таблиця 2. Структура досліджуваних зразків п'ятишарової стретч-плівки

№ зразка плівки	10%* (шар А)	10%* (шар В)	50 %* (шар С)	20%* (шар D)	10%* (шар E)	Загалом PCR,%
1	D1	E1	E1	E1	A1:E1 (7:3)	0
2	D1	E1	PCR	PCR	A1:E1 (7:3)	49
3	D1	D2	PCR	PCR	A1:D2 (7:3)	49
4	D1	E2	PCR	PCR	A1:E2 (7:3)	49
5	D1	D3	PCR	PCR	A1:D3 (7:3)	49

У всіх зразках шари А, В і Е мали 10%, шар D — 20%, а шар С — 50% від загальної маси зразка. Зразки (2—5) у своєму складі в шарах С і D мали 49% суміші PCR. У шарах А, С, D та Е зразків (2—5) використовували однакові марки полімерних матеріалів. А в шарі В у зразках (2—5) змінювали марки полімерів, щоб перевірити вплив різних полімерів на фізико-механічні властивості плівки [5]. Як зразок (1) використали стандартну стретч-плівку, параметри та властивості якої гарантують ефективне використання її для надійного обгортання та скріплення вантажів у транспортних пакетах на піддонах. Фізико-механічні властивості зразків п'ятишарової стретч-плівки визначали на обладнанні Highlight Ultimate в Tarragona TS&D Lab (рис. 3). При цьому властивості плівки досліджували у порядку пріоритетності при використанні їх для обгортання та скріплення вантажів у транспортному пакеті на піддоні: максимальне відносне видовження (E_p) та зусилля (M_p) плівки при розриві, зусилля утримання (M_{ym}), міцність плівки на прокол (M_{np}) [6].

E_p у (%) та M_p у (кг) визначали при розтягуванні плівки на приладі Highlight Ultimate з двома роликami, один з яких обертався з постійною швидкістю, а швидкість іншого поступово зменшувалася для досягнення максимального видовження і подальшого розриву зразка плівки. Для визначення M_{ym} у (кг) використовували прилад в обладнанні Highlight Ultimate, в якому на зразок плівки поступово на довжину 7,5 см висувався спеціальний закруглений накінецьник (рис. 5). Фіксувалось первинне прикладене зусилля та зусилля при розриві плівки. Тест симулював умови транспортування вантажу, коли плівка підлягає тиску з боку незагостреного виступу.

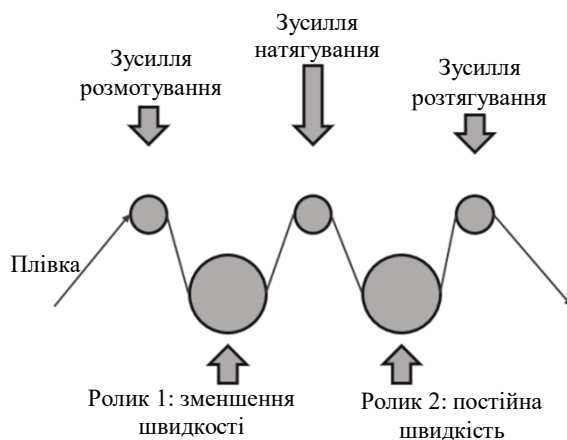


Рис. 3. Схема обладнання Highlight Ultimate для дослідження фізико-механічних властивостей плівок

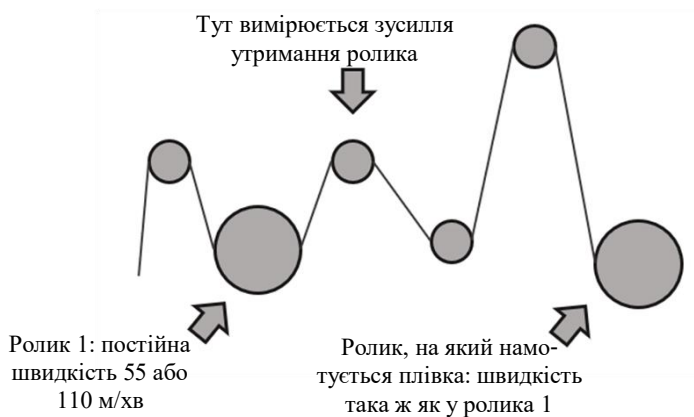


Рис. 4. Схема обладнання Highlight Ultimate для дослідження утримання зусилля плівки та міцності на прокол



Рис. 5. Зразок плівки при визначенні зусилля утримання плівкою

Визначення міцності до проколу виконувалось аналогічно попередньому тесту, але використовували загострений накінецьник, який видовжувався на 10 см. Цей тест слугує для імітації впливу гострого предмета на піддоні (рис. 6). Плівка розтягувалась на 70% від максимального відносного видовження зі швидкістю 55 м/хв.

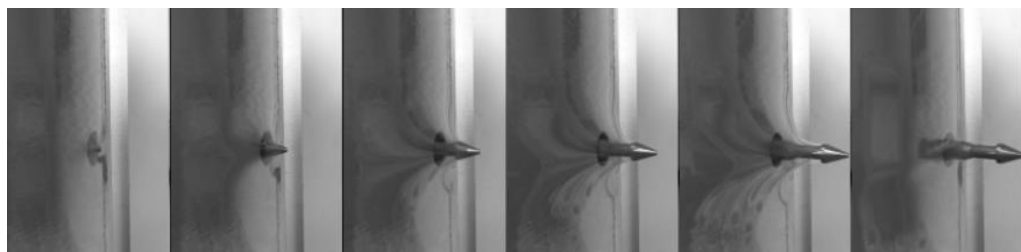


Рис. 6. Зразок плівки при визначенні стійкості до проколу

Результати дослідження. За результатами визначення максимального видовження (рис. 7) найкращий результат порівняно зі зразком 1, який не містить вторинних матеріалів, мали зразки 2 і 3, в яких у шарі В були застосовані полімери E1 і D2, які забезпечували баланс технологічності переробки, механічних властивостей і відносного видовження.

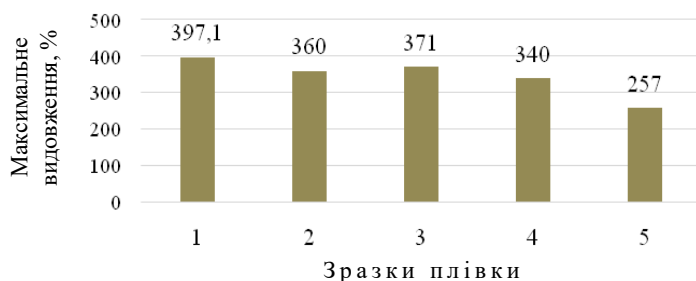


Рис. 7. Максимальне видовження при розриві зразків п'ятишарової стретч-плівки

Результати визначення зусилля при розриві (рис. 8) демонструють більш високі значення для всіх зразків плівок з вторинними матеріалами порівняно зі зразком 1, який їх не містить.

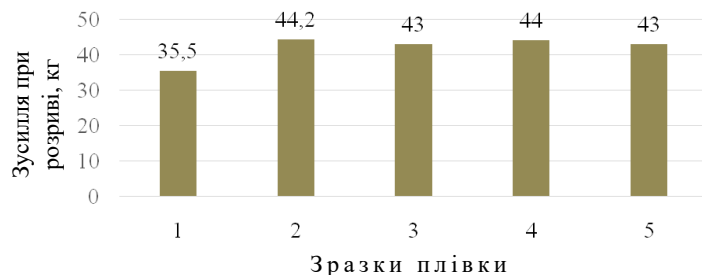


Рис. 8. Зусилля при розриві зразків п'ятишарової стретч-плівки

При виконанні тесту на визначення міцності на утримання (рис. 9) всі зразки плівки з PCR (2—5) порвалися три рази. Найкращі результати порівняно зі зразком-еталоном продемонстрував зразок 4, у складі якого використано полімер E2, який

має оптимізований баланс відносного видовження, ударної міцності та стійкості до проколу.

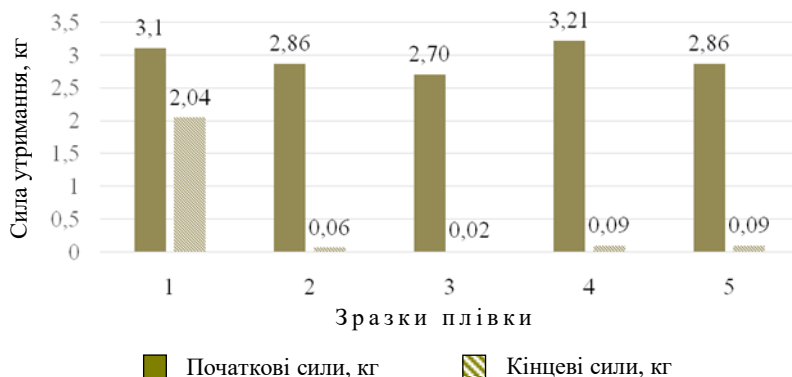


Рис. 9. Утримання зразків п'ятишарової стретч-плівки

Результати визначення стійкості на прокол свідчать (рис. 10), що зразок 5 має навіть більшу стійкість до проколу порівняно зі зразком 1. Це можна пояснити тим, що в рецептурі зразка 5 був застосований полімер D3, який покращує стійкість до проколу та розриву.

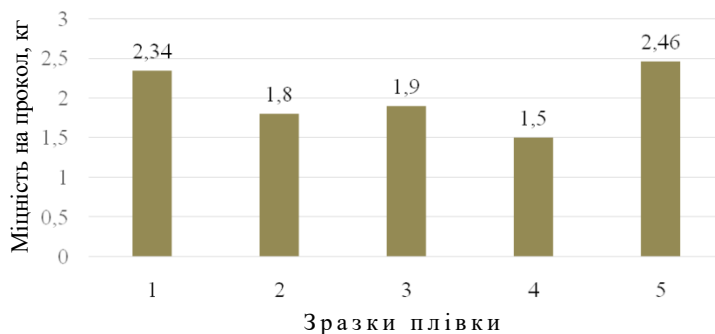


Рис. 10. Міцність на прокол зразків п'ятишарової стретч-плівки

Висновки. 1. Результати визначення основних фізико-механічних характеристик стретч-плівок з використанням вторинної сировини та їх порівняння з відповідними параметрами стандартної стретч-плівки дають змогу зробити висновок, що вони є прийнятними, тому що не відрізняються від відповідних параметрів стандартної стретч-плівки більш ніж на 5—7%. Ці результати є підставою для перспектив ефективного використання стретч-плівок з додаванням вторинної сировини для обгортання транспортних палет зі збереженням продуктивності та надійності.

2. Показано, що моделювання рецептур стретч-плівок з додаванням вторинної сировини за рахунок використання первинних полімерів, які мають певні властивості, покращують властивості стретч-плівок до прийнятних значень.

3. Дослідження буде продовжене в напрямку моделювання рецептур стретч-плівок з використанням вторинної сировини для забезпечення прийнятних значень всіх основних фізико-механічних параметрів в одному зразку плівки.

Подяка: автори висловлюють щирю подяку компанії Dow Chemical за можли-

вість стажування студентів НУХТ у R&D центрі компанії Dow Chemical, Таррагона, а також Стефану Юнге, професору Берлінського університету прикладних наук за сприяння в організації стажування, за допомогу і підтримку українських студентів і України у складні часи російської агресії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A European Strategy for Plastics in a Circular Economy: Issued 16th of January 2018: (official text).
2. Palletization films. The global market 2020. A research report from AMI consulting. December 2020, 232 pages.
3. Wagner, J. R. Handbook of Troubleshooting Plastic Processes: A Practical Guide/ John Wagner, 2012.
4. El Marrasse, Zariouri. Evaluation of high performance machine stretch wrap films that contain up to 50% of a PCR material prepared under controlled and optimized conditions / El Marrasse Zariouri, Salma, 2020.
5. Levy, S. Plastics extrusion technology handbook, (2nd Ed.) / Levy S., Carley J. F — Industrial Press, 1989.
6. Шредер, В. Л. Полімерна упаковка: монографія / В. Л. Шредер, В. М. Кривошей, Н. В. Кулик. К.: Принт Медіа, 2021. 579 с.

УДК 664.72.047,54:005.591.6

FEATURES OF TECHNOLOGY AND THERMAL AERODYNAMICS OF AMERICAN GRAIN DRYERS

I. Gaponjuk*National University of Food Technologies***Key words:**

dehydration,
regimes,
thermolability,
gas flow energy

Article history:

Received 08.12.2022

Received in revised form
14.12.2022

Accepted 20.12.2022

Corresponding author:

zenidtar@gmail.com

ABSTRACT

According to the technological and thermo-aerodynamic performance indicators of American chamber-type devices for grain dehydration of late crops in production conditions obtained by the author's team, a comparative analysis of them with traditional domestic dehydration technologies was performed. The kinetics of dehydration of capillary-porous colloidal bodies under variable parameters of phase media were obtained by the modeling method, layer-by-layer non-uniformity of temperature and moisture in the grain layer was established, and the dynamics of the potential value of drying gases along the trajectory of their movement in the grain layer.

The effect of variable pressure gradient and flow energy of working gases on the intensity of interphase heat and mass exchange was studied. An analysis of the calculated and passport thermal capacity of the burners was performed for compliance with the technological needs of the dryer for the cold and warm periods of operation of the drying apparatus. The application of conventional units of measurement of the productivity of American dryers in planned tons, instead of physical ones, for the analysis of the technological parameters of their operation under different parameters of the grain and its intended use is substantiated.

The deviation of the productivity of the drying apparatus in planned and physical tones at different initial humidity of dehydrated grain from 28 to 43% was calculated. The essence of these performance differences is established and methods of eliminating the shortcomings of the technology and thermo-aerodynamics of the specified devices are substantiated. Methods of reducing the aerodynamic imbalance of the grain dryer and reducing the temperature difference in the grain layer are substantiated. "Blind" aerodynamic and thermal zones in the dryer were identified and a decision to reduce them was substantiated. Constructive solutions have been developed to reduce the energy losses of the flow of working gases by reducing the aerodynamic losses of the drying apparatus.

DOI: 10.24263/2225-2916-2022-31-32-13

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕПЛОАЕРОДИНАМІКИ АПАРАТІВ СУШІННЯ ЗЕРНА АМЕРИКАНСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

І. І. Гапонюк, д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій

За отриманими технологічними й теплоаеродинамічними показниками роботи апаратів камерного типу американського виробництва зі зневоднення зерна пізніх культур у виробничих умовах виконано порівняльний аналіз із найбільш поширеними моделями апаратів сушіння зерна вітчизняного виробництва. Обґрунтовано способи зменшення аеродинамічного дисбалансу зерносушарки та зменшення різниці температури в шарі зерна. Виявлено «сліпі» аеродинамічні та теплові зони й обґрунтовано рішення з їх зменшення. Розроблено конструктивні рішення зі зменшення втрат енергії течії робочих газів шляхом зменшення аеродинамічних втрат.
Ключові слова: зневоднення, режими, термолабільність, енергія течії газів.

Постановка проблеми. Зростання обсягів зібраного урожаю зерна та його експортних потоків у поєднанні з дефіцитом промислових зерносховищ і необхідністю оперативного приведення зерна в стійкий стан зберігання зумовлюють застосування інтенсивних технологій зневоднення. Оскільки потенціал вітчизняного парку апаратів сушіння лише частково, в межах 35%, може задовольнити потребу в них, у вітчизняній практиці досить широко запроваджено апарати сушіння зерна іноземного виробництва провідних машинобудівельних заводів Європи та обох Америк. Енергоєфективність використання теплоносіїв зі зневоднення зерна залежить від досконалості технології та режимів сушіння і для вітчизняних поступається перед провідними закордонними на 25—35%. За середнього споживання природного газу одним сушильним агрегатом найпоширенішої закордонної моделі близько 15 тис. м³/доб втрати через недосконалість його технології сушіння можуть сягати 3,5 тис. м³/доб. У пропонованій статті досліджено особливості технології й теплоаеродинаміки власне північноамериканських апаратів сушіння, що відрізняються від європейських аналогів рядом інноваційних рішень, особливістю застосування в них аеродинамічних потоків і складністю сприймання неметричних одиниць виміру.

Викладені матеріали ґрунтуються на дослідженнях зерносушарок у виробничих умовах, застосуванні загальновідомих закономірностей і методів розрахунків теплофізичних й аеродинамічних закономірностей стану та взаємодії фазових середовищ [2; 4; 6; 7].

На нашу думку, цей аналітичний матеріал може стати в нагоді здобувачам навчальних закладів і всім тим, хто працює не лише із вказаними модифікаціями сушарок, а й з іншими моделями камерних чи модульних апаратів.

Автори висловлюють подяку провідним менеджерам агрохолдингу ТОВ «АКРІС АГРО» та адміністрації їх лінійного елеватора за надану можливість і сприяння дослідницьким роботам.

Мета статті: встановити сутність фізико-технологічних особливостей провідних зарубіжних апаратів сушіння камерного типу та можливість їх удосконалення.

Матеріали і методи. Об'єкт дослідження: технологія, режими, теплоаеродинаміка, кінетика вологості шару зерна та потенціалу робочих газів, інтенсивність міжфазового тепломасообміну та рекуперація теплоти камерних апаратів сушіння.

Предмет дослідження: градієнти температури та вологи фазових середовищ, теп-

ломасообмін, рушійний потенціал дифузії вологи, різниця парціальних тисків, пошарова нерівномірність температури і вологи в шарі зерна та в шпаринах тіла зернини, вологовміст і відносна вологість газів довкілля та робочих газів, тріщинуватість зернин, питомі витрати теплоти.

Параметри фазових середовищ та умов зневоднення прийнято наближено до виробничих за товщиною шару зерна $h=0,30$ і $0,31$ м, вологовміст робочих газів $d_1=(3...6)$ г/кг_{с.п.} та їх відносної вологості $\varphi_1=(0,05...0,15)\%$, відносна вологість відпрацьованих робочих газів $\varphi_2=(75...100)\%$ та їх абсолютний вологовміст $d_2=(26...31)$ г/кг_{с.п.}, фіктивна швидкість газів у шарі зерна $v_\phi=0,25$ м/с, живий перетин теплообмінної поверхні 26,6% та 23,5% верхньої і нижньої частини камери відповідно, зерно кукурудзи вологістю $W_0=(19,5...28,3)\%$, температура газів довкілля t_0 від $+9$ до -2 °C та робочих $t_1=(100...110)$ °C, енергія течії робочих газів $H_d=(750...950)$ Па.

У наведених нижче аналітичних матеріалах викладено результати авторських досліджень камерних сушарок американського виробництва у виробничих умовах із сушіння зерна кукурудзи в пізно-осінній період із використанням традиційних методів розрахунків.

Результати дослідження. Конструктивні особливості камерного апарата сушіння та аналіз технічних параметрів викладено в номері 30 цього часопису за 2021 рік.

Зовнішній вигляд апарата сушіння, його сушильну камеру та теплогенеруючого пристрою подано на рис. 1, 2 і 3 відповідно.

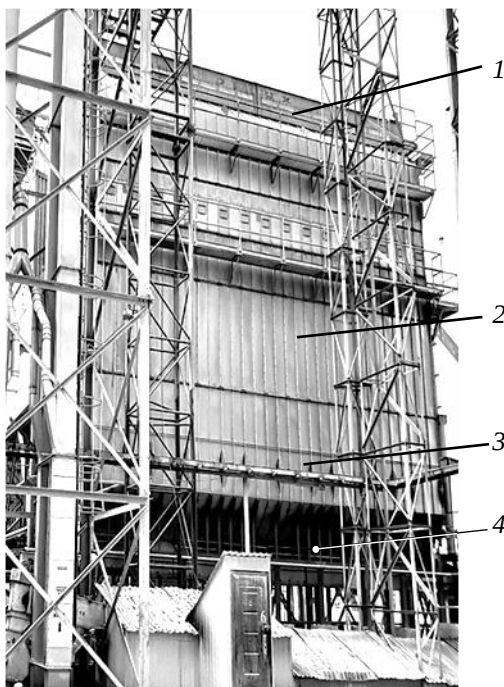


Рис. 1. Зовнішній вигляд апарата сушіння: 1 — транспортер завантаження вологого зерна в апарат; 2 — сушильна камера; 3 — охолоджувальна камера; 4 — вивантажувальний пристрій сухого зерна

Кінетику конвективного сушіння пізніх зернових культур у виробничих умовах

вітчизняних апаратів сушіння елеваторів за авторськими дослідженнями представлено на рис. 4. На ньому можна відмітити три періоди сушіння:

- період (0— a) зростаючої швидкості сушіння та нагрівання шару зерна до заданої температури. Відносно короткий за тривалістю в межах 5...10 хв;
- період сталої швидкості сушіння та температури шару зерна (a — b) (рис. 4). Як і у вітчизняних технологіях, цей період є основним і найдовшим за тривалістю;
- період (b — e) спадної швидкості сушіння з одночасним зростанням швидкості нагрівання шару зерна $\delta\theta/\Delta t$. Найбільш енергозатратний, що пов'язано зі зростанням енергії утримування вологи в тілі зернин. Питомі енергозатрати перевищують розрахункові з фазових перетворень вологи зневоднюваного тіла в 3,5...4,5 рази по зерну кукурудзи.

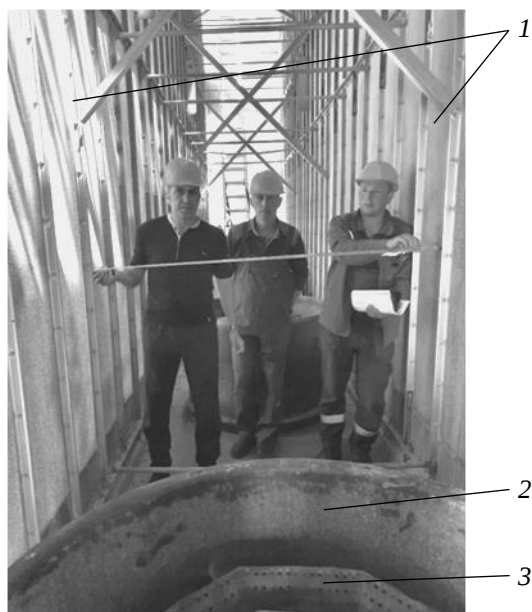


Рис. 2. Сушильна камера: 1 — поверхні камер; 2 — повітрорудна машина; 3 — пальник

Принагідно вважаємо за доцільне одразу відмітити відмінність наведеної кінетики сушіння американського від вітчизняних аналогів апаратів сушіння зерна за традиційними технологіями [1; 4; 7; 8]. Особливо в частині початкового періоду уповільненого зростання швидкості сушіння в апаратах вітчизняних конструкцій з одночасним зниженням температури зневоднюваних тіл θ_0 (період (0— a) (рис. 4).

Період сушіння (0— a) є особливо значимим, оскільки в апаратах сушіння зерна вітчизняних конструкцій, з незмінними технологіями 70-річної давнини, він відповідає тривалості періоду нагрівання шару зерна до граничної температури. Цей період може тривати від 15 до 90 і більше хвилин. Класичне пояснення такої суттєвої тривалості уповільненого стартового періоду сушіння, за різних градієнтів температури й вологи фазових середовищ, зводиться до прояву явища термовологодифузії, тобто спостерігається домінування термодифузії над вологодифузією за міжфазовою взаємодією середовищ різної температури й вологи. Відповідно до цього 70 років тому обґрунтовано саме висхідні режими сушіння, за якими було сконструйовано 5,5 тис. вітчизняних зерносушарок, що й досі сушать зерно [5].

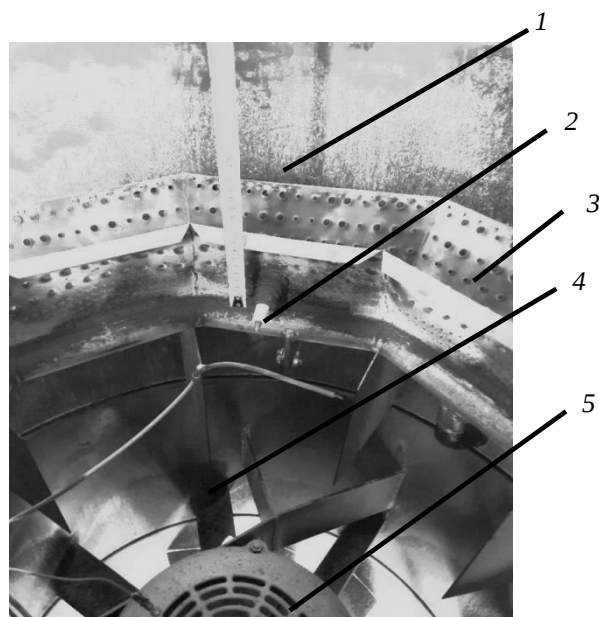


Рис. 3. Тепловий апарат: 1 — аеродинамічний коректор; 2 — пальник; 3 — газорозподільний пристрій; 4 — робоче колесо; 5 — електродвигун повітродувної машини

Натомість спірність домінування термодифузії над вологодифузією для капілярно-пористих колоїдних тіл та особливості наведених на рис. 1 періодів міжфазової взаємодії наглядно ставить під сумнів домінування градієнта термовологодифузії над градієнтом вологодифузії і доводить обґрунтованість саме спадних, а не висхідних режимів сушіння, що було раніше канонізовано довільною інтерпретацією праць теоретиків тепломасообміну [3; 5].

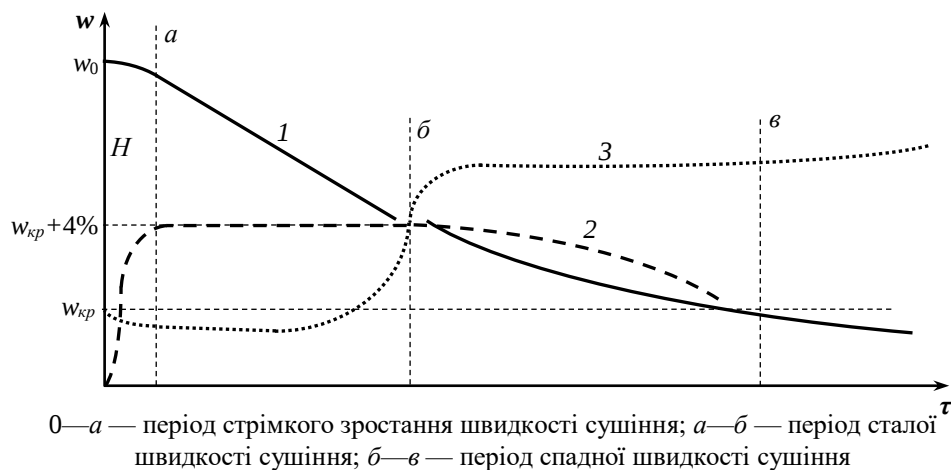


Рис. 4. Крива сушіння (1), швидкості зневоднення (2) та нагрівання шару зневоднюваних тіл (3)

На наше переконання, саме спадні режими сушіння дають змогу інтенсифікувати міжфазовий масообмін, кількакратно зменшити період сушіння ($0—a$) та оптимізувати процес сушіння за показником потенціалу використання робочих газів, а отже, й питомими витратами теплоносіїв [5].

У домінуючій більшості конструкцій апаратів сушіння зарубіжного виробництва застосовано одноступеневі режими сушіння. Такі апарати позбавлені недоліків вітчизняних апаратів з висхідними режимами, проте й не мають переваг апаратів зі спадними режимами, що ускладнює завдання диференційованого використання потенціалу робочих газів на різних етапах зневоднення.

Наскільки відрізняється кінетика сушіння зерна для конструктивно відмінних апаратів сушіння камерного типу від шахтного можна побачити з результатів досліджень американської технології сушіння на прикладі апарата сушіння зерна камерного типу моделі 40FI DPX16 G328200 (табл. 1). У таблиці наведено результати досліджень кінетики сушіння ($dW/d\tau = f(W_0)$), за різної енергії зв'язку вологи з тілом зернини різних періодів сушіння шару зерна та швидкості його нагрівання ($d\theta/d\tau = f(W_0)$).

Таблиця 1. Кінетика сушіння зерна кукурудзи за різної енергії утримування вологи, у фізичних та планових тоннах

Періоди замірів	W_0	W_1	G , т/г	G , пл т/год	M , кг/год	$\Delta G/\delta\tau$
1	28,3	14	31,7	85	4533	2,7
2	27,0	14,3	26,8	71	3457	2,6
3	26,6	14,1	27,3	71,1	3413	2,6
4	26,4	14,1	28,4	71,6	3493	2,5
5	26,2	14,2	28,8	70,2	3456	2,4
6	25,3	14	28,8	68,7	3254	2,4
7	20	14	47,9	70,8	2874	1,5
8	20	14	47,7	63	2862	1,3
9	19,0	14	47,7	64,8	2385	1,4

Наведені дані продуктивності сушильного апарата (колонки 4 і 5 табл. 1) підтверджують суперечливість паспортних показників апарата сушіння з розрахунковими (від 12 до 43%), тому існує необхідність застосування узагальненого показника продуктивності, тобто подавати саме в планових тоннах, як і у вітчизняній практиці. До того ж показник продуктивності в планових тоннах (колонка 5 табл. 1) більше корелює з інтенсивністю масообміну (колонка 6 табл. 1).

Наведені дані виробничих досліджень апарата сушіння зерна камерного типу американського виробництва не корелюють з відповідними показниками вітчизняних шахтного типу. Особливо щодо швидкості сушіння, або інтенсивності міжфазового волого обміну (графа 7 табл. 1 та крива 2 на рис. 4). Сутність зводиться знову ж таки до суперечливого домінування градієнта термовологодифузії над градієнтом вологодифузії, що ми вже згадували вище.

Вплив вологовмісту газів довкілля на продуктивність апарата сушіння подано на рис. 5. Розрахункові значення вологовмісту можна отримати з рівняння Клапейрона-Менделєєва:

$$m_1RT_1/M_1 = m_2RT_2/M_1$$

або із $I-d$ діаграми чи таблиці вологого повітря [1; 6].

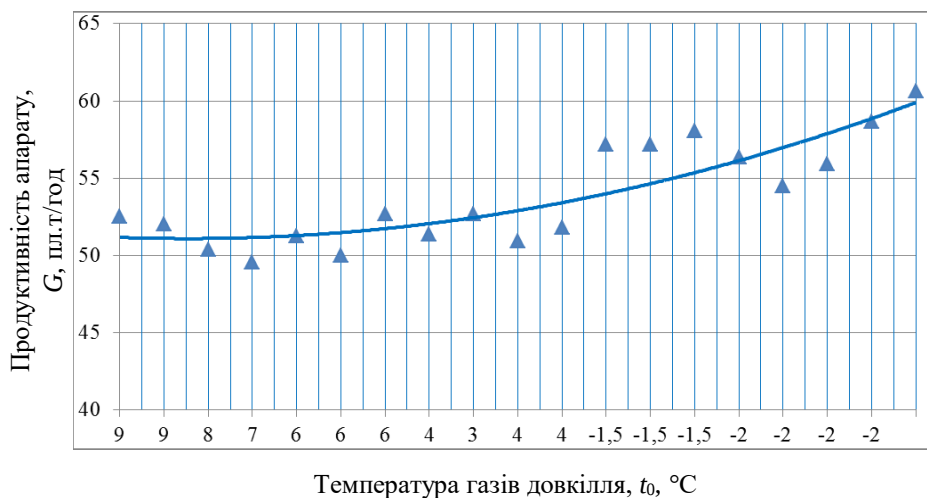


Рис. 5. Залежність продуктивності камерного апарату сушіння американського виробництва від параметрів газів довілля

Для ізобарних процесів пізно-осіннього перепаду температур визначають масу пари в повітрі ($m_2=0,95m_1$). Тобто потенціал сушильних газів (δd) за рахунок різниці вологовмісту повітря довілля (d_0) різної температури (t_0), а відповідно, і продуктивність апарату сушіння (вертикальна шкала (рис. 5)), збільшується до 12%. Саме так, зростає, а не зменшується. Оскільки на проміжку пониження температури довілля (t_0) від $t_0=10$ до $t_0=-5$ °C, їх вологовміст зменшується від $d_0=(5...6)$ до $d_0=(0,3...0,5)$ г/кг_{с.п.}. Відповідно зростає потенціал робочих газів на $\delta d=(5,5...5,7)$ г/кг_{с.п.} та продуктивність апарату сушіння зерна.

Однак слід відмітити, що за встановлених одноступеневих режимів сушіння ($t_1=const$) зростуть витрати теплоти з нівелювання перепаду температури ($\Delta Q'=q[1,004\Delta t]$). Для розглянутих вище перемінних параметрів довілля додаткові витрати теплоти будуть становити $\Delta Q'\approx 12\%$. Тож маємо колізію: додаткові витрати теплоти зі зневоднення шару зерна в пізно-осінній (зимовий) період роботи апарату сушіння дещо компенсуються збільшенням його продуктивності за одних і тих самих питомих витрат теплоти.

Ще одним суттєвим фактором впливу на інтенсивність та кінетику міжфазового тепломасообміну є товщина та стан рухомості шару зневоднюваних тіл. У переважній більшості конструкцій апаратів сушіння зерна камерного типу відомих виробників Америки та Європи товщина шару становить 0,305 м. Для порівняння з вітчизняними сушарками шахтного типу, в яких товщина шару становить 0,20...0,22 м, це на 40...50% більше. А отже, й маршрут руху робочих газів у шарі зерна довший, водночас більша тривалість міжфазової взаємодії робочих газів та використання їх потенціалу. Натомість зростає відмінність температури (t_1) й вологовмісту (d_0) за маршрутом переміщення робочих газів у шарі зерна, зростає аеродинамічний опір шару (δH , Па) і, як наслідок, зменшується вологопоглинальна спроможність ($\delta d=d_1-d_0$) робочих газів [2—7].

Варто зупинитися на ще одній, відмінній від європейських виробників, особли-

вості технології американських сушильних апаратів вказаної моделі, зокрема на перемінній товщині шару зерна по висоті камери сушарки ($\delta_{usz}=0,31$ м зони охолодження, до $\delta_{usz}=0,30$ м сушильної) та «живому перетині» ситової поверхні (за отворів верхньої зони камери діаметром $\varnothing 1,54$ мм *живий перетин* складає 26,6% та отворів нижньої $\varnothing 2,1$ мм — 23,5%). На нашу думку, це не є наслідком вад монтажно-комплектувальних чи ремонтних робіт апарата, а саме свідомого застосування прогресивного способу керованої кількості підведеної теплоти перемінним коефіцієнтом міжфазового теплообміну (λ_0), що управляють перемінною густиною парогазової суміші робочих газів (ρ_1). Така реалізація в апаратах модельного ряду 40FI DPX16 G328200 американського виробництва (модифікованої версії моделі DPX12 T288200) вказаного способу підтверджує актуальність наших теоретичних напрацювань та їхні переваги над аналогами апаратів сушіння європейського виробництва.

Крім теплового, є ще й аеродинамічний фактор доцільності в різній товщині камер (δ_{usz}) сушильного апарата, розмірів отворів і «живого перетину» ситових поверхонь. Оскільки за різної вологості (W_0 та W_i) й температури (θ_0 та θ_i) шару зерна різних камер саме товщиною шару зерна (h_{usz}) можна нівелювати аеродинамічний опір ($\Delta H=f(\delta_{usz})$, Па) перемінної вологості ($\Delta H=f(W_0)$, Па) та розмірів отворів ситової поверхні ($\Delta H=f(1/\varnothing)$, Па).

Водночас за більших значень опору ΔH шару зерна більшої вологості й меншого «живого перетину» ситової поверхні пропорційно зростає густина робочих газів (ρ_1) та зменшується їхня поглинальна спроможність (унаслідок зменшення різниці парціальних тисків робочих газів і на поверхні зневоджувальних тіл), що спричиняє ступеневому збільшенню коефіцієнта теплообміну (λ_0), прискореному нагріванню тіла зернини Θ (більша кількість підведеної теплоти з робочими газами за менших втрат з фазових перетворень масообміну) і, врешті-решт, знову ж таки в ступеневій залежності зростанню коефіцієнта внутрішньокапілярної дифузії вологи ($a_{mi}=a_{m0}((T+\Theta)/T)^n$). А зі збільшенням a_{mi} зростає пошарова в тілі зернини рівномірність вологовмісту (u_{mi}), швидкість зневоднення (dW/dt) й потенціал використання робочих газів.

Для осьових повітродувних машин камерних сушильних апаратів з їх максимальною енергією течії сушильних газів лише $H=(850\ldots 950)$ Па перемінна величина аеродинамічного опору шару зерну ΔH різної вологості (W_0) та стану його рухомості (v_{usz}) для товщини $h_{usz}=0,305$ м є досить суттєвою і, відповідно, впливає як на кінетику зневоднення, так і пошарову рівномірність тепломасообміну в товщині шару зерна. Для порівняння дозволимо собі нагадати, що у вітчизняних сушильних агрегатах товщина шару наполовину менша ($0,20\ldots 0,22$ м), а енергія течії газів повітродувних машин вдвічі більша $H_0=(1,6\ldots 1,9$ кПа).

До ще однієї важливої, на нашу думку, відмінності технології американських сушильних апаратів зерна вказаної моделі слід віднести спосіб зменшення внутрішньокапілярного опору дифузії вологи в тілі зернини перерозподілом вологи і температури в її шарах, що досягнуто короткотривалим *темперуванням* частково нагрітого та висушеного зерна шляхом заміни ситової поверхні сушильної камери металевим екраном висотою 0,8 м, що запобігає підведенню сушильних газів.

Виконані розрахунки по зерну кукурудзи дали змогу встановити, що на продуктивність апарата таке зменшення активної поверхні не вплине, натомість на якість сушіння (усунення травмування термолабільних складових периферії тіла зернини) та зменшення питомих витрат теплоти — беззаперечно. Такі рішення були вже ап-

робовані на стендовій установці за різних швидкостей зневоднення, а обґрунтовані технології сушіння в американських шахтних апаратах сушіння моделі GN-2419 та Torgnum довели свою значимість [4; 8].

Щодо аеродинамічного балансу роботи апарату сушіння, то до основних складових втрат енергії течії робочих газів апарата (ΔH) відносяться параметри ситової поверхні його камер, товщина шару зерна ($h_{шз}$) та структурно-механічні властивості зневоднюваного матеріалу. Якщо останні два не підлягають керуванню, то перший можна змінювати відповідно до структурно-механічних параметрів зневоднюваного матеріалу. Зі зменшенням розмірів зневоднюваного тіла (ріпак, сорго, гірчиця тощо) зменшують розміри отворів ситової поверхні, а зі збільшенням розмірів таких зернин — збільшують.

Оскільки зі зменшенням діаметра отворів ситової поверхні аеродинамічний опір зростає ($\Delta H_o \rightarrow \max$), то за незмінної потужності повітрорудної машини фіктивна швидкість течії робочих газів у шарі зерна зменшується в степеневій залежності ($v = \sqrt{2(H_o - \Delta H_o) / \rho}$). Однак за цих обставин інколи ігнорують величиною зростання аеродинамічного опору й уповільненням пошарової в зневоднюваному зерні теплопровідності та погіршення міжфазового тепломасообміну. Дещо нівелюють цей недолік зменшенням теплового потоку й продуктивністю апарата. Проте зі зростанням аеродинамічного опору шару зерна (зі зменшенням розмірів зневоднюваних тіл чи збільшенням товщини шару Δh вологості зерна W_0) зменшується також фіктивна швидкість робочих газів у шарі зерна й пропорційно знову ж таки зростає пошарова нерівномірність температури й вологості в ньому до 35 і більше відсотків.

Для спалювання природного газу використовують пальники поширеної моделі Octagon-N6, вмонтовані в корпуси вентиляторів. У кожній сушарці міститься по чотири вентилятори з пальниками, рівномірно розміщених по довжині сушильної камери сушарки (рис. 2, 3 та 6).

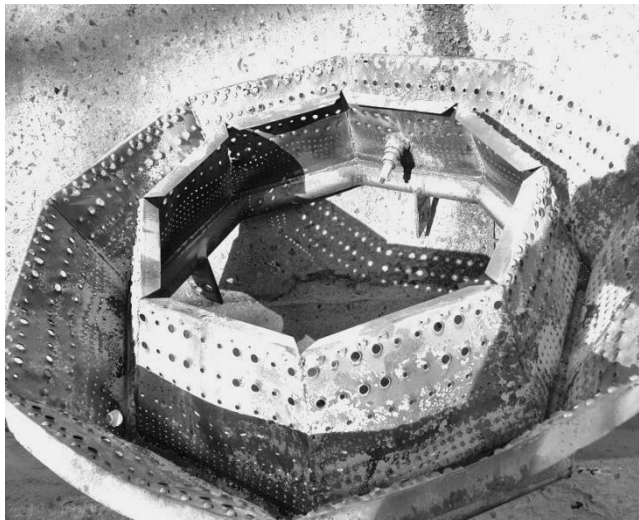


Рис. 6. Зовнішній вигляд пальника зерносушарки моделі Octagon-N6

Зовнішній вигляд пальника восьмикутної форми з двома рядами пелюсткових запобіжників заданого спалювання теплоносія, між якими розташовано трубопровід з отворами регульованої подачі палива, представлено на рис. 3 і 6. Отвори подачі теплоносія (природного газу) круглої форми $\varnothing 1,54$ мм в кількості 48 од., по 6 од. кожного ребра восьмикутника.

Паспортна продуктивність одного пальника $360 \text{ м}^3/\text{г}$ (номінальна) і $514 \text{ м}^3/\text{г}$ (максимальна) природного газу. За розрахунковими даними геометричних параметрів пальника й наявного тиску газу в магістралі ($0,8 \dots 1,0 \text{ кг}/\text{см}^2$) номінальна його продуктивність може становити $640 \text{ м}^3/\text{г}$, а максимальна — $710 \text{ м}^3/\text{г}$. Отже, розрахункова продуктивність і теплова спроможність суттєво перевищує паспортну, що досить позитивно для перспективного нарощування продуктивності сушарки.

З огляду на хімічний склад теплоносія нескладно порахувати теплоутворювальну спроможність пальників сушарки і порівняти їх з паспортною. За паспортними даними теплова продуктивність одного пальника становить $Q_{\text{ном}}=11232 \text{ МДж}/\text{год}$ (номінальна) і $Q_{\text{max}}=16037 \text{ МДж}/\text{год}$ (максимальна). Розрахункова ж більша на 40% за паспортну і становить $Q_{\text{ном}}=19,9 \text{ ГДж}/\text{год}$ та $Q_{\text{max}}=22,1 \text{ ГДж}/\text{год}$. Порівняно з вітчизняними аналогами найбільш поширеної моделі апарата шахтного типу ДСП-32от, у зарубіжних пальників більш як утричі вища теплова потужність, що пояснює їхню вищу продуктивність.

Потенційна можливість цих пальників дає змогу нагріти сушильні гази в літній період сушіння ($t_0=+30^\circ\text{C}$, $t_1=+90^\circ\text{C}$) $L=(170 \dots 190)$ тис. $\text{м}^3/\text{год}$. У пізно-осінній період, зважаючи на температуру довкілля ($t_0=+0^\circ\text{C}$, $t_1=+120^\circ\text{C}$) та більші втрати теплоти, нагрівання шару зерна й конструкції сушарки майже вдвічі менше — лише $L=(90 \dots 110)$ тис. $\text{м}^3/\text{год}$. У табл. 2 представлено розрахункові дані продуктивності сушарки за паспортною та розрахунковою тепловою потужністю пальників.

Аеродинамічні показники роботи сушарки в заданих параметрах характеризуються балансом аеродинамічних витрат і втрат енергії течії газів з потужністю повітрорудувних машин. У досліджуваних сушарках для управління енергією течії робочих газів застосовано осьові вентилятори.

Таблиця 2. Розрахункова продуктивність зерносушарки за потужністю її пальників

Зерносушарки	У літній період роботи		У зимовий період роботи	
	продуктивність сушарки, ф. т/г ($\Delta W=25-14=11\%$)			
	$t_1=100\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_1=110\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_1=100^{\circ}\text{C}$	$t_1=110\text{ }^{\circ}\text{C}$
1	20	22	24	25
2	28	31	34	36
3	35	39	43	45
4	39	43	47	50

Осові вентилятори, в кількості чотири комплекти, розташовані по довжині камер сушарки з відстанню між їх вісями $3,050 \text{ м}$ та від крайніх поверхонь сушарки $1,545 \text{ м}$. Тобто рівномірно, із забезпечення однакової енергії течії газів ($+\Delta H$) сушильної й ($-\Delta H$) охолоджуючої камер сушарки.

У розглянутих сушильних апаратах задіяні вентилятори марки «Y», моделі «Strainer-21/2» потужністю двигуна $N=50$ к.с. США ($N=37,5 \text{ кВт}$), діаметром робочого колеса $\varnothing 1,092 \text{ м}$ та частотою його обертів $n=1450^{-1}$. У робочому режимі вони подають $35,0$ тис. $\text{м}^3/\text{год}$ робочих газів кожен.

Натомість у виробничій практиці мають місце різні несподіванки. Нижче, в табл. 3, детально проаналізовано вплив суперечливих даних аеродинамічної характеристики повітродувних машин за паспортними даними, замірами сторонніх організацій та нашими розрахунковими показниками на продуктивність сушарок. За наведеними даними відмінність величин показників та розрахункової продуктивності сушарок перевищує 70%.

Такі відхилення свідчать не так про суперечливість, як про помилковість даних замірів аеродинамічних показників, а також обраного аеродинамічного діапазону функціонування обраних повітродувних машин. Для забезпечення заданих технологічних параметрів роботи апарата, на нашу думку, слід збільшити кутову швидкість робочого колеса до 1750^{-1} без змін потужності електродвигуна лише по зерну кукурудзи.

Наведені в табл. 3 розрахункові дані продуктивності сушарки за аеродинамічним балансом доводять наші висновки, що за перемінних параметрів довкілля (холодна чи тепла пора року) та режимів сушіння («м'яких» чи «жорстких») обстежувані зерносушарки за обраним аеродинамічними параметрами не зможуть забезпечити паспортну продуктивність (див. колонки 8 і 10 табл. 3) навіть по зерну з мінімальним аеродинамічним опором ΔH .

Таблиця 3. Розрахункова продуктивність апаратів сушіння зерна за аеродинамічними показниками (пізня осінь—зима)

№ п/п	Вентилятори	G, т/год (аеродинамічні заміри)				G, т/год (паспортні дані вентиляторів)			
		100 °C		110 °C		100 °C		110 °C	
		фіз. т/год	пл. т/год	фіз. т/год	пл. т/год	фіз. т/год	пл. т/год	фіз. т/год	пл. т/год
1. Сушарка 1									
1.1	вентилятор 1	13	32	16	40	6,7	16,8	8,5	21,2
1.2	вентилятор 2	14	34	17	43	6,7	16,8	8,5	21,2
1.3	вентилятор 3	13	32	16	41	6,7	16,8	8,5	21,2
1.4	вентилятор 4	11	28	14	35	6,7	16,8	8,5	21,2
	разом	50	126	63	158	27	67	34	85
2. Сушарка 2									
2.1	вентилятор 1	12	29	15	37	6,7	16,8	8,5	21,2
2.2	вентилятор 2	12	29	15	37	6,7	16,8	8,5	21,2
2.3	вентилятор 3	12	29	15	37	6,7	16,8	8,5	21,2
2.4	вентилятор 4	11	28	14	35	6,7	16,8	8,5	21,2
	разом	46	115	58	145	27	67	34	85
3. Сушарка 3									
3.1	вентилятор 1	13	32	16	40	6,7	16,8	8,5	21,2
3.2	вентилятор 2	14	34	17	43	6,7	16,8	8,5	21,2
3.3	вентилятор 3	13	32	16	41	6,7	16,8	8,5	21,2
3.4	вентилятор 4	11	28	14	35	6,7	16,8	8,5	21,2
	разом	50	126	63	158	26,8	67	34	85
4. Сушарка 4									
4.1	вентилятор 1	12	29	15	37	6,7	16,8	8,5	21,2
4.2	вентилятор 2	12	29	15	37	6,7	16,8	8,5	21,2
4.3	вентилятор 3	12	29	15	37	6,7	16,8	8,5	21,2
4.4	вентилятор 4	11	28	14	35	6,7	16,8	8,5	21,2
	разом	46	115	58	145	27	67	34	85

Висновки. 1. Камерні апарати сушіння зерна модельного ряду 40FIDPX американського виробництва (США), якщо порівняти з вітчизняними та європейськими аналогами, мають більш прогресивні аеродинамічні та технологічні характеристики.

2. Використання перемінного аеродинамічного опору шару зерна різних зон сушильного апарата дає змогу вибірково управляти критерієм Кірпічова з інтенсифікації міжфазового теплообміну на початковому етапі тепломасообміну, та масообміну на завершальному.

3. Застосування зон темперування в технології сушіння дає змогу зменшити пошарову нерівномірність у тілі зернин великих розмірів вологовмісту d_i і таким чином зменшити тріщинуватість зерен та підвищити потенціал використання робочих газів.

4. Зі збільшенням аеродинамічного опору шару зерна послаблюється міжфазовий масообмін, натомість інтенсифікується міжфазовий теплообмін і, відповідно, зростає коефіцієнт внутрішньокапілярної дифузії вологи.

5. Вирівнюванням енергії течії робочих газів у сушильній камері можна покращити рівномірність теплового поля в горизонтальній площині цієї камери та зменшити пошарову нерівномірність температури зерна та міжфазового масообмінного рушійного потенціалу.

6. Продуктивність описаного апарата сушіння за жодних режимів сушіння не може відповідати паспортній (до 30%) за невідповідності балансу аеродинамічних втрат сушарки з енергією течії робочих газів і продуктивністю цих газів.

7. Особливості конструювання повітрорудної машини конструкції сушильного апарата модельного ряду 40FIDPX обумовлюють наявність «сліпих» зон сушіння від (9...10)% по зерну крупних розмірів тіла (кукурудза, соя, квасоля, горох тощо) до (6...8)% по зерну середніх розмірів (пшениця, жито тощо).

8. Змінюванням товщини шару зерна у вертикальній площині сушильних камер можна управляти тривалістю перебування та кількістю підведеної теплоти шару зерна в них.

9. Застосуванням аеродинамічних компенсаторів науковців НУХТ та ОНАХТ можна суттєво, до 8%, зменшити розміри «сліпих» зон апаратів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інструкція по сушінню продовольчого, кормового зерна, насіння олійних культур та експлуатації зерносушарок. [відп. за вип. Г. М. Станкевич]. Одеса—Київ, 1997. 72 с.
2. Камінський, В. Д. Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції: навч. посіб. Володимир Камінський, Михайло Бабич. Одеса: Аспект, 2000. 460 с.
3. Остапчук, М. В. Математичне моделювання на ЕОМ: Підручник / Микола Остапчук, Григорій Станкевич. Одеса: Друк, 2006. 313 с.
4. Chuanping, Liu, Li, Wang, Ping, Wu, Fei, Xiang. Size distribution in gas vibration bed and its application on grain drying / Liu Chuanping, Wang Li, Wu Ping, Xiang Fei // Powder Technology. 2012. Vol. 221. P. 192—198.
5. Гапонюк, І. Технологія сушіння капілярно-пористих колоїдних тіл заспадними режимами / І. Гапонюк // Наукові праці НУХТ. 2019. Т. 25, № 6. С.56—65.
6. Василенко, С. М. Основи тепломасообміну: підручник / С. М. Василенко, А. І. Українець, В. В. Олішевський. К.: НУХТ, 2004. 250 с.
7. Станкевич, Григорій. Обробка та зберігання дрібнонасінневих олійних культур: монографія / Григорій Станкевич, Людмила Овсянникова, Олена Соколовська. Одеса: КП ОМД, 2016. 128 с.
8. Gaponyuk, I. Influence of environmental parameters on grain drying / I. Gaponyuk // Ukrainian Food Journal. 2013. Volume 2, Issue3. P.337—346.

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 № 32 від 15.01.2018) 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 невирішених 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** роздрукувань 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 шрифтом).

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 наводиться: анотація та ключові слова (Summary) англійською

мовою (розмір анотації не менше 1800 знаків, має містити коротку інформацію по кожному із основних змістових розділів); фраза «**Keywords**» — напівжирним шрифтом.

Усі анотації мають містити коротку інформацію щодо об'єкта та методик досліджень з наведенням основних результатів роботи та рекомендаціями щодо сфери їх застосування.

Після тексту анотацій та ключових слів наводиться фраза «Одержана редколегією (дата)» (набраним світлим курсивом). За дату одержання статті вважають дату надходження її до редакції.

Роздрукований варіант статті підписують усі автори.

У разі одержання статті, оформленої з порушенням запропонованих вимог, редакція статтю не реєструє. За необхідності доопрацювання статті відповідно до зауважень рецензента авторам направляється екземпляр рукопису, який разом із рецензією, відповіддю рецензентові, двома екземплярами виправленої статті та електронним носієм з виправленим текстом слід повернути до редакції.

Таблиці виконувати у Microsoft Office Word в форматі DOC. Кожна таблиця повинна мати тематичний заголовок, набраний напівжирним шрифтом, і порядковий номер (без знака №), якщо таблиць кілька. Якщо таблиця одна, то дається тільки заголовок (без слова «Таблиця»). Слово «Таблиця» і номер — курсивним шрифтом, заголовок — напівжирним. Таблиці мають бути закритими — з боковими, нижньою і горизонтальними 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 напівжирним 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, електронна 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

Олександр ГАВВА

Відповідальний секретар журналу: кандидат технічних наук, доцент

Анастасія ДЕРЕПІВСЬКА

Контактні телефони: міський — (044) 287-92-45, внутрішній — 92-45

E-mail: foodpromnuft@gmail.com

Наукове видання

ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

Науковий журнал

№ 31-32

Журнал «Харчова промисловість» затверджений наказом МОН України (постанова № 32 від 15.01.2018) 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 О. Гавва
Відповідальний секретар А. Деренівська

Комп'ютерна верстка: І. Максименко

Підп. до друку 22.12.2022 р. Формат 70×100/16.
Гарнітура Times New Roman. 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