



НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

20

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Харчова
ПРОМИСЛОВІСТЬ

Заснований у 1965 р.

Київ НУХТ 2016

UDC 664(04) (082)

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

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

Journal «Food Industry» is included into the list of professional editions of Ukraine of technical sciences (Decree of MES of Ukraine # 241 from September 3, 2016), where the results of dissertations for scientific degrees of PhD and candidate of science can be published.

Publications are represented in authoring edition.

УДК 664(04) (082)

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

Розрахований на наукових та інженерно-технічних працівників харчової промисловості.

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

Статті друкуються в авторській редакції.

Editorial office address:

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

Адреса редакції:

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

Recommended for publication by the
Academic Council of the National University of
Food Technologies.
Minutes of meeting № 5 of November, 2016

Рекомендовано вченою радою
Національного університету харчових
технологій.
Протокол № 5 від 24 листопада 2016 року

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу «Харчова промисловість»

Головний редактор Editor-in-Chief

Анатолій Соколенко
Anatoliy Sokolenko

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

Відповідальний секретар Accountable secretary

Сергій Токарчук
Serhiy Tokarchuk

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

Члени редакційної колегії:

Анатолій Ладанюк
Anatoliy Ladanyuk

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

Олександр Серьогін
Oleksandr Ser'ohin

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

Тетяна Пирог
Tetyana Pyroh

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

Олександр Шевченко
Olexander Shevchenko

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

Лариса Арсеньєва
Larysa Arsen'yeva

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

Віктор Гуць
Viktor Huts'

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

Тамара Носенко
Tamara Nosenko

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

Віра Оболкіна
Vera Obolkina

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

Олена Сологуб
Olena Solohub

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

Віктор Ємцев
Viktor Yemtsev

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

Віра Юрчак
Vira Yurchak

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

Людмила Пешук
Lyudmyla Peshuk

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

Віктор Доценко
Victor Dotsenko

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

Віталій Прибильський
Vitaliy Prybyl's'kyu

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

Галина Сімахіна
Halyna Simakhina

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

Олена Грабовська
Olena Hrabov's'ka

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

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЯ**Сировина та матеріали**

Сінат-Радченко Д.Є., Масліков М.М., Масліков М.О., Осадча К.М. Теплофізичні властивості розчинів NaCl і CaCl₂ за криоскопічної температури

Сімахіна Г.О. Перспективи використання зеленої маси буряків на якісно новому рівні
Павлюковець І.Ю., Пирог Т.П. Синтез поверхнево-активних речовин *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 на відпрацьованій соняшниковій олії за наявності екзогенних попередників
Дробот В.І., Махінко В.М., Скотар О.С. Використання ізоляту соєвого білка для підвищення харчової цінності хлібних виробів зниженої вологості (хлібних паличок)

Дорохович А.М., Дорохович В.В., Кохан О.О., Мазур Л.С., Божок О.С. Оцінка якості цукрозамінників за комплексним показником

Дорохович А.М., Петренко М.М. Хімічний склад «ідеального» харчового продукту і шляхи наближення до нього складу реальних харчових продуктів

Вороненко А.А., Івахнюк М.О., Пирог Т.П. Синтез екзополісахариду етаполану на суміші меляси і відпрацьованої олії

Пасічний В.М., Божко Н.В., Шалда І.С. Оцінка функціонально-технологічних властивостей січених напівфабрикатів з м'ясом качки

Арсенєва Л.Ю., Мельниченко В.М. Зміна жирнокислотного складу жирової сировини під час термічного оброблення харчових продуктів
Кочубей-Литвиненко О.В., Іщенко В.М., Суходольська Н.П., Ярош Н.В. Оцінювання якості і стійкості до зберігання сухої молочної сироватки інструментальними та хеометричними методами

Технології: дослідження, застосування та впровадження

Євтушенко О.О., Шаран А.В., Кожєвнікова М.І. Дослідження фізико-технологічних показників екструдованих кормів з використанням гарбуза
Шеманська Є.І., Шляхи збагачення харчового раціону людини есенціальними жирними кислотами

Старовойтова С.О. Перспективи використання пробіотичних мікроорганізмів з таназною активністю як основи продуктів функціонального харчування і бактеріотерапевтичних препаратів

Устименко І.М., Поліщук Г.Є. Розроблення нового виду кисломолочного продукту комбінованого складу

SECTION 1. TECHNOLOGY**Raw Materials and Materials**

6 Sinat-Radchenko D., Maslikov M., Maslikov M., Osadcha K. Thermal properties of solutions of NaCl & CaCl₂ at the cryoscopic temperature

13 G. Simakhina Perspectives to use the green mass of beets on qualitatively new level

21 Pavliukovets I., Pirog T. Synthesis of *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 surfactants on waste sunflower oil in the presence of exogenous precursors

28 Drobot V., Makhynko V., Skotar O. The use of soy protein for increasing nutritional value of bakery products of low humidity (breadsticks)

34 Dorokhovych A., Dorokhovych V., Kokhan O., Mazur L., Bogok O. Evaluation of quality of sweeteners by complex indicator

41 Dorohovych A., Petrenko M. The chemical composition of a perfect food product and the way of approaching composition to real food

49 Voronenko A., Ivakhniuk M., Pirog T. Exopolysaccharide ethapolan synthesis on molasses and waste oil mixture

55 Pasichniy V., Bozhko N., Shalda I. Assessment of functional and technological properties of semi-finished chopped meat duck

61 Arsen'eva L., Melnychenko V. Determination of fatty acid composition different fats and changes during heat treatment

67 Kochubei-Lytvynenko O., Ischenko V., Sukhodolska N., Yarosh N. Assessment of dry whey quality and stability while storing by instrumental and chemometric methods

Technologies: Researches, Application and Introduction

75 Yevtushenko O., Sharan A., Kozhevnikova M. Reserch of physical and technological parameters extrusion feed with pumpkins

80 Shemanska E. Ways to enrich the human diet with essential fatty acids

86 Starovoitova S. Perspectives of using probiotic microorganisms with tannase activity as bases of functional food products and bacteriotherapeutic drugs

93 Ustymenko I., Polishchuk G. Development of new type dairy product with combined composition of raw materials

- Українець А.І., Харитон Т.Я. Розроблення способу отримання мафінів оздоровчого призначення 100 *Ukrainets A., Khariton T. Method of health improvement maffin obtaining devel opment*
- Сімахіна Г.О., Стеценко Н.О., Науменко Н.В. Особливості створення спеціалізованих харчових продуктів геродієтичного спрямування 107 *Simakhina G., Stetsenko N., Naumenko N. The specifications of designing the special food-stuffs with gerodietetic destination*

РОЗДІЛ 2. ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Процеси харчових виробництв

- Павелко В.І., Грибков С.В., Заславський А.І., Дмитренко Д.С. Математичне моделювання процесу термічної обробки м'ясних виробів 115 *Pavelko V., Hrybkov S., Zaslavskiy A., Dmytrenko D. Mathematical modeling of thermal processing of meat products*
- Пащенко Б.С., Литвиненко О.А., Штефан Є.В. Перспективні матеріали для фільтраційних мембран харчової промисловості 123 *Pashchenko B., Lytvynenko O., Shtefan E. The promising materials for the filtration membranes of the food industry*
- Дубковецький І.В., Юрчак В.Г., Рожно О.В., Казьміришєн В.О. Дослідження процесу сушіння, тепло- і масообмінних характеристик безглютенових макаронних виробів 130 *Dubkovetskiy I., Yurchak V., Rozhno O., Kazmyryshen V. Study of the drying process, heat- and masstransfer characteristics of gluten-free pasta*

Обладнання та устаткування

- Соколенко А.І., Васильківський К.В., Степанець О.І. Рекуперація кінетичної енергії в технологічних машинах 138 *Sokolenko A., Vasilkovskiy K., Stepanets O. Recovery of kinetic energy in industrial machines*
- Бабанов І.Г., Михайлов В.М., Бабкіна І.В., Шевченко А.О., Михайлова С.В. Способи і апарати для електроконтактної обробки харчової сировини 146 *Babanov I., Mikhaylov V., Babkina I., Shevchenko A., Mikhaylova S. Methods and apparatus for the electrocontact treatment of raw materials*

Пакування: розробка, дослідження, переробка

- Горчакова О.М., Якимчук М.В., Іванова Л.І., Якимчук В.М. Дослідження ефективності роботи пневмоприводу з функцією рекуперації енергії в пристроях пакувального обладнання 153 *Gorchakova O., Yakymchuk M., Ivanova L., Yakymchuk V. Research of the work efficiency of the pneumatic drive with the function of energy recovery in the devices of the packing equipment*

Керування виробничими процесами

- Кишенько В.Д., Гончаренко Б.М., Лобок О.П. Реалізація сценаріїв керування технологічними процесами хлібопекарського виробництва 161 *Kyshenko V., Goncharenko B., Lobok O. The scenario process control bakery*
- Савчук О.В., Ладанюк А.П., Власенко Л.О. Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень для багатоасортиментного виробництва 167 *Savchuk O., Ladanyuk A., Vlasenko L. Intelligent decision support system for multiproduct production*

Енергетика та виробничі процеси

- Гапонюк І.І. Техніко-економічні аспекти рекуперації теплоти відпрацьованих газів 175 *Gaponyuk I. Intensification of heating of grain is in dryer by gases with enhanceable maintenance of moisture*

SECTION 2. PROCESSES AND EQUIPMENT

Processes of Food Industries

- Pavelko V., Hrybkov S., Zaslavskiy A., Dmytrenko D. Mathematical modeling of thermal processing of meat products* 115
- Pashchenko B., Lytvynenko O., Shtefan E. The promising materials for the filtration membranes of the food industry* 123
- Dubkovetskiy I., Yurchak V., Rozhno O., Kazmyryshen V. Study of the drying process, heat- and masstransfer characteristics of gluten-free pasta* 130

Machinery and Equipment

- Sokolenko A., Vasilkovskiy K., Stepanets O. Recovery of kinetic energy in industrial machines* 138
- Babanov I., Mikhaylov V., Babkina I., Shevchenko A., Mikhaylova S. Methods and apparatus for the electrocontact treatment of raw materials* 146

Packing: Development, Researches, Processing

- Gorchakova O., Yakymchuk M., Ivanova L., Yakymchuk V. Research of the work efficiency of the pneumatic drive with the function of energy recovery in the devices of the packing equipment* 153

Control of Production Processes

- Kyshenko V., Goncharenko B., Lobok O. The scenario process control bakery* 161
- Savchuk O., Ladanyuk A., Vlasenko L. Intelligent decision support system for multiproduct production* 167

Power engineering and productions

- Gaponyuk I. Intensification of heating of grain is in dryer by gases with enhanceable maintenance of moisture* 175

THERMAL PROPERTIES OF SOLUTIONS OF NaCl & CaCl₂ AT THE CRYOSCOPIC TEMPERATURE

D. Sinat-Radchenko, M. Maslikov, M. Maslikov, K. Osadcha

National University of Food Technologies

Key words:

coolants,
brines,
cryoscopic temperature,
thermal properties

Article history:

Received 13.10.2016

Received in revised form
29.10.2016

Accepted 8.11.2016

Corresponding author:

osadcha-katya@yandex.ua

ABSTRACT

The properties of NaCl & CaCl₂ solutions, as the coolants, are considered. Simple formulas with estimated accuracy of the basic thermal properties of these solutions at the cryoscopic temperature depending to the mass concentration of salt in the solution are proposed. These closed brine system using inhibitors. It is shown that with increasing concentrations of salt solutions increases density and molar mass of the solution, but decreases the thermal conductivity and heat capacity solutions. The modern cooling system based salt solutions. The basic advantages and disadvantages brine systems based on inorganic salts. The developed formulas for finding the cryoscopic temperature, cryoscopic concentration, density solution, specific heat, thermal conductivity, dynamic viscosity, kinematic viscosity, thermal diffusivity and Prandtl number.

ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ NaCl I CaCl₂ ЗА КРІОСКОПІЧНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ

Д.Є. Сінат-Радченко, канд. техн. наук,

М.М. Масліков, канд. техн. наук,

М.О. Масліков, канд. техн. наук,

К.М. Осадча

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто властивості розчинів NaCl і CaCl₂ як холодоносіїв. Запропоновано розрахункові формули оціненої точності для основних теплофізичних властивостей цих розчинів при кріоскопічній температурі, що зумовлена масовою концентрацією солі у розчині. Встановлено, що похибка даних, розрахованих за запропонованими формулами, порівняно з табличними не перевищує 5%. Описано сучасні системи охолодження на основі розчинів солей.

Ключові слова: холодоносії, розчини, кріоскопічна температура, теплофізичні властивості.

Постановка проблеми. Коли безпосереднє охолодження холодоагентом недоцільне (наприклад, за наявності великої кількості споживачів холоду з різними температурами, що розташовані на значній відстані один від одного) або у

разі спеціальних технологічних вимог у системах охолодження використовують холодоносії — рідини, призначені для транспортування теплоти від споживача до випарника холодильної машини, схема з проміжним холодоносієм дає змогу значно зменшити кількість холодоагента у системі, зменшивши її вартість і підвищивши безпечність [1]. Проте за однакових зовнішніх умов енергоспоживання у системі з проміжним холодоносієм буде вищим, ніж за безпосереднього охолодження, тому що слід підтримувати температуру кипіння у випарнику приблизно на 5 °C нижчою, а також додатково витратити енергію на роботу насосів холодоносія.

Зараз у холодильній техніці використовують широкий спектр холодоносіїв: розчини спиртів, органічних і неорганічних солей (табл. 1).

Таблиця 1. Фізико-хімічні властивості проміжних холодоносіїв

Холодоносії	Температура кристалізації, °C	Густина, кг/м	Питома об'ємна теплоємність, кДж/м ³ ·K	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·K)	Кінематична в'язкість, 10 ⁻⁶ м ² /с
Вода	0	1000	4230	0,551	1,7
Пропіленгліколь, 54-відсотковий розчин	-40	1040	3590	0,323	270
Хлорид кальцію, 28-відсотковий розчин	-40	1260	3448	0,493	11,9
Ацетат калію «Нордвей»	-40	1240	3680	0,431	26,2
Ацетат калію «Tyfoxit»	-40	1220	3600	0,434	24,0

Найбільш доступними та дешевими є водні розчини NaCl і CaCl₂.

Температура, при якій за повільного ізобарного охолодження розчину в ньому з'являються кристали льоду, називається кріоскопічною ($t_{кр}$). Масову концентрацію солі у розчині, що починає кристалізуватися при даній температурі, також називають кріоскопічною (ξ). Під час кристалізації льоду концентрація розчину, що залишається рідким, поступово зростає, а температура його кристалізації знижується. Повна кристалізація розчину у вигляді суміші кристалів льоду та солі відбувається у точці, що називається кріогідратною за евтектичної концентрації (ξ_e) й температури (t_e). Якщо приготувати розчин з концентрацією ξ_e (евтектичний розчин), то він матиме найнижчу температуру кристалізації, а заморожений евтектичний розчин — найнижчу температуру плавлення (так само, як і приготована льодосоляна суміш такої концентрації). При охолодженні розчину з концентрацією вищою за евтектичну, при відповідній температурі (за рахунок зниження розчинності солі) розчин стає пересиченим, починається утворення кристалогідратів солі (NaCl·2H₂O або CaCl₂·6H₂O) і концентрація розчину зі зниженням температури до t_e поступово знижується до ξ_e , а потім весь розчин одразу кристалізується. При зростанні концентрації розчину відносно ξ_e температура початку кристалізації зростає.

Основні показники розчинів NaCl і CaCl₂ [2] наведені у табл. 2.

Таблиця 2. Основні показники розчинів NaCl і CaCl₂

Показник розчину	NaCl	CaCl ₂
Евтектична концентрація, ξ_e , %	23,1	29,9
Евтектична температура, t_e , °C	-21,2	-55,0
Питома теплота кристалізації, кДж/кг	236,1	212,7
Концентрація, за якої починають виділятися кристали солі при 0 °C	26,3	37,3

Заморожені у невеликих посудинах (зероторах) евтектичні розчини використовують для невеликих безмашинних систем охолодження (наприклад, у холодильному транспорті продуктів харчування та ліків). При цьому t_e має бути на 10...15 °C нижчою за температуру об'єкта охолодження.

Замороження здійснюють зануренням в охолоджений розчин упакованих у полімерну плівку продуктів (наприклад, птиці) або зрошенням. Дрібну рибу інколи заморожують безпосередньо у розчині NaCl, а крупну дешевих сортів — у розчині CaCl₂ при $t < -40$ °C [4].

Для використання розчинів як холодоносіїв рекомендують обирати концентрацію, за якої криоскопічна температура на 5...8 °C нижча за температуру кипіння холодоагента t_0 , тому розчини NaCl використовують при $t_0 > -15$ °C, а розчини CaCl₂ при $t_0 > -48$ °C. Зниження температури у камері потребує зниження температури холодоносія, а отже, підвищення його концентрації (не вище за ξ_e).

Для універсальних камер (можуть використовуватися для зберігання охолоджених або заморожених продуктів) у системах проміжного охолодження використовують розчини з двома різними температурами.

У зимовий період для обігрівання фруктосховищ використовують розчини солей, нагріті до +40 °C, так само, як і для відтаювання камерних охолоджувальних приладів від снігової шуби.

У сучасних розрахунках виникає проблема у визначенні числових значень теплофізичних властивостей розчинів солей. На даний момент створені формули та бази даних для їх комп'ютерних розрахунків, але часто виникають проблеми із сумісністю та доступністю цих баз.

Мета дослідження: отримання простих розрахункових формул прийнятної точності для основних теплофізичних властивостей розчинів NaCl та CaCl₂ при криоскопічній температурі.

Матеріали і методи. Для отримання простих розрахункових формул для основних теплофізичних властивостей розчинів солей використаний метод апроксимації опублікованих табличних даних [2; 3].

Результати досліджень. Одержані прості розрахункові формули оціненої точності для основних теплофізичних властивостей (ТФВ) розчинів солей при криоскопічній температурі, що обумовлена масовою концентрацією солі у розчині ($\xi < \xi_e$). Після кожної формули наведена гранична відносна похибка визначення відповідної властивості.

Водні розчини NaCl

Кріоскопічна температура, °C

$$t = -0,552 \left[\left(\frac{1}{\xi} \right) - 0,01694 \right]^{-1}, \delta t_p = 1,1\%. \quad (1)$$

Кріоскопічна концентрація, %

$$\xi = \left[\frac{0,552}{|t_{кр}|} + 0,01694 \right]^{-1}, \delta \xi = 0,73\%. \quad (2)$$

Густина розчину, кг/м³:

$$\rho = e^{6,986 \cdot 10^{-3} \xi + 6,9078}, \delta \rho = 0,035\%. \quad (3)$$

Питома теплоємність, кДж/(кг·К):

$$c = (2,52 \cdot 10^{-3} \xi + 0,2448)^{-1}, \delta c = 0,10\%. \quad (4)$$

Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К):

$$\lambda = (0,3292 - 2,863 \cdot 10^{-3} \xi)^{0,5}, \delta \lambda = 0,23\%. \quad (5)$$

Динамічна в'язкість, Па·с

$$\mu = 10^{-3} (0,5325 + 0,2563 \lg \xi - 0,4055 \lg^2 \xi)^{-1}, \delta \mu = 5,0\%. \quad (6)$$

Кінематична в'язкість, м²/с:

$$\nu = 10^{-6} (0,5055 + 0,3651 \lg \xi - 0,4613 \lg^2 \xi)^{-1}, \delta \nu = 6,1\%. \quad (7)$$

Коефіцієнт температуропровідності, м²/с:

$$a = 10^{-7} (1,426 + 0,00435 \xi), \delta a = 0,45\%. \quad (8)$$

Число Прандтля

$$Pr = (0,06946 + 0,052 \lg \xi - 0,0649 \lg^2 \xi)^{-1}, \delta Pr = 5,6\%. \quad (9)$$

Водні розчини CaCl₂

Кріоскопічна температура, °C

$$t = -0,4265 \left[\left(\frac{1}{\xi} \right) - 0,0255 \right]^{-1}, \delta t_p = 2,4\%. \quad (10)$$

Кріоскопічна концентрація, %

$$\xi = \left[\frac{0,4265}{|t_{\text{кр}}|} + 0,0255 \right]^{-1}, \delta\xi = 1,06\%. \quad (11)$$

Густина розчину, кг/м³:

$$\rho = e^{8,505 \cdot 10^{-3} \xi + 6,9045}, \delta\rho = 0,055\%. \quad (12)$$

Питома теплоємність, кДж/(кг·К):

$$c = e^{1,429 - 0,01589\xi}, \delta c = 1,0\%. \quad (13)$$

Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К):

$$\lambda = \left(0,3107 - 1,1 \cdot 10^{-4} \xi^2 \right)^{0,5}, \delta\lambda = 1,1\%. \quad (14)$$

Динамічна в'язкість, Па·с

$$\mu = 10^{-3} \left(1,245 - 0,964 \lg \xi + 0,08831 \lg^2 \xi \right)^{-1}, \delta\mu = 4,8\%. \quad (15)$$

Кінематична в'язкість, м²/с:

$$\nu = 10^{-6} \left(1,05304 - 0,55 \lg \xi - 0,1021 \lg^2 \xi \right)^{-1}, \delta\nu = 3,2\%. \quad (16)$$

Коефіцієнт температуропровідності, м²/с:

$$a = 10^{-7} \left(1,2527 + 0,0216\xi - 5,84 \cdot 10^{-4} \xi^2 \right), \delta a = 1,2\%. \quad (17)$$

Число Прандтля

$$Pr = \left(0,1336 - 0,0512 \lg \xi - 0,0255 \lg^2 \xi \right)^{-1}, \delta Pr = 4,5\%. \quad (18)$$

Для контролю правильності формул у табл. 3 наведені розраховані значення ТФВ розчинів NaCl ($\xi = 21,2\%$) та CaCl₂ ($\xi = 29,4\%$) при кріоскопічній температурі порівняно з табличними значеннями ТФВ для відповідної концентрації [2; 7].

З підвищенням концентрації розчинів солей зростають їх ρ і μ та зменшуються λ і c , що потребує збільшення потрібної кількості циркулюючого розчину з відповідним зростанням витрати електроенергії на циркуляційні насоси.

Основними перевагами розсільних систем на базі неорганічних солей (NaCl, CaCl₂, K₂CO₃) є їх низька вартість (особливо NaCl), гарні теплофізичні властивості, нетоксичність, вибухобезпечність, можливість акумулювання холоду при зупинках компресора, простота регулювання температури у камері зміною пода-

вання туди холодоносія. Проте такі системи мають серйозний недолік — сильну корозійну активність (у розчині NaCl вона вища). Внаслідок цього руйнується система і є небезпека забруднення продукту холодоносієм — поява стороннього присмаку від солі.

Таблиця 3. Оцінення точності формул ТФВ розчинів

Теплофізичні властивості розчинів	NaCl		CaCl ₂	
	Розраховане значення	[2]	Розраховане значення	[2]
$t, ^\circ\text{C}$	18,26	18,2	50,1	50,1
$\xi, \%$	21,16	21,2	29,4	29,4
$\rho, \text{кг/м}^3$	1159,5	1160	1279,9	1280
$c, \text{кДж/(кг}\cdot\text{K)}$	3,353	3,358	2,616	2,617
$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	0,518	0,517	0,464	0,464
$\mu, 10^{-3}\text{Па}\cdot\text{с}$	6,28	6,14	50,22	49,2
$\nu, 10^{-6}\text{м}^2/\text{с}$	5,61	5,29	39,17	38,45
$a, 10^{-7}\text{м}^2/\text{с}$	1,334	1,33	1,383	1,38
Pr	41,2	39,8	284	297

Особливо вразливими до корозії є відкриті розсільні системи, де є контакт з повітрям, кисень з якого розчиняється у холодоносії і значно посилює корозійну активність. З підвищенням ξ розчинність кисню і його негативний вплив зменшуються. Для зменшення корозії також використовують пасиватори (утворюють особливий захисний шар на межі «метал-повітря») та інгібітори корозії (дещо знижують корозійну активність).

Частіше використовують закриті розсільні системи, у яких холодоносії зовсім не контактує з атмосферним повітрям або контактує лише невеликою поверхнею у розширювальному бачку. Такі системи з використанням інгібіторів можуть працювати близько 20 років, тоді як без них — від 3 до 7 [6]. Для зниження втрат на тертя іноді в розчині у невеликій кількості (соті частки відсотка) додають поверхнево-активні речовини (високомолекулярні сполуки-полімери). У [4] описано успішний досвід використання двофазного холодоносія — розсолу з дрібними (до 0,45 мм) кристалами льоду, що суттєво збільшує питому холодопродуктивність холодоносія. Також проводяться дослідження модифікації існуючих проміжних холодоносіїв, зокрема шляхом додавання нанорозмірних наповнювачів до їх складу [5].

Висновки. У результаті проведеного дослідження проаналізовано властивості розчинів NaCl і CaCl₂ як холодоносіїв. Запропоновано прості розрахункові формули оціненої точності для основних теплофізичних властивостей цих розчинів при криоскопічній температурі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Курылев, Е.С. Холодильные установки: учебник/ Е.С. Курылев, В.В. Оносовский, Ю.Д. Румянцев. — СПб.: Политехника, 2002. — 576 с.
2. Холодильная техника. Кондиционирование воздуха. Свойства веществ: Справ. / С.Н. Богданов, С.И. Бурцев, О.П. Иванов, А.В. Куприянова. — СПб.: СПбГАХПТ, 1999. — 320 с.

3. Масліков, М.М. Холодильна технологія харчових продуктів: навч. посіб. / М.М. Масліков. — Київ: НУХТ, 2007. — 337 с.

4. Быков, А.В. Холодильные машины: Справочник / А.В. Быкова // Легкая и пищевая промышленность. — Москва, 1982. — 224 с.

5. Петренко, О.В. Прогресивні проміжні холодоносії та їх застосування для систем непрямого охолодження / О.В. Петренко, Д.П. Семенюк // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. Збірник наукових праць Харківського державного університету економіки і торгівлі. Вип. 2. — Х.: ХДУЕТ, 2014. — С. 141—149.

6. Цуранов, О.А. Холодильная техника и технология: учебник / О.А. Цуранов, А.Г. Крысин. — СПб.: Лидер, 2004. — 448 с.

7. Скарбовійчук, О.М. Емпіричні функції теплофізичних характеристик розчинів NaCl від температури і концентрації / О.М. Скарбовійчук, В.О. Овчарук, В.Г. Федоров // Харчова промисловість. — 2008. — № 7. — С. 111—113.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ NaCl И CaCl₂ ПРИ КРИОСКОПИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Д.Е. Синат-Радченко, М.М. Масликов, М.А. Масликов, К.М. Осадчая
Национальный университет пищевых технологий

В статье рассмотрены свойства растворов NaCl и CaCl₂ как хладоносителей. Предложены расчетные формулы оцененной точности для основных теплофизических свойств этих растворов при криоскопической температуре, обусловленной массовой концентрацией соли в растворе. Установлено, что погрешность данных рассчитанных по предложенным формулам по сравнению с табличными не превышает 5%. Описаны современные системы охлаждения на базе растворов солей.

Ключевые слова: хладоносители, растворы, криоскопическая температура, теплофизические свойства.

PERSPECTIVES TO USE THE GREEN MASS OF BEETS ON QUALITATIVELY NEW LEVEL

G. Simakhina

National University of Food Technologies

Key words:

green mass,
beets,
proteins,
proteolytic enzymes,
low-temperature procession

Article history:

Received 17.10.2016
Received in revised form
31.10.2016
Accepted 4.11.2016

Corresponding author:

lyutik.0101@gmail.com

ABSTRACT

This article represents the results of experimental researches on amino-acid compound of green mass of sugar, forage, and red beets, which helped the authors to prove the perspectives of its usage to enrich the traditional foodstuffs. We studied the fractional composition of proteins extracted from beets' green mass and the re-spreading of protein factions in the various methods of raw procession. Finally, the conclusion about the expedience of using the beets' green mass in production of polyfunctional enriching substances has been made. General proteolysis of proteins extracted from green mass almost achieved the level of analogical index for the control proteins (milk). We can forecast the foodstuffs enriched with an additive of green mass of plants to be outstanding due to high level of protein absorption.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ БУРЯКІВ НА ЯКІСНО НОВОМУ РІВНІ

Г.О. Сімахіна, д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати експериментальних досліджень білкового й амінокислотного складу зеленої маси столового, цукрового та кормового буряків, обґрунтовано перспективи її використання для збагачення традиційних харчових продуктів. Вивчено фракційний склад білків зеленої маси та перерозподіл фракцій білків при різних методах оброблення сировини. Зроблено висновки щодо доцільності застосування зеленої маси буряків для виробництва поліфункціональних збагачувачів.

Ключові слова: зелена маса, види буряків, білки, протеолітичні ферменти, низькотемпературне перероблення.

Постановка проблеми. Трансформація вітчизняної економіки на інноваційну модель розвитку в галузі харчових технологій, яка забезпечувала б високу якість продукції при одночасній економії витрат, підвищенні ефективності та рентабельності виробництва, потребує активного впровадження результатів наукових досліджень і розробок. Саме наукові знання та можливості їх використання у практичній діяльності є сьогодні головним чинником економічного зростання країни, в тому числі і в бурякоцукровій промисловості.

З цієї точки зору істотного значення набуває ефективне використання вторинних сировинних ресурсів галузі, до яких традиційно відносять жом (свіжий або висушений) та мелясу. Досі поза увагою залишалося ще одне важливе джерело цінних для організму людини біологічно активних речовин, передусім білків та амінокислот, – зелена маса буряків [1].

Разом із тим результати власних досліджень, аналіз експериментальних даних зарубіжних і вітчизняних учених свідчать, що в зеленій масі всіх трьох підвидів буряків — столового, цукрового, кормового — міститься значна частина білка (від 1,5 до 3,1%), причому вона переважає вміст білка у коренеплодах [2].

Мета статті: порівняльні дослідження біологічної цінності та перетравлюваності білків зеленої маси коренеплодів буряків для обґрунтування доцільності їх використання у виробництві оздоровчих харчових продуктів з підвищеним вмістом протеїну. Дослідження виконано на базі кафедри технології оздоровчих продуктів.

Матеріали і методи. Дослідження проводили на коренеплодах *Beta vulgaris* ssp. *Esculenta* (столові, цукрові, кормові). Для дослідження хімічного складу коренеплодів застосовано загальноприйняті методи.

Передусім вивчили здатність білків зеленої маси буряків до перетравлювання протеолітичними ферментами, оскільки цей показник є одним із найважливіших при характеристиці якості білків харчових продуктів.

Відомі методи визначення перетравлюваності білків *in vitro* добре узгоджуються з даними, отриманими *in vivo* [3]. Визначення *in vitro* широко використовується для порівняльної характеристики харчових продуктів одного типу, в тому числі і рослинної сировини, тому ми використали цей метод при з'ясуванні біологічної цінності білків зеленої маси буряків.

Білки молока використано як стандартний субстрат. Перетравлюваність визначали таким чином: за розробленим фотоколориметричним методом [4] знаходили масову частку білка до і після ферментативного гідролізу. Різниця між цими величинами являє собою кількість гідролізованого білка. Відношення цієї кількості до вихідного вмісту білка, виражене у відсотках, характеризує перетравлюваність білка.

Результати досліджень. Умови протеолізу, визначені в результаті підбору фермент-субстратного співвідношення (1 : 12,5), оптимальна тривалість проведення реакції гідролізу (3 год.), температура (37,5 °C) та кислотність середовища (pH = 2) моделюють процес перетравлення білків у шлунково-кишковому тракті людини. Результати досліджень виражали в ммоль NH₂ на 1 г білка (табл. 1).

Таблиця 1. Кількість гідролізованих *in vitro* білків зеленої маси буряків

Вид матеріалу	Стадія протеолізу			
	Пепсинова	Трипсинова	Пептидазна	Загальний протеоліз
Буряк цукровий	3,08±0,26	11,48±1,22	15,78±0,09	30,34±0,92
Буряк кормовий	2,65±0,76	11,02±0,54	14,80±0,14	28,47±0,48
Буряк столовий	2,32±0,14	10,36±0,62	13,94±0,38	26,62±0,09
Білки молока (контроль)	3,66±0,12	12,10±0,34	15,32±0,09	31,08±0,22

З табл. 1 видно, що білки зеленої маси буряків усіх підвидів відзначаються досить високим ступенем перетравлюваності, зіставним із перетравлюваністю контрольного білка — молока (78...82%).

Разом з тим виявлено, що на всіх стадіях протеолізу до білків молока за ступенем перетравлюваності максимально наближаються білки зеленої маси цукрового буряку. Це свідчить про те, що білки зеленої маси буряків при надходженні в організм людини під дією протеолітичних ферментів легко розпадатимуться в шлунково-кишковому тракті до амінокислот і повністю всмоктуватимуться в кров, забезпечуючи вихідний матеріал для синтезу власних білків організму, залежно від його потреб. Тобто зелена маса буряків може стати істотним джерелом протеїну при виробництві нових харчових продуктів.

Подальші дослідження показали, що амінокислотний склад білків зеленої маси буряків відзначається широким спектром компонентів (табл. 2). Згідно з даними таблиці, білок зеленої маси досліджених видів буряків містить усі незамінні амінокислоти, які підтримують в організмі людини азотну рівновагу і без яких неможливе нормальне його функціонування. На їхню частку припадає близько третини всіх амінокислот буряку.

Таблиця 2. Амінокислотний склад білків зеленої маси буряків (г/100 г білка)

Амінокислоти	Матеріали			Добова потреба, г
	Буряк цукровий	Буряк кормовий	Буряк столовий	
Валін	1,434	1,089	1,240	3...4
Ізолейцин	5,856	2,727	2,315	3...4
Лейцин	2,275	сліди	1,920	4...6
Лізин	2,11	0,580	1,340	3...5
Метіонін	5,065	4,526	3,773	2...4
Цистин	0,010	-	-	2...3
Сума сірковмісних	5,075	4,526	3,773	
Треонін	3,288	0,958	1,465	2...3
Фенілаланін	2,995	3,388	2,040	2...4
Тирозин	5,278	3,292	3,450	3...4
Сума ароматичних	8,273	6,680	5,490	
Триптофан	2,844	1,117	1,324	1
Аланін	5,935	2,613	3,152	3
Аргінін	9,836	9,679	6,670	5...6
Аспарагінова к-та	9,237	3,022	5,040	6
Гістидин	5,196	4,079	2,583	1,5...2
Гліцин	3,526	1,348	5,470	2...3
Глютамінова к-та	15,142	12,987	12,322	16
Пролін	21,123	20,966	34,514	5
Сірін	3,959	1,347	7,244	3

Порівняння отриманих даних з добовою потребою людини в окремих амінокислотах показало, що практично всі вони забезпечують від 20 до 50 % потреби живого організму, а за вмістом метіоніну, проліну, гістидину, триптофану перевищують її. Це ж стосується вмісту ізолейцину в зеленій масі цукрових буряків.

У зв'язку з цим доцільно охарактеризувати біологічну роль основних амінокислот у функціонуванні організму людини.

Значну кількість амінокислот складає метіонін (5,065 г/100 г — для зеленої маси цукрових буряків, 4,526 г/100г — для кормових буряків, 3,773 г/100г — для столових), який постачає організм сіркою, запобігає ожирінню печінки, бере участь у синтезі холіну, вітаміну В₁₂, фолієвої кислоти, адреналіну.

Тирозин на сьогодні вважається одним із найефективніших засобів боротьби зі стресом, депресіями, втомою. Резерви нейромедіаторів, що допомагають людині справлятися зі стресом, зокрема адреналіну та норадреналіну, суттєво залежать від наявності тирозину. У поєднанні з триптофаном (частка якого у зеленій масі буряків теж досить значна) тирозин впливає і на лікування інших складних хвороб, пов'язаних із дисбалансом хімії мозку — гіперактивності, дефіциту уваги, хвороби Паркінсона, гіпотиреозу, а також сприяє відвиканню від нікотинової залежності.

Загальний вміст сірковмісних амінокислот у зеленій масі цукрових буряків дещо вищий, ніж у буряку кормовому, і втричі більший, ніж у столовому. Високим є вміст ізолейцину, особливо у зеленій масі цукрових буряків — 5,856 г/100 г. Ця амінокислота відповідає за збереження м'язів, і її називають «паливом для м'язів». Вона та інші амінокислоти з розгалуженими ланцюгами захищають тканини м'язів від розпаду, що є частиною природного обміну речовин. У нормі організм сам регенерує ці тканини, використовуючи амінокислоти для побудови нових білків. Однак у багатьох випадках розпад відбувається швидше, ніж відновлення. Наприклад, коли людина вживає мало білкової їжі, перебуває у стані стресу, хворіє, тому зрозумілою є та велика роль, яку відіграють амінокислоти ізолейцин, лейцин, валін, запобігаючи надмірному розпаду тканин м'язів.

У ряду всіх визначених амінокислот за вмістом на третьому місці стоїть аргінін (майже 10 г/100 г), який ефективно підвищує імунний захист організму, знижує рівень холестерину. Лише 20 років тому учені виявили, що аргінін регулює вміст у крові дивовижної сполуки — оксиду азоту, який відповідає за регулювання кровотоку, імунної функції, комунікації між нервовими клітинами, роботи печінки, згортання крові тощо. У певних випадках, наприклад при активному рості, відновленні після травм, за необхідності в посиленому імунному захисті організм не може задовольнити свої потреби в аргініні, і тоді ця кислота набуває статусу незамінної.

Глютамінова кислота — складова білка, наявна в організмі у найбільших кількостях. Деякі учені вважають, що вона також є найбільш важливою. З даних табл. 2 видно, що у зеленій масі буряків вміст глютамінової кислоти майже найвищий, особливо у цукрових буряках. Значущість глютамінової кислоти для живого організму в тому, що вона є найкращим джерелом азоту, а це — основна умова позитивного азотного балансу. Лише небагато препаратів, які використовуються в медицині, можуть зрівнятися із глютаміновою кислотою за широтою спектра дії — від лікування шлунково-кишкових хвороб до зняття наркотичної залежності. Для успішної реабілітації після будь-яких хвороб організмові потрібні певні білки. Не має значення, який саме білок необхідний у той чи той момент — він може бути синтезований за допомогою L-глютаміну, що має додатковий атом азоту і легко віддає його для синтезу інших амінокислот.

Глютамінова кислота бере білки звідтіля, де організм без них може обійтись, і постачає їх туди, де вони потрібні. Більш того, вона допомагає організмові виробляти інші важливі нутрієнти, зокрема глутатіон, глюкозамін, вітамін В₃ [5].

Аналогічну характеристику можна надати й іншим амінокислотам. Загальний висновок один — зелена маса всіх досліджених видів буряків відзначається істотною біологічною цінністю, що підтверджує можливість розглядати її як багате нетрадиційне джерело харчового протеїну.

Важливою характеристикою білків є також ступінь їх розчинності у різних середовищах. За цим показником білкові сполуки поділяються на альбуміни, глобуліни, проламіни та глютеліни.

Альбуміни — водорозчинні білки, що характеризуються найбільшою харчовою та біологічною цінністю. Вони з мінімальними витратами енергії перетворюються в організмі людини та найбільш збалансовані за амінокислотним складом. **Глобуліни** — солерозчинні білки, що також відзначаються високою біологічною цінністю, але здебільшого лімітовані за сірковмісними амінокислотами. В спирто- та лужнорозчинних фракціях білків (глютеліни та проламіни) відсутні деякі незамінні амінокислоти, вони важче піддаються дії протеолітичних ферментів і знижують біологічну цінність харчових продуктів.

У літературі відсутні дані щодо фракційного складу білків зеленої маси буряків, тому таке дослідження було проведено в цій статті. Білки фракціонували таким чином: масу тонко подрібненої сировини екстрагували відповідними розчинниками у співвідношенні 1 : 3, тривалості 60 хв при кімнатній температурі та перемішуванні. Розчинником альбумінів виступає вода; глобулінів — 1 М NaCl у 0,1 М фосфатному буфері (рН 6,8); глютелінів — 0,1 н NaOH; проламінів — 70-відсотковий етиловий спирт.

Витяжки отримували на центрифугі протягом 15 хвилин при 6000 об./хв. Осад промивали і промивними водами доводили об'єм кожної витяжки до 150 см³. Вміст білкових речовин зеленої маси буряків визначали за розробленим нами методом, заснованим на біуретовій реакції.

Отримані результати фракційного складу білків зеленої маси цукрового буряку за розчинністю у різних розчинниках наведено в табл. 3. Результати, наведені у табл. 3, ще раз підтверджують доцільність отримання харчових біодобавок із зеленої маси буряків, оскільки їхні білкові сполуки майже на 70% представлені компонентами високої біологічної цінності (альбумінами та глобулінами).

Таблиця 3. Фракційний склад білків зеленої маси цукрового буряку

Фракція білка	Масова частка фракцій білків, % від загального вмісту білка
Водорозчинна (альбуміни)	46,8 ± 0,24
Солерозчинна (глобуліни)	26,0 ± 0,73
Лужнорозчинна (глютеліни)	9,7 ± 0,28
Спирторозчинна (проламіни)	4,1 ± 0,56
Нерозчинний залишок	13,4 ± 0,57

Зелена маса буряків є сезонною сировиною, тому для забезпечення виробництва протеїновмісних композицій упродовж року необхідно зробити достатні

запаси вихідних матеріалів. Для цього використовують один із відомих методів консервування. Щоб максимально зберегти в готовому продукті весь нативний біокомплекс сировини, оброблення зеленої маси буряків треба проводити в найбільш щадних технологічних умовах.

При переробленні білковмісних матеріалів традиційними тепловими методами білки зазнають небажаних різноманітних перетворень, які погіршують їх властивості, змінюючи, зокрема, здатність до гідратації [6]. Відбувається деструкція полімерів, втрата летких ароматичних сполук, модифікація текстури, збільшення нерозчинного білкового залишку, що не засвоюється організмом людини. У крохмалистій сировині після термічного оброблення спостерігається утворення білково-крохмальних комплексів, що не перетравлюються протеолітичними ферментами. Це пов'язано з підвищенням ступеня агрегації і денатурації білків і залежить від інтенсивності утворення міжмолекулярних ковалентних S-S-зв'язків у результаті окиснення SH-груп. Тому найбільш придатним способом зневоднення зеленої маси буряків є її низькотемпературне сушіння при температурах, нижчих від 20 °C [7].

Цікаві дані отримано у дослідженнях із перерозподілу фракційного складу білків зеленої маси цукрових буряків при різних температурних методах її оброблення. Їх наведено у табл. 4 у зіставленні з контрольним зразком — білками свіжої зеленої маси буряків. З даних, наведених у табл. 4, видно, що після високотемпературного оброблення зеленої маси буряків частка нерозчинного залишку зростає майже у чотири рази, істотно знижуючи біологічну цінність білків і продуктів, отриманих на його основі.

Таблиця 4. Фракційний склад білків зеленої маси цукрового буряку при різних методах оброблення

Зелена маса буряку за умов експерименту	Масова частка фракцій білків, % від загальної маси білка				
	Водорозчинна	Соле-розчинна	Лужнорозчинна	Спирторозчинна	Нерозчинний залишок
Свіжа	46,8	26,0	9,7	4,1	13,4
Зберігання (7 діб, 4...8 °C)	44,0	25,2	9,4	3,6	17,8
Низькотемпературне сушіння (0...25 °C)	42,2	24,0	8,6	3,8	21,4
Теплове сушіння (100...110 °C)	27,4	13,6	7,8	3,0	48,2

Також виявлено зміну інших властивостей білків зеленої маси буряків під дією різних температур. Температура сушіння впливає передусім на біологічну цінність, одним із основних показників якої є перетравлюваність білків протеолітичними ферментами шлунково-кишкового тракту. Результати показали, що найбільш доступними для дії цих ферментів є легкорозчинні білкові фракції зеленої маси буряків після низькотемпературного сушіння. Більш того, білок зеленої маси буряків після низькотемпературного сушіння перетравлюється навіть краще, ніж білок свіжої маси. Причина полягає в тому, що під дією низьких температур частина білків із нерозчинного переходить у розчинний стан. Імовірно,

що у свіжій масі буряків унаслідок певного вмісту зв'язаної води білкові молекули міцно агреговані, і цей стан ускладнює розщеплення білків ферментами. Температурний шок, якому піддаються клітини матеріалу при швидкому зниженні температури, сприяє руйнуванню цих агрегатів, вивільненню значної кількості білкових молекул, їх частковій деструкції і збільшенню числа вільних амінокислот, що підвищує біологічну цінність отриманих продуктів [7].

Після теплового сушіння, навпаки, в декілька разів збільшується частка нерозчинного білкового залишку, і ступінь розщеплення білка таких продуктів різко падає. Особливо це виявляється на стадії хімотрипсинового гідролізу — моделі процесів, які відбуваються в тонкому кишечнику. В цьому випадку значення перетравності білка свіжої маси буряку і висушеної тепловим способом відрізняється в 2,5...2,7 раза.

Висновки. Для забезпечення сучасного розвитку підприємств харчової промисловості, в тому числі бурякоцукрової галузі, необхідним є раціональне поєднання фінансової (інвестиційної) складової діяльності з інноваційним потенціалом наукових досліджень і розробок. Це передусім впровадження нових енергетичних та ресурсоощадних технологій і раціональне використання вторинних сировинних ресурсів галузі. Окрім жому та меляси, привабливі перспективи вбачаються у застосуванні зеленої маси цукрових буряків, переробленої відповідним чином, як білкових збагачувачів різних харчових продуктів, оскільки її білки майже на 70 % представлені легкокорозчинними і легкозасвоюваними альбумінами та глобулінами.

Загалом результати досліджень показали, що зелена маса всіх трьох підвидів коренеплідного буряку може стати істотним джерелом протеїну в раціоні харчування людини, зважаючи на ту величезну увагу, яка приділяється сьогодні проблемам пошуку нових джерел білка, виділення легкозасвоюваних високобілкових композицій із рослинної сировини традиційних і нетрадиційних для харчової промисловості видів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Упир, Л.В. Дослідження біологічно активних речовин буряка звичайного / Л.В. Упир, В.М. Ковальов // Фізіологічно активні речовини. — 2000. — № 2. — С. 82—86.
2. Петров, В.А. Свекловодство / В.А. Петров, В.Ф. Зубенко. — 3-е изд., стереотипное. — М.: Колос, 2001. — 258 с.
3. Методы белкового и аминокислотного анализа растений / под ред. В.Г. Канарева. — 4-е изд. — СПб: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2003. — 284 с.
4. Рева, Л.П. Быстрый метод количественного определения белков в соках сахарного производства / Л.П. Рева, Г.А. Симахина // Реф. сб. «Сахарная пром-сть». — М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1982. — Вып. 1. — С. 12—18.
5. Покровский, А.А. Роль биохимии в развитии науки о питании: некоторые закономерности ассимиляции пищевых веществ на уровне клетки и целостного организма / Алексей Покровский. — М.: Наука, 1974. — 178 с.
6. Фурсік, О.П. Рослинні білкові препарати у технології повноцінних м'ясопродуктів / О.П. Фурсік, І.М. Страшинський // Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 12—13 травня 2016 р. — К.: НУХТ, 2016. — С. 52—54.

7. Фізико-хімічні методи обробки сировини і стабілізація харчових продуктів: [монографія] / А.І. Соколенко, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний та ін. — К.: ПП Люксар, 2009. — 454 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ СВЕКЛЫ НА КАЧЕСТВЕННО НОВОМ УРОВНЕ

Г.А. Симахина

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены результаты экспериментальных исследований белкового и аминокислотного состава зеленой массы столовой, сахарной и кормовой свеклы, обоснованы перспективы ее использования для обогащения традиционных зеленой массы надземной части и перераспределение фракций белков при разных методах обработки сырья. Сделан вывод относительно целесообразности применения зеленой массы свеклы для производства полифункциональных обогатителей.

Ключевые слова: *зеленая масса, виды свеклы, белки, протеолитические ферменты, низкотемпературная переработка.*

SYNTHESIS OF *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMV B-7241 SURFACTANTS ON WASTE SUNFLOWER OIL IN THE PRESENCE OF EXOGENOUS PRECURSORS

I. Pavliukovets, T. Pirog

National University of Food Technologies

Key words:

surfactants,
glucose,
organic acids,
Acinetobacter calcoaceticus
IMV B-7241,
sunflower oil

Article history:

Received 24.10.2016

Received in revised form
31.10.2016

Accepted 10.11.2016

Corresponding author:

ira.morgana@mail.ru

ABSTRACT

The effect of exogenous precursors, such as glucose (0,01% w/w), fumarate (0,01—0,1% w/w) and citrate (0,01—0,1% w/w) for the synthesis of surface active substances (SAS, surfactants) under *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 cultivation in the medium with waste and refined sunflower oil (2—4% v/v) was studied. The choice of precursors was caused by the fact that glucose is a part of surfactants trehalozomikolats synthesized by *A. calcoaceticus* IMV B-7241, fumarate — precursor of gluconeogenesis and thus of glycolipids biosynthesis too, and citrate — regulator of lipids synthesis. It was established that increasing SAS concentration by 80—85% was observed only in case of glucose adding into the medium with 2% of waste oil. Addition of organic acids into medium of the strain IMV B-7241 cultivation didn't accompanied by increase of SAS synthesis indexes that can be explained by inhibition by oil of fumarate and citrate transport into the *A. calcoaceticus* IMV B-7241 cells.

СИНТЕЗ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMB B-7241 НА ВІДПРАЦЬОВАНІЙ СОНЯШНИКОВІЙ ОЛІЇ ЗА НАЯВНОСТІ ЕКЗОГЕННИХ ПОПЕРЕДНИКІВ

І.Ю. Павлюковець,

Т.П. Пирог, д-р. біол. наук

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив екзогенних попередників (глюкоза — 0,01%, фумарат — 0,01—0,1% і цитрат — 0,01—0,1%) на синтез поверхнево-активних речовин (ПАР) за умов росту *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 на середовищі з рафінованою і відпрацьованою соняшниковою олією (2—4%, об'ємна частка). Встановлено, що збільшення концентрації ПАР на 80—85% спостерігається лише у разі внесення глюкози у середовище з 2% відпрацьованої олії. Додавання органічних кислот у середовище культивування штаму IMB B-7241 не супроводжувалось збільшенням показників синтезу ПАР, що можна поясни-

ти інгібуванням олією транспорту фумарату і цитрату в клітини *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241.

Ключові слова: поверхнево-активні речовини, глюкоза, органічні кислоти, *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, соняшникова олія.

Постановка проблеми. Останніми роками спостерігається значний інтерес до екологічно безпечних поверхнево-активних речовин (ПАР) мікробного походження. Завдяки своїй поліфункціональності вони є перспективними для застосування у різних галузях харчової промисловості, медицині й агропромислового комплексу [1]. Мікробні ПАР є біодеградабельними, нетоксичними і нешкідливими, на відміну від синтетичних, тому їх використання не завдає шкоди довкіллю [2].

Раніше [3] нами було встановлено можливість заміни рафінованої соняшникової олії на відпрацьовану після смаження картоплі та м'яса для синтезу ПАР *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241.

Відомо, що одним із підходів до підвищення ефективності мікробного синтезу є внесення у середовище культивування екзогенних попередників біосинтезу [4]. Такий підхід був використаний для підвищення показників синтезу ПАР *Rhodococcus erythropolis* ЕК-1, *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, *Nocardia vaccinii* К-8 на н-гексадекані, етанолі, очищеному гліцерині [4; 5; 6].

Мета статті: дослідити можливість інтенсифікації синтезу поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на відпрацьованій олії за наявності в середовищі культивування попередників біосинтезу.

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

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

Як джерело вуглецю використовували рафіновану соняшкову олію «Сто-жар» (компанія Кернел, м. Київ), а також відпрацьовану після смаження картоплі та м'яса (мережа ресторанів швидкого харчування McDonald's, м. Київ) олію у концентрації 2 і 4% (об'ємна частка).

В одному з варіантів в середовище додатково вносили глюкозу (0,1%, масова частка) у вигляді 40% розчину, а також цитрат натрію (0,01 і 0,1%) і фумарат натрію (0,01 і 0,1%) у вигляді 10-відсоткових розчинів. Внесення попередників здійснювали на початку процесу культивування та в кінці експоненційної фази росту продуцента.

Як посівний матеріал використовували культуру з експоненційної фази росту, вирощену на рафінованій або відпрацьованій соняшниковій олії (0,5% об'ємна частка). Кількість посівного матеріалу (10^4 — 10^5 клітин/мл) становила 10% від об'єму поживного середовища.

Культивування здійснювали в колбах об'ємом 750 мл з 100 мл середовища на качалках (320 об./хв) при 28—30 °С упродовж 120 год.

Кількість синтезованих позаклітинних ПАР (г/л) встановлювали ваговим методом після екстракції із супернатанту культуральної рідини. Для одержання супернатанту культуральну рідину центрифугували при 5000 g впродовж 20 хв. Залишки соняшникової олії видаляли шляхом трикратної екстракції петролейним ефіром (співвідношення 1:1). ПАР екстрагували сумішню Фолча (як описано у [7]), а також модифікованим методом [8]. Для цього 25 мл супернатанта переносили у циліндричну ділильну воронку об'ємом 100 мл, додавали 5 мл 1 М НСІ, воронку закривали прищліфованим корком і струшували упродовж 3 хв, далі додавали ще 4 мл 1 М НСІ й 16 мл суміші хлороформу та метанолу (2:1) і струшували протягом 5 хв. Отриману після екстракції суміш залишали у воронці для розділення фаз, після чого нижню фракцію зливали (органічний екстракт 1), а водну фазу ще раз екстрагували. Під час повторної екстракції у водну фазу додавали 9 мл 1М НСІ, 16 мл суміші хлороформу з метанолом (2:1) і здійснювали екстракцію ліпідів упродовж 5 хв. Після розділення фаз збирали нижню фракцію (органічний екстракт 2). На третьому етапі до водної фази додавали 25 мл суміші хлороформу з метанолом (2:1) і проводили екстракцію, як описано вище, при цьому одержували органічний екстракт 3. Екстракти 1—3 об'єднували й упарювали на роторному випарнику ІРІМ2 (Росія) при температурі 50 °С за абсолютного тиску 0,4 атм до постійної маси.

Усі досліди проводили в 3 повторях, кількість паралельних визначень в експериментах становила 3—5. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали за методикою, описаною у [9]. Відмінності середніх показників вважали достовірними на рівні значимості $p < 0,05$.

Результати досліджень. Враховуючи хімічний склад ПАР, синтезованих *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 (комплекс нейтральних, аміно- та гліколіпідів), і той факт, що основним компонентом комплексу є трегалозоміколати [7], як один із попередників біосинтезу використовували глюкозу (табл. 1). Раніше такий підхід був використаний для інтенсифікації синтезу поверхнево-активних гліколіпідів *R. erythropolis* ЕК-1 [10]. У [11, 12] як попередники біосинтезу ПАР дріжджів роду *Pseudozyma* використовували еритрол і манозу, які є складовими цих гліколіпідів.

Таблиця 1. Вплив екзогенної глюкози на біосинтез ПАР за умов росту *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 на соняшниковій олії

Олія	Момент внесення глюкози (фаза росту)	Концентрація ПАР, г/л
Рафінована	Без глюкози (контроль)	3,4±0,17
	Лаг-фаза	3,1±0,15
	Експоненційна	2,4±0,12
Після смаження картоплі	Без глюкози (контроль)	6,6±0,33
	Лаг-фаза	6,4±0,32
	Експоненційна	5,9±0,30
Після смаження м'яса	Без глюкози (контроль)	7,3±0,36
	Лаг-фаза	7,2±0,36
	Експоненційна	5,8±0,29

Примітка. Концентрація субстрату в середовищі становила 4% (об'ємна частка).

Проте експерименти показали, що на відміну від *R. erythropolis* ЕК-1 [10], показники синтезу ПАР *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 за внесення глюкози як на початку процесу культивування, так і в експоненційній фазі росту не підвищувались порівняно із такими на середовищі без попередника.

На наступному етапі досліджували синтез ПАР на олієвмісних субстратах за наявності в середовищі культивування фумарату і цитрату (табл. 2).

Відомо, що фумарат є попередником глюконеогенезу, а цитрат — регулятором синтезу ліпідів [4]. За одночасної наявності фумарату (0,01%) і цитрату (0,01%) у середовищі з очищеним гліцерином спостерігали збільшення на 40—100% кількості синтезованих *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 ПАР [13]. Зазначимо, що в літературі описано підвищення синтезу мікробних ПАР за наявності в середовищі тільки цитрату, який вносили на початку культивування [14].

Дані, наведені у табл. 2, показують, що у разі внесення в середовище з соняшниковою олією органічних кислот як окремо, так і в суміші, підвищення концентрації ПАР не спостерігалось.

Таблиця 2. Синтез ПАР за умов росту *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 на рафінованій і відпрацьованій олії за наявності фумарату і цитрату

Олія	Органічна кислота	Концентрація ПАР, г/л
Рафінована	Фумарат	3,6±0,18
	Цитрат	2,9±0,15
	Фумарат + Цитрат	2,1±0,11
	Без органічних кислот (контроль)	3,9±0,19
Після смаження м'яса	Фумарат	6,0±0,30
	Цитрат	2,8±0,14
	Фумарат + Цитрат	5,5±0,27
	Без органічних кислот (контроль)	6,6±0,33

Примітка. Концентрація субстрату в середовищі становила 4% (об'ємна частка). Органічні кислоти вносили на початку стаціонарної фази росту у концентрації 0,01%.

Отже, на відміну від культивування *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 на етанолі та гліцерині [4, 13], внесення фумарату і цитрату в середовище із соняшниковою олією не супроводжувалось інтенсифікацією синтезу ПАР.

Зазначимо, що у даних експериментах для визначення концентрації ПАР використовували класичну схему екстракції сумішшю Фолча, яка дає змогу вилучити неполярні ліпіди у той час, як до складу ПАР *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 входять і полярні ліпіди [4]. Зважаючи на це, в наступних експериментах процес екстракції проводили модифікованою сумішшю Фолча [8]. Така схема проведення процесу дає змогу суттєво збільшити доступність полярних ліпідів для системи екстрагентів і підвищити ступінь їх видалення з культуральної рідини. Суть модифікації полягає в тому, що до супернатанту культуральної рідини додають 0,1 М соляну кислоту (співвідношення 1:3,5), що зсуває рівновагу електролітичної дисоціації ПАР у бік утворення їх недисоційованої форми. Таким чином підвищується спорідненість трансформованих полярних ліпідів до ключового екстрагенту (хлороформ), що відповідає за абсорбцію ліпідів і їх локалізацію в доступній для видалення фазі системи екстрагентів [8].

Експерименти показали, що використання модифікованого методу для екстракції поверхнево-активних речовин дало змогу підвищити їх концентрацію на 20—40%, тому надалі процес екстрагування ПАР здійснювали згідно з цією методикою.

Раніше було встановлено [4], що для *R. erythropolis* ЕК-1 та *N. vaccinii* ІМВ В-7405 оптимальними концентраціями фумарату та цитрату, які забезпечували суттєве підвищення синтезу ПАР, були 0,1—0,2%, тому в наступних експериментах підвищували концентрацію органічних кислот (табл. 3).

Таблиця 3. Вплив органічних кислот на синтез ПАР за умов росту штаму ІМВ В-7241 на соняшниковій олії (4%)

Олія	Органічна кислота	pH	Концентрація ПАР, г/л
Рафінована	Фумарат	6,4	5,4±0,27
	Цитрат	6,5	5,1±0,25
	Фумарат + Цитрат	6,5	4,7±0,23
	Без органічних кислот (контроль)	6,4	6,3±0,31
Після смаження м'яса	Фумарат	6,4	7,3±0,36
	Цитрат	6,3	5,2±0,26
	Фумарат + Цитрат	6,6	5,8±0,29
	Без органічних кислот (контроль)	6,2	7,4±0,37

Примітка. Органічні кислоти вносили на початку стаціонарної фази росту.

Дані, наведені в табл. 2 і 3, засвідчують, що при збільшенні концентрації органічних кислот до 0,1% кількість синтезованих ПАР була вищою, ніж за використання 0,01% фумарату і цитрату, проте залишалась нижчою, ніж на середовищі без попередників.

З літератури відомо, що солі органічних кислот транспортуються у клітини шляхом активного транспорту (симпорт з протоном), в результаті чого рН культуральної рідини підвищується [15]. В наших експериментах не спостерігали підвищення рН за наявності органічних кислот в середовищі (див табл. 3). Такі результати можуть свідчити про те, що фумарат і цитрат не транспортуються в клітини *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241. На нашу думку, однією з причиною цього може бути наявність певних інгібіторів у відпрацьованій соняшниковій олії, концентрація якої у середовищі була достатньо високою (4%). У той же час рафінована олія, на відміну від пересмаженої, не містить таких потенційних інгібіторів, тому цілком імовірно, що обмеження транспорту може бути зумовлено наявністю у середовищі високої концентрації водонерозчинного гідрофобного субстрату. Тому в наступних експериментах досліджували вплив органічних кислот на синтез ПАР за умов росту штаму ІМВ ВВ-7241 у середовищі з нижчою концентрацією як рафінованої, так і відпрацьованої олії. Зазначимо, що для *N. vaccinii* ІМВ В-7405 і *R. erythropolis* ЕК-1 спостерігалася інтенсифікація синтезу ПАР за внесення фумарату і цитрату в середовище з 2% олії [4]. Проте експерименти показали, що й у цьому разі не спостерігалось збільшення синтезу ПАР *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241.

Разом з тим внесення екзогенної глюкози у середовище з 2% олії супроводжувалось підвищенням концентрації ПАР *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 на 80—85% порівняно з такою на середовищі з 4% субстрату (рис.).

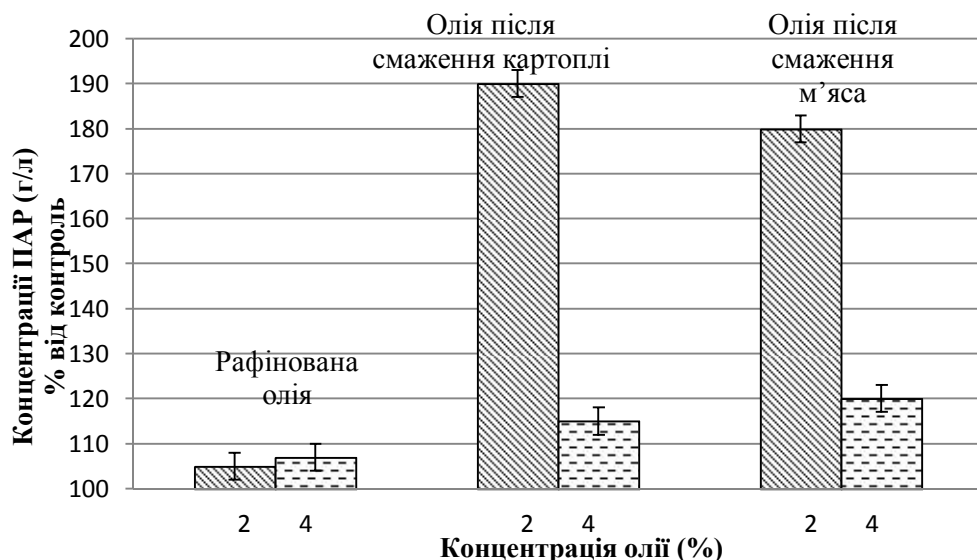


Рис. 1. Вплив концентрації олії на синтез ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241 за внесення екзогенної глюкози: контроль (100%) — концентрація ПАР на середовищі без глюкози

Висновки. Отже, в результаті проведеного дослідження встановлено, що збільшення концентрації ПАР спостерігається лише у разі внесення глюкози у середовище з 2% відпрацьованої олії. Додавання органічних кислот у середовище культивування штаму IMB B-7241 не супроводжувалось інтенсифікацією синтезу ПАР, що можна пояснити інгібуванням олією транспорту фумарату і цитрату в клітини *A. calcoaceticus* IMB B-7241.

ЛІТЕРАТУРА

1. Microbial biosurfactants as additives for food industries / J.M. Campos [et al.] // Biotechnol. Prog. — 2013. — V. 29. № 5. — P. 1097—1108. doi: 10.1002/btpr.1796.
2. Surfactants tailored by the class *Actinobacteria* / J.H. Kügler [et al.] // Front. Microbiol. — 2015. — doi: 10.3389/fmicb.2015.00212.
3. Особливості синтезу поверхнево—активних речовин *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 на пересмаженій соняшниковій олії / І.Ю. Павлюковець [та ін.] // Наукові праці НУХТ. — 2016. — Т. 22, №4, — С. 48—54.
4. Підгорський, В.С. Інтенсифікація технологій мікробного синтезу / В.С. Підгорський, Г.О. Іутинська, Т.П. Пирог — К.: Наук. думка, 2010. — 327 с.
5. Синтез поверхностно активних веществ *Acinetobacter calcoaceticus* K-4 на этаноле в присутствии органических кислот / Т.П. Пирог [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. — 2012. — Т. 48, № 6. — С. 631—639.
6. Оптимизация синтеза поверхностно—активных веществ *Nocardia vaccinii* K-8 при биоконверсии отходов производства биодизеля / Т.П. Пирог [и др.] // Микробиол. журн. — 2011. — Т. 73, № 4. — С. 15—24.
7. Влияние условий культивирования штамма *Acinetobacter calcoaceticus* K-4 на синтез поверхностно—активных веществ / Т.П. Пирог [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. — 2009. — Т. 45, № 3. — С. 304—310.

8. Тарасенко, Д.О. Модифікація методу кількісного визначення поверхнево-активних речовин *Rhodococcus erythropolis* ЕК-1 / Д.О. Тарасенко// Харчова промисловість. — 2008. — Т. 2, №7. — С. 40—42.

9. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Лакин Г.Ф. — М.: Высшая школа, 1990. — 352 с.

10. Синтез поверхностно-активных веществ *Rhodococcus erythropolis* IMB AC-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 и *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 на промышленных отходах / Т.П. Пирог [и др.] // Мікробіол. журн. — 2014. — Т. 76, № 2. — С. 3—15.

11. Efficient production of mannosylerythritol lipids with high hydrophilicity by *Pseudozyma hubeiensis* KM-59 / M. Konishi [et al.] // Appl. Microbiol. Biotechnol. — 2008. — V. 78. № 1. — P. 37—46.

12. Production of glycolipid biosurfactants, mannosylerythritol lipids, by *Pseudozyma siamensis* CBS 9960 and their interfacial properties / T. Morita [et al.]// J. Biosci. Bioeng. 2008. — V. 105. № 5. — P. 493—502.

13. Пирог, Т.П. Вплив органічних кислот на синтез поверхнево-активних речовин штамом *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B—7241 у середовищі з гліцериним / Т.П. Пирог, Т.А. Шевчук, М.О. Шулякова // Біотехнологія. — 2012 — Т.5, № 4. — С. 88—95.

14. De Roubin, M.R., Correlation of enhanced surfactin production with decreased isocitrate dehydrogenase activity / M.R. De Roubin, C.N. Mulligan, B.F. Gibbs // Can. J. Microbiol. — 1989. — V. 35, N 9. — P. 854—859.

15. Ивановский, Р.Н. Биоэнергетика и транспорт субстратов у бактерий / Р.Н. Ивановский — М.: МАКСПресс. — 2001. — 46 с.

СИНТЕЗ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ACINETOBACTER CALCOACETICUS IMB B-7241 НА ОТРАБОТАНОМ ПОДСОЛНЕЧНОМ МАСЛЕ В ПРИСУТСТВИИ ЭКЗОГЕННЫХ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ

И.Ю. Павлюковец, Т.П. Пирог

Национальный университет пищевых технологий

В статье исследовано влияние экзогенных предшественников (глюкоза — 0,01%, фумарат — 0,01—0,1% и цитрат — 0,01—0,1%) на синтез поверхностно-активных веществ (ПАВ) при культивировании *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 в среде с рафинированным и отработанным подсолнечным маслом (2—4%, по объему). Установлено, что увеличение концентрации ПАВ на 80—85% наблюдали только при внесении глюкозы в среду с 2% отработанного масла. Добавление органических кислот в среду культивирования штамма IMB B-7241 не сопровождалось увеличением показателей синтеза ПАВ, что можно объяснить ингибированием маслом транспорта фумарата и цитрата в клетки *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241.

Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, глюкоза, органические кислоты, *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, подсолнечное масло.

THE USE OF SOY PROTEIN FOR INCREASING NUTRITIONAL VALUE OF BAKERY PRODUCTS OF LOW HUMIDITY (BREADSTICKS)

V. Drobot, V. Makhynko, O. Skotar
National University of Food Technologies

Key words:

bread sticks,
biological value,
chemical composition,
protein isolate, protein,
amino acids

Article history:

Received 20.09.2016
Received in revised form
25.10.2016
Accepted 4.11.2016

Corresponding author:

mavam78@gmail.com

ABSTRACT

The aim of this work was to study the possibilities of increasing food and biological value of bakery products of low humidity (breadsticks) at the expense of introduction of high-protein vegetable raw materials. For solving this problem was proposed to use a soy protein isolate. There were analyzed the influence of additions on the course of technological process, the quality of dough and finished products. It is ascertain that bringing of the recommended raw materials improves the ability of dough to form gas that will give an opportunity to make shorter duration of making of wares on 30—45 min. As an isolate of soybean has high water absorption ability, it is recommended to increase calculating mass part of moisture in dough to 44%. It is shown that the entering of a 12% soy protein isolate instead of flour allows to obtain products with almost twofold protein and will increase the rate of its utility on 15%.

ВИКОРИСТАННЯ ІЗОЛЯТУ СОЄВОГО БІЛКА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ХЛІБНИХ ВИРОБІВ ЗНИЖЕНОЇ ВОЛОГОСТІ (ХЛІБНИХ ПАЛИЧОК)

В.І. Дробот, д-р техн. наук,
В.М. Махінько, канд. техн. наук,
О.С. Скотар, магістр
Національний університет харчових технологій

Метою роботи було вивчення можливості підвищення харчової та біологічної цінності хлібних виробів зниженої вологості (хлібних паличок) за рахунок внесення високобілкової рослинної сировини. Для вирішення поставленого завдання запропоновано використовувати ізолят соєвого білка. Проаналізовано вплив добавки на хід технологічного процесу, якість тіста і готових виробів. Розраховано хімічний склад і біологічну цінність одержаних виробів, економічні показники їх виготовлення.

Ключові слова: хлібні палички, біологічна цінність, хімічний склад, білковий ізолят, белок, амінокислоти.

Постановка проблеми. Крім традиційних хлібобулочних виробів, хлібопекарська промисловість випускає досить широкий асортимент продукції, яка від-

різняється своїм зовнішнім виглядом, масовою часткою вологи, смаковими характеристиками та хімічним складом. Це сухарні та бубличні вироби, хлібні палички тощо. Завдяки малому об'єму, підвищеній міцності й високій концентрації поживних речовин (зумовлених рецептурою та зниженою масовою часткою вологи) ці вироби займають значне місце не лише у повсякденному харчуванні, але й у раціонах спеціальних груп споживачів.

Насамперед це стосується туристів (особливо піших), які значну частину шляху долають, несучи продуктові запаси із собою, тому зацікавлені, щоб усі продукти мали невеликий об'єм, підвищену стійкість до транспортування, високої харчові й органолептичні показники [1].

Значний внесок у вирішення питання удосконалення технології й хімічного складу хлібних виробів зниженої вологості (хлібних паличок) зробили Л.М. Неделіна, Л.Ю. Арсенєва, В.С. Яценко, І.Г. Белявская, А.Ю. Веселова, О.В. Абрамов [2,3,4]. Більшість авторів наголошує на незбалансованості вмісту основних поживних речовин у виробах і необхідності введення до їх рецептур нових компонентів, що дасть змогу підвищити харчову цінність кінцевої продукції.

Метою дослідження є підвищення харчової та біологічної цінності хлібних паличок за рахунок використання високобілкової рослинної сировини — ізоляту соєвого білка (ІСБ).

Матеріали і методи. У процесі дослідження використовувався ІСБ з масовою часткою вологи 5%, вмістом білка 92% та кислотністю 17 град виробництва Solae Supro (США). Об'єктом досліджень було пшеничне тісто та готові вироби зниженої вологості (хлібні палички), що виготовляються з додаванням ІСБ в кількостях від 10% до 30% (замість частини борошна). Тісто готували безопарним способом (тривалість бродіння 2 год). Зважаючи на встановлену попередніми дослідженнями високу водопоглинальну здатність ІСБ [5], було прийнято рішення готувати тісто з масовою часткою вологи: контрольний зразок — 37,5%, зразок № 1 (10% ІСБ) — 40%; зразок № 2 (20% ІСБ) — 42,5%; зразок № 3 (30 % ІСБ) — 45%. Формування здійснювали вручну. Вистоювання тістових заготовок проводилося на листах за температури 35–40 °С. Завершеність процесу вистоювання визначали візуально та за станом поверхні тістових заготовок. Потім поверхню заготовок збризкували водою і випікали за температури 170–220 °С протягом 16–20 хв [6].

Для оцінки впливу внесеної сировини на перебіг основних процесів у тісті та якість готових виробів проводили серію досліджень напівфабрикатів і готової продукції. Визначали газоутворювальну здатність тіста, його титровану кислотність та її зміну в процесі бродіння, питомий об'єм тіста та його розпливання, проводили фаринографічні дослідження. Для готових виробів визначали основні органолептичні та фізико-хімічні показники [7].

Результати досліджень. Зважаючи на високу кислотність ІСБ, на першому етапі досліджень було вивчено вплив внесення цієї сировини на початкову та кінцеву кислотність тіста (рис. 1). Встановлено, що внесення 10% ІСБ підвищує початкову кислотність тіста на 0,8 град, однак подальше збільшення кількостей доданого ІСБ не спричиняє значної зміни цього показника. Накопичення ж кислотності в процесі бродіння незначно зростає зі збільшенням кількості внесеної

додаткової сировини. Це надає можливість зробити припущення про вплив на показник титрованої кислотності додаткової кількості амінокислот, які накопичуються в процесі протеолізу білкових речовин. Зважаючи на те, що за новим стандартом на хлібні палички [8] їх кислотність не повинна перевищувати 6 град, можна вважати, що внесення навіть 30% ІСБ (кінцева кислотність тіста — 2,9 град) з цієї позиції є прийнятним.

Оскільки з ІСБ у тісто вноситься значна частка водорозчинних білків і вільних амінокислот, було зроблено припущення про позитивний вплив внесення цієї сировини на бродильну активність тіста. Це підтверджено визначення газоутворювальної здатності тіста (рис. 1): кількість виділеного CO_2 зростає пропорційно кількості внесеного ІСБ, однак суттєва відмінність спостерігається лише до 120—140 хв процесу бродіння. Аналіз динаміки газоутворення підтвердив наше припущення та літературні дані щодо недоцільності продовжувати тривалість бродіння тіста понад 120 хв.

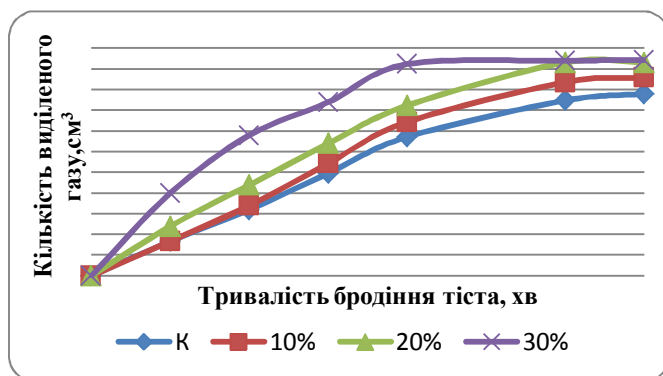


Рис. 1. Зміна газоутворювальної здатності тіста з внесенням ІСБ

Для прогнозування впливу внесення ІСБ на питомий об'єм і розпушеність готових виробів було проведено серію досліджень з метою вивчення зміни структурно-механічних властивостей тіста. Незважаючи на зростання газоутворювальної здатності зразків з додаванням ІСБ, їх газоутримувальна здатність дещо знизилася. Оскільки зміна цього показника відбувалася пропорційно кількості внесеного ІСБ, можна зробити висновок, що визначальним у даному випадку є надмірне ущільнення тіста та зниження пластичності клейковинного каркасу, зумовлене підвищеною кислотністю напівфабрикату та конкуренцією за вільну вологу. Вивчення водопоглинальної здатності борошна та ІСБ за допомогою фаринографа показали, що у соєвого білка цей показник удвічі вищий. Також ця сировина має удвічі більший показник водоутримання, визначений за стандартною для високобілкової соєвої сировини методикою [9]. Цим можна пояснити і пропорційне до кількості внесеного ІСБ зниження показника розпливання тіста.

Одержані дані щодо погіршення структурно-механічних властивостей тіста були підтверджені результатами пробних випікань. Зокрема, визначення питомого об'єму виробів (рис. 2) показало суттєве (у 1,5—2 рази) зниження цього показника при внесенні ІСБ в кількості понад 10%.

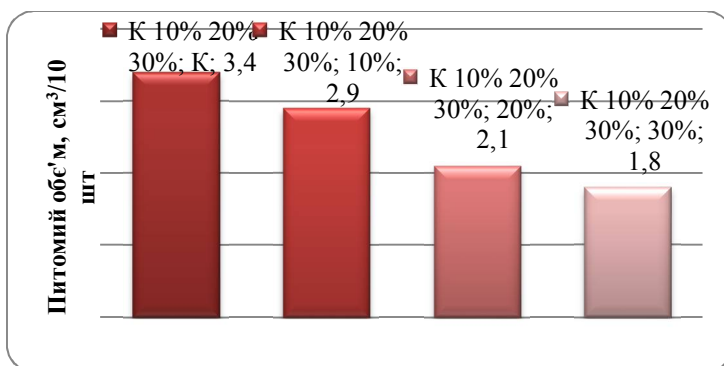


Рис. 2. Питомий об'єм виробів з різним дозуванням ІСБ

Подібну залежність спостерігали і для показника набухання готових виробів. Незважаючи на те, що для повного просочування зразків з підвищеним дозуванням ІСБ нормативну тривалість проведення визначення довелося збільшити на 2 хв, показники були гіршими у 2—4 рази. Це сприятиме підвищенню механічної стійкості виробів під час транспортування, однак знизить можливість їх споживання у вигляді так званого «кишенькового харчування», яке може споживатися без зупинки на приймання їжі. Також спостерігали негативні зміни в органолептичних показниках випечених виробів (табл. 1).

Таблиця 1. Органолептична оцінка якості виробів

Показники	Контроль	10%	20%	30%
Зовнішній вигляд: - форма	правильна	правильна	правильна	правильна
- поверхня	гладка	гладка	наявність тріщин	наявність тріщин
- колір	світло-жовтий	жовтий	жовтий з темними плямами	темно-жовтий
смак і запах	властивий даному виробу		олійний присмак і запах	

Зважаючи на це, було прийнято рішення про пошук оптимальних дозувань ІСБ в діапазоні 10—20% і підбір оптимальних параметрів технологічного процесу. Використання методів математичного моделювання дало змогу отримати такі оптимальні значення: масова частка води в тісті — 44%, кількість дріжджів — 5,3%, кількість ІСБ, що вноситься замість борошна — 12%. Одержані дані забезпечують отримання виробів з високими органолептичними та фізико-хімічними показниками, а значний вміст ІСБ дасть змогу збалансувати їх хімічний склад.

Провівши порівняльний розрахунок хімічного складу та коефіцієнта утилітарності білка (за контроль взято хлібні палички «Ароматні»), встановили (табл. 2), що запропоноване дозування ІСБ надає можливість не лише майже удвічі підвищити вміст білка у готовому виробі та збалансувати співвідношення білків і вуглеводів, але й значно покращити біологічну повноцінність білкових речовин, збільшивши коефіцієнт їх утилітарності за рахунок зростання вмісту неза-

мінної амінокислоти лізину. І хоча абсолютна вартість збагачених ІСБ хлібних паличок зростає у 1,8 раза, однак у перерахунку на 1 г засвоєного білка ця цифра не є визначальною: для одержання такої ж кількості білка зі звичайних виробів їх слід було б спожити у 2,2 раза більше.

Таблиця 2. Показники харчової цінності виробів

Назва	Вміст у 100 г		Відхилення, % відн.
	Контроль	З додаванням 12 % ІСБ	
Білки, г	8,51	14,55	+70,9
Жири, г	3,56	3,44	-3,6
Засвоєвані вуглеводи (сума), г	77,33	70,24	-9,2
Співвідношення білки:вуглеводи	1:9,1	1:4,8	
Енергетична цінність, ккал	376,0	370,0	-1,6
Коефіцієнт утилітарності білка, %	47,9	62,9	+31,3

Висновки. Використання ІСБ для збагачення хлібних виробів зниженої вологості (хлібних паличок, хлібних кульок) є перспективним способом підвищення їх харчової та біологічної цінності. За умови внесення незначних змін у рецептуру й технологічний процес (підвищення масової частки вологи тіста) можна отримати вироби з високими органолептичними та фізико-хімічними властивостями. Майже двократне зростання кількості білка, збалансування співвідношення його з вуглеводами та підвищення його коефіцієнта утилітарності робить пропоновані вироби харчовим продуктом, доступним і зручним як для повсякденного, так і спеціального (туристичного, військового, спортивного) споживання. Наступні дослідження мають бути спрямовані на підбір додаткових сировинних компонентів, які б забезпечили подальше підвищення коефіцієнта утилітарності білка.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грабовський, Ю.А. Спортивний туризм: навч. посібник / Ю.А. Грабовський, О.В. Скалій, Т.В. Скалій. — Тернопіль: Навчальна книга — Богдан, 2009. — 304 с.
2. Арсеньєва, Л.Ю. Розроблення технології хлібних виробів для закладів ресторанного господарства з використанням екструдера / Л.Ю. Арсеньєва, А.О. Калініченко, В.С. Яценко // *Ukrainian food journal*. — 2012. — № 1. — С. 67—70.
3. Неделина, Л.Н. Разработка оптимальной технологии хлебных палочек для создания отечественной поточной линии их производства: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.18.01 / Л.Н. Неделина. — К.: КТИПП, 2002. — 25 с.
4. Яценко, В.С. Технологія хлібних паличок підвищеної харчової цінності, сформованих методом екструзії : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів» / Яценко Вікторія Сергіївна ; НУХТ. — К., 2014. — 22 с.
5. Makhynko, Valery Influence of vegetable protein isolates on structural and mechanical properties of wheat dough / Valery Makhynko, Ludmyla Chernysh, Oksana Berezna // 8th Central European Congress on Food 2016 — Food Science for Well-being (CEFood 2016): Book of Abstracts. — K.: NUFT, 2016. — P. 167.
6. Дробот, В.І. Технологія хлібопекарського виробництва.: підруч. / В. І. Дробот — К.: Логос, 2002. — 365 с.
7. Дробот, В.І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв.: навч. посіб. / В.І. Дробот, Л.Ю.Арсеньєва, О.А. Білик та ін. — К.: Центр навчальної літератури, 2006. — 341 с.

8. Вироби хлібобулочні палички хлібні. Технічні умови : ДСТУ-П 4584:2006. — [Введ. в дію 23.08.2006] — К.: Держспоживстандарт України, 2006. — 12 с. — (Національний стандарт України).

9. Концентрат соєвий харчовий. Технічні умови: ДСТУ 4597:2006. — [Введ. в дію 09.06.2006]. — К.: Держспоживстандарт України, 2006. — 18 с. — (Національний стандарт України).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗОЛЯТА СОЕВОГО БЕЛКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ СНИЖЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ (ХЛЕБНЫХ ПАЛОЧЕК)

В.И. Дробот, В.Н. Махинько, О.С. Скотар

Национальный университет пищевых технологий

Целью работы было изучение возможности повышения пищевой и биологической ценности хлебных изделий пониженной влажности (хлебных палочек) за счет внесения высокобелкового растительного сырья. Для решения поставленной задачи предложено использовать изолят соевого белка. Проанализировано влияние добавки на ход технологического процесса, качество теста и готовых изделий. Рассчитан химический состав и биологическая ценность полученных изделий, экономические показатели их изготовления.

Ключевые слова: хлебные палочки, биологическая ценность, химический состав, белковый изолят, белок, аминокислоты.

EVALUATION OF QUALITY OF SWEETENERS BY COMPLEX INDICATOR

A. Dorokhovych, V. Dorokhovych, O. Kokhan, L. Mazur, O. Bogok

National University of Food Technologies

Key words:

qualimetry,
polyol,
quality,
profilohrama,
Delphi method

Article history:

Received 5.10.2016
Received in revised form
28.10.2016
Accepted 12.11.2016

Corresponding author:

artyaderain@yandex.ru

ABSTRACT

The expected increase in number of patients suffering from diabetes indicates necessity of developing special food products. Such products must be of reduced glycemic level as well as they must have reduced caloric value because the overweight encourages diabetes mellitus. The results of calculation of complex quality indicator that takes into account the basic properties: solubility, sweetness, glycemic index, energy value, melting point of such sweeteners as erythritol, maltitol, izomaltitol, xylitol, sorbitol, lactitol, mannitol on the basis of theoretical basic principles of quality control. For selected indicators whose values are transformed into ten-marked scale there has been built profilohramas. Formula for calculating complex quality indicator considering weight ratios of each indicator, which was determined by Delphi method.

ОЦІНКА ЯКОСТІ ЦУКРОЗАМІННИКІВ ЗА КОМПЛЕКСНИМ ПОКАЗНИКОМ

А.М. Дорохович, д-р техн. наук,

В.В. Дорохович, д-р техн. наук,

О.О. Кохан, канд. техн. наук,

Л.С. Мазур,

О.С. Божок

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати розрахунку комплексного показника якості, який враховує основні властивості: розчинність, солодкість, глікемічний індекс, калорійність, температуру плавлення цукрозаміників еритритолу, мальтитолу, ізомальтитолу, ксилітолу, сорбітолу, лактитолу, манітолу на основі використання основних принципів теоретичної кваліметрії. За обраними показниками, значення яких трансформовано у 10-бальну шкалу, побудовано профілограми. Виведено формулу розрахунку комплексного показника якості з урахуванням коефіцієнтів вагомості кожного показника, який визначали методом Делфі.

Ключові слова: кваліметрія, поліол, якість, профілограма, метод Делфі.

Постановка проблеми. У наш час через велику кількість хворих на цукровий діабет та ожиріння постає необхідність у заміні сахарози на цукрозамінники, які мають нижчий глікемічний індекс і знижену калорійність.

Всесвітня організація FAO ВООЗ поставила перед виробниками харчових продуктів завдання виробляти продукти зі зниженим вмістом цукру або без цукру, збільшити випуск функціональних харчових продуктів. Згідно з правилами номенклатури, які сформульовані в 1996 р. IUPAC — International Union of Pure and Applied Chemistry (Міжнародний союз теоретичної і прикладної хімії) «цукрозамінники», «цукроспирти», «гідрогенізовані вуглеводи», «поліоли» - синоніми одного класу похідних вуглеводів і всі вони мають суфікс «-ітол» (ксилітол, сорбітол, манітол тощо).

На сьогодні при виробництві харчових продуктів без цукру або зі зниженим вмістом цукру використовуються цукрозамінниками-поліоли, які корисні для здорового харчування. Так, вони не спричиняють різкого зростання глюкози в крові, характеризуються зниженою калорійністю, мають пребіотичні властивості і не викликають карієсу [1].

Метою статті є оцінка якості цукрозамінників еритритолу, мальтитолу, сорбітолу, ксилітолу, лактитолу, ізомальтитолу, манітолу шляхом розрахунку комплексного показника, який враховує їхні основні властивості — розчинність, глікемічний індекс, калорійність, солодкість, температуру плавлення на основі використання основних принципів теоретичної кваліметрії.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктами досліджень є поліоли сорбітол, манітол, ксилітол, ізомальтитол, мальтитол, еритритол, лактитол. Комплексний показник якості розраховували на основі використання основних принципів кваліметрії.

Результати дослідження. Останні роки у світі значно збільшилася кількість хворих на цукровий діабет. Сьогодні кількість хворих складає 415,0 млн осіб, в тому числі в Європі — 59,8 млн осіб. За прогнозом, у світі кількість хворих до 2040 р. збільшиться до 642 млн осіб, тобто на 54,7%, у Європі кількість хворих зросте до 71,1 млн. осіб, тобто на 30,0% [2].

Зараз в Україні хворих на цукровий діабет близько 1,3 млн. Наведені дані стосуються пацієнтів, які знаходяться на диспансерному обліку. Реальна кількість хворих, як стверджують самі медики, більша в $\approx 2,5$ рази. Прогноз збільшення кількості хворих на цукровий діабет вказує на необхідність розробки харчових продуктів без цукру або з пониженим вмістом цукру, які можуть споживати хворі на цукровий діабет. Такі продукти повинні мати як низьку глікемічність, так і низьку калорійність, тому що цукровий діабет стимулює надмірну масу тілу. Зараз в усьому світі проводяться дослідження, спрямовані на розроблення цукрозамінників, що могли б стати альтернативою цукру білому кристалічному, який має ГП — 68%, калорійність — 4,0 ккал/г.

Цукрозамінники — це речовини природного походження. Так, сорбітол отримують методом каталітичного відновлення глюкози, ксилітол отримують шляхом каталітичного відновлення Д-ксилози, ізомальтитол — шляхом ізомеризації сахарози, лактитол — шляхом каталітичного гідрування лактози, мальтитол отримують з мальтози, еритритол — єдиний цукрозамінник, який отримують не каталітичним гідруванням відповідних вуглеводів, а шляхом мікробіологічного синтезу [1].

Поліоли мають технологічні властивості, що характерні для цукрів, вони є структуроутворювачами. Поліоли корисні для здорового харчування, зокрема вони мають низький глікемічний індекс, тобто не викликають різкого зростання рівня глюкози в крові, характеризуються зниженою калорійністю, не викликають карієс. Також поліоли володіють пребіотичними властивостями. Поліоли не мають відновних властивостей, стійкі до змін рН середовища і підвищення температури, не беруть участі в реакції Майяра, карамелізації і ферментативному розкладі [1, 3, 4].

Однак властивості кожного цукрозамінника відрізняються один від одного різними органолептичними (солодкість), фізико-хімічними (температура плавлення, розчинність) і фізіологічними (глікемічний індекс, калорійність) властивостями. Для наукового обґрунтованого вибору цукрозамінників при виробництві харчових продуктів спеціального призначення необхідно визначити комплексний показник якості, який дасть інформацію про переваги кожного цукрозамінника. При розрахунку комплексного показника якості було враховано основні принципи теоретичної кваліметрії [5]. Визначення комплексного показника якості цукрозамінників запропоновано проводити з урахуванням таких показників: розчинність, глікемічний індекс, калорійність, температура плавлення, солодкість [1, 3, 4] (табл. 1).

Таблиця 1. Основні фізико-хімічні показники цукрозамінників

Назва цукру	Розчинність при 293 К (20 °С), %	Глікемічний індекс (ГІ) , %	Калорійність		Температура плавлення		Солодкість, од.
			кДж/г	ккал/г	К	°С	
		P ₁	P ₂	P ₃		P ₄	
Сорбітол	75,0	9,0	8,62	2,6	373,0	100,0	0,6
Ксилітол	58,0	8,0	17,01	4,06	367,0	94,0	0,6
Манітол	18,5	7,0	15,87	3,79	439,0	166,0	0,5
Ізомальтитол	24,5	9,0	10,05	2,4	419,0	146,0	0,55
Мальтитол	65,0	36,0	10,05	2,4	421,0	148,0	0,9
Еритритол	37,0	0,2	2,09	0,5	399,0	126,0	0,65
Лактитол	55,0	2,0	10,05	2,4	423,0	150,0	0,35

Кожний показник має свої одиниці вимірювання: калорійність — Кдж/г; температура плавлення — °C (К); розчинність, глікемічність — %. Для визначення комплексного показника якості згідно з основними принципами кваліметрії необхідно їх трансформувати в одну шкалу, тобто показник, який має найкраще значення, заслуговує 10 балів. Наприклад, при аналізі розчинності (показник P₁) максимальне значення, тобто 10 балів, було надано розчинності сорбітолу, тому що розчинність сорбітолу більша, ніж в інших показників (табл. 1). Перехід у балову систему визначали так:

75 % — 10 балів;

58 % — X=7,73 бала (ксилітол).

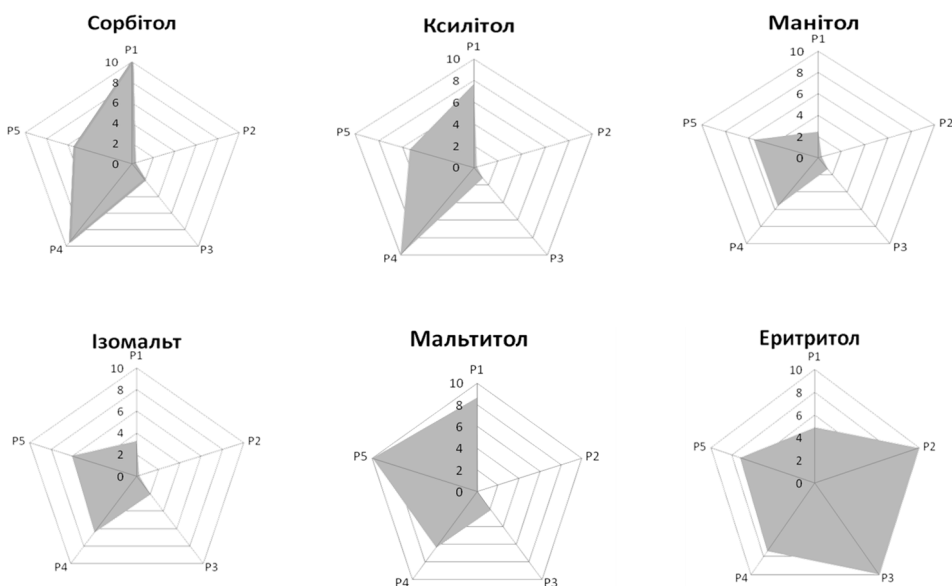
Максимальна кількість балів (10 балів) надається показнику з урахуванням доцільності використання цукрозамінників у конкретному харчовому продукті. Наприклад, при розробці продукту, технологія якого передбачає операцію плав-

лення цукрозамінника (виробництво грильяжу), 10 балів дається тому цукрозаміннику (в нашому випадку, ксилітолу), температура плавлення якого найнижча, тому що це потребує менших затрат тепла на плавлення. У випадку, коли потрібно, щоб цукрозамінник при термообробці не змінював свого складу (наприклад, виробництво карамелі), то найбільша кількість балів (10 балів) надається цукрозаміннику з більш високою температурою плавлення, в нашому випадку це буде манітол, температура плавлення якого 166 °С (439 К). Якщо треба розробити харчовий продукт низької калорійності, то максимальне число балів (10 балів) заслуговує еритритол, калорійність якого дорівнює 2,09 кДж (0,5 ккал/г). У випадку необхідності розроблення висококалорійного харчового продукту максимальне число балів (10 балів) надається цукрозаміннику ксилітолу. Значення трансформованих показників цукрозамінників наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Показники якості поліолів у відносних одиницях у 10-бальній шкалі

Назва цукру	Розчинність при 293 К (20 °С)	Глікемічний індекс (ГІ)	Калорійність	Температура плавлення	Солодкість
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
Сорбітол	10,0	0,22	1,92	9,4	5,4
Ксилітол	7,73	0,25	1,23	10,00	5,4
Манітол	2,47	0,29	1,32	5,66	5,56
Ізомальтитол	3,27	0,22	2,08	6,44	6,11
Мальтитол	8,67	0,06	2,08	6,35	10,00
Еритритол	4,93	10,0	10,0	7,46	7,22
Лактитол	7,33	1,0	2,08	6,26	3,89

За отриманими даними табл. 2 були побудовані профілограми (рис. 1), площа яких характеризує якість цукрозамінників.



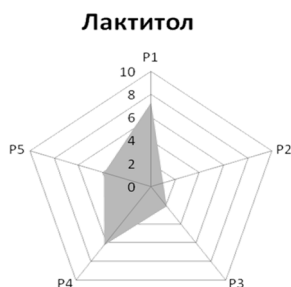


Рис. 1. Профілограми показників якості цукрозамінників

Аналіз профілограм показує, що найбільшу площу займає еритритол, а найменшу — манітол. Однак у профілограмах не враховано вагомість показників.

Розрахунок комплексного показника якості (K_0^1) цукрозамінників з урахуванням коефіцієнтів вагомості (M_i) кожного показника проводили за такою формулою [5]:

$$K_0^1 = M_1 \frac{P_1}{P_1^{\bar{\sigma}}} + M_2 \frac{P_2}{P_2^{\bar{\sigma}}} + M_3 \frac{P_3}{P_3^{\bar{\sigma}}} + M_4 \frac{P_4}{P_4^{\bar{\sigma}}} + M_5 \frac{P_5}{P_5^{\bar{\sigma}}}, \quad (1)$$

де M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 — значення коефіцієнтів вагомості показників; $P_i^{\bar{\sigma}}$ — значення показників у базовому зразку ($P_1^{\bar{\sigma}} = P_2^{\bar{\sigma}} = P_3^{\bar{\sigma}} = P_4^{\bar{\sigma}} = P_5^{\bar{\sigma}} = 10$)

Існують різні методи визначення коефіцієнтів вагомості. Нами прийнята методика Делі, розроблена в «РЕНДкорпорейшн» США. Класичний метод Делфі характеризує три особливості: анонімність, використання результатів попереднього туру опитування; статистична характеристика групової відповіді.

Згідно з рекомендацією методу Делфі, опитування проводять у 2—4 тури. Чотири тури потрібні, коли розглядають глобальне прогнозування. За конкретних завдань тури опитування можуть бути скорочені до двох, за винятком анонімності. Даний метод отримав назву «Спрощений метод Делфі» і був використаний у розрахунках.

Коефіцієнти M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 визначали методом експертного опитування. За умови, що для кожного цукрозамінника сума коефіцієнтів вагомості дорівнює const, в розрахунках було прийнято значення 1,0:

$$M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 = 1,0. \quad (2)$$

У визначенні коефіцієнтів вагомості, які наведені в табл. 3, брали участь викладачі, аспіранти і магістри.

Отримані значення показників у балах (табл. 2) та їх коефіцієнти вагомості (табл. 3) були покладені у розрахунок комплексного показника якості кожного цукрозамінника. Наприклад, комплексний показник якості цукрозамінника сорбітолу визначається таким чином:

$$K_0^1 = 0,2 \frac{10}{10} + 0,15 \frac{0,22}{10} + 0,24 \frac{1,92}{10} + 0,16 \frac{9,4}{10} + 0,25 \frac{5,4}{10} = 0,53.$$

Таблиця 3. Визначення коефіцієнтів вагомості

Номер експерта	Значення коефіцієнта вагомості					Сума коефіцієнтів вагомості
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	
Перший експерт	0,20	0,15	0,25	0,20	0,20	1,00
Другий експерт	0,20	0,15	0,25	0,15	0,25	1,00
Третій експерт	0,15	0,20	0,20	0,15	0,30	1,00
Четвертий експерт	0,25	0,15	0,20	0,15	0,25	1,00
П'ятий експерт	0,20	0,10	0,20	0,20	0,25	1,00
Шостий експерт	0,10	0,20	0,25	0,20	0,25	1,00
Сьомий експерт	0,30	0,10	0,25	0,10	0,25	1,00
Восьмий експерт	0,25	0,15	0,25	0,10	0,25	1,00
Дев'ятий експерт	0,20	0,15	0,25	0,15	0,25	1,00
Середнє значення	0,20	0,15	0,24	0,16	0,25	1,00

Аналогічно було визначено значення комплексного показника ксилітолу, манітолу, ізомальтитолу, мальтитолу, еритритолу, лактитолу, які наведені у табл. 4.

Таблиця 4. Значення комплексного показника якості

Найменування цукрозамінника	Значення комплексного показника якості
Еритритол	0,79
Мальтитол	0,57
Сорбітол	0,53
Ксилітол	0,48
Лактитол	0,41
Ізомальтитол	0,37
Манітол	0,31

Аналіз отриманих даних показав, що найвищий комплексний показник якості має еритритол — 0,79 од., тоді як найнижчий має манітол — 0,31 од.

Висновок. Отримані значення комплексних показників якості цукрозамінників дозволяють науково обґрунтувати їх вибір при виробництві кондитерських виробів. Значення комплексного показника якості конкретного цукрозамінника дозволило розробляти нові харчові продукти, які заслуговують маркування «харчовий продукт зі зниженою калорійністю», «харчовий продукт із редукованою глікемічністю», «функціональний харчовий продукт» (оскільки цукрозамінники мають властивості пребіотика).

Нові кондитерські вироби спеціального призначення (жувальна карамель, бісквіт, льодяникова карамель тощо) були розглянуті професійною дегустаційною комісією у рамках професійного дегустаційного конкурсу «Солодкий тріумф», Міжнародної виставки «Sweets&Bakery. Ukraine», де отримали високу оцінку — дипломи «Тріумф інновації» та «Гран-Прі». Технології захищені патентами України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Полумбрик, М.О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини / М.О. Полумбрик. — К. : Академперіодика, 2011. — 487 с.
2. Міжнародна Діабетична Федерація (IDF), сайт. — Режим доступу: <http://www.idf.org/diabetesatlas>.
3. Alternative Sweeteners. Third edition (Food science and Technology) edited by L. O'Brien — Nabors. — N. Y.: CRC Press, 2001. — 553 p.
4. Дорохович, А.М. Рациональное використання поліолу мальтитолу в суміші з фруктозою при виробництві оздоблювального напівфабрикату пінодрагледоподібної структури / А.М. Дорохович, О.В. Гончарук, А.В. Мурзін // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — К.: НУХТ, 2014. — Т. 20. — № 4. — С. 233—241.
5. Азгальдов, Г.Г. Квалиметрия — наука об измерении качества продукции / Г.Г. Азгальдов, А.В. Гличев, Э.П. Райхман и др.// Стандарты и качество. — Москва, 1968. — № 1. — С. 34—35.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА САХАРОЗАМЕНТЕЛЕЙ ПО КОМПЛЕКСНОМУ ПОКАЗАТЕЛЮ

А.Н. Дорохович, В.В. Дорохович, Е.А. Кохан, Л.С. Мазур, А.С. Божок
Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены результаты расчета комплексного показателя качества, который учитывает основные свойства: растворимость, сладость, гликемический индекс, калорийность, температуру плавления сахарозаменителей эритрита, мальтитола, изомальтитола, ксилитола, сорбитола, лактитола, маннитола на основе использования основных принципов теоретической квалиметрии. По выбранным показателям, значения которых преобразованы в 10-балльную шкалу, построены профилограммы. Выведена формула расчета комплексного показателя качества с учетом коэффициентов весомости каждого показателя, который определяли методом Делфи.

Ключевые слова: квалиметрия, полиол, качество, профилограмма, метод Делфи.

THE CHEMICAL COMPOSITION OF A PERFECT FOOD PRODUCT AND THE WAY OF APPROACHING COMPOSITION TO REAL FOOD

A. Dorohovych, M. Petrenko

National University of Food Technologies

Key words:

nutritional,
chemical composition,
qualimetry,
protracted cookies,
functional foods,
inulin

Article history:

Received 17.10.2016
Received in revised form
29.10.2016
Accepted 11.11.2016

Corresponding author:

artyaderain@yandex.ru

ABSTRACT

In the article the results of theoretical and experimental studies on the development of a model of the chemical composition of the "ideal" food and approach food composition, for example, protracted cookies due to the use of non-traditional materials. Established the feasibility of using inulin, and soy protein isolate as functional ingredients to create a protracted cookies for special purposes. Attention is paid to the choice of the optimal ratio of new raw materials, their impact on the quality of the finished product and semi-finished products used in its production. Protracted cookies with new raw materials have good organoleptic characteristics, high biological and nutritional value, enriched with proteins and dietary fibers, and has the status dietetically functional product. The proven efficiency of the use of the model of the chemical composition of the "ideal" food for the mathematical justification of improving the nutritional value of food enrichment with their functional components.

ХІМІЧНИЙ СКЛАД «ІДЕАЛЬНОГО» ХАРЧОВОГО ПРОДУКТУ І ШЛЯХИ НАБЛИЖЕННЯ ДО НЬОГО СКЛАДУ РЕАЛЬНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

А.М. Дорохович, д-р техн. наук,

М.М. Петренко, аспірант

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень з розробки моделі хімічного складу «ідеального» харчового продукту і шляхів наближення до нього складу харчових продуктів на прикладі затяжного печива за рахунок використання нетрадиційної сировини. Доведено ефективність використання моделі хімічного складу «ідеального» харчового продукту для математичного обґрунтування покращення поживної цінності харчових продуктів при їх збагаченні функціональними компонентами.

Ключові слова: нутріціологія, хімічний склад, кваліметрія, затяжне печиво, функціональні продукти, інулін.

Постановка проблеми. У вирішенні проблеми стану здоров'я людини важливе значення має здоровий спосіб життя, який забезпечує оптимальний рівень фізичного і психологічного здоров'я. Стан здоров'я людини залежить від багатьох чинників: генетики, віку, рівня фізичної активності, факторів соціального середовища, умов праці. Харчування є потужним чинником зовнішнього середовища, який залежно від кількісних і якісних особливостей може істотно впливати на перебіг фізіологічних процесів в організмі, тому калорійність та збалансованість харчового раціону значною мірою впливає на розвиток і функціонування організму.

Вирішення проблеми повноцінного харчування населення повинно базуватися на сучасних теоріях і концепціях харчування, які дають відповідь на питання про те, яким вимогам повинен відповідати харчовий раціон сучасної людини. Розробка рекомендацій щодо хімічного складу харчового раціону є надзвичайно складною проблемою, для вирішення якої слід враховувати вік, стать, спосіб життя, рівень фізичного навантаження і стан здоров'я людини. Безумовно, ідеальний раціон харчування окремої людини відрізняється від загальних рекомендацій, оскільки потреба в нутрієнтах залежить від генетичних особливостей, інтенсивності обміну речовин і кліматичних умов. Згідно з нутріціологією, для кожної групи населення встановлені норми добової потреби в хімічних речовинах з урахуванням віку, фізичного навантаження і стану здоров'я.

Мета дослідження: розроблення моделі хімічного складу «ідеального» харчового продукту, обґрунтування шляхів її застосування при створенні харчових продуктів функціонального призначення, зокрема зтяжного печива з використанням нетрадиційної сировини — інуліну та ізолятів білка, а також дослідження впливу нової сировини на процеси термооброблення і зберігання печива.

Матеріали і методи. При розробці моделі хімічного складу «ідеального» харчового продукту використовувались основні принципи кваліметрії та експертне опитування за методом Делфі. Об'єктами досліджень було зтяжне печиво, напівфабрикати (тісто, емульсія) і сировина для його приготування. Як основну сировину використовували пшеничне борошно вищого ґатунку, інулін, ізолят соєвого білка, а також інші компоненти згідно з рецептурою на зтяжне печиво. Вплив нетрадиційної сировини на структурно-механічні властивості зтяжного тіста визначали на приладі «Структурометр СТ-1». Форми зв'язку вологи в досліджуваних зразках тіста визначали методом термогравіметричного аналізу на приладі «Дериватограф Q-1500D». Дослідження сорбційно-десорбційних властивостей зтяжного печива проводили на сорбційно-вакуумній установці Мак-Бена.

Результати досліджень. З урахуванням основних положень теорії збалансованого і адекватного харчування [1, 2] авторами була розроблена модель хімічного складу «ідеального» харчового продукту, яка враховує вимоги нутріціології до хімічного складу харчового продукту і може бути представлена у вигляді 3-рівневого ієрархічного дерева (рис. 1).

На першому рівні ієрархічного дерева хімічного складу показано вміст білків, жирів і вуглеводів у 100 г харчового продукту з дотриманням співвідношень, які пропонуються нутріціологією. Так, з урахуванням сучасних вимог до харчування середньостатистичної здорової людини [3] віком від 18 до 40 років із

середнім рівнем фізичного навантаження співвідношення білків, жирів і вуглеводів (P_1 , P_2 , P_3) в раціоні харчування має становити 1:1,1:5,5. Порушення цих пропорцій у нутрієнтному складі харчового раціону (який складається з окремих харчових продуктів) є основним чинником ризику в харчуванні сучасної людини.

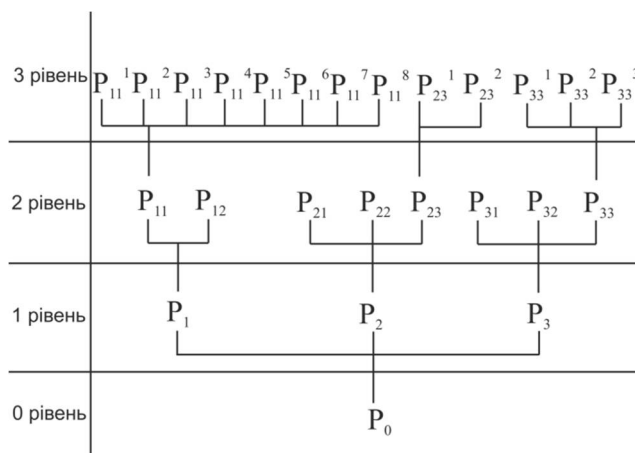


Рис. 1. Ієрархічне дерево показників хімічного складу харчового продукту

Однак загальна кількість білків, жирів і вуглеводів не характеризує повною мірою фізіологічну цінність продукту. Відомо, що якість білків визначається кількістю й співвідношенням незамінних і замінних амінокислот, тому на другому рівні ієрархічного дерева загальна кількість білків була продиференційована на незамінні і замінні амінокислоти (P_{11} , P_{12}) у співвідношенні 36:64. Загальна кількість жиру, що найбільшою мірою впливає на калорійність продукту, характеризується кількісним вмістом окремих груп жирних кислот, тому на другому рівні ієрархічного дерева загальна кількість жирів диференціюється на насичені, мононенасичені і поліненасичені жирні кислоти (P_{21} , P_{22} , P_{23}). Раніше вважалося, що в «ідеальному» жирі співвідношення насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот повинно складати 60:30:10. Однак сучасні дослідники [4] стверджують, що найоптимальнішим є співвідношення 1:1:1.

На другому рівні ієрархічного дерева хімічного складу загальна кількість вуглеводів диференціюється на вміст моно- і дисахаридів, органічних кислот і полісахаридів (P_{31} , P_{32} , P_{33}) з урахуванням співвідношення 0,25:0,005:0,75. Дане співвідношення взяте з урахуванням середньої потреби у вуглеводах для осіб, які не зайняті важкою фізичною працею, що складає 365—400 г на добу, в тому числі 300—315 г крохмалю, 50—100 г моносахаридів, 2 г органічних кислот, харчових волокон (грубих і м'яких) — 25—30 г (по 10—15 г клітковини і пектину відповідно).

На третьому рівні ієрархічного дерева показників хімічного складу загальний вміст незамінних амінокислот диференціюється на окремі амінокислоти. За шкалою ФАО/ВООЗ, в 1 г «ідеального» білка вміст незамінних амінокислот має бути таким: ізолейцин — 40 мг, лейцин — 70 мг, лізин — 55 мг, метіонін і цистин — 35 мг, фенілаланін і тирозин — 60 мг, треонін — 40 мг, триптофан —

10 мг, валін — 50 мг (P_{11}^1 , P_{11}^2 , P_{11}^3 , P_{11}^4 , P_{11}^5 , P_{11}^6 , P_{11}^7 , P_{11}^8 , співвідношення як 1:1,75:1,38:0,88:1,5:1:0,25:1,25).

Загальний вміст поліненасичених жирних кислот диференціюється на вміст жирних кислот групи ω -6 і вміст жирних кислот групи ω -3 у співвідношенні 10:1 (P_{23}^1 , P_{23}^2 . Загальна кількість полісахаридів на третьому рівні поділяється на вміст розчинних полісахаридів, вміст грубих харчових волокон і вміст м'яких харчових волокон (P_{33}^1 , P_{33}^2 , P_{33}^3), співвідношення між якими становить 1:0,05:0,05. Хімічний склад 100 г «ідеального» харчового продукту наведено в табл. 1.

Знаючи добову калорійність раціону людини та калорійність «ідеального» продукту для кожної вікової групи, можна розрахувати, яку частину добової калорійності для кожної вікової групи буде задовольняти 100 г «ідеального продукту». Добова калорійність для людини віком від 18 до 40 років із середнім рівнем фізичного навантаження складає 2500 ккал. Розрахована калорійність 100 г «ідеального» харчового продукту становить 438 ккал. Частка від добової потреби, що задовольняється вживанням 100 г «ідеального» харчового продукту — 17,5%.

Таблиця 1. Хімічний склад 100 г «ідеального» харчового продукту

Речовини хімічного складу	Кількість хімічних речовин в 100 г «ідеального» харчового продукту для чоловіків віком 18—29 років
Вміст білків, г	13,2
Вміст жирів, г	14,5
Вміст вуглеводів, г	72,3
Вміст незамінних амінокислот, г	4,8
Вміст замінних амінокислот, г	8,4
Вміст насичених жирних кислот, г	4,83
Вміст мононенасичених жирних кислот, г	4,83
Вміст поліненасичених жирних кислот, г	4,83
Вміст моно- і дисахаридів, г	15,83
Вміст органічних кислот, г	0,03
Вміст полісахаридів, г	56,43
Вміст ізолейцину, г	0,530
Вміст лейцину, г	0,931
Вміст лізину, г	0,732
Вміст метіоніну і цистину, г	0,466
Вміст фенілаланіну і тирозину, г	0,798
Вміст треоніну, г	0,532
Вміст триптофану, г	0,134
Вміст валіну, г	0,665
Вміст поліненасичених жирних кислот групи ω -6, г	4,40
Вміст поліненасичених жирних кислот групи ω -3, г	0,43
Вміст розчинних полісахаридів, г	47,75
Вміст грубих рослинних волокон (клітковина), г	4,34
Вміст м'яких рослинних волокон (пектин), г	4,34

Для визначення відповідності хімічного складу реального харчового продукту хімічному складу «ідеального» харчового продукту (еталону) необхідно ско-

ристаніться формулами для розрахунку комплексних показників на першому, другому та третьому рівнях, що базуються на основних принципах теоретичної кваліметрії [5].

Перший рівень:

$$K_0^1 = M_1 \frac{P_1}{P_1^{\bar{\sigma}}} + M_2 \frac{P_2}{P_2^{\bar{\sigma}}} + M_3 \frac{P_3}{P_3^{\bar{\sigma}}} . \quad (1)$$

Другий рівень:

$$K_0^2 = M_1 \left(M_{11} \frac{P_{11}}{P_{11}^{\bar{\sigma}}} + M_{12} \frac{P_{12}}{P_{12}^{\bar{\sigma}}} \right) + M_2 \left(M_{21} \frac{P_{21}}{P_{21}^{\bar{\sigma}}} + M_{22} \frac{P_{22}}{P_{22}^{\bar{\sigma}}} + M_{23} \frac{P_{23}}{P_{23}^{\bar{\sigma}}} \right) + \\ + M_3 \left(M_{31} \frac{P_{31}}{P_{31}^{\bar{\sigma}}} + M_{32} \frac{P_{32}}{P_{32}^{\bar{\sigma}}} + M_{33} \frac{P_{33}}{P_{33}^{\bar{\sigma}}} \right) . \quad (2)$$

Третій рівень:

$$K_0^3 = M_1 \left(M_{11} \left(M_{11}^1 \frac{P_{11}^1}{P_{11}^{1\bar{\sigma}}} + M_{11}^2 \frac{P_{11}^2}{P_{11}^{2\bar{\sigma}}} + M_{11}^3 \frac{P_{11}^3}{P_{11}^{3\bar{\sigma}}} + M_{11}^4 \frac{P_{11}^4}{P_{11}^{4\bar{\sigma}}} + \right. \right. \\ \left. \left. + M_{11}^5 \frac{P_{11}^5}{P_{11}^{5\bar{\sigma}}} + M_{11}^6 \frac{P_{11}^6}{P_{11}^{6\bar{\sigma}}} + M_{11}^7 \frac{P_{11}^7}{P_{11}^{7\bar{\sigma}}} + M_{11}^8 \frac{P_{11}^8}{P_{11}^{8\bar{\sigma}}} \right) + M_{12} \frac{P_{12}}{P_{12}^{\bar{\sigma}}} \right) + \\ + M_2 \left(M_{21} \frac{P_{21}}{P_{21}^{\bar{\sigma}}} + M_{22} \frac{P_{22}}{P_{22}^{\bar{\sigma}}} + M_{23} \left(M_{23}^1 \frac{P_{23}^1}{P_{23}^{1\bar{\sigma}}} + M_{23}^2 \frac{P_{23}^2}{P_{23}^{2\bar{\sigma}}} \right) \right) + \\ + M_3 \left(M_{31} \frac{P_{31}}{P_{31}^{\bar{\sigma}}} + M_{32} \frac{P_{32}}{P_{32}^{\bar{\sigma}}} + M_{33} \left(M_{33}^1 \frac{P_{33}^1}{P_{33}^{1\bar{\sigma}}} + M_{33}^2 \frac{P_{33}^2}{P_{33}^{2\bar{\sigma}}} + M_{33}^3 \frac{P_{33}^3}{P_{33}^{3\bar{\sigma}}} \right) \right) , \quad (3)$$

де M_{ij} — коефіцієнти вагомості, які визначалися за допомогою експертного опитування за методом Делфі; P_{ij} — показники досліджуваного продукту; $P_{ij}^{\bar{\sigma}}$ — показники базового зразка-еталону («ідеального» продукту).

Якщо результат розрахунку комплексного показника K_0^1 , K_0^2 , K_0^3 дорівнює 0,9—1,0, то це свідчить про високу відповідність хімічного складу досліджуваного продукту хімічному складу «ідеального» продукту і даний продукт заслуговує на оцінку «відмінно»; якщо K_0^1 , K_0^2 , K_0^3 дорівнює 0,75—0,89, то даний продукт заслуговує на оцінку «добре»; якщо K_0^1 , K_0^2 , K_0^3 дорівнює 0,50—0,74, то даний продукт заслуговує на оцінку «задовільно»; при значенні K_0^1 , K_0^2 , K_0^3 менше 0,49 продукт отримує оцінку «незадовільно».

Порівняння хімічного складу основних видів найпопулярнішої серед населення України групи борошняних кондитерських виробів (печива), дало змогу встановити, що затягне печиво є найбільш близьким за своїм хімічним складом до складу ідеального продукту порівняно з цукровим і здобним печивом [6]. Од-

нак навіть зтяжне печиво має недоліки: занижений вміст білка, завищений вміст вуглеводів, відсутність харчових волокон, що підтверджується розрахунковим значенням комплексного показника якості $K_0^1 = 0,63$, $K_0^3 = 0,52$ (оцінка задовільно).

Враховуючи вищезгадані дані, було вирішено наблизити склад зтяжного печива до складу ідеального харчового продукту, збагативши його функціональними компонентами, за рахунок внесення до рецептури нетрадиційної сировини — інуліну та ізоляту соєвого білка. Ізолят соєвого білка містить у своєму складі повний спектр амінокислот, у тому числі всі незамінні [7], що дозволяє використовувати його як джерело повноцінного білка для збагачення борошняних кондитерських виробів. Інулін з високим ступенем полімеризації стійкий до дії ферментів тонкого кишечника людини і проникає в товстий кишечник, де виконує роль аналогічну клітковині [8], тому доцільним є використання інуліну як джерела харчових волокон для людського організму.

Дослідні зразки печива, приготовані з нової сировини, відрізняються порівняно більшим об'ємом, рівномірною структурою в розломі, більшою щільністю і високими смаковими якостями. Оптимальна якість печива спостерігається при внесенні інуліну в кількості 7%, а соєвого ізоляту — 12% до маси борошна.

З метою встановлення впливу сировини на структурно-механічні показники тіста було визначено зміну граничного напруження зсуву й адгезію тіста. Дослідження показали, що внесення нової сировини незначно впливає на адгезію зтяжного тіста, однак як інулін, так і соєвий ізолят суттєво зміцнюють структуру тіста, за рахунок чого гранична напруга зсуву зтяжного тіста зростає на 9% і 14% відповідно, що можна пояснити появою більшої кількості зв'язаної води в тісті. Зв'язування вільної води позитивно впливає на якість печива і сприяє збереженню води в готових виробах, що продовжує терміни зберігання. У процесі зберігання печива швидкість видалення води буде залежати від форм зв'язку води в тісті. Вміст вільної та зв'язаної води в тістових напівфабрикатах також впливає на процес термообробки.

Аналіз дериватограм було проведено відповідно до загальної методики та встановлено, що при внесенні до зтяжного тіста інуліну вміст зв'язаної води зростає на 2,5%, а при внесенні ізоляту соєвого білка — на 6,4%. Крім того, простежується зростання енергії активації в зразках, відмінних від контрольного, що також свідчить про появу більш міцних форм зв'язку води в тісті після додавання в його рецептуру нової сировини.

З метою уточнення впливу інуліну та соєвого ізоляту на термін і умови зберігання зтяжного печива були досліджені сорбційно-десорбційні процеси, які відбуваються в зтяжному печиві (рис. 2), і встановлено, що значення рівноважної вологості в діапазоні $a_w = 0,75 \dots 0,85$ становить 12,0—12,5%, що, у свою чергу, свідчить про несуттєвий вплив нової сировини на сорбційні властивості печива. Однак для зтяжного печива, яке при зберіганні здатне активно поглинати вологу, висока сорбційна здатність матиме негативний вплив на якість продукту і термін зберігання, тому нами рекомендується упаковувати готове печиво у герметичну упаковку.

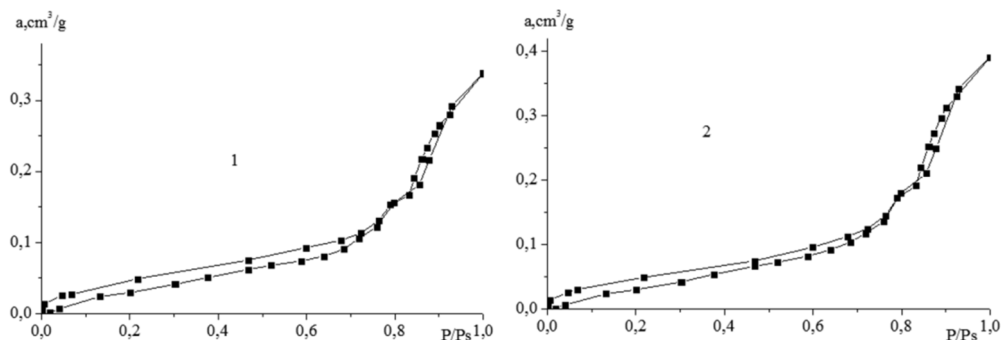


Рис. 2. Ізотерми сорбції-десорбції зтяжного печива: 1 — контрольний зразок; 2 — зразок з інуліном та ізолятом соєвого білка

Висновки. Використання моделі хімічного складу «ідеального» харчового продукту дає змогу проводити визначення відповідності хімічного складу реальних харчових продуктів вимогам нутріціології для різних груп населення і здійснювати кількісну порівняльну оцінку впливу нових сировинних інгредієнтів на хімічний склад продукту при розробці нових рецептур та збагаченні існуючих харчових продуктів біологічно-активними речовинами. Розрахунок комплексного показника на третьому рівні (K_0^3) для зтяжного печива з інуліном та ізолятом соєвого білка показав покращення його хімічного складу на 12% порівняно з контрольним зразком. При оптимальних співвідношеннях інулін та ізолят соєвого білка не мають негативного впливу на технологічні показники тіста й готового печива, що дозволяє виготовляти його на існуючому обладнанні. Зтяжне печиво дієтично-функціонального призначення з інуліном та ізолятом соєвого білка має високі органолептичні показники, не містить у своєму складі цукру білого кристалічного, має покращений амінокислотний склад та задовольняє 30% добової потреби людини в харчових волокнах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зубар, Н.М. Основи фізіології та гігієни харчування / Зубар Н.М. — К.: Центр учбової літератури, 2010. — 336 с.
2. Уголев, А.М. Теория адекватного питания и трофология / Уголев, А.М. — Л.: Наука, 1991. — 272 с.
3. Харченко, Н.В. Дієтологія : підручник / за ред.: Н.В. Харченко, Г.А. Анохіна. — К. : Меридіан, 2012. — 526 с.
4. Смоляр, В.І. Рецензія на книгу А.П. Левицького «Идеальная формула жирового питания» / В.І. Смоляр // Проблеми харчування. — 2004. — № 1 (2). — С. 76—77.
5. Федюкин, В.К. Основы калиметрии. Измерение качества промышленной продукции: учебное пособие / В.К. Федюкин. — М.: Кнорус, 2010. — 320 с.
6. Дорохович, А.Н. Соответствие химического состава печенья требованиям нутрициологии / А.Н. Дорохович, Н.Н. Петренко // Инновационные технологии производства продуктов питания функционального назначения : международная научно-практическая конференция, 2015 г., г. Кутаиси. — Издательство государственного университета Акакия Церетели, 2015. — С. 114—118.

7. Арсеньєва, Л.Ю. Склад і перетравлюваність білкових речовин продуктів перероблення бобових / Л.Ю. Арсеньєва, О.В. Борисенко, Н.П. Бондар та ін. // Наукові праці НУХТ. — 2004. — № 15. — С. 51—54.

8. Полумбрик, М.О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини / М.О. Полумбрик. — К.: Академперіодика, 2011. — 487 с.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ИДЕАЛЬНОГО ПИЩЕВОГО ПРОДУКТА И ПУТИ ПРИБЛИЖЕНИЯ К НЕМУ СОСТАВА РЕАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

А.М. Дорохович, М.М. Петренко

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований по разработке модели химического состава «идеального» пищевого продукта и путей приближения к нему состава пищевых продуктов на примере затяжного печенья за счет использования нетрадиционного сырья. Доказана эффективность использования модели химического состава «идеального» пищевого продукта для математического обоснования улучшения питательной ценности пищевых продуктов при их обогащении функциональными компонентами.

Ключевые слова: нутрициология, химический состав, квалиметрия, затяжное печенье, функциональные продукты, инулин.

EXOPOLYSACCHARIDE ETHAPOLAN SYNTHESIS ON MOLASSES AND WASTE OIL MIXTURE

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

Key words:

Acinetobacter sp. IMV B-7005, exopolysaccharide ethapolan, biosynthesis, mixture of molasses and waste oil

Article history:

Received 24.10.2016
Received in revised form 28.10.2016
Accepted 8.11.2016

Corresponding author:

voronenko67@mail.ru

ABSTRACT

The possibility to replace refined sunflower oil in mixture with molasses on different types of waste one (after meat, potato, vegetables frying and mixed after cooking different types of dishes) for biosynthesis of exopolysaccharide (EPS) ethapolan was studied. The highest synthesis indices (the amount of EPS was 13—15 g/l, EPS-synthesizing ability — 3,3—4,7 g EPS/ g biomass) were observed during growth of *Acinetobacter sp.* IMV B-7005 in medium without the source of mineral nitrogen, containing molasses and mixed waste oil, with using the inoculum which was grown on the corresponding oil. Using the waste oil instead of molasses for inoculum preparation allows to exclude sterilization and hydrolysis stages from the technological process. Obtained results are the basis for the development of universal technology of ethapolan production on industrial waste mixture, independent from the type and supplier of waste oil.

СИНТЕЗ ЕКЗОПОЛІСАХАРИДУ ЕТАПОЛАНУ НА СУМІШІ МЯЯСИ І ВІДПРАЦЬОВАНОЇ ОЛІЇ

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

У статті досліджено можливість заміни рафінованої соняшникової олії у суміші з м'ясом на різні типи відпрацьованої олії (після смаження м'яса, картоплі, овочів і змішаної після приготування різних страв) для біосинтезу мікробного екзополісахариду (ЕПС) етаполану. Одержані результати є основою для розробки універсальної технології одержання етаполану на суміші промислових відходів, незалежної від типу та постачальника відпрацьованої олії.

Ключові слова: *Acinetobacter sp.* IMB B-7005, екзополісахарид етаполан, біосинтез, суміш м'яса та відпрацьованої олії.

Постановка проблеми. З кожним роком у світі приділяється дедалі більше уваги утилізації різноманітних промислових відходів, що зумовлено такими причинами: 1) небезпечність і токсичність більшості відходів; 2) щорічне збільшен-

ня обсягів їх накопичення; 3) можливість переробки дешевих відходів у практично цінні продукти.

Одним із таких відходів є відпрацьована соняшникова олія, глобальний обсяг споживання якої у 2015—2016 рр. становив понад 14 млн тонн. Зазначимо, що переважна частина такої олії використовується для смаження. Основними постачальниками даного відходу є ресторани, заклади швидкого та громадського харчування. На жаль, нині більшість відпрацьованої олії утилізується шляхом неконтрольованого зливання в каналізацію, що, у свою чергу, призводить до ряду економічних (швидке зношування трубопроводів [6]) та екологічних (1 л відпрацьованої олії може забруднити до 500 тис. л води [6]) проблем. Власне, накопичення таких великих обсягів відпрацьованої олії, її дешевизна, а також токсичність (містить канцерогенні речовини, токсичні хімічні сполуки [3]), й зумовило необхідність пошуку ефективних способів її переробки й утилізації.

Наразі основні обсяги відпрацьованої олії застосовують для виробництва біодизелю [4] та відгодівлі худоби [6]. Токсичні сполуки з пересмаженої олії можуть через м'ясо потрапляти до організму людини [4]. Ще одним перспективним способом переробки даного відходу є його використання в біотехнології як субстрату для одержання практично цінних продуктів мікробного синтезу: поверхнево-активних речовин, полігідроксиалканоатів, органічних кислот, ферментів, вітамінів тощо [6]. У сучасній літературі наявні лише поодинокі дані щодо використання олії для одержання мікробних екзополісахаридів (ЕПС) [7]. Так, штам *Cellulomonas flavigena* UNP3 на середовищі з 1% арахісової олії синтезував 1 г/л полісахариду, якому притаманні високі емульгувальні властивості [1]. Слід зазначити, що в даних дослідженнях як субстрат використовували звичайну, а не відпрацьовану олію. В оглядах [5; 7] наведено дані про синтез ксантану *Xanthomonas campestris* NRRL B-1459 S4LII на середовищі зі стічними водами виробництва оливкової олії. При концентрації субстрату 20% (об'ємна частка) штам NRRL B-1459 S4LII синтезував 7 г/л полісахариду.

У попередніх дослідженнях показано можливість синтезу мікробного полісахариду етаполану (продуцент *Acinetobacter* sp. IMB B-7005) на рафінованій і пересмаженій соняшниковій олії, а також на суміші меляси та рафінованої олії [8; 9].

Мета дослідження: дослідити можливість заміни рафінованої олії на відпрацьовану у суміші з мелясою для синтезу етаполану.

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

Штам IMB B-7005 вирощували у рідкому мінеральному середовищі такого складу (г/л): KH_2PO_4 — 6,8; KOH — 0,9; $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ — 0,4; $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; NH_4NO_3 — 0,2; $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ — 0,001. В одному з варіантів використовували середовище без джерела азоту.

У середовище додатково вносили 0,5% (об'ємна частка) дріжджового автолізу, ністатин і стрептоміцин у концентрації 400 мкг/мл, а також мультивітамінний комплекс «Комплевіт» у концентрації 0,00085% (масова частка в перерахунку на пантотенат).

Як джерело вуглецю та енергії використовували суміш меляси (масова частка 1,5% за вуглеводами) і соняшникової олії: рафінованої «Стожар» (компанія Кернел, м. Київ), нерафінованої, відпрацьованої після смаження картоплі та м'яса (мережа ресторанів швидкого харчування McDonald's, м. Київ), відпрацьованої після смаження овочів (отримано в домашніх умовах), а також змішаної відпрацьованої (після смаження м'яса, картоплі, цибулі, сиру; «Rocker Pub», м. Київ) у концентрації 1,5% (об'ємна частка).

Оскільки продуцент етаполану не асимілює сахарозу, мелясу попередньо гідролізували: до 100 г меляси додавали дистильовану воду до кінцевого об'єму 200 мл, в отриманий розчин вносили 20 мл 1 н H_2SO_4 (до рН 4,0) і стерилізували при 112 °С протягом 30 хв.

Як посівний матеріал використовували культуру з експоненційної фази росту, вирощену на середовищі з моносубстратами: 0,5% рафінованої, нерафінованої та відпрацьованої соняшникової олії, а також мелясою (0,5% за вуглеводами). Концентрація інокуляту становила 10%.

Культивування штаму IMB B-7005 здійснювали в колбах (750 мл) із 100 мл середовища на качалці (320 об./хв) при температурі 30 °С упродовж 120 год.

Концентрацію біомаси визначали за оптичною густиною клітинної суспензії з перерахунком на абсолютно суху біомасу (АСБ) згідно з калібрувальним графіком. Кількість синтезованого етаполану визначали ваговим методом. Для цього до певного об'єму культуральної рідини (зазвичай 10—15 мл) додавали 1,5—2 об'єми ізопропанолу, осад ЕПС промивали чистим ізопропанолом і висувували при кімнатній температурі упродовж 24 год. ЕПС-синтезувальну здатність розраховували як відношення концентрації ЕПС до концентрації АСБ та виражали у г ЕПС/г АСБ.

Статистичну обробку даних проводили за Лакінім [10]. Результати досліджень згідно з t-критерієм Ст'юдента виявилися статистично достовірними при 5-відсотковому рівні значимості.

Результати досліджень. На першому етапі дослідження встановлювали принципову можливість синтезу етаполану на суміші меляси та відпрацьованої олії. У даних дослідженнях концентрація мінерального джерела азоту в середовищі для одержання інокуляту й біосинтезу становила 0,2 г/л. Експерименти показали, що незалежно від типу відпрацьованої олії в суміші з мелясою концентрація синтезованого полісахариду становила 12—15,5 г/л і була дещо вищою, ніж за використання рафінованої олії (11,5 г/л) (табл. 1).

Найвища ЕПС-синтезувальна здатність (3—4,5 г ЕПС/г АСБ) спостерігалася у процесі культивування продуцента на суміші меляси і змішаної або відпрацьованої після смаження овочів олії, найнижча (1,8 г ЕПС/г біомаси) — у разі використання олії після смаження м'яса (табл. 1). З літератури [2] відомо, що кількість токсичних сполук у відпрацьованій олії і її якість безпосередньо залежать не тільки від способу смаження та кратності використання, але й від типу приготовленої страви.

Раніше [8] було показано, що виключення або зниження концентрації джерела мінерального азоту в середовищі для одержання інокуляту та біосинтезу етаполану під час культивування *Acinetobacter* sp. IMB B-7005 на суміші меляси

та рафінованої олії супроводжувалося збільшенням показників синтезу полісахариду. У зв'язку з цим на наступному етапі досліджували синтез етаполану на суміші м'яся та відпрацьованої олії за умов росту штаму ІМВ В-7005 в середовищі без мінерального джерела азотного живлення.

Таблиця 1. Вплив концентрації джерела азоту в середовищі на синтез етаполану за умов росту *Acinetobacter* sp. ІМВ В-7005 на суміші м'яся і відпрацьованої олії

Тип соняшникової олії у суміші з м'ясою	Концентрація джерела азоту (г/л) для одержання інокуляту та біосинтезу ЕПС	Показники синтезу	
		ЕПС, г/л	г ЕПС/ г АСБ
Рафінована	0,2	11,59±0,58	2,68±0,13
	0	11,21±0,56	3,01±0,15
Нерафінована	0,2	13,00±0,65	2,04±0,10
	0	18,78±0,94	4,78±0,24
Відпрацьована після смаження картоплі «фрі»	0,2	13,71±0,69	2,75±0,14
	0	15,95±0,80	3,95±0,20
Відпрацьована після смаження картоплі по-селянськи	0,2	15,53±0,78	2,69±0,13
	0	15,67±0,78	2,61±0,13
Відпрацьована після смаження м'яса	0,2	12,24±0,61	1,84±0,09
	0	14,19±0,71	2,96±0,15
Відпрацьована після смаження овочів	0,2	12,43±0,62	3,29±0,16
	0	11,28±0,56	2,97±0,15
Змішана відпрацьована	0,2	14,92±0,75	4,68±0,23
	0	12,90±0,56	3,28±0,16

Примітка. Посівний матеріал вирощували на м'ясях.

Проте виключення нітрату амонію з середовища для одержання посівного матеріалу та біосинтезу ЕПС не призводило до істотного підвищення показників синтезу полісахариду на суміші м'яся та відпрацьованої олії (концентрація ЕПС становила 11–16 г/л, а ЕПС-синтезувальна здатність – 2,5–4 г ЕПС/ г АСБ) (табл. 1).

У подальших дослідженнях з метою додаткового зниження собівартості цільового продукту інокулят вирощували на відповідній відпрацьованій олії. Зазначимо, що на відміну від м'яся, олія не потребує стерилізації та попереднього гідролізу.

Встановлено, що за використання відпрацьованої після смаження картоплі, м'яса, овочів олії для одержання посівного матеріалу кількість синтезованого етаполану (9–12,5 г/л) була дещо нижчою порівняно із застосуванням вирощеного на м'яся інокуляту (табл. 1–2). Зазначимо, що під час дослідження синтезу ЕПС на олієвмісних моносубстратах також спостерігали зниження показників синтезу етаполану у разі використання інокуляту, вирощеного на відпрацьованій олії [0]. На нашу думку, це може бути спричинено інгібуванням росту та синтезу ЕПС токсичними сполуками (альдегіди, вільні радикали тощо), що містяться в пересмаженій олії [2; 3; 9].

У той же час за використання змішаної відпрацьованої олії для одержання посівного матеріалу та біосинтезу ЕПС концентрація полісахариду становила

майже 14 г/л, а ЕПС-синтезувальна здатність – 3,5 г ЕПС/г АСБ (табл. 2). Такі результати демонструють можливість створення незалежної від сировинної бази технології синтезу етаполану на суміші відпрацьованої олії та меляси.

Таблиця 2. Синтез етаполану на суміші меляси і відпрацьованої олії з використанням вирощеного на відповідній олії інокуляту

Тип відпрацьованої олії в суміші з мелясою	Показники синтезу	
	ЕПС, г/л	г ЕПС/ г АСБ
Після смаження картоплі «фрі»	11,06±0,55	2,61±0,13
Після смаження картоплі по-селянськи	10,53±0,53	2,07±0,10
Після смаження м'яса	12,41±0,62	3,42±0,17
Після смаження овочів	9,29±0,46	2,95±0,15
Змішана	13,92±0,70	3,49±0,17

Примітка. Концентрація NH_4NO_3 в середовищі для одержання інокуляту становила 0,2 г/л, в середовищі для біосинтезу джерело мінерального азоту відсутнє.

Висновки. У результаті проведеного дослідження доведена можливість заміни рафінованої олії на різні типи відпрацьованої у суміші з мелясою для синтезу етаполану. Виключення джерела мінерального азоту з середовища для одержання інокуляту, а також використання змішаної відпрацьованої олії для вирощування посівного матеріалу та біосинтезу ЕПС дає змогу суттєво знизити собівартість цільового продукту і розробити високоефективну технологію отримання етаполану, незалежну від типу та постачальника відпрацьованої олії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Arli, S.D. Curdlan-like exopolysaccharide production by *Cellulomonas flavigena* UNP3 during growth on hydrocarbon substrates / S.D. Arli, U.B. Trivedi, K.C. Patel // World J. Microbiol. Biotechnol. — 2011. — Vol. 27, № 6. — P. 1415—1422.
2. Chemical alterations taken place during deep-fat frying based on certain reaction products: A review / Q. Zhang, A.S. Saleh, J. Chen, Q. Shen // Chem. Phys. Lipids. — 2012. — Vol. 165, № 6. — P. 662—681.
3. Guillén, M.D. Aldehydes contained in edible oils of a very different nature after prolonged heating at frying temperature: Presence of toxic oxygenated α,β unsaturated aldehydes / M.D. Guillén, P.S. Uriarte // Food Chemistry. — 2012. — Vol. 131, № 3. — P. 915—926.
4. Mangesh, G.K. Waste cooking oils an economical source for biodiesel: A review / G.K. Mangesh, K.D. Ajay // Ind. Eng. Chem. Res. — 2006. — Vol. 45, № 9. — P. 2901—2913.
5. Öner, E.T. Microbial production of extracellular polysaccharides from biomass. In: Pretreatment techniques for biofuels and biorefineries / E.T. Öner. — B.: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. — 457 p.
6. Panadare, D.C. Applications of waste cooking oil other than biodiesel: A review / D.C. Panadare, V.K. Rathod // Iran. J. Chem. Eng. — 2015. — Vol. 12, № 3. — P. 55—76.
7. Pirog, T.P. Exopolysaccharides synthesis on industrial waste / T.P. Pirog, M.O. Ivakhniuk, A.A. Voronenko // Biotechnologia Acta. — 2016. — Vol. 9, № 2. — P. 7—18.
8. Voronenko, A.A. The biosynthesis of microbial exopolysaccharide ethapolan under *Acinetobacter* sp. IMV B-7005 cultivation on molasses and sunflower oil mixture / A.A. Voronenko, M.O. Ivakhniuk // Materials of the XII International scientific and practical conference, «Science without borders». — 2016. — P. 31—34.

9. Івахнюк, М.О. Вплив способу підготовки посівного матеріалу на синтез полісахариду етаполану на олійємісних субстратах / М.О. Івахнюк, Т.П. Пирог // Наукові праці НУХТ. — 2015. — Т. 21, № 5. — С. 17—21.

10. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. — М.: «Высшая школа», 1990. — 352 с.

СИНТЕЗ ЭКЗОПОЛИСАХАРИДА ЭТАПОЛАНА НА СМЕСИ МЕЛАССЫ И ОТРАБОТАННОГО МАСЛА

А.А. Вороненко, Н.А. Ивахнюк, Т.П. Пирог

Национальный университет пищевых технологий

В статье исследована возможность замены рафинированного подсолнечного масла в смеси с мелассой на различные типы отработанного масла (после жарки мяса, картофеля, овощей и смешанного после приготовления различных блюд) для биосинтеза микробного экзополисахарида (ЭПС) этаполана. Полученные результаты являются основой для разработки универсальной технологии получения этаполана на смеси промышленных отходов, независимой от типа и поставщика отработанного масла.

Ключевые слова: *Acinetobacter sp. ИМВ В-7005, экзополисахарид этаполан, биосинтез, смесь мелассы и отработанного масла.*

ASSESSMENT OF FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF SEMI-FINISHED CHOPPED MEAT DUCK

V. Pasichniy

National University of Food Technologies

N. Bozhko, I. Shalda

The Sumy National Agrarian University

Key words:

the meat-containing
chopped semi-finished
products,
duck meat,
turkey,
mechanically deboned
meat,
nutritional value,
functional and
technological properties

Article history:

Received 5.10.2016

Received in revised form
29.10.2016

Accepted 9.11.2016

Corresponding author:

pasww1@ukr.net

ABSTRACT

The article is devoted to the development of meat-containing semi-finished products with duck meat and mechanically separated meat of turkey. One of directions of rational use of raw materials given the volume of production in the livestock industry is the change in the structural composition of the sector's resources in the direction of increasing of poultry meat. Meat of waterfowl is a promising raw material for the meat industry. There were developed three recipes meat-containing semi-finished products from minced meat, duck and turkey mechanically separated. Were investigated changes in the nutritional value of the developed samples. The increase of duck meat in the recipe increases the fat content of 3,14—3,58 times. Proven to improve functional and technological properties of forcemeats experienced based on duck meat and turkey meat mechanically separated. Set a rational level of substitution of main raw material, which is characteristic for the recipe № 3.

ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СІЧЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З М'ЯСОМ КАЧКИ

В.М. Пасічний, д.т.н., професор

Національний університет харчових технологій

Н.В. Божко, к.с.-г.н., доцент,

І.С. Шалда, магістр

Сумський національний аграрний університет, м. Суми

Статтю присвячено розробці м'ясомістких січених напівфабрикатів. Наведено оцінку можливості використання м'яса качки та м'яса індики механічного обвалювання у рецептурах м'ясомістких січених напівфабрикатів. Досліджено зміни харчової цінності розроблених рецептур. Доведено покращення функціонально-технологічних властивостей дослідних фаршів на основі використання м'яса качки та м'яса індики механічного обвалювання.

Ключові слова: м'ясомісткі січені напівфабрикати, м'ясо качки, індик, м'ясо механічного обвалювання, харчова цінність, функціонально-технологічні властивості.

Постановка проблеми. Структура харчування більшості людей через недостатній рівень споживання основних поживних речовин, особливо білка, зростання споживання вуглеводо- і жировмісних продуктів зумовлюють особливе значення м'ясної продукції. У зв'язку з цим розв'язання питань раціонального використання м'ясної сировини, створення ресурсозберігаючих технологій, розробка продукції масового споживання і розширення її асортименту є важливим загальнодержавним завданням [1—3]. Це стосується і січених виробів, які складають значну частку в існуючому асортименті м'ясної продукції, доступній всім квінтільним групам населення [4—7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Харчова цінність м'яса птиці характеризується кількістю і співвідношенням білків, жирів, вітамінів, мінеральних речовин і ступенем їх засвоєння організмом людини; вона зумовлена також енергетичним змістом і смаковими властивостями м'яса. Краще засвоюється і володіє відповідними смаковими властивостями м'ясо з рівним вмістом білків і жирів [8].

М'ясо птиці має найбільші темпи щорічного приросту порівняно з такими видами м'яса, як свинина та яловичина. Так за 10 років виробництво м'яса птиці збільшилось на 30,76%, тоді як свинина і яловичина всього лише на 19,50% та 11,55% відповідно. Зростання виробництва м'яса птиці у світі є результатом збільшення попиту на даний вид м'яса на світовому ринку [9]. Використання м'яса водоплавної птиці, на жаль, в Україні не набуло широкого розповсюдження, але це м'ясо за комплексом фізико-хімічних, функціонально-технологічних показників, показників харчової та біологічної цінності є перспективною сировиною для м'ясної промисловості.

Мета дослідження: виявлення можливості використання м'яса водоплавної птиці та м'яса птиці механічного обвалювання (МПМО) з індичатини у виробництві січених напівфабрикатів.

Матеріали і методи. В лабораторії кафедри технології молока і м'яса були зроблені варіанти рецептур котлет, до складу яких входить: м'ясо качки, МПМО індиче, шкіра індича, клітковина висівок вівсяних, цибуля ріпчаста та меланж.

Для підвищення економічної ефективності виробництва в рецептурах за рахунок м'яса індичого частку м'яса птиці механічного обвалювання (МПМО) збільшили до 35%. Для поліпшення функціонально-технологічних властивостей (ФТВ) до рецептури вводили клітковину висівок вівсяних вітчизняного виробництва на заміну гідратованої бамбукової клітковини. Частка кухонної солі і спецій в дослідних і контрольному зразках не змінювалась.

Рецептурний склад основної сировини контрольного та дослідних зразків м'ясомістких січених напівфабрикатів наведений у табл. 1.

Як рецептуру-аналог було обрано м'ясний продукт «Дієтичні м'ясні січені напівфабрикати» [10]. Виготовлення зразків проводили згідно з технологією приготування січених напівфабрикатів з додаванням гідратованої клітковини та 20% вологи на основну сировину.

У модельних зразках м'ясомістких січених напівфабрикатів визначали хімічний склад і комплекс функціонально-технологічних властивостей згідно зі стандартними методиками [11].

Таблиця 1. Рецептури дослідних зразків січених напівфабрикатів

Складові компоненти	Контроль	№ 1	№ 2	№ 3
М'ясо індиче односортне	65	-	-	-
М'ясо качки односортне	-	20	25	30
МПМО індиче	-	35	30	25
Шкіра індича	-	15	15	15
Гідратована бамбукова клітковина	20	-	-	-
Пшеничні висівки	2	-	-	-
Цибуля ріпчаста свіжа	8	10	10	10
Яйця курячі або меланж	5	7	7	7
Клітковина вівсяних висівок	-	13	13	13
Всього	100	100	100	100

Результати досліджень. Результати розрахунку харчової цінності м'ясомістких січених напівфабрикатів представлені у табл. 2.

Таблиця 2. Показники харчової цінності дослідних зразків

Найменування	Контроль	№1	№2	№3
1. Вміст білка, г/100г	14,35	16,09	15,80	15,51
2. Вміст жиру, г/100г	5,88	18,48	19,78	21,08
3. Вуглеводи, г/100г	2,06	6,76	6,76	6,76
4. Мінеральні речовини, г/100г	0,81	0,72	0,69	0,67
5. Харчові волокна, г/100г	3,56	2,60	2,60	2,60
6. Енергетична цінність, Ккал	118,43	256,80	267,35	277,90

Вміст білка в усіх дослідних зразках збільшився на 1,16—1,74 % і знаходився на рівні 15,51—16,09 %. За рахунок введення в рецептуру мяса качки вміст жиру збільшився в 3,14—3,58 раза, але слід зазначити, що качиний жир відрізняється високим вмістом МНЖК і ПНЖК порівняно з індичатиною. Вміст мінеральних речовин змінювався залежно від вмісту МПМО індичого і становив 0,67—0,72 г на 100 г в дослідних рецептурах, що в середньому на 10% нижче порівняно з контрольним зразком. Енергетична цінність досліджуваних зразків змінювалась залежно від вмісту качинового м'яса і дослідні зразки були калорійніші в середньому в 2,3 раза порівняно з контрольним.

Функціонально-технологічні властивості м'ясних продуктів — це сукупність показників, які характеризують рівень вологозв'язувальної (ВЗЗ) та вологоутримувальної (ВУЗ) здатності, що, у свою чергу, обумовлює низку інших параметрів, в тому числі і органолептичні властивості.

Результати оцінки функціонально-технологічних властивостей модельних зразків наведені в табл. 3.

Вміст вологи у контрольному зразку складав $62,05 \pm 0,09\%$, у рецептурі № 1 даний показник підвищувався на 1,53%, для рецептури № 2 — вміст вологи дещо знизився на 0,83%, у рецептурі № 3 вміст вологи збільшився на 2,02% порівняно з контрольним зразком.

Найвищі рівні ВЗЗ і ВУЗ зафіксовані для м'ясомістких січених напівфабрикатів за другою і третьою рецептурами. Отримані дані свідчать про стабілізацію

показників дослідних фаршів, оскільки ВЗЗ для цих двох рецептур не є нижчою за встановлений рівень (85%). Це обумовлюється, на наш погляд, раціональним співвідношенням у розроблених рецептурах ковбас вмісту білків, жирів і наявності в складі фаршів клітковини вівсяних висівок.

Таблиця 3. Функціонально-технологічні показники січених напівфабрикатів з м'ясом качки

Найменування зразка	Вологість, %	ВЗЗ _м , %	ВУЗ, %	pH
Контроль	62,05±0,09	74,69	60,46	6,41
№ 1	63,58±1,06	75,02	63,57	6,65
№ 2	61,35±0,50	87,81	61,33	6,55
№ 3	64,07±0,50	89,24	64,05	6,64

На показники ВЗЗ для фаршів впливає активна кислотність, адже при наближенні значення pH до ізоелектричної точки ФТВ білків знижуються. Даний показник для контрольного зразка складав 6,41; для рецептур: № 1 — 6,65; № 2 — 6,55; № 3 — 6,64 та погоджувався з отриманими даними ВЗЗ.

Для визначення здатності розроблених модельних фаршів зв'язувати й утримувати жир, який використовують у складі рецептур ковбас, досліджено показники емульгуючої здатності (ЕЗ) та стабільності емульсії (СЕ). Отримані результати наведені на рис. 1 та 2.

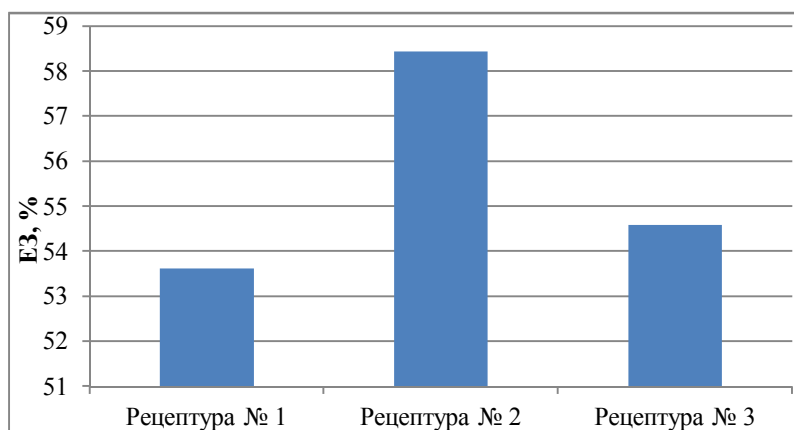


Рис. 1. Емульгуюча здатність модельних фаршів

Представлені результати досліджень свідчать, що рецептурна композиція № 2 має кращі показники як ЕЗ, що становить 58,45%, так і СЕ — 61,21%. Це на 2,31—4,83% більше, ніж аналогічні показники в рецептурах № 1 та № 3.

Розроблені рецептурні композиції володіють достатньою здатністю зв'язувати жир (емульгуюча здатність) та утримувати його після термічної обробки (стійкість емульсії). Це зумовлено властивістю обраних компонентів обволікати жирові крапління, що перешкоджає їх злиттю і стабілізує емульсію, утворюючи плівку на поверхні.

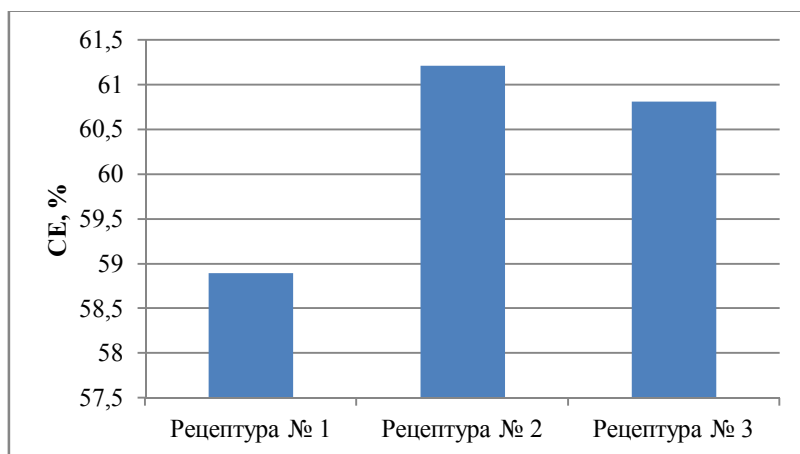


Рис. 2 Стабільність емульсії модельних фаршів

Це пояснюється тим, що завдяки наявності гідрофільних і ліпофільних груп у структурі тваринного білка знижується поверхневий натяг на межі розподілу фаз жир-вода. Гідроколоїди рослинного походження також виконують роль стабілізаторів за рахунок наявності гідрофільних груп, рівномірно розподілених по всій довжині молекули [7]. При їх розчиненні у воді в'язкість і густина істотно збільшуються, що ускладнює рух жирових кульок або крапель і перешкоджає злиттю жирових глобул.

Отже, можна сказати, що використання м'яса качки в рецептурних композиціях та МПМО індичого дозволяє отримати стійку емульсію жиру у воді, забезпечуючи введення жиру в структуру системи, що покращує досліджені показники емульсій при застосуванні рецептурного співвідношення компонентів № 3.

Висновки. Аналіз результатів свідчить, що серед дослідних зразків фаршів, зважаючи на високий рівень м'яса качки і найменший серед зразків вміст МПМО, обране в рецептурі №3 співвідношення компонентів дозволяє отримати продукт з високою харчовою цінністю.

Заміна індичого м'яса на м'ясо качки та використання в рецептурі МПМО з індичатини дозволяє отримати м'ясну систему із високими функціонально-технологічними показниками. Розроблені рецептурні композиції володіють достатньою здатністю зв'язувати жир (ЕЗ) та утримувати його після термічної обробки (СЕ).

Таким чином, дослідженнями доведено можливість комбінування м'яса качки Пекінської із МПМО індичим у рецептурах січених напівфабрикатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державна цільова програма розвитку українського села на період до 2015 року / Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2007 року № 1158. — Офіц. вид. — К.: Офіційний вісник України, 2007. — 71 с.
2. Концепція наукового забезпечення установами УААН розвитку галузей агропромислового комплексу України в 2011—2015 роках. // Економіка АПК. — 2010. — № 2. — С. 3—14.

3. *Месель-Веселяк, В.Я.* Напрями забезпечення конкурентоспроможності аграрного виробництва. / В.Я. Месель-Веселяк // Економіка АПК. — 2009. — № 10. — С. 7—14.
4. Розробка комбінованих білково-жирових емульсій для ковбас і напівфабрикатів з м'ясом птиці / [В.М. Пасічний, А.І. Маринін, О.О. Мороз, А.М. Гердчук] // Східно-Європейський журнал передових технологій» Укр. держ. академії залізничного транспорту, серія «Технології і обладнання харч. виробництв». — 2015 р. — Т. 1, № 6 (73) — С. 32—38.
5. Дослідження факторів пролонгації термінів зберігання м'ясних і м'ясомістких продуктів / [В.М. Пасічний, А.М. Гердчук, О.О. Мороз, Ю.А. Ястреба] // Наукові праці Національного університету харчових технологій — 2015. — Том 21, № 4. — С. 224—230.
6. Рынок мясных изделий и колбас [Электронный ресурс] // Агентство промышленных новостей. Мясомолочная промышленность Украины. — 2010—08—27. — Режим доступа: <http://www.meatmilk.kiev.ua/news/4543>.
7. *Іванов, С.В.* Регулювання структурно-механічних показників низькокалорійних м'ясних січених напівфабрикатів з використанням нанокompозитів / С.В. Іванов, В.М. Пасічний, І.М. Страшинський, О.П. Фурсік, І.О. Степаненко // Наукові праці НУХТ. — 2014. — № 6. — С. 227—233..
8. *Скурихин, И.М.* Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И.М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна. — М.: ДеЛи принт, 2002. — 236 с. ISBN 5-94343-028-8.
9. *Копитець, Н.Г.* Ринок м'яса птиці / Н.Г. Копитець // Мясной бизнес. — 2008. — № 4. — С. 100—107.
10. Пат. на корисну модель № 85606 Україна, МПК (2013.01) A23L 1/00 Дієтичні м'ясні січені напівфабрикати / Страшинський І. М., Крепак В. В.; заявник і патентовласник НУХТ. — № 2013 06738 ; заявл. 29.05.2013 ; опубл. 25.11.2013, Бюл № 22.
11. *Антипова, Л.В.* Методы исследования мяса и мясных продуктов : учеб. [для студ. высш. учеб. зав.] / Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. — М.: Колос, 2001. — 570 с.

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ С МЯСОМ УТКИ

В.Н. Пасечный

Национальный университет пищевых технологий

Н.В. Божко, И.С. Шалда

Сумской национальной аграрный университет, г. Сумы

Статья посвящена разработке мясосодержащих рубленых полуфабрикатов. Дана оценка возможности использования мяса утки и мяса индейки механической обвалки в мясосодержащих рубленых полуфабрикатах. Исследованы изменения пищевой ценности разработанных рецептур. Доказано улучшение функционально-технологических свойств опытных фаршей на основе мяса утки и мяса индейки механической обвалки.

Ключевые слова: мясосодержащие рубленые полуфабрикаты, мясо утки, индейка, мясо механической обвалки, пищевая ценность, функционально-технологические свойства.

УДК 664.3

DETERMINATION OF FATTY ACID COMPOSITION DIFFERENT FATS AND CHANGES DURING HEAT TREATMENT

L. Arsen'eva, V. Melnychenko

National University of Food Technologies

Key words:

gas chromatography,
fatty-acid compound,
food fats,
oils,
butter,
tampering fat

Article history:

Received 20.10.2016
Received in revised form
30.10.2016
Accepted 7.11.2016

Corresponding author:

tori-1309@ukr.net

ABSTRACT

Chromatographic analysis of fatty acid composition of different types of fats that are used confectionery bakery products was conducted. The fat changes happening at heat treatment are defined. For this purpose determined fatty acid composition of raw material that was used, and his change, already in the prepared product. Researches conducted with butter a peasant sweetly creamy with content of fat 73% a margarine is table "milk" an adiposeness not less than 82%. The improvement of methodology of exception of fat is conducted from the prepared product. Methods of removal of fat from the finished product was improved. Changes in fatty acid composition, which occur after heat treatment and with which it is associated are investigated. Research results expose, that to every type of fat the individual changes of fatty acid composition are inherent.

ЗМІНА ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ ЖИРОВОЇ СИРОВИНИ ПІД ЧАС ТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Л.Ю. Арсеньєва, д-р техн. наук,

В.М. Мельниченко

Національний університет харчових технологій

У статті проведено газохроматографічний аналіз жирнокислотного складу різних видів жирів, які використовуються у виробництві кондитерських і хлібо-булочних виробів. Визначено зміни жиру, що відбуваються під час термічного оброблення. Ідентифіковано олії, які використовувались для приготування жирів, взятих для дослідження (кокосова, арахісова, соєва та соняшникова). Удосконалено методику вилучення жиру з готового продукту. Досліджено зміни жирнокислотного складу, які відбуваються після термічного оброблення.

Ключові слова: газова хроматографія, жирнокислотний склад, харчові жири, олії, масло вершкове, фальсифікація жиру.

Постановка проблеми. Останнім часом гостро постало питання здорового харчування, оскільки за останні роки виробники харчових продуктів, до складу яких входять тваринні жири та олії, все частіше замінюють частково або повністю жир, зазначений у рецептурі, на більш дешевий жир іншого складу чи нижчої якості.

Вживання неякісних жирів з їжею сприяє розвитку серцево-судинних захворювань, саме тому виявлення фальсифікації жиру в готовому продукті є актуальним питанням. Рекомендований рівень жирів в раціоні складає 30—35% від загальної калорійності [1; 2].

Мета дослідження полягає у виявленні фальсифікації та ідентифікації жирів у борошняних кондитерських виробах за зміною жирнокислотного складу після термічної обробки. Адже дані статистики показують, що 7 із 10 жирових продуктів з назвою «масло вершкове» не відповідають назві [3]. Масло вершкове характеризується високими органолептичними властивостями: смаком, ароматом, консистенцією, кольором. Згідно з чинним ДСТУ на масло вершкове, додавання рослинних жирів у природному чи гідрогенізованому вигляді не дозволяється [4].

Фальсифікацію масложирової продукції умовно поділяють на дві групи: «груба», коли вміст добавок більше 20% і «тонка», коли добавок менше 20% [5].

Найчастіше відбувається фальсифікація товарів, які у своєму складі містять вершкове масло. Найпоширенішим способом фальсифікації вершкового масла є його часткова або повна заміна на маргарин. Мають місце і такі фальсифікації, як додавання кокосового, пальмового масла, арахісової, соняшникової олії, які попередньо пройшли гідрогенізацію [6].

Матеріали і методи. Використання сучасних технологій у масложировому виробництві ускладнює виявлення фальсифікатів. Класичні методи аналізу харчових продуктів вже не дозволяють достовірно встановлювати підробки та їх склад. Одним із сучасних методів визначення справжності жирів є капілярна газова хроматографія [7—9].

У наш час значне місце в ряді жирових продуктів займають комбіновані жири. Але з появою комбінованих жирів виникли певні перешкоди при визначенні природи жиру [10].

На сьогодні відсутня уніфікована система оцінки природи жирів і жирових продуктів. Саме тому метою нашого дослідження є розроблення критеріїв ідентифікації природи жирів.

Визначення фальсифікації жиру в борошняних кондитерських виробах проводили за жирнокислотним складом жиру після випікання. Для цього визначали жирнокислотний склад сировини, яка використовувалась, і його зміни уже в готовому продукті.

Результати досліджень. Як контрольний (порівняльний) зразок використовували масло домашнє. Дослідження проводили з маслом селянським солодковершковим з вмістом жиру 73% та 82%, маргарином столовим «молочним» жирністю не менше 82% та олією соняшниковою. Показники жирнокислотного складу, що перевищують зазначені зразки, наведено в табл. 1.

З даних, наведених у табл. 1, видно, що для масла домашнього характерна наявність гептадецевої, ейкозадієвої й арахідонової кислот. Для масла характерний жирнокислотний склад, наведений для масла домашнього. Наявність інших кислот свідчить про внесення різноманітних добавок.

Наявність у маслі селянському солодковершковому капринової, ундеканової, бегенової кислот і збільшений відсотковий вміст лауринової, міристинової, стеаринової свідчать про внесення кокосової олії.

Таблиця 1. Жирнокислотний склад досліджуваних видів жирової сировини

№	Назва кислоти	Концентрація, %				
		Масло домашнє	Масло селянське «Кагма», 73% жиру	Масло селянське «Люстдорф» 82% жиру	Маргарин столовий «Молочний», 82% жиру	Олія соняшникова рафінована «Олейна»
1	C 4:0 масляна	1,342	1,770	1,728	0,002	-
2	C 6:0 капронова	0,863	1,242	1,153	0,007	-
3	C 8:0 каприлова	-	0,804	0,696	0,014	0,021
4	C 10:0 капринова	-	2,046	1,784	0,020	0,006
5	C 11:0 ундеканова	-	0,028	0,040	-	0,011
6	C 12:0 лауринова	1,747	2,746	2,411	0,310	0,020
7	C 13:0 тридеканова	0,051	-	0,085	0,002	0,011
8	C 14:0 міристинова	7,429	10,650	8,496	0,004	0,089
9	C 14:1 міристолейнова	0,802	0,880	0,601	-	0,015
10	C 15:0 пентадеканова	1,141	1,200	1,121	-	0,007
11	C 15:1 цис-10-гептадеценінова	-	-	0,103	-	0,004
12	C 16:0 пальмітинова	33,670	29,840	29,180	32,940	6,979
13	C 16:1 пальмітолейнова	1,614	1,980	2,098	0,239	0,008
14	C 17:0 гептадеканова	0,424	0,671	0,334	-	-
15	C 17:1 цис-10-гептадеценінова	0,209	-	0,340	-	0,009
16	C 18:0 стеаринова	2,879	12,380	0,136	0,391	0,202
17	C 18:1ц олейнова	31,520	23,230	18,790	27,610	5,482
18	C 18:2пбц лінолева	3,957	3,213	20,380	15,870	42,280
19	C 18:3пб гамма-ліноленова	0,286	0,036	6,562	20,260	40,680
20	C 18:3п3 альфа-ліноленова	0,399	0,252	1,370	0,146	1,859
21	C 20:0 арахідова	-	-	0,013	0,303	-
22	C 20:1 гондоїнова	-	-	0,029	0,164	0,079
23	C 20:2 ейкозатрієнова	0,057	-	0,091	0,002	0,090
24	C 20:3п3 цис-11,14,17-ейкозатрієнова	-	-	-	0,0009	-
25	C 20:3пб цис-8,11,14-ейкозатрієнова	0,178	0,132	0,013	-	0,153
26	C 20:3 п3	-	-	0,017	-	-
27	C 20:4пб арахідонова	0,003	-	0,102	-	-
28	C 20:5п3 цис-5,8,11,14,17-ейкозапентаєнова	0,261	0,0008	0,030	-	-
29	C 22:0 бегенова	-	0,011	0,124	-	-
30	C 22:1 ерукова	-	-	0,008	0,023	-
31	C 22:2 цис-13,16-докозатрієнова	0,014	-	0,010	-	0,024
32	C 23:0 трикозанова	-	-	-	0,048	-
33	C 24:0 лігноцерінова	-	0,109	-	0,019	-
34	C 24:1 нервонова	-	-	0,698	-	-
	Всього	88,846	93,220	98,543	98,375	99,029

У жирнокислотному складі маргарину зафіксована наявність домішок арахісової або соєвої олії. Про це свідчить наявність арахінової, гондоїнової, ерукової кислот і підвищений вміст лінолевої й ліноленової кислот.

Для олії соняшникової характерний збільшений вміст лінолевої та ліноленової кислот і, навпаки, менший — олеїнової, також зафіксовано відсутність низькомолекулярних жирних кислот і загалом досить бідний жирнокислотний склад.

Для визначення фальсифікації в готових виробах спочатку вилучали жир з продукту. Метод передбачає видалення жиру з наважки (100 г.) дослідного продукту (у нашому випадку — печива) способом настоювання з розчинником — 250 см³ хлороформу в колбі з притертою пробкою протягом однієї години. Розчин фільтрували, фільтрат зневоднювали 2 г безводного сіркокислого натрію, розчинник відганяли, залишок випарювали у фарфоровій чаші. Отриманий жир охолоджували і проводили хроматографічний аналіз. Результати хроматографічного аналізу наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Жирнокислотний склад різних видів жиру після термічної обробки

№	Назва кислоти	Концентрація, %				
		Масло домашнє	Масло селянське «Кагма», 73% жиру	Масло селянське «Люстдорф» 82% жиру	Маргарин столовий «Молочний», 82% жиру	Олія соняшникова рафінована «Олейна»
1	2	3	4	5	6	7
1	C 4:0 масляна	1,595	1,657	1,691	0,017	-
2	C 6:0 капронова	1,088	1,200	1,285	-	-
3	C 8:0 каприлова	0,686	0,754	0,713	-	0,066
4	C 10:0 капринова	1,696	2,137	1,801	0,001	0,030
5	C 11:0 ундеканова	-	0,036	0,060	-	0,051
6	C 12:0 лауринова	2,533	3,063	2,005	-	0,139
7	C 13:0 тридеканова	-	0,108	0,085	-	0,0133
8	C 14:0 міристинова	9,817	11,060	8,018	-	0,014
9	C 14:1 міристолейнова	0,941	0,928	0,638	-	0,047
10	C 15:0 пентадеканова	-	1,181	0,986	-	0,209
11	C 15:1 цис-10-гептадеценінова	-	-	0,295	-	-
12	C 16:0 пальмітинова	32,220	28,690	27,550	30,560	7,023
13	C 16:1 пальмітолейнова	2,200	1,980	3,024	0,324	-
14	C 17:0 гептадеканова	-	0,574	0,223	0,073	-
15	C 17:1 цис-10-гептадеценінова	-	-	0,142	-	-
16	C 18:0 стеаринова	12,290	11,860	0,264	0,346	0,103
17	C 18:1ц олеїнова	20,820	19,840	15,260	28,620	-
18	C 18:2пбц лінолева	4,276	4,802	21,580	16,200	23,200
19	C 18:3пб гамма-ліноленова	0,094	0,045	6,195	21,140	67,65
20	C 18:3пз альфа-ліноленова	0,605	0,312	1,283	0,232	0,399
21	C 20:0 арахінова	-	0,123	0,207	0,265	-

2. *Пешук, Л.В.* Біологічна роль жирних кислот тваринного походження / Л.В. Пешук, І.Г. Радзівська, І.І. Штик // Харчова промисловість. — 2011. — № 10. — С. 106—109.

3. *Яковлев, В.С.* Газохроматографический анализ жирно-кислотного состава сливочного масла / В.С. Яковлев, Т.С. Куликовская, Б.А. Крапивкин // Молочная промышленность. — 2000. — № 1. — С. 39—43.

4. ДСТУ 4399:2005 «Масло вершкове».

5. *Чмиленко, Ф.А.* Установление фальсификации молочной продукции методами газовой хроматографии / Ф.А. Чмиленко, Н.П. Минаева, А.В. Сандомирский, Л.П. Сидорова // Методы и объекты химического анализа. — 2009. — Т. 4, № 1. — С. 60—66.

6. *Grek, O.* Fatty acid composition of dairy fat products of vegetable origin / O. Grek, O. Krasulua, O. Savchenko, A. Petrina // Ukrainian journal of food science, 2013. — V.1, №.2. — P. 204—208.

7. ДСТУ ISO 5508-2001 «Жири та олії тваринні і рослинні. Аналізування методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот».

8. ДСТУ ISO 6799-2002 «Жири та олії тваринні і рослинні. Визначення складу стеринової фракції. Газо-хроматографічний метод».

9. ГОСТ 30623-98 «Масла растительные и маргариновая продукция. Метод обнаружения фальсификации».

10. *Панов, В.П.* Критерии натуральности молочного жира / В.П. Панов, Н.В. Смурыгина, И.В. Краюшкина // Труды Всероссийского НИИ маслodelия и сыроделия РАСХН — Углич, 1997. — Вып. 60. — С. 60—66.

ІЗМЕНЕНІЕ ЖІРНОКІСЛОТНОГО СОСТАВА ЖІРОВОГО СЫРЬЯ ВО ВРЕМЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Л.Ю. Арсеньева, В.М. Мельниченко

Национальный университет пищевых технологий

В статье проведен газохроматографический анализ жирнокислотного состава разных видов жиров, которые используются в производстве кондитерских и хлебобулочных изделий. Определены изменения жира, происходящие во время термической обработки. Идентифицированы масла, которые использовались для приготовления жиров, взятых на исследование (кокосовое, арахисовое, соевое и подсолнечное). Усовершенствована методика исключения жира из готового продукта. Исследованы изменения жирнокислотного состава, которые происходят после термического обрабатывания.

Ключевые слова: *газовая хроматография, жирнокислотный состав, пищевые жиры, масла, масло сливочное, фальсификация жира.*

ASSESSMENT OF DRY WHEY QUALITY AND STABILITY WHILE STORING BY INSTRUMENTAL AND CHEMOMETRIC METHODS

O. Kochubei-Lytvynenko, V. Ischenko, N. Sukhodolska, N. Yarosh

National University of Food Technologies

Key words:

dry milk whey,
quality,
chemometrics,
main components method

Article history:

Received 20.10.2016
Received in revised form
29.10.2016
Accepted 15.11.2016

Corresponding author:

okolit@email.ua

ABSTRACT

The article presents physical-chemical, physical-mechanical and functional-technological qualities of various types of milk whey. Method of main components was used in order to analyze data. The use of main components method allowed division of dry milk whey samples into groups by the treatment of raw stuff. It was found out that most important indicator to attribute dry products from whey into groups are glass transition and storage temperature, difference between glass transition and storage temperatures, index of susceptibility to caking and/or sticking, contents of manganese. Comparison of calculations and charge indexes charts indicates that in order to allot into separate group of new dry milk whey type, obtained by means of electric spark treatment, the most influential factor was glass transition temperature, which also positively characterized it by stability while storing.

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ І СТІЙКОСТІ ДО ЗБЕРІГАННЯ СУХОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИМИ ТА ХЕМОМЕТРИЧНИМИ МЕТОДАМИ

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

В.М. Іщенко, канд. хім. наук

Н.П. Суходольська,

Н.В. Ярош

Національний університет харчових технологій

У статті наведено фізико-хімічні, фізико-механічні та функціонально-технологічні властивості різних видів сухої молочної сироватки. Застосування методу головних компонент дало змогу розділити зразки сухої молочної сироватки на групи за способом оброблення сировини. Встановлено, що найвпливовішими показниками для віднесення сухих продуктів із сироватки у групи є температура склування, різниця між температурою склування та зберігання, індекс чутливості до налипання та/або злежування, вміст мanganу.

Ключові слова: суха молочна сироватка, якість, хемометрика, метод головних компонент.

Постановка проблеми. Обсяги виробництва сухих концентратів із молочної сироватки залишаються незмінно високими протягом останнього десятиліття. Вони широко використовуються в різних галузях харчової промисловості, зокрема молочній, м'ясній, хлібопекарській, кондитерській; при виробництві морозива, майонезу, продуктів дитячого харчування, функціональних харчових продуктів, швидкорозчинних напоїв, харчоконцентратів, кормових добавок тощо і мають попит на світовому ринку [1]. Вважається, що економічний потенціал концентрованої сироватки за умови використання сучасних методів оброблення сировини, зокрема нанофільтрації та електродіалізу, покриває витрати на розроблення та виробництво [1—6], тому інтерес науковців і підприємств молочної промисловості до переробки молочної сироватки на сухі концентрати має стійку позитивну динаміку.

Перспективи використання сухої молочної сироватки на харчові цілі визначаються її складом, властивостями, здатністю до зберігання, тому при розробленні нових сухих продуктів важливим етапом наукових досліджень є вивчення їх функціонально-технологічних властивостей і стійкості до зберігання.

Під функціонально-технологічними властивостями сухих продуктів розуміють широкий комплекс фізико-механічних властивостей, що зумовлюють їх поведінку при переробленні, транспортуванні й зберіганні; властивостей, пов'язаних з поверхневими явищами (вологоутримувальна, піноутворювальна здатності), та властивостей, що визначають розчинність (індекс розчинності, швидкість розчинення) [7]. Результатом таких досліджень, як правило, є масив числових даних, які необхідно зберігати, порівнювати з відомими аналогами, піддавати обробленню, використовуючи методи статистики, інформатики й теорії аналізу даних. Для забезпечення якості проведених досліджень особливо актуальним є розширення обсягів експериментальних даних, підвищення точності та достовірності одержаної інформації. Очевидно, що при вирішенні цього завдання не обійтись без використання комп'ютерно орієнтованих методів.

Для оброблення багатомірного масиву аналітичних даних, отриманих в результаті аналізу показників якості продукту, перспективним є застосування хеометричних методів [8—9].

У хеометриці для відокремлення корисної інформації використовують метод зменшення розмірності масивів числових даних. Це відрізняє хеометричні методи від традиційних підходів, коли з масиву даних виділяють лише особливо значимі [10]. Зменшення розмірності числових результатів випробувань дозволяє представити корисну інформацію в більш компактному вигляді, зручному для візуалізації та інтерпретації.

Найбільш популярним методом розпізнавання образів, класифікації та зменшення розмірності числових масивів даних є метод головних компонент (МГК) [11]. Даний метод відносять до так званої групи методів «навчання без вчителя», оскільки апріорно дані в групі не об'єднують, а групи виявляють після проведення МГК-моделювання. Математично даний метод перетворює початкові змінні в меншу кількість нових, які є лінійною комбінацією початкових змінних. Ці нові змінні називають головними компонентами (ГК), вони враховують максимальну відмінність між зразками в початковому масиві даних, крім того, між новими

змінними відсутня кореляція. Головні компоненти використовують для класифікації об'єктів. Перші дві або три головні компоненти найчастіше містять значну частину інформації, що зосереджується в початковому масиві даних. Побудувавши графіки рахунків, які містять координати зразків у просторі головних компонент, можна знайти зв'язки між зразками, оскільки встановлено, що подібні зразки на таких графіках знаходяться поруч. Таким чином, графічне представлення зразків у координатах головних компонент може бути використано для визначення кластерів і груп серед зразків. Також практичну цінність має інформація про навантаження головних компонент. Навантаження можна розглядати як вклад початкових змінних у головні компоненти. Величина навантаження характеризує важливість початкової змінної для класифікації зразків. Метод головних компонент широко застосовується під час оброблення великих масивів даних, які часто отримують у результаті хімічного аналізу, в тому числі й молочних продуктів [12].

Мета дослідження: оцінити можливості поєднання фізико-хімічних методів аналізу різних видів сухої молочної сироватки (СМС) з хемометричними методами.

Матеріали і методи дослідження. Для дослідження було відібрано 15 зразків СМС, вироблених на вітчизняних підприємствах молочної промисловості (АТ «Пирятинський сирзавод», ПАТ «Золотоніський маслоробний комбінат», ВАТ «Тульчинський маслосирзавод», ПАТ «Дубно-молоко» та ін.) з використанням електродіалізу, нанофільтрації, електроіскрового оброблення молочної сироватки та за традиційною технологією із недемінералізованої сироватки.

У процесі дослідження використано стандартні та спеціальні методи оцінювання фізико-хімічних, фізико-механічних і функціонально-технологічних властивостей сухих молочних продуктів.

Вміст магнію та мангану у зразках сироватки визначали на атомно-абсорбційному спектрометрі *AASIN (Carl-Zeiss Jena, Німеччина)*, обладнаному пальником для полум'я ацетилен-повітря та лампами з порожнистим катодом на Магній і Манган. Реєстрацію атомного поглинання здійснювали за довжини хвилі резонансної лінії 285,2 нм (Mg) та 279,5 нм (Mn) у полум'ї ацетилен-повітря.

Показник активності води (Aw) вимірювали на приладі *Hygrolab-2 (Rotronic, Швейцарія)* за температури $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Ступінь злежування визначали за методом *J.Pisecky* [13] з використанням металевих сит з вічками 500 мкм.

Для прогнозування стійкості сухих продуктів під час перероблення та зберігання визначали температуру силування (T_g), різницю між T_g і температурою зберігання продукту (T) (як величину, що обумовлює швидкість змін протягом зберігання) та індекс чутливості до налипання та/або злежування (SCSI) [14].

Температуру склування визначали в Інституті технічної теплофізики НАН України за допомогою диференціального скануючого мікροкалориметра ДСК-2М (Росія), оснащеного комп'ютерною програмою збору й оброблення інформації *ThermCar*. Зразки спочатку охолоджували до -50°C зі швидкістю 16 K/хв . За ДСК-кривими, отриманими під час нагрівання зразків зі швидкістю 16 K/хв від -50 до $+35^\circ\text{C}$, визначали температуру початку (T_g^s) і завершення (T_g^f) склопереходу, а потім температуру склування T_g , як середнє значення температурного інтервалу склопереходу.

Неферментативне потемніння СМС встановлювали за показником білизни, який вимірювали в умовних одиницях на приладі Блік-РЗ (Росія).

Для опису та візуалізації одержаного масиву даних використовували метод головних компонент. Моделювання проводили у програмному середовищі продукту OriginPro 9.1. Перед проведенням моделювання масив даних був підданий автомасштабному перетворенню для усунення масштабного фактора.

Результати досліджень. У ході досліджень був отриманий масив даних про фізико-хімічні, фізико-механічні і функціонально-технологічні властивості сухих молочних продуктів, виготовлених з використанням різних методів оброблення сировини (табл. 1).

Таблиця 1. Фізико-хімічні, фізико-механічні і функціонально-технологічні показники дослідних зразків сухої молочної сироватки

Початок табл. 1

Код зразка	Спосіб оброблення сировини	Ступінь демінералізації, %	Масова частка волоgi, %	Масова частка лактози, %	Кислотність відновленого продукту (6,0 % сухих), °Т	Показник активності води, Aw, ум.од	Вміст Mg г/кг	Вміст Mn, мг/кг	Індекс розчинності, см ³ сирого осаду	Відносна швидкість розчинення, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
СМС_1	НФ	40	2,0	70	12	0,245	1,033	0,260	0,3	33
СМС_2	НФ	40	3,0	74	11	0,196	1,233	0,207	0,2	37
СМС_3	НФ		3,0	70	10	0,250	0,933	0,267	0,3	33
СМС_4	НФ, додавання АЗА (0,8 %)	40	3,1	68	12	0,186	0,93	0,207	0,2	35
СМС_5	НФ, додавання АЗА (1,0 %)	40	3,1	69	11	0,202	0,93	0,207	0,25	29
СМС_6	НФ і ЕЮ	40	2,0	74	10	0,127	2,5	1,29	0,1	44
СМС_7	ЕД	40	3,5	73	11	0,270	1,5	0,267	0,35	37
СМС_8	НФ	25	4,0	74	13	0,259	1,1	0,047	0,3	29
СМС_9	НФ	25	3,0	68	14	0,306	0,966	0,103	0,25	37
СМС_10	НФ	40	2,0	68	12	0,259	1,433	0,323	0,3	37
СМС_11	НФ	40	3,0	70	12	0,268	1,2	0,3	0,3	35
СМС_12	БД	0	5,0	62	18	0,383	0,6	0,1	0,6	13
СМС_13	БД	0	5,0	60	20	0,312	0,93	0,14	0,8	18
СМС_14	ЕД	80	3,0	76	10	0,245	1,5	0,06	0,2	39
СМС_15	НФ	34	2,2	83	10	0,270	0,94	0,09	0,2	30

Умовні позначення до табл. 1: НФ — нанофільтрація; ЕД — електродіаліз; ЕЮ — електроіскрове оброблення; АЗА — антизлежувальний агент (Е 551), БД — без демінералізації.

Закінчення табл. 1

Код зразка	Білизна відн. од.	Об'ємна насипна густина, г/см ³	Насипна густина з ущільненням, г/см ³	Піноутворювальна здатність, %	Ступінь злежування, %	Температура склування, Тg, °C	T-Tg, °C	SCSI (індекс чутливості до налипання і злежування)
1	12	13	14	15	16	17	18	19
СМС_1	90,6	0,450	0,568	41,5	16,7	-3	23	7
СМС_2	90,6	0,424	0,533	46,2	8,31	-3	23	7
СМС_3	88,2	0,406	0,525	41,3	13,8	-3	23	7
СМС_4	92,9	0,447	0,556	47,7	10,4	+6,8	13,2	5
СМС_5	94	0,407	0,520	49	9,44	+6,8	13,2	5
СМС_6	98,7	0,385	0,533	90,4	1,62	+18,5	1,5	1
СМС_7	87,8	0,616	0,739	55,1	10,3	+6,5	13,5	5
СМС_8	83,5	0,544	0,715	40,1	12,8	0	20	6
СМС_9	83,5	0,502	0,627	43,5	10,6	0	20	6
СМС_10	87,1	0,544	0,705	86,9	11,5	-3	23	7
СМС_11	85,3	0,535	0,715	76,2	12,7	-3	23	7
СМС_12	72,8	0,570	0,739	21,7	19,8	8	12	6
СМС_13	70,0	0,548	0,716	15,7	24,6	9,4	10,6	5
СМС_14	-	0,616	0,739	49,1	10	6,5	13,5	4
СМС_15	-	0,416	0,525	38,2	14	-2	22	7

Умовні позначення до табл. 1: НФ — нанофільтрація; ЕД — електродіаліз; ЕЮ — електроіскрове оброблення; АЗА — антизлежувальний агент (Е 551), БД — без демінералізації.

У ході попереднього аналізу отриманих результатів встановлено позитивний вплив електроіскрового оброблення сировини на якісні показники та стійкість готового продукту до зберігання. Даний зразок вигідно відрізнявся від решти підвищеним вмістом магнію і мангану, зменшенням ступеня злежування, високими показниками білизни, кращою піноутворювальною здатністю. Слід відмітити, що для цього зразка була характерна незначна різниця між температурою склування та зберігання (1,5 °C). Це вказує на те, що за нормованих в Україні режимів зберігання (від 0 до 20 °C) суха сироватка знаходитиметься переважно в склоподібному стані, а отже, буде стійкою до зберігання.

На наступному етапі отриманий масив даних обробляли за методом головних компонент.

Аналіз результатів обробки даних дозволив встановити, що перші дві головні компоненти загалом описують близько 72 % відмінностей між зразками (ГК1 — 50,2 %, ГК2 — 22,2 %).

Згідно з графіком рахунків першої та другої компонент (рис. 1) відмічено, що зразки СМС розділено на 3 окремі групи. До першої були віднесені зразки, отримані з використанням мембранних методів і електродіалізу (СМС 1—5, 7—11,

14—15), до другої — недемінералізована сироватка (СМС 12, 13), до третьої — СМС, отримана із знесоленої нанофільтрацією сировини з подальшим її електроіскровим обробленням (СМС 6).

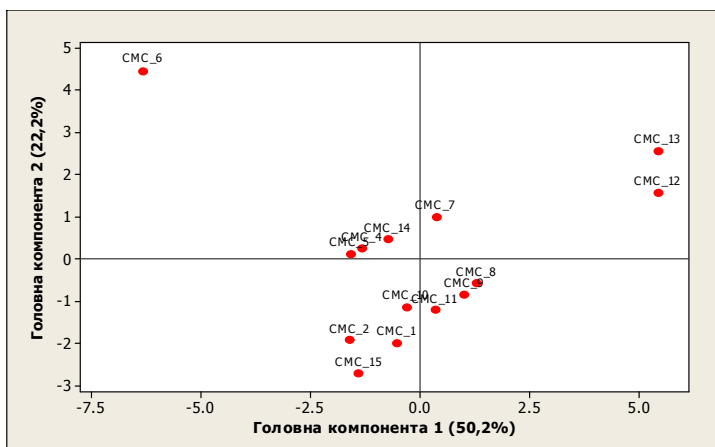


Рис. 1. Графіки рахунків для зразків сухої молочної сироватки, отриманої з використанням різних видів оброблення сировини

Навантаження перших двох компонент наведено у табл. 2, з якої видно, що на ГК1 найбільше впливає показник активності води, масова частка вологи, кислотність, індекс розчинності, ступінь злежування та білизна. На другу головну компоненту — температура склування, різниця між температурою склування та зберігання, SCSi, вміст мангану. Зіставлення графіків рахунків і значень навантажень вказує на те, що у виділенні в окрему групу нового виду СМС, отриманого внаслідок електроіскрового оброблення, найбільший вплив мала температура склування, яка до того ж позитивно характеризувала його за стійкістю до зберігання.

Таблиця 2. Навантаження перших двох головних компонент (ГК)

Показник	ГК1 (50,3%)	ГК2 (22,2%)
Ступінь демінералізації, %	–0,227	–0,114
Масова частка вологи, %	0,284	0,187
Масова частка лактози, %	–0,223	–0,199
Кислотність відновленого продукту, °Т	0,299	0,164
Показник активності води, A_w , ум. од.	0,309	–0,070
Індекс розчинності, см^3 сирого осаду	0,306	0,150
Об'ємна насипна густина, г/см^3	0,215	0,057
Насипна густина з ущільненням, г/см^3	0,226	0,097
Піноутворювальна здатність, %	–0,243	0,043
Ступінь злежування, %	0,304	–0,047
Температура склування, T_g , °С	–0,049	0,489
$T - T_g$	0,049	–0,489
SCSi (індекс чутливості до злипання та злежування)	0,145	–0,446
Білизна, відн.од.	–0,329	–0,059
Вміст Mg, г/кг	–0,244	0,247
Вміст Mn, мг/кг	–0,226	0,305

Висновки. Оцінювання показників якості дослідних зразків сухої молочної сироватки, виробленої з використанням різних методів оброблення сировини, засвідчив перспективність застосування електроіскрового оброблення сировини перед сушінням.

Доведено доцільність застосування хеометричних методів для поділу зразків сухих концентратів із молочної сироватки і здійснення правильного вибору продукту для подальшого використання за показниками якості та стійкості до зберігання.

Застосування методу головних компонент дозволило розділити зразки сухої молочної сироватки в окремі групи за методом оброблення сировини. У виділенні в окрему групу нового виду СМС, отриманого внаслідок електроіскрового оброблення, найбільший вплив мала температура склування, яка до того ж позитивно характеризувала його за стійкістю до зберігання.

ЛІТЕРАТУРА

1. DeWit, J.N. Lecturer's Hand book on whey and whey products. — Brussel: European whey products association, 2001. — 91 p.
2. Królczyk, J.B. Use of Whey and Whey Preparations in the Food Industry — a Review / J.B. Królczyk, T. Dawidziuk, E. Janiszewska-Turak, B. Sołowiej // Polish Journal Food Nutrition Science. — 2016. — Vol. 66. — No. 3. — P. 157—165.
3. Chegini, G. Whey Powder: Process Technology and Physical Properties: A Review / G.Chegini, Taheri M. // Middle-East Journal of Scientific Research. —2013. — № 13 (10). — P. 1377—1387.
4. Храпцов, А.Г. Феномен молочной сыворотки. — СПб.: Профессия, 2011. — 804 с.
5. Kyrychuk, I. Two-stage whey treatment by nanofiltration and reverse osmosis / I. Kyrychuk, V. Myronchuk, Yu. Zmiiievskii, S. Holiachuk // Ukrainian food journal. — 2015. — Vol. 4. — P. 638—647.
6. Ралко, О.С. Перспективи розвитку експорту продукції молокопереробних підприємств України // Наукові праці НУХТ. — 2016. — Том 22, № 3. — С. 82—90.
7. Липатов, Н.Н. Сухое молоко / Н.Н. Липатов, В.Д. Харитонов. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 264 с.
8. Massart, D.L. Chemometrics: a textbook / D.L. Massart. — New York: Elsevier, 1988. — 257 p.
9. Brereton, R.G. Chemometrics: data, analysis for the laboratory and chemical plant. — Chichester: Wiley, 2003. — 489 p.
10. Родионова, О.Е., Померанцев, А.Л. Хеометрика в аналитической химии. — 2006. — 61 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.chemometrics.ru/materials/articles/chemometrics_review.pdf.
11. Эсбенсен, К. Анализ многомерных данных. Избранные главы / Пер. с англ. Кучерявского С. В.; под ред. Родионовой О. Е. — Черноголовка: Изд-во ИПХФ РАН, 2005. — 160 с.
12. Краснянчин, Я.Н. Хеометрические методы в контроле подлинности продуктов питания и пищевого сырья / Я.Н. Краснянчин, А.В. Пантелеймонов, Ю.В. Холин // Методы и объекты химического анализа — 2010. — Т.5, № 3. —С. 118—147.
13. Pisecky, J. Handbook of milk powder manufacture. — Copenhagen: Niro A/S, 1997. — 261 p.
14. Schuck, P. Water activity and glass transition in dairy ingredients / P.Schuck, E. Blanchard, A. Dolivet, S. Méjean, E. Onillon, R. Jeantet // Lait. — 2005. — Vol. 85. — P. 295—304.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И УСТОЙЧИВОСТИ К ХРАНЕНИЮ СУХОЙ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМИ И ХЕМОМЕТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

О.В. Кочубей-Литвиненко, В.Н. Ищенко, Н.П. Суходольская, Н.В. Ярош
Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены физико-химические, физико-механические и функционально-технологические свойства различных видов молочной сыворотки. Применение метода главных компонент позволило разделить образцы молочной сыворотки на группы по способу обработки сырья. Установлено, что наиболее влиятельными показателями для выделения сухих продуктов из сыворотки в группе является температура стеклования, разница между температурой стеклования и хранения, индекс чувствительности к налипанию и/или слеживанию, содержание марганца.

Ключевые слова: сухая молочная сыворотка, качество, хеометрика, метод главных компонент.

RESEARCH OF PHYSICAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS EXTRUSION FEED WITH PUMPKINS

O. Yevtushenko, A. Sharan, M. Kozhevnikova

National University of Food Technologies

Key words:

moisture,
wheat,
pumpkin,
extrusion mixture

Article history:

Received 24.09.2016
Received in revised form
10.10.2016
Accepted 12.11.2016

Corresponding author:

m_ro4ka@i.ua

ABSTRACT

The aim is to determine the physical and technological properties of the mixture to extrusion with the addition of pumpkin at a different number.

The results of exploratory research of physical-technological properties of fodder with pumpkin, namely humidity, collapse angle, slip angle, metal, angle of inclination, true density, bulk density and koezivnist. With cohesion was found that the mixture can move freely the data at unloading. Also, the creation of mixtures with different contents of pumpkins. Determine the initial physical and technological parameters of wheat and barley. It recommended the creation of mixtures, followed by extrusion. The obtained results allow for further extrusion, and also for determining chemical composition as the components and mixtures in the experimental studies.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕКСТРУДОВАНИХ КОРМІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ГАРБУЗА

О.О. Євтушенко, канд. техн. наук,

А.В. Шаран, канд. техн. наук,

М.І. Кожевнікова

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати пошукових досліджень фізико-технологічних властивостей комбікорму з використанням гарбуза (вологість, кут обриву, кут ковзання по металу, кут природного ухилу, дійсна густина, когезивність та об'ємна маса). Застосування показника когезивності надало можливість з'ясувати, що дані суміші можуть вільно переміщатися при вивантаженні. Отримані результати дають змогу проводити екструдкування, а також визначати хімічний склад як компонентів, так і сумішей в експериментальних дослідженнях.

Ключові слова: вологість, пшениця, гарбуз, екструдкування, суміш.

Постановка проблеми. В основі екструдкування лежать два процеси — механіко-хімічна деформація і «вибух». Це безперервні процеси, перебіг яких відбувається під дією деформативних напруг і теплоти при певних швидкостях підводу і відводу тиску.

Процес екструдуювання відбувається таким чином: підготовлена вихідна сировина подається в екструдер. При переміщенні продукту в робочій камері підвищується ступінь стиснення, який визначається відношенням площі робочого каналу до сумарної площі фільєра на виході продукту з профілюючої матриці. Крім того, продукт ущільнюється і прогрівається.

Біополімери в процесі екструдуювання перетворюються із склоподібного стану у високоеластичний. Фазові переходи стану повітря дозволяють весь процес екструдуювання розділити на ряд технологічних зон: завантаження, стискання, гомогенізація, власне екструзія.

В зоні завантаження змін у продукті практично не спостерігається. Високоеластичного стану продукт набуває в зоні стиснення, де відбувається руйнування клітинної структури, крохмалевого і целюлозно-лігнінового компонентів. У зоні гомогенізації продукт набуває в'язко-текучого стану, при якому відбуваються структурно-механічні перетворення білків, крохмалю, клітковини. Основні і найважливіші зміни відбуваються в зоні екструзії. При швидкому переході продукту із зони високого тиску в зону атмосферного тиску акумульована ним енергія звільняється зі швидкістю вибуху. Відбувається розрив клітинних стінок, деструкція, гідроліз [1]. Під дією тиску пари в продукті утворюються пори, а крохмальні зерна, що залишилися цілими, розриваються.

Різка зниження температури забезпечує затвердіння крохмалю і фіксує альвіолярну структуру, що утворюється під дією водяної пари. В результаті екструзії кормових продуктів відбувається явище денатурації білків, інактивація антипоживних речовин, декстренизація крохмалю, деструкція целюлозно-лігнінових утворень, практично повна стерилізація продуктів екструзії, створення мікрошпаруватої структури продуктів. Це сприяє підвищенню засвоюваності поживних речовин екструдованого корму.

Різноманітність процесів, що відбуваються під час екструдуювання, дозволяє класифікувати призначення екструзії за ступенем впливу на продукт таким чином: розщеплення на клітинному рівні, текстурування, стерилізація, видалення вологи, надання форми [2].

Після екструдуювання продукту покращується перетравлюваність його поживних речовин, підвищується стійкість при зберіганні, засвоюваність жиру, збільшується об'ємна маса. Змінними параметрами екструзійної обробки є склад сировини, його природа, вологість, способи попередньої підготовки, а також зміни температури, тиску, тривалості та інтенсивності механічної дії на продукт під час екструзії.

Величина тиску, що створюється в екструдері, залежить від сукупності взаємно пов'язаних параметрів — природи вихідного продукту, температури екструдуювання, гідратації продукту, швидкості обертання робочого органу машини, розміру фільєра.

При дослідженні процесу екструзії оцінюють склад і властивості вихідної сировини, умови її переробки, фізичні і фізико-хімічні параметри кінцевого продукту [3].

Встановлено, що існує прямо пропорційна залежність між в'язкістю кінцевого продукту і вмісту води в ньому, ліпідів і простих цукрів і обернено пропор-

ційна залежність в'язкості від температури процесу екструдуювання і швидкості обертання шнека.

Екструдуювання дозволяє цілеспрямовано змінити властивості продукту і його складових компонентів і знаходить широке практичне застосування в багатьох галузях народного господарства. Екструдувати можна практично будь-які компоненти (органічні). Однак введення жиру не повинно перевищувати 4,5%, оскільки суттєво ускладнюється спучування продукту. Також можна вводити біологічно активні речовини. Готовий екструдат підлягає сушінню. Отриманий екструдат є екологічно чистим: всі мікроорганізми практично повністю знищуються. Зернова сировина часто засіяна мікроорганізмами внаслідок збирання її в несприятливих метеорологічних умовах і неякісного зберігання. На якість зерна впливають головним чином гриби роду *Aspergillus* і *Penicillium*. Теплова обробка компонентів сприяє покращенню санітарних показників комбікормів.

Ефект знезараження сировини можна пояснити зниженням загального вмісту грибів і мікробних клітин, які обумовлюють токсичність за рахунок дії високої температури і тиску пари в екструдері. Комбікорм, приготований на основі екструдованих зернових компонентів, містить менше число мікроорганізмів порівняно із контрольним комбікормом з неекструдованих компонентів.

До інших переваг слід віднести:

- можливість обробки будь-яких інших матеріалів із затриманням оригінального продукту;
- суттєве підвищення поживної цінності екструдату порівняно з поживною цінністю вихідних продуктів;
- можливість використання в композиціях малоцінних продуктів при виробництві комбікормів.

Поживна цінність кормів обумовлена вмістом у ній не тільки білкових речовин, вуглеводів, а й наявністю вітамінів, нестача яких призводить до захворювань і глибоких порушень обміну речовин.

Метою досліджень є визначення фізико-технологічних властивостей сумішей для екструдуювання з додаванням гарбуза у різній кількості.

Матеріали і методи. Для визначення фізико-технологічних властивостей було обрано екструдовану суміш ячменю пшениці та гарбуза.

Об'ємну масу визначали на літровій пурці з падаючим вантажем згідно з ГОСТ 10840-64, масову частку вологи визначали за ГОСТ 13496.3-92. Дійсну густину визначали відношенням маси продукту до об'єму, який він заповнює після видалення повітря між частками після струшування. Внаслідок цього сипучий продукт ущільнюється. Когезивність дозволяє оцінювати поведінку сипучого продукту в динамічному стані при транспортуванні, а також характеризує здатність продукту до аерації і деаерації. Кут природного ухилу вимірювали транспортиром. Таким же чином визначався кут обрушення та кут ковзання по металу.

Результати досліджень. Фізико-технологічні властивості екструдованої суміші визначали після додавання гарбуза у кількості 5%, 10%, 15% та 20% від загальної маси корму. Результати наведені в таблиці.

Таблиця. Фізико-технологічні властивості екструдованої суміші з додаванням гарбуза у кількості 5%, 10%, 15% та 20% від загальної маси корму

Показники	Контроль (без гарбуза) (50:50)%	Зразок I (5%) гарбуза	Зразок II (10%) гарбуза	Зразок III (15%) гарбуза	Зразок IV (20%) гарбуза
Вологість, %	14,4	8,5	9,7	10,4	11,2
Натура г/л	682	484	511	578	602
Кут природного ухилу, град	67	49	54	56	58
Кут обрешення, град	67	49	54	56	58
Кут ковзання по металу, град	29	22	25	27	28
Дійсна густина, кг/м ³	740	567	607	698	731
Коєзивність, %	1,09	1,17	1,18	1,20	1,21
Кормових одиниць в 1 кг	1,19	1,05	1,0	0,95	0,9

На основі проведених пошукових досліджень встановлено, що при додаванні гарбуза у різній кількості (5%, 10%, 15% і 20%) до зернових культур вологість суміші після екструдування зменшується.

Висновки. Встановлено, що кормова суміш у складі пшениці, ячменю та гарбуза змінює свої фізичні властивості: вологість, об'ємну масу, кут природного нахилу, кут обрешення, кут ковзання по металу, дійсну густину, коєзивність завдяки окремим компонентам у суміші.

На основі проведених пошукових досліджень встановлено, що при додаванні гарбуза у різній кількості (5%, 10%, 15% і 20%) до зернових культур вологість суміші зростає. З'ясовано, що введення 5,0%, 10,0%, 15% і 20% гарбуза до складу суміші із зерновими культурами підвищує її вологість і дозволяє не використовувати воду або пару при екструдуванні кормосуміші.

ЛІТЕРАТУРА

1. Євтушенко, О.О. Виробництво комбікормів з використанням біологічно-активних речовин / О.О. Євтушенко, О.І. Шаповаленко // Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у ХХІ ст.: Тези доп. 73-ї наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, Київ, 16 — 17 квітня 2007 року. — К.: НУХТ, 2007. — С. 73 — 74.

2. Шаповаленко, О.І. Вплив екструдування на показники якості кормової суміші / О.І. Шаповаленко, Т.О. Тракало, І.Ф. Ульянич / Нові ідеї в харчовій науці — нові продукти харчової промисловості: міжнародна наукова конференція, присвячена 130-річчю Національного університету харчових технологій, 13—17 жовтня 2014 року. — К.: НУХТ, 2014. — С. 100.

3. Патент на корисну модель 73213 Україна, МПК7 А 23 К 1/14. Екструдований кормовий продукт з використанням насіння льону / Т.І. Янюк, О.І. Шаповаленко, І.В. Козюля; заявник та власник патенту НУХТ. — № 201204322; заявл. 06.04.12; опубл. 10.09.12, Бюл. № 17.

4. Шаповаленко, О.І. Вплив лляного екстракту на хімічний склад гранульованих кормових сумішей/ О.І. Шаповаленко, Т.І. Янюк, О.О. Євтушенко, Т.О. Тракало // Харчова промисловість. — 2015. — № 17. — С. 31—34.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ КОРМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЫКВЫ

О.А. Евтушенко, А.В. Шаран, М.И. Кожевникова
Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены результаты поисковых исследований физико-технологических свойств комбикорма с использованием тыквы (влажность, угол обрушения, угол скольжения по металлу, угол естественного уклона, истинная плотность, когезивность и объемная масса). Использование показателя когезивности позволило выяснить, что данные смеси могут свободно перемещаться при выгрузке. Полученные результаты позволяют проводить экструдирование, а также определять химический состав как компонентов, так и смесей в экспериментальных исследованиях.

Ключевые слова: *влажность, пшеница, тыква, экструдирование, смесь.*

WAYS TO ENRICH THE HUMAN DIET WITH ESSENTIAL FATTY ACIDS

E. Shemanska

National University of Food Technologies

Key words:

functional fatty products,
essential fatty acids,
ratio ω -3/ ω -6 acids,
biological value,
fat-and-oil composition

Article history:

Received 25.02.2016
Received in revised form
11.10.2016
Accepted 7.11.2016

Corresponding author:

shemanska@ukr.net

ABSTRACT

In order to enrichment food ration essential fatty acids of the population investigated blending of vegetable oils which give a balanced composition of polyunsaturated fatty acids, and conventional flavor characteristics.

Theoretic and practical basis for the formation of the new group of phospholipid fatty products of functional purpose which guarantee the proper correlation of omega-3 and omega-6 fatty acids including recommendations of use has been identified. The use of particular vegetable oils as the sources of essential α -linolenic acid and vitamins in food and oil-and-fat products has been validated. It has been investigated and analyzed the fatty acid composition and biological value of flaxseed, camelina, hempseed, rapeseed, soybean and sesame oils.

Developed functional fatty products differ a balanced ratio of essential fatty acids, ω -6 / ω -3 from 10: 1 to 3: 1, and can be used as a component of the fatty human diet and for the production of health-preventive purposes.

ШЛЯХИ ЗБАГАЧЕННЯ ХАРЧОВОГО РАЦІОНУ ЛЮДИНИ ЕСЕНЦІАЛЬНИМИ ЖИРНИМИ КИСЛОТАМИ

Є.І. Шеманська, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті визначено теоретичну і практичну основу для створення продуктів, які гарантують раціональне співвідношення ω -3 та ω -6 кислот з урахуванням норм їх споживання. Науково обґрунтовано використання рослинних олій як джерела есенціальних кислот і біологічно активних речовин. Розроблено жирові продукти, які відрізняються збалансованим співвідношенням ω -6/ ω -3 жирних кислот з 10:1 до 3:1 і можуть бути використані як жировий компонент харчування людини, а також для виробництва оздоровчо-профілактичних продуктів.

Ключові слова: есенціальні жирні кислоти, співвідношення ω -3/ ω -6 кислот, біологічна цінність, жирнокислотний склад, купажування.

Постановка проблеми. Квота жирів у харчовому раціоні становить 30% від добових енерговитрат людини, у дієтичному харчуванні вона може бути зменшена до 25%. У північній кліматичній зоні цей показник становить 38—40% від загальної енергетичної цінності раціону.

Добове надходження жирів з харчовим раціоном має становити не менше як 1 г на 1 кг маси тіла. Довготривале споживання жиру менше ніж 1 г на 1 кг маси тіла не забезпечує підтримання життя людини внаслідок розвитку полінутрієнтного дефіциту біологічно активних речовин (жиророзчинних вітамінів, фосфоліпідів, поліненасичених жирних кислот) [1].

Як відомо, жири в організмі можуть утворюватись із вуглеводів і білків. Але в організмі синтезуються тільки насичені (НЖК) і мононенасичені (МНЖК) жирні кислоти, що визначає незамінність поліненасичених (ПНЖК) у харчуванні. В.І. Смоляр з посиланням на експертів ВООЗ стверджує, що жирова складова щоденного раціону повинна забезпечувати у рівних кількостях окремі фракції жирних кислот, тобто НЖК:ПНЖК:МНЖК = 1:1:1[2]. Подібний склад «ідеального» жиру є базовим для розробки норм фізіологічних потреб населення в основних харчових речовинах і енергії.

Особливе значення надається вмісту в продуктах есенціальних полінасичених жирних кислот, до яких передусім слід віднести лінолеву ($C_{18:2}$) та ліноленову ($C_{18:3}$) кислоти. Лінолева кислота є основним представником довголанцюгових жирних кислот родини омега-6 (ω -6), а α -ліноленова кислота – еквівалентом довголанцюгових жирних кислот родини омега-3 (ω -3).

Залишається дискусійним питання щодо оптимального співвідношення окремих класів жирних кислот ліпідів харчових продуктів, але більшість науковців дотримуються єдиної думки, що найбільшу біологічну ефективність ліпідів зумовлює рівень вмісту омега-3 кислот. Згідно з рекомендаціями Інституту харчування РАМН, співвідношення ω -6/ ω -3 поліненасичених жирних кислот у раціоні здорової людини повинно складати 10:1, а для лікувального харчування — від 3:1 до 5:1 [3; 4]. На підставі клінічних та експериментальних досліджень зарубіжних вчених рекомендоване співвідношення кислот ω -6 і ω -3 складає від 4:1 до 2:1 [5].

Основною рослинною олією, що споживається українцями, є соняшникова, яка не володіє оптимальним складом ПНЖК, тому не влаштовує споживачів, що дотримуються здорового способу життя.

Сучасні технології отримання і переробки олій, зокрема методи селекції рослин — продуцентів олії заданого типу, дозволяють знайти декілька варіантів виходу з даної ситуації:

- збільшення виробництва рослинних олій, в складі яких переважають ПНЖК родини омега 3;
- застосування лікарських препаратів, з ПНЖК родини омега 3;
- створення олійних культур з високим вмістом омега 3 кислот методом генної інженерії;
- купажування рослинних олій з відмінним жирнокислотним складом [6].

Доцільним є введення у склад харчових раціонів таких жирових продуктів, які забезпечать необхідний фізіологічним потребам організму баланс есенціальних кислот ω -6 та ω -3.

Важливим аргументом на користь рослинних олій є їх безпечність, тому що вони містять α -ліноленову кислоту, яка є попередником необхідним для метаболізму організму і може накопичуватися в організмі та витратитися за потребою.

Метою статті є обґрунтування виробництва і споживання рослинних олій підвищеної біологічної цінності та створення продуктів збалансованого жирно-кислотного складу.

Методи досліджень. Жирнокислотний та ізомерний склад рослинних олій і вершково-рослинних спредів аналізувався на газовому хроматографі Agilent 6890 (США) з капілярною колонкою, програмним режимом та іонізаційно-полум'яним детектором. У процесі дослідження застосовувалася методика приготування метилових ефірів (ДСТУ ISO 5509-2002) та метод газової хроматографії (ДСТУ ISO 5508-2001). Органолептичні та фізико-хімічні показники визначалися за стандартними методиками.

Результати досліджень. Як предмет дослідження обрано поширені у харчовому раціоні населення України рослинні олії, а також нетрадиційні види олій — ріжівєва, конопляна, амарантова, кунжутна, кедрова, гарбузова, волоського горіха, зародків пшениці та плодів обліпихи. Також досліджено широко представлену у торговельній мережі оливкову олію сорту "Extra virgin".

Біологічна і, відповідно, харчова цінність рослинних олій характеризується складом та співвідношенням жирних кислот. У табл. 1 наведено жирнокислотний склад дослідних рослинних олій з олійних культур.

Таблиця 1. Жирнокислотний склад олій

Рослинні олії	Вміст жирних кислот, %				Співвідношення ω-3/ω-6
	Насичені жирні кислоти	Ненасичені жирні кислоти			
		ω-9 (олейнова)	ω-6 (лінолева)	ω-3(α- ліноленова)	
Соняшникова	11,34	24,61	62,58	0,09	1:695
Сосна	15,64	21,36	55,60	5,73	1:10
Ріпакова	6,86	58,99	18,68	9,13	1:2
Кукурудзяна	11,31	43,1	44,90	0,65	1:69
Оливкова	15,53	72,06	7,12	0,59	1:12
Лляна	10,24	17,30	14,31	57,26	1:0,25
Рижева	9,96	15,99	19,26	33,85	1:0,6
Конопляна	10,74	13,53	55,40	15,32	1:3,6
Гірчична	4,87	33,53	10,96	11,25	1:1
Амарантова	17,83	23,97	53,75	1,31	1:41
Кунжутна	11,31	38,0	40,71	0,34	1:130
Гарбузова	19,71	21,47	58,38	0,14	1:417
Обліпихова	29,32	5,82	16,84	4,94	1:3,4
Олія волоського горіха	8,21	16,56	61,35	13,58	1:4,5
Олія зародків пшениці	18,24	14,86	57,03	6,69	1:8,5

Так, соняшникова та кукурудзяна олії містять високу кількість кислот ω -6 і зовсім незначну — кислот ω -3 та не мають оптимального жирнокислотного складу. Соева олія має рекомендоване для споживання співвідношення ω -3/ ω -6 ПНЖК (1:10). Для ріпакової та гірчичної олій характерним є відносно низький рівень насичених жирних кислот (4—7%), високий рівень олеїнової кислоти (33—59%) та середній рівень ліноленової кислоти (9—11%) і, відповідно, сприятливий баланс ω -3/ ω -6 як 1:1—2. Для оливкової олії характерним є високий

вміст олеїнової кислоти та невеликий рівень ПНЖК. У лляній і ріжківій олії вміст незамінної α -ліноленової кислоти значно перевищує рекомендовані рівні, що свідчить про їх високу фізіологічну цінність і доцільність використання для збагачення ω -3 кислотою харчових продуктів. Лише у кедровій олії визначено есенціальну γ -ліноленову кислоту (18,8%). Олія волоського горіха та конопляна мають достатньо високий вміст α -ліноленової кислоти, але використання їх обмежене високою вартістю. Інші кислоти не відповідають рекомендованому для харчового раціону співвідношенню ω -3/ ω -6 ПНЖК.

З метою збагачення харчового раціону людини есенціальними жирними кислотами запропоновано використання нетрадиційних рослинних олій як джерела незамінної α -ліноленової кислоти та біологічно активних речовин.

Молочні продукти з підвищеним вмістом жиру вже давно стали незамінними продуктами харчування в багатьох країнах світу. Вони мають високу харчову цінність і відіграють важливу фізіологічну роль як джерело енергетичного та пластичного матеріалу для організму людини. Недоліками їх є ресурсоемність, калорійність і високий вміст холестеролу. Зокрема, молочний жир має дефіцит (менше 5%) незамінних поліненасичених жирних кислот (таких як ліолева та ліноленова), високий вміст холестеролу (до 240 мг%) та нестабільний хімічний склад, який коливається залежно від періоду року і умов годівлі корів [7]. Тому актуальною є концепція зниження масової частки молочного жиру в харчових продуктах для досягнення збалансованого складу жирової компоненти харчового раціону людини.

З метою оптимізації жирнокислотного складу запропоновано створення спредів на основі вершкового масла, соняшникового саломасу та кокосової олії, з додаванням рафінованої ріпакової олії.

Для розрахунку складу купажів нами розроблена комп'ютерна програма (на мові програмування Паскаль), яка дозволяє розрахувати жировий набір сумішей збалансованого жирнокислотного складу. До алгоритму програми було закладено жирнокислотний склад досліджуваних жирів та олій. Для досліджень обрано рецептури спредів, які гарантують раціональне співвідношення ω -3/ ω -6 жирних кислот з урахуванням норм їх споживання (рецептури 1 та 2), а також традиційний спред з торговельної мережі на основі соняшникової олії (рецептура 3).

За розробленими рецептурами було виготовлено зразки спредів, які досліджено на відповідність чинній нормативній документації. Органолептичні та фізико-хімічні показники спредів наведені у табл. 2.

Таблиця 2. Органолептичні і фізико-хімічні показники спредів

Показники	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 3	Вимоги ДСТУ 4445:2005 «Спреди та суміші жирів»
1	2	3	4	5
Консистенція і зовнішній вигляд	Однорідна, щільна консистенція, відсутні вкраплення жиру іншої консистенції			Однорідна, пластична, щільна або м'яка
Смак і запах	Специфічний присмак і запах молочного жиру, відсутній присмак рослинних олій.			Залежно від технології вершковий, солодко-вершковий, кисловершковий

Продовження табл. 2.

1	2	3	4	5
Колір	Жовтий	Жовтий	Світло-жовтий	Від світло-жовтого до жовтого, однорідний
Температура плавлення жиру, °C	28	27	27	Від 27 до 36
Масова частка транс-ізомерів олеїнової кислоти в жирі, в перерахунку на метилелаїдат, %	6,66	7,21	7,27	Не більше, ніж 8
Кислотність жирової фази, градусів Кеттсторфера	0,37	0,37	0,39	Не більше, ніж 2,5
Пероксидне число, ммоль активного кисню/кг	3,2	3,1	2,8	При випуску із заводу — 5, наприкінці зберігання — 10

Дані табл. 2 свідчать, що розроблені спреди відповідають вимогам ДСТУ 4445:2005 «Спреди та суміші жирів». Введення рафінованої ріпакової олії не вплинуло на органолептичні характеристики спредів, температура плавлення і кислотність відповідають встановленим нормам. Слід відмітити, що рівень транс-ізомерів жирних кислот не перевищує встановленої у маргариновій продукції норми 8%.

Критеріями біологічної цінності продукту прийнято співвідношення поліненасичених, мононенасичених і насичених жирних кислот, ω -3 та ω -6 есенціальних жирних кислот (табл. 3).

Таблиця 3. Жирнокислотний склад спредів і вершкового масла

Зразки	Вміст жирних кислот (%)				Співвідношення ω-3/ω-6
	Насичені жирні кислоти	Ненасичені жирні кислоти			
		ω-9 (олеїнова)	ω-6 (лінолева)	ω-3 (α- ліноленова)	
Вершкове масло	62,71	24,21	4,80	0,90	1:5
Рецептура 1	36,14	38,60	12,73	2,86	1:4,5
Рецептура 2	33,71	40,32	12,76	3,10	1:4,1
Рецептура 3	42,45	23,81	23,29	0,23	1:99,1

Вміст ненасичених жирних кислот у складі спредів свідчить про їх високу харчову та фізіологічну цінність. За результатами наших досліджень, співвідношення ω -3/ ω -6 кислот у складі спредів складає (1/4,1...1/4,5). Вказане співвідношення відповідає рекомендованому дієтологами співвідношенню есенціальних жирних кислот для оздоровчо-профілактичного харчування.

Особливості технології виробництва спредів дозволяють застосовувати поряд з молочними компонентами значну кількість компонентів рослинного походження, головним чином рослинних олій. Завдяки їх наявності спреди, порівняно з вершковим маслом, набувають ряд споживчих переваг: не замерзають у холодильнику, мають пластичну консистенцію, містять більшу кількість вітамінів і біологічно активних речовин, меншу кількість холестеролу.

Висновки. Основним показником біологічної та, відповідно, харчової цінності жирових продуктів є вміст жирних кислот. Їх співвідношення у харчовому раціоні впливає на стан організму людини. Для отримання продуктів підвищеної біологічної цінності бажано використовувати принцип купажування, що дозволяє досягнути збалансованості за жирнокислотним складом та забезпечує функціональні властивості продукту.

Розроблені спреди підвищеної біологічної цінності наближаються до формули збалансованого харчового раціону і можуть бути рекомендовані до використання в оздоровчо-профілактичному і дієтичному харчуванні. Збалансоване співвідношення омега-3/омега-6 кислот відрізняє спреди від традиційних аналогів на основі гідрогенізованих жирів і соняшникової олії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гігієна харчування з основами нутріціології : Підруч. : у 2 кн. / Т.І. Аністратенко, Т.М. Білко, О.В. Благодарнова та ін.; за ред. проф. В.І. Ципріяна. — К.: Медицина, 2007. — Кн. 1. — 528 с.
2. Смоляр, В.І. Історія харчування / В.І. Смоляр. — К.: Медицина України, 2006. — 351 с.
3. Радзієвська, І.Г. Сумішеві олії для здорового харчування / І.Г. Радзієвська, О.М. Громова // Харчова промисловість. — 2013. — № 14. — С. 30—33.
4. Кобець, О.С. Рослинні олії як джерела функціональних інгредієнтів / О.С. Кобець, О.В. Арпуль, В.Ф. Доценко, С.П. Задкова // Наукові праці НУХТ. — 2016. — Том 22, № 2. — С. 204—212.
5. Nosenko, T. Rape seeds as a source of feed and food proteins / Tamara Nosenko, Tetyana Kot, Volodymyr Kichshenko // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. — 2014. — Vol. 64, No. 2. — P. 109—114.
6. Белінська, А.П. Технологія купажованої олії підвищеної біологічної цінності / А.П. Белінська // Автореф. — НТУ «ХПІ», 2011. — 21 с.
7. Fatty acid composition of dairy fat products of vegetable origin / E. Grek, E. Krasulya, A. Savchenko, A. Petrina // Ukrainian Journal of Food Science. — 2014. — Vol. 2, Is. 1. — P. 14—21.

ПУТИ ОБОГАЩЕНИЯ ПИЩЕВОГО РАЦИОНА ЧЕЛОВЕКА ЭССЕНЦИАЛЬНЫМИ ЖИРНЫМИ КИСЛОТАМИ

Е.И. Шеманская

Национальный университет пищевых технологий

В статье определена теоретическая и практическая основа для создания продуктов, которые гарантируют рациональное соотношение омега-3 и омега-6 кислот с учетом норм их потребления. Научно обосновано использование растительных масел в качестве источника эссенциальных кислот и биологически активных веществ. Разработаны жировые продукты, которые отличаются сбалансированным соотношением ω -6/ ω -3 жирных кислот от 10:1 до 3:1 и могут быть использованы как жировой компонент питания человека и для производства оздоровительно-профилактических продуктов.

Ключевые слова: эссенциальные жирные кислоты, соотношение ω -3/ ω -6 кислот, биологическая ценность, жирнокислотный состав, купаживание.

PERSPECTIVES OF USING PROBIOTIC MICROORGANISMS WITH TANNASE ACTIVITY AS BASES OF FUNCTIONAL FOOD PRODUCTS AND BACTERIOTHERAPEUTIC DRUGS

S. Starovoitova

National University of Food Technologies

Key words:

tannase activity,
gut microbiota,
probiotics,
functional food products,
probiotics

Article history:

Received 18.10.2016
Received in revised form
31.10.2016
Accepted 11.11.2016

Corresponding author:

svetik_2004@mail.ru

ABSTRACT

The types of tannins and their sources of selection were considered. The characteristics of the structure and properties of tannins, especially of bacterial origin were given. The ways of biodegradation of the main types of tannins and enzymes involved in the processes of their decomposition were analyzed. The possibility of using tannins and their value in a variety of industries, especially in the food and pharmaceutical was shown. The main tannase-producing bacteria, especially with potential probiotic properties and the ability to use in creating bacterial drugs and functional foods were shown. Application perspectives of tannase activity of probiotic microorganisms as a basis for pharmaceutical products - probiotics and functional foods enriched with probiotic microorganisms relevant to the antioxidant and anti-tumor properties were covered.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ З ТАНАЗНОЮ АКТИВНІСТЮ ЯК ОСНОВИ ПРОДУКТІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ХАРЧУВАННЯ І БАКТЕРІОТЕРАПЕВТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

С.О. Старовойтова, канд. біол. наук

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто види і джерела виділення танінів. Проаналізовано шляхи біодеградації основних видів танінів і ферменти, що беруть участь в процесах їх розкладу. Показано можливе використання і значення танінів у різних галузях промисловості, особливо в харчовій і фармацевтичній. Висвітлено перспективи застосування пробіотичних мікроорганізмів з таназною активністю як основи фармацевтичних препаратів — пробіотиків і продуктів функціонального харчування.

Ключові слова: таназна активність, мікробіота кишечника, продукти функціонального харчування, пробіотики.

Постановка проблеми. Рослинна їжа є головним джерелом танінів — біологічно активних фітонутрієнтів. Таніни наявні в різних рослинах, які використовуються як харчові продукти і корми. Таніни, з одного боку, корисні для здоров'я у зв'язку з їх хіміопрофілактичною активністю проти канцерогенезу і мутагенезу, з іншого — вони можуть бути залучені до формування раку, гепатотоксичної або антипоживної активності. Таніни відомі як антинутрієнти, тобто вони знижують ефективність перетворення організмом засвоєних поживних речовин у нові речовини. Властивості танінів безпосередньо залежать від їх молекулярної маси. Чим вища молекулярна маса, тим сильніші їхні антипоживні ефекти і нижча біологічна активність [1].

Незважаючи на те, що таніни чинять токсичну дію на різні організми, деякі мікроорганізми стійкі до дії танінів і мають здатність деградувати їх в олігомерні таніни та інші корисні похідні, такі як галова кислота або пірогалол. Таназа — танінацилгідролаза (ЕС 3.1.1.20) каталізує гідроліз галоїл ефірного зв'язку танінів. Таназа належить до естераз. Незважаючи на значний інтерес до вивчення танази, наукових даних про її молекулярну будову відомо мало. Це один із найважливіших факторів, який обмежує широкомасштабне застосування танази. Тільки бактеріальна таназа проаналізована на генетичному рівні. Охарактеризована біохімія і структура танази *Lactobacillus plantarum* [2], яка найчастіше зустрічається при ферментації рослинних матеріалів з високим вмістом танінів. Мікрофлора шлунково-кишкового тракту (ШКТ) людини має глибокий вплив на трансформацію їжі в метаболіти, які можуть вплинути на здоров'я людини [3].

Мета дослідження: довести перспективи використання танін-метаболізуючої активності пробіотичних штамів для подальшого їх використання у харчовій і фармацевтичній промисловості для створення продуктів функціонального харчування та препаратів-пробіотиків.

Викладення основного матеріалу. Таніни (від франц. Tannin — вичинювати шкіру) — водорозчинні фенольні продукти, здатні преципітувати білки з водних розчинів. Таніни є другою за поширеністю в природі групою фенолів (після лігнінів) і вважаються вторинними метаболітами рослин. Таніни містяться в корі, деревині, листі і (або) плодах (іноді насінні, коренях, бульбах) багатьох рослин і надають листю та плодам терпкий смак. Вони володіють певним спектром біологічних властивостей, що забезпечують механізми захисту рослин від шкідників і хвороб, викликаних бактеріями і вірусами. Таніни пригнічують ріст ряду мікроорганізмів і стійкі до мікробної дії. За сучасною класифікацією виділяють чотири класи танінів: галотаніни, елаготаніни, конденсовані та комплексні таніни [4].

Підвищена кількість танінів у ґрунті пригнічує інтенсивність росту рослин, негативно впливає на врожайність. Таніни ускладнюють деякі технологічні процеси в харчовій промисловості і пригнічують ферментативні реакції в пивоварінні. Підвищений вміст танінів у кормах для тварин знижує ефективність травлення і, як наслідок, продуктивність сільськогосподарських тварин. Таніни, що містяться в продуктах харчування, беруть участь у розвитку деяких видів раку [4].

Лікарські властивості рослин часто обумовлені наявністю поліфенольних сполук. Таніни як фенольні сполуки ефективні хелатори для іонів металів, тому можуть використовуватися в лікуванні отруєнь важкими металами. З'являються повідомлення про потенційну інгібуючу дію танінів ВІЛ-1 [5].

Як уже згадувалося вище, таніни відомі як антинутрієнти. Проте зустрічається багато повідомлень про позитивні ефекти танінів на здоров'я людини: протипухлинні ефекти, здатність знижувати артеріальний тиск і модулювати різні види імунної відповіді. Ймовірно, дані ефекти пов'язані з антиоксидантними властивостями танінів. Елагова кислота є ефективним антиоксидантним таніном з протипухлинною властивістю. Приймати високі кількості танінів не слід, оскільки вони можуть включатися в процес формування злоякісних пухлин і перешкоджати нормальному травленню. Однак прийом адекватних кількостей танінів правильного типу є корисним для здоров'я людини внаслідок їх впливу на метаболічні ферменти, імуномодуляцію та інші функції [1; 6].

Продукти анаеробного розкладання багатьох танінів, що утворюються в ШКТ, також можуть утворювати сполуки з корисними для здоров'я людини ефектами, наприклад, похідні пропіонової або фенілоцтової кислот. Ці сполуки мають протизапальну дію при всмоктуванні в ШКТ, а також широкий діапазон антимікробної дії, пригнічуючи розвиток патогенних мікроорганізмів.

Як було зазначено вище, таніни мають токсичні і бактеріостатичні властивості та утворюють сполуки з білками, а наявність танінів є одним із захисних механізмів рослин від мікроорганізмів. Але, незважаючи на антимікробні властивості танінів, багато пліснявих грибів, бактерій і дріжджів досить стійкі до них та здатні рости і розвиватися за їх наявності. Механізми, завдяки яким мікроорганізми володіють стійкістю, включають: модифікацію, деградацію, дисоціацію танін-субстратних комплексів, інактивацію танінів шляхом зв'язування тощо [1—4].

Плісняві гриби, дріжджі і деякі аеробні бактерії зазвичай краще підходять для деградації танінів, проте анаеробна деградація можлива, наприклад, у ШКТ. Кожна група мікроорганізмів має специфічні властивості в процесі розкладання танінів. Так, дріжджі проявляють активність стосовно галотанінів і не здатні розкладати високомолекулярні таніни. Бактерії мають здатність деградувати галотаніни й елаготаніни. Гриби, у свою чергу, можуть розкласти всі типи танінів [3; 4].

Відомо, що в метаболізмі танінів бере участь ряд ферментів, але основним ферментом є таназа. У природі цей фермент може бути тваринного, рослинного і мікробного походження. Найбільше значення має саме таназа мікробного походження [4].

Будова і властивості танази залежать від: продуцента, умов культивування тощо [4].

Оскільки таназа має прикладне значення, особливо у фармацевтичній і харчовій промисловості, важливим питанням є її безпека стосовно організму людини, а також статус продуцентів танази як мікроорганізмів групи GRAS (Generally Recognized as Safe). Результати останніх досліджень свідчать про безпеку танази, що продукується бактеріями роду *Lactobacillus* [7].

Значення і застосування таназу. Основними напрямками промислового застосування таназу є харчова, фармацевтична і хімічна промисловість. Важливим напрямком застосування таназу є виробництво галової кислоти. Галова кислота - основний продукт гідролізу танінів, використовується в харчовій, косметичній промисловості як потужний антиоксидант. Вона також використовується як прекурсор у виробництві протималярійних препаратів і як світлочутлива смола у виробництві напівпровідників. Повідомляється про антиапоптичну дію галової кислоти, здатності захищати клітини організму людини від окисних пошкоджень і вираженому цитотоксичному дії щодо ракових клітин. Галова кислота використовується як субстрат у ферментативному і хімічному синтезі. Пропілгалат застосовується як антиоксидант жирів і олій та у виробництві напоїв. Кінцевий продукт метаболізму галової кислоти - пірогалол, що використовується при фарбуванні шкіри і хутра, прояві фотознімків, у виробництві протипухлинних лікарських засобів.

Практичне використання таназу все ще залишається досить обмеженим у зв'язку з недостатньо вивченими її властивостями, складністю отримання і очищення. Для промислового виробництва використовуються мікроорганізми, які продукують фермент, більш стабільний, ніж рослинний або тваринний.

Бактерії продуценти таназу. Вперше повідомлення про здатність деяких штамів бактерій використовувати танінову кислоту як джерело вуглецевого живлення з'явилося на початку 1980-х років. З тих пір було виділено понад 60 штамів бактерій — продуцентів таназу, а саме: бактерії родів *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Enterococcus*, *Pentococcus* тощо (таблиця) [8—10], однак, лише деякі з них можуть використовуватися для комерційного виробництва. Існує кілька методів скринінгу бактерій продуцентів таназу.

Таблиця. Бактерії продуценти таназу

Бактерія продуцент	Посилання
1	2
<i>Bacillus plumilus</i>	Deschamps et al. (1983)
<i>Bacillus polymyxa</i>	Deschamps et al. (1983)
<i>Corynebacterium sp.</i>	Deschamps et al. (1983)
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Deschamps et al. (1983)
<i>Pseudomonas solanaceum</i>	Deschamps et al. (1983)
<i>Citrobacter freundii</i>	Kumar et al. (1999)
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Osawa et al. (2000)
<i>Lactobacillus paraplantarum</i>	Osawa et al. (2000)
<i>Lactobacillus pentosus</i>	Osawa et al. (2000)
<i>Bacillus lichiniiformis</i>	Mondal et al. (2000)
<i>Bacillus cereus</i>	Mondal et al. (2001)
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Ayed and Hamdi (2002)
<i>Lactobacillus paraplantarum</i>	Nishitani et al. (2004)
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Nishitani et al. (2004)
<i>Lactobacillus pentosus</i>	Nishitani et al. (2004)
<i>Lactobacillus animalis</i>	Nishitani et al. (2004)
<i>Lactobacillus murinus</i>	Nishitani et al. (2004)

Продовження табл.

1	2
<i>Lactobacillus faecalis</i>	Nishitani et al. (2004)
<i>Lactobacillus acidilactici</i>	Nishitani et al. (2004)
<i>Lactobacillus pentosaceus</i>	Nishitani et al. (2004)
<i>Enterococcus faecalis</i>	Goel et al. (2005)
<i>Lactobacillus sp.</i> ASR-S1	Sabu et al. (2006)
<i>Pentococcus entosaceus</i>	Guzman-Lopez et al. (2009)
<i>Lactobacillus buchneri</i>	Guzman-Lopez et al. (2009)
<i>Lactobacillus hilgardii</i>	Guzman-Lopez et al. (2009)
<i>Weissella confusa</i>	Guzman-Lopez et al. (2009)
<i>Bacillus thuringiensis</i> BN2	Belur et al. (2009)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Selwal et al. (2010)
<i>Serratia ficaria</i>	Belur et al. (2010)
<i>Serratia marcescens</i>	Belur et al. (2010)
<i>Microbacterium terregens</i>	Belur et al. (2010)
<i>Providencia rettgeri</i>	Belur et al. (2010)
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Matoba et al. (2013)
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Ren et al. (2013)
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Jimenez et al. (2014)
<i>Streptococcus gallolyticus</i>	Jimenez et al. (2014)
<i>Roseburia intestinalis</i> XB6B4	de Felipe et al. (2014)
<i>Streptococcus gallolyticus</i> ATCC 3143	de Felipe et al. (2014)
<i>Streptococcus gallolyticus</i> ATCC BAA-2069	de Felipe et al. (2014)
<i>Streptococcus gallolyticus</i> UCN34	de Felipe et al. (2014)
<i>Fusobacterium nucleatum subsp. vincentii</i>	de Felipe et al. (2014)
<i>Fusobacterium nucleatum subsp. nucleatum</i> ATCC 25586	de Felipe et al. (2014)
<i>Fusobacterium nucleatum subsp. animalis</i>	de Felipe et al. (2014)
<i>Aggregatibacter actinomycetemcomitans</i> D7S-1	de Felipe et al. (2014)
<i>Aggregatibacter actinomycetemcomitans</i> D11S-1	de Felipe et al. (2014)
<i>Aggregatibacter aphrophilus</i>	de Felipe et al. (2014)
<i>Aggregatibacter actinomycetemcomitans</i> ANH9381	de Felipe et al. (2014)
<i>Slackia heliotrinireducens</i>	de Felipe et al. (2014)
<i>Lactobacillus plantarum</i> CIR1	Aguilar-Zarate et al. (2014)
<i>Lactobacillus paraplantarum</i> NSO120	Ueda et al. (2014)
<i>Lactobacillus pentosus</i> 21A-3	Ueda et al. (2014)
<i>Lactobacillus plantarum</i> ATCC 14917	Ueda et al. (2014)
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Esteban Torres et al. (2015)
<i>Lactobacillus plantarum</i> DSM 15313	Ahrén et al. (2015)
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Tahmourespour et al. (2016)

Згідно з візуальним методом (якісної реакції), при обробці лугом культуральної рідини, з подальшою інкубацією при температурі 23 °C протягом години, відбувається зміна кольору від зеленого до коричневого і поглинання світла при $\lambda = 440$ нм — позитивна реакція.

Для росту і селективного виділення бактерій з таназною активністю може застосовуватися щільне живильне середовище з додаванням танінової кислоти (% w/v: м'ясний екстракт — 0,3; пептони — 0,5; танінова кислота — 2; агар — 2).

Через 3—4 доби інкубації проводиться фарбування розчином 0,01 М FeCl₃ для аналізу на галотаніни.

Обидва методи успішно застосовуються для виявлення бактерій з таназною активністю. Пропонуються різні способи виділення продуцентів. Для кількісної оцінки таназної активності продуцентів також відомі різні методи, найчастіше застосовуються: титриметричний, колориметричний, УФ-спектрофотометричний, фотометричний [5; 10].

Однак згадані методи є трудомісткими і вимагають обов'язкового проведення стадії культивування і не дозволяють встановити повний потенціал таназної активності досліджуваних штамів, тому зараз особливо актуальні генетичні дослідження штамів-продуцентів, які дають точний результат і дозволяють виявити гени, відповідальні за таназну активність.

Висновки. Таким чином, перспективним є дослідження наявності таназної активності у добре вивчених пробіотичних штамів, які можуть застосовуватися для розробки продуктів функціонального харчування у харчовій промисловості та пробіотиків у фармацевтичній промисловості з розширеним спектром профілактичної й терапевтичної дії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Jiménez, N. Tannin degradation by a novel tannase enzyme present in some *Lactobacillus plantarum* strains / N. Jiménez, M. Esteban-Torres, J.M. Mancheño et al. // Appl Environ Microbiol. — 2014. — Vol. 80, № 10. — P. 2991—2997.
2. Ren, B. Crystal structure of tannase from *Lactobacillus plantarum* / B. Ren, M. Wu, Q. Wang et al. // J. Mol. Biol. — 2013. — Vol. 425. — P. 2737—2751.
3. Nicholson, J.K. Host-gut microbiota metabolic interactions / J.K. Nicholson, E. Holmes, J. Kinross et al. // Science. — 2012. — Vol. 336. — P. 1262—1267.
4. Chávez-González, M. Biotechnological Advances and Challenges of Tannase: An Overview / M. Chávez-González, L.V. Rodríguez-Durán, N. Balagurusamy et al. // Food Bioprocess. Technol. - 2012. — Vol. 5. — P. 445—459.
5. Das Mohapatra, P.K. Tannin-an effective agent against HIV-I / P.K. Das Mohapatra, K.C. Mondal, B.R. Pati // In: Advances in Biotechnology. Studium, USA. — 2013. — P. 419—428.
6. Гойко, І.Ю. Використання рослинної сировини як збагачувача кисломолочних напоїв з антиоксидантними властивостями / І.Ю. Гойко // Наукові праці НУХТ. — 2014. — Том 20, №1. — С. 240—246.
7. Matoba, Y. Crystallographic and mutational analyses of tannase from *Lactobacillus plantarum* / Y. Matoba, N. Tanaka, M. Noda et al. // Proteins Struct. Funct. Bioinform. — 2013. — Vol. 81. — P. 2052—2058.
8. Esteban-Torres, M.A. *Lactobacillus plantarum* esterase active on a broad range of phenolic esters / M. Esteban-Torres, J.M. Landete, I. Reverón et al. // Appl Environ Microbiol. — 2015. — Vol. 81, № 9. — P. 3235—3242.
9. López de Felipe, F. Bioactive compounds produced by gut microbial tannase: implications for colorectal cancer development / F. López de Felipe, B. de Las Rivas, R. Muñoz // Front Microbiol. — 2014. — Vol. 5. — P. 684.
10. Ahrén, I.L. Antihypertensive activity of blueberries fermented by *Lactobacillus plantarum* DSM 15313 and effects on the gut microbiota in healthy rats / I.L. Ahrén, J. Xu, G. Önning et al. // Clin Nutr. — 2015. — Vol. 34, № 4. — P. 719—726.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОБИОТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ С ТАННАЗНОЙ АКТИВНОСТЬЮ КАК ОСНОВЫ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И БАКТЕРИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

С.А. Старовойтова

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассмотрены виды и источники выделения таннинов. Проанализированы пути биodeградации основных видов таннинов и ферменты, участвующие в процессах их разложения. Показано возможное использование и значение таннинов в различных отраслях промышленности, особенно в пищевой и фармацевтической. Освещены перспективы применения пробиотических микроорганизмов с танназной активностью в качестве основы фармацевтических препаратов — пробиотиков и продуктов функционального питания.

Ключевые слова: танназная активность, микробиота кишечника, продукты функционального питания, пробиотики.

DEVELOPMENT OF NEW TYPE DAIRY PRODUCT WITH COMBINED COMPOSITION OF RAW MATERIALS

I. Ustymenko, G. Polishchuk

National University of Food Technologies

Key words:

emulsion,
milk fat substitute,
dairy products,
protein and fat basis,
wheat germ

Article history:

Received 14.10.2016

Received in revised form
28.10.2016

Accepted 8.11.2016

Corresponding author:

ustymenko_igor@mail.ru

ABSTRACT

Scientific reasonable composition of the new type of dairy product dessert destination. As the fat component used edible emulsion of fat mass fraction 50% based on milk fat substitute, which is produced by enzymatic re-esterification. Developed recipes dessert destination high-value products with functional and technological natural ingredients such as wheat germ and corn syrup to adjust the consistency and providing full taste. Resource saving technology is a new type of dairy product with combined composition of raw materials through significant savings of raw materials of animal origin. Developed food product meets all regulatory requirements for the organoleptic and physico-chemical parameters, the taste of which can diversify by adding taste aromatic homogeneous and heterogeneous components.

РОЗРОБЛЕННЯ НОВОГО ВИДУ КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТУ КОМБІНОВАНОГО СКЛАДУ

І.М. Устименко,

Г.Є. Поліщук, д-р. техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті науково обґрунтовано склад кисломолочного білково-жирового продукту. Розроблено рецептури продуктів десертного призначення з функціонально-технологічними натуральними компонентами. Розроблений харчовий продукт відповідає всім нормативним вимогам за органолептичними та фізико-хімічними показниками.

Ключові слова: емульсія, замінник молочного жиру, кисломолочний продукт, білково-жирова основа, зародок пшеничний.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку харчової промисловості актуальним напрямком є створення нових технологій молокозмісних продуктів з оліями та продуктами їх переробки, серед яких доволі популярними є вироби із сиру кисломолочного комбінованого складу [1].

Важливість білка в нашому житті загальновідома, тому що він є матеріалом, з якого будуються всі клітини організму, ферменти, а також імунні тіла. У той же час продукти комбінованого складу, в тому числі білоквмісні, користуються

підвищеним попитом через прийнятну ціну, високу харчову та енергетичну цінність й оригінальні органолептичні властивості [2; 3].

Найпопулярніші жирові компоненти для комбінування з молочною основою — це замітники молочного жиру (ЗМЖ). Переваги їх застосування у складі молоковісних продуктів, порівняно з оліями, полягають у можливості коригування температури плавлення жирової фази, високій антиокиснювальній стабільності через низький вміст вільних жирних кислот і здатності до тривалого зберігання [4].

Основними проблемами у технологіях молоковісних продуктів є: нерівноцінна заміна молочного жиру на жировмісну сировину і продукти її перероблення з точки зору безпеки та харчової цінності; недосконалі способи внесення жирових компонентів у молочну основу. Так, недоліком використання різних за походженням ЗМЖ у складі молоковісних продуктів є наявність у їх складі транс-ізомерів жирних кислот, більш шкідливих, ніж ті, що містяться в природних оліях [5]. У країнах ЄС вміст транс-ізомерів жирних кислот у жировмісних харчових продуктах не повинен перевищувати 8%, у скандинавських країнах — 2%, а в Україні — до 8% [6]. З метою підвищення рівня безпеки нових видів молоковісних продуктів слід обирати ЗМЖ, що не містять сполуки, небезпечні для здоров'я споживачів. Для повної заміни молочного жиру у складі нових видів білково-жирових продуктів авторами запропоновано використовувати харчові емульсії на основі замітника молочного жиру, одержуваного методом ензимної переестерифікації.

Метою досліджень є наукове обґрунтування складу кисломолочного продукту комбінованого складу високої харчової цінності.

Матеріали і методи. У дослідженнях використовували: харчову емульсію з масовою часткою жиру 50% на основі замітника молочного жиру (ЗМЖ) марки «Віолія молжир 3» з температурою плавлення від 32 до 34 °С. Обраний ЗМЖ виготовляють методом ензимної переестерифікації (ТУ У 15.4-00373758-013-2003) на ВАТ «Вінницький олійно-жировий комбінат» (промислова група «VIOIL»). Основні переваги його застосування такі: ніжний і приємний смак; підвищений вміст поліненасичених жирних кислот і вітаміну Е; відсутність генетично-модифікованих сполук; відмінні структурно-механічні властивості; збільшений термін придатності і стійкість до згіркнення; простота використання; відсутність транс-ізомерів жирних кислот; максимальне наближення кривої плавлення до такої для молочного жиру.

За попередніми результатами досліджень для стабілізації емульсій з масовою часткою жирового компонента 50 % авторами обрано емульгатор Т-2 (виробник — НПП “Електрогазохім” Ю Україна) і казеїнат натрію (фірма “China Chem” (Китай) [7]. Емульсії одержували перемішуванням впродовж 10 хв за температури (65±2) °С з подальшою гомогенізацією на гомогенізаторі-диспергаторі моделі 15M-8TA “Lab Homogenizer & Sub-Micron Disperser” (GAULIN CORPORATION, Massachusetts, USA).

Як молочно-білкову основу використовували сир кисломолочний нежирний відповідно до ДСТУ 4554:2008 «Сир кисломолочний. Технічні умови». Як харчосмакові продукти застосовували: патоку карамельну згідно з ДСТУ 4498:2005

«Патока карамельна. Технічні умови»; зародок пшеничний харчовий згідно з ТУ У 45.22.014-95 «Зародок пшеничний харчовий. Технічні умови».

Титровану й активну кислотність, масову частку вологи та вологоутримувальну здатність (ВУЗ) білкової основи визначали нормативними методами відповідно до ГОСТ, ГОСТ 3626 і ГОСТ 7636. Органолептичні показники вивчали проведенням дегустаційної оцінки досліджуваних зразків нового продукту.

Результати досліджень. На першому етапі наукової дослідження обґрунтовано склад білково-жирової основи для подальшого застосування у складі рецептур з масовою часткою жиру, що збігається з такою для сиру кисломолочного відповідно до нормативних вимог. Зразки білково-жирової основи готували з масовою часткою жиру 2, 5, 9 та 18 % згідно до традиційно прийнятої масової частки жиру у сирі кисломолочному класичних видів — столовому, селянському, напівжирному та жирному. Склад білково-жирової основи наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Склад білково-жирової основи

Компоненти	Масова частка ЗМЖ, %			
	2	5	9	18
Сир кисломолочний нежирний	96,0	90,0	82,0	64,0
Емульсія, м.ч.ж. 50%	4,0	10,0	18,0	36,0
Всього	100,0	100,0	100,0	100,0

Органолептичні та фізико-хімічні показники зразків кисломолочної основи комбінованого складу, порівняно з контрольним зразком (сиром кисломолочним нежирним), наведено у табл. 2 і табл. 3.

Таблиця 2. Органолептичні показники дослідних зразків

Показники	Масова частка ЗМЖ, %				
	0	2	5	9	18
Консистенція, зовнішній вигляд	Розсипчаста, незначна крупинчатість	М'яка, незначна крупинчатість		Мазка, дещо розріджена, незначна крупинчатість	
Смак і запах	Характерний кисломолочний без сторонніх присмаків і запахів			Кисломолочний, солодкуватий, дещо пустий	
Колір	Білий, рівномірний за всією масою			Кремовий відтінок, рівномірний за всією масою	

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники дослідних зразків ($P \geq 0,95$, $n = 3$)

Показники	Масова частка ЗМЖ, %				
	0	2	5	9	18
Титрована кислотність, °Т	184±4	165±3	132±2	110±3	96±2
Активна кислотність, рН	4,36±0,09	4,37±0,10	4,40±0,09	4,49±0,07	4,58±0,06
Масова частка вологи, %	80,5±1,7	79,2±1,9	77,0±1,4	74,6±1,5	69,2±1,4
ВУЗ, %	99,97±2,49	99,96±2,09	99,95±1,49	99,93±2,39	99,93±1,79

Відповідно до даних табл. 2, зразки з різним вмістом жиру суттєво відрізняються за органолептичними показниками. Так, за підвищення масової частки ЗМЖ з 2 до 18%, її консистенція білково-жирової основи дещо розріджується, стає більш мазкою, маслянистою, смак набуває солодкуватого і дещо пустого присмаку.

За даними табл. 3, з підвищенням масової частки ЗМЖ у складі білково-жирової основи з 2 до 18% титрована кислотність знижується до досягнення майже удвічі меншого значення. Щодо активної кислотності, то її значення змінюється у вужчому діапазоні. Незважаючи на доволі високий вміст води в емульсії, за підвищення жирності зразків їх вологість знижується на тлі незначного розрідження консистенції. У той же час вологоутримувальна здатність зразків різної жирності практично однакова, що можна пояснити наявністю у водній фазі емульсії ефективного гідрофільного агента казеїнату натрію. Таким чином, для подальшого застосування у складі рецептур кисломолочних продуктів комбінованого складу можна рекомендувати зразки з досить широким діапазоном вмісту ЗМЖ — від 2 до 18%.

На другому етапі дослідження було розроблено рецептури білково-жирового продукту десертного призначення з оригінальними органолептичними властивостями та підвищеною харчовою цінністю при застосуванні натуральних харчосмакових продуктів. Коригування консистенції і смаку потребували зразки саме із середнім і високим вмістом жиру через занадто мазку консистенцію і дещо пустий присмак.

За суттєвої зміни у зразках вмісту жиру (від 0 до 18%) і води (на 11,3%), їхня вологоутримуюча здатність практично однакова, тому було зроблено припущення, що рекомендований для зразка з масовою часткою ЗМЖ 9% вміст смако-ароматичних компонентів може бути прийнятним і для зразків з меншою або більшою жирністю, що потребує практичного підтвердження.

Як натуральні функціонально-технологічні компоненти у складі білково-жирового продукту було обрано:

- підсоложувач і загущувач — патоку карамельну з масовою часткою сухих речовин не нижче 78%, яка містить структуруючі вищі цукри, комплекс мінеральних речовин і має низький ступінь солодкості [8; 9].

- вологозв'язувальний і структуруючий агент — зародок пшеничний харчовий (масова частка клейковини — 2,4%, вуглеводів — 26,5—46,0%, білків — 30—33%) [10].

Отже, обрані функціонально-технологічні наповнювачі у складі молочно-білкових продуктів сприятимуть покращенню органолептичних характеристик продукту (смак і запах, консистенцію) та підвищуватимуть його харчову цінність.

Спочатку, за результатами 10-бальної органолептичної оцінки, було визначено рекомендований вміст карамельної патоки у складі білково-жирового кисломолочного продукту з масовою часткою жиру 9% (рис. 1). Вміст патоки змінювали в діапазоні від 5 до 30% для суттєвого варіювання ступеня солодкості та консистенції зразків.

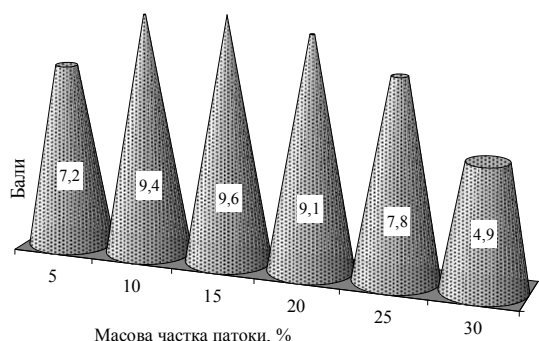


Рис. 1. Бальна оцінка органолептичних показників білково-жирового кисломолочного продукту з патокою карамельною

Відповідно до рис. 1, найвищі бали за комплексом показників (ступенем солодкості та повнотою смаку — до 6 балів, зв'язністю консистенції — до 3 балів і зовнішнім виглядом — до 1 бала) було встановлено для зразків з масовою часткою крохмальної патоки в діапазоні від 10 до 20%. Зразок з масовою часткою патоки 15% і максимальним балом (9,6) був рекомендований для подальших випробувань.

Для поліпшення консистенції і повноти смаку білково-жирового продукту за зниження вмісту молочних білків використовували зародок пшеничний. Для активізації структуруючої здатності, надання приємного присмаку і забезпечення мікробіологічної чистоти зародка пшеничного проводили його попереднє обсмаження при температурі 125—130 °C 15—20 хв і подрібнення на молоткових млинах.

За допомогою сенсорного методу було встановлено рекомендовану масову частку зародка у складі кисломолочного продукту. Дослідні зразки оцінювали за 5-бальною шкалою за такими дескрипторами, як: смак і запах; присмак і запах зернопродукта; консистенція; інтенсивність забарвлення; зовнішній вигляд. На рис. 2 показано профілограми дослідних зразків білково-жирового кисломолочного продукту із зародком пшеничним у кількості до 4%.

Органолептично встановлено, що за вмісту зародка пшеничного в кисломолочному продукті 0,5—1 % присмак зернопродукту практично відсутній. За масової частки зародка 1,5% дослідний зразок характеризується приємним поєднанням аромату та присмаку зародка з кисломолочною основою, а за вмісту зародка 2% сирний продукт набуває специфічного зернового присмаку. Також слід відмітити, що консистенція зразка саме з масовою часткою зародка 1,5% дуже пластична, мазка, формостійка й однорідна, а у разі підвищення вмісту зернопродукту стає занадто щільною. Отже, за результатами комплексного дослідження органолептичних показників зразків рекомендований вміст у білково-жировому продукті зародка пшениці становить 1,5%.

Основним результатом проведеного дослідження є науково обґрунтований склад нового виду кисломолочного продукту десертного призначення з привабливим смаком і ніжною, однорідною та мазкою консистенцією, смакові властивості якого можна різноманітнити додаванням смако-ароматичних гомогенних і гетерогенних інгредієнтів. Авторами розроблено численні рецептури десертної

кисломолочної пасти з цикорієм, горіхами, родзинками, плодово-ягідними та овочевими пюре і джемами.

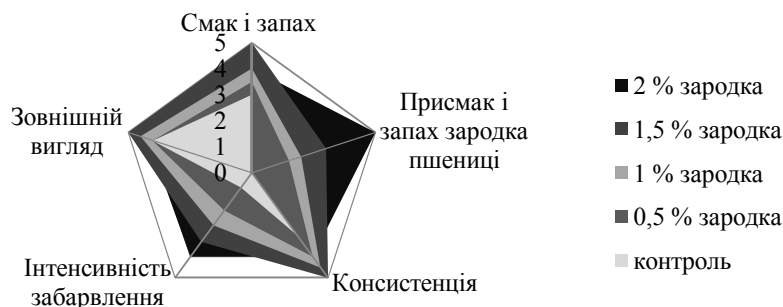


Рис. 2. Профілограми дослідних зразків білково-жирового кисломолочного продукту із зародком пшеничним

За результатами проведеного дослідження розроблено нормативну документацію (ТУ У 10.5-02070938-221:2016 «Паста білково-жирова»). В умовах Вінницького обласного клінічного госпіталю для ветеранів війни доведено, що включення молоковмісного продукту з підвищеним вмістом білків, вітамінів, мінералів до стандартного варіанта раціону учасників АТО надає можливість поповнити їхній організм незамінними нутрієнтами і загалом поліпшити стан здоров'я.

Перспективи подальшого дослідження полягають у розрахунку харчової цінності пасти білково-жирової закусочної та дослідженні її показників якості впродовж зберігання.

Висновки. За результатами органолептичної оцінки встановлено можливість застосування харчової емульсії на основі заміни молочного жиру, що виготовляється методом ензимної переетерифікації, у складі кисломолочного продукту комбінованого складу в широких межах вмісту жиру — від 2 до 18%.

Доведено доцільність застосування у складі молоковмісного продукту патоки карамельної низькооцукреної у кількості 15% як підсолоджуючого і структуруючого компонента.

На прикладі зразка комбінованого складу з масовою часткою жиру 9% доведено доцільність внесення 1,5% зародка пшеничного як натурального структуруючого агента.

ЛІТЕРАТУРА

1. Влияние немолочных жиров на качество новых молокосодержащих продуктов / Л.В. Голубева, О.И. Долматова, О.Б. Стремиллова и др. // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2012. — № 4. — С. 49—50.

2. Попова, Н.В. Удосконалення рецептури збагачених глазурованих сирків з начинкою / Н.В. Попова, В.В. Ткаченко // Наукові праці НУХТ. — 2016. — Т. 22, № 3. — С. 224—230.

3. Ющенко, Н.М. Обґрунтування вибору компонентів композицій натуральних прянощів для кисломолочних паст / Н.М. Ющенко, І.М. Миколів, У.Г. Кузьмук // Харчова промисловість. — К.: НУХТ. — 2015. — №18. — С.19—26.

4. Тагиева, Т.Г. Принципы составления жировых основ спредов./ Т.Г. Тагиева, В.Н. Григорьева, Л.И. Тарасова // Масложировая промышленность. — 2007. — № 1. — С. 6—9

5. Mozaffarian, D Trans Fatty Acids and Cardiovascular Disease / M. Katan, A. Ascherio, M. Stampfer // New England Journal of Medicine. — 2006. — № 15. — P. 1601—1613.

6. Макаренко, Р.О. Вплив транс-ізомерів жирних кислот на здоров'я людини / Р.О. Макаренко, О.Г. Макаренко // Матеріали 79 Міжнар. конф. молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» Київ, 15—16 квітня 2013 року / М-во освіти і науки, молоді та спорту, НУХТ. — К.: НУХТ, 2013. — Ч. 4. — С. 378—380.

7. Полищук, Г. Научное обоснование состава эмульсий для нормализации белково-жировых продуктов / Г. Полищук, Г. Симахина, И. Устищенко и др. // Maisto chemija ir technologija. Mokslo darbai. — 2016.—Т.50, № 1.—Р. 45—55.

8. Бреус, Н.М. Оптимізація складу морозива на молочній основі з цукристими речовинами / Н.М. Бреус, О.О. Басс, Л.Ю. Маноха та ін. // Наукові праці НУХТ. — 2016. — Т. 22. — С. 166—171.

9. Башта, А.О. Одержання та перспективи використання високозцукреної патоки із пшениці / А. О. Башта, В. А. Лагода // Наукові праці НУХТ. — 2010. — № 32. — С. 97—102.

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

РАЗРАБОТКА НОВОГО ВИДА КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА КОМБИНИРОВАННОГО СОСТАВА

И.Н. Устищенко, Г.Е. Полищук

Национальный университет пищевых технологий

В статье научно обоснован состав кисломолочного белково-жирового продукта. Разработаны рецептуры продуктов десертного назначения с функционально-технологическими натуральными компонентами. Разработанный пищевой продукт соответствует всем нормативным требованиям по органолептическим и физико-химическим показателям.

Ключевые слова: эмульсия, заменитель молочного жира, кисломолочный продукт, белково-жировая основа, пшеничный зародыш.

METHOD OF HEALTH IMPROVEMENT MAFFIN OBTAINING DEVELOPMENT

A. Ukrainets, T. Khariton

National University of Food Technologies

Key words:

pectin,
dietary fiber,
pectin of beet bagasse,
puree of sugar beet,
sorbent

Article history:

Received 02.06.2016

Received in revised form
25.06.2016

Accepted 03.09.2016

Corresponding author:

toma.khariton@gmail.com

ABSTRACT

The work confirmed the feasibility of using recycled shorts from sugar production (pectin of beet bagasse) and puree of sugar beet in maffin technology, allowing to produce end-product with extended sorbent qualities towards ions of bivalent lead; with good look and taste. By trial cooking it was set the ratio of ingredients and optimal technological regimes, providing the finished product of quality, and the estimation of organoleptic and quality indicators of finished product was given. In result, we have chosen such a combination of ingredients; 2.5% puree of sugar beet and 0.3% pectin of beet bagasse. Products with the addition of such a quantity of functional supplements had high organoleptic characteristics, had sorbent qualities towards ions of bivalent lead. The use of this raw material in maffin technology allows to enrich low-metocsic pectin and food fibres of sugar beet.

РОЗРОБЛЕННЯ СПОСОБУ ОТРИМАННЯ МАФІНІВ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

А.І. Українець, д-р. техн. наук,

Т.Я. Харітон, канд. хім. наук

Національний університет харчових технологій

У статті підтверджено доцільність використання вторинної сировини цукрового виробництва (пектин бурякового жому) та пюре столового буряку в технології мафінів, що дозволяє створити продукт з підвищеною сорбційною здатністю до іонів двовалентного свинцю з приємним смаком і зовнішнім виглядом.

Ключові слова: мафін, пектинові речовини, харчові волокна, сорбція, буряковий жом, столовий буряк.

Постановка проблеми. Харчова промисловість як одна з провідних в Україні виробляє значну кількість продуктів харчування оздоровчого спрямування, біологічно активні речовини та дієтичні добавки.

Аналіз літературних джерел показав [1], що пектин і харчові волокна входять до переліку основних фізіологічно-функціональних інгредієнтів, які використовують для створення продуктів функціонального призначення. У зв'язку з

цим перед науковцями та фахівцями харчової промисловості стоїть питання розробки технологій харчових продуктів, збагачених харчовими волокнами. Це знайшло своє відображення у державних програмах у сфері поліпшення харчового статусу населення. Так, метою Державної науково-технічної програми «Біофортificaція та функціональні продукти на основі рослинної сировини на 2012—2016 роки», концепція якої схвалена постановою президії НАН України № 189 від 08.06.2011, є створення нових функціональних продуктів із рослинної сировини, збагачених необхідними для здоров'я людини дефіцитними макро- та мікроелементами, вітамінами й біологічно активними сполуками природного походження.

Відомо [1], що харчові волокна, з одного боку, є фізіологічно-функціональними інгредієнтами, які здатні справляти позитивний фізіологічний вплив на окремі системи організму людини, з іншого — вони мають технологічні властивості харчових добавок, які регулюють структуру та фізико-хімічні властивості харчових продуктів. З огляду на важливість завдання створення харчових продуктів із підвищеним вмістом харчових волокон нами вивчено можливість застосування нових добавок у технологіях борошняних кондитерських виробів оздоровчого (функціонального) призначення, зокрема мафінів.

Зовнішньо мафіни схожі на кекси, але насправді це зовсім інший продукт. Різниця полягає в інгредієнтному складі та методі замішування тіста. Мафіни мають ніжну і легку структуру м'якуша, порівняно з кексами, розвинену пористість, приємний смак і аромат. Головною особливістю мафінів є відсутність у рецептурному складі маргарину. Як жирову складову використовують рослинні олії, які містять біологічно активні речовини загальнозміцнюючої та імуномодуючої дії [2]. Як збагачувач нами використано вторинну рослинну сировину, а саме: продукти перероблення цукрової промисловості — пектин бурякового жому і харчові волокна пюре буряку. Останні є джерелом пектину [3,4,5]. Саме пектинові речовини позитивно впливають на процеси виведення з організму солей важких металів, токсичних речовин і підвищують загальну опірність організму.

Метою статті є дослідження сорбційних властивостей таких кондитерських виробів, як мафіни, збагачених пектином бурякового жому і харчовими волокнами пюре столового буряку (з вологістю 15%).

Виклад основних результатів дослідження. У раціоні харчування населення, враховуючи складні екологічні умови, мало продуктів та біологічно активних добавок радіопротекторної, імуностимулюючої та загальнозміцнюючої дії.

Вибір пюре столового буряку обумовлений тим, що цілющі властивості саме цієї сировини відомі здавна [6]. Столовий буряк є цінним джерелом вітамінів, мінеральних і пектинових речовин, органічних кислот, поліфенольних сполук.

Відомо, що основною складовою макромолекули пектинових речовин є нерозгалужені полімерні блоки полігалактуранової кислоти (пектової) — полісахариду, побудованого з ланок D-галактуранової кислоти в α -піранозній формі, які зв'язані між собою α -1,4-глікозидним зв'язком. Наявність у полімері такої поліуронідної основи є критерієм приналежності до категорії пектинових речовин (пектин, що виробляється у промисловості, містить не менше 65% галактуранової кислоти).

Полігалактуронова кислота, що міститься у макромолекулі пектину рослинної сировини, має частково етерифіковані гідроксильні та ацетильні групи. Це покладено в основу класифікації пектинових речовин на високометоксильовані (ступінь етерифікації більше 50%) і низькометоксильовані (ступінь етерифікації до 50%).

Так, в ряді наукових праць наведені рекомендації щодо використання чистих пектинів або пектиновмісних композицій для адсорбції іонів важких металів за рахунок неетерифікованих (деметоксильованих) карбоксильних і гідроксильних груп.

Механізм сорбційної (комплексотвірної) здатності пектинових речовин, а також лікувально-профілактична дія у складі харчових продуктів, як і самостійно вживаного пектину, продовжує бути дискусійним питанням.

Сучасними науковими дослідженнями доведено [7], що аномально високе зв'язування катіонів двовалентних металів пектином пов'язано з вмістом у комерційному пектині галактанів, арабінанів, білків, ліпідів, окремих амінокислот, що здатні до утворення внутрішньомолекулярних хелатних зв'язків (нерозчинних комплексів з металами, що не всмоктуються у шлунково-кишковому тракті).

Науковими дослідженнями ряду авторів (А.В. Істомін, М.В. Бочкарьов, Л.В. Донченко.) доведено, що низькометоксильований пектин рослинної сировини є ефективним комплексоутворювачем і може застосовуватись для профілактики отруєнь кадмієм, молібденом, марганцем, а іони свинцю пектин зв'язує на 70—90%. Та найбільш сприятливі умови комплексоутворення пектинів з металами виникають у кишечнику при рН 7,1—7,6 за рахунок деметоксильовання пектинової кислоти у процесі травлення. Крім того, підтверджено, що низькометоксильований пектин у кислому середовищі шлунка (рН 1,8—2,0) утворює комплекси з радіоактивними металами протягом 1-2 годин.

Разом з тим в літературі ще недостатньо даних про кількісні характеристики ефективної сорбції токсичних іонів металів і харчових продуктів, що їх містять, і це ускладнює їх правильне дозування й тактику використання в харчових продуктах для профілактичних і лікувальних цілей. Крім того, суттєвим є той факт, що ентеральні середовища організму містять іони Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} тощо, які можуть значною мірою впливати на селективність пектинових речовин у харчових продуктах до цільових іонів металів [8].

Таким чином, вважається, що під час травних процесів відбувається часткове деметоксильовання пектинових речовин з утворенням полігалактуронової кислоти, яка спричиняє комплексотвірну дію до іонів свинцю, марганцю тощо, а захисна дія пектинових речовин пояснюється також їх здатністю разом з харчовими волокнами за рахунок гідрофільності набрякати у водному середовищі, подразнювати стінки кишківника і виводити токсичні речовини з організму.

Полісахаридні некрохмальні комплекси цукрового буряку як полімерні гідроколоїди, що містять гідрофільні групи, вступають у взаємодію з водою. У системах, які утворюються гідроколоїдами, частина води полімерного комплексу зв'язується водневими зв'язками (для цукрового буряку 29,2 г води /100 г) [9] і фіксується тривимірною сіткою. Від структурної організації біополімерів буряку, їх міжмолекулярної взаємодії залежать властивості рослинних комплексів в цілому, в тому числі водозв'язуючі, сорбційні і функціонально-технологічні у процесі виробництва і зберіганні харчових продуктів [9,10].

Аналіз сорбційної здатності пектинових речовин різного походження показав, що буряковий пектин має найкращі результати за сорбцією свинцю [9]. Порівняльний аналіз фізико-хімічного складу пектинових речовин жому буряку і пектинових речовин червоного буряку, що застосовувалися для збагачення мафінів, наведено в табл. 1

Таблиця 1. Фізико-хімічні властивості пектинових речовин буряку

№ п/п	Назва показника	Уронідна складова, %	Комплексоутворююча здатність, мг Pb ⁺² /г
1	Пюре столового буряку	68,9	191
2	Пектин жому цукрового буряку	80,7	211

Як впливає з наведених результатів, найкращі якісні показники для комплексоутворення має пектин бурякового жому [11].

З метою визначення впливу пектинових речовин на якість мафіну і встановлення їх оптимального вмісту в рецептурі продукту готували напівфабрикати (тістові заготовки) внесенням 1,5; 2,5; 5; 7% пюре столового буряку до маси борошна (вміст сухих речовин 20% згідно з рецептурою) і 0,1; 0,3; 0,5; 0,7% низькометоксильованого (ступінь етерифікації у межах 28...35%) пектину жому буряку на кожну концентрацію пюре столового буряку (табл. 2).

Технологія мафінів передбачає стадію приготування емульсії з рідких компонентів та емульгаторів, тому до емульсії додавали попередньо замочуваний протягом 30 хв пектин жому буряку, потім, на стадії замісу тіста, вносили пюре столового буряку.

Шляхом пробних випікань отримали 5 зразків мафінів, в яких визначали сорбційну здатність до іонів двовалентного свинцю (табл. 2).

Крім того, слід враховувати, що борошняні вироби мають речовини, в тому числі і білкові структури, які здатні утворювати комплекси з іонами токсичних металів. Аналіз літературних джерел [9;12] показав, що для борошняних виробів, збагачених пектином, який теж є комплексоутворювачем, доцільно вживати показник сорбції іонів металів. Саме цей показник застосовується у цій статті.

Таблиця 2. Сорбційна здатність мафіну з пектиновими добавками

Кількість пюре (СР 18%) столового буряку до маси борошна, %	Кількість пектину цукрового буряку до маси борошна, %	Сорбційна здатність мафіну, мг Pb ⁺² /г
1,5	0,1	1,63
2,5	0,3	2,13
5	0,5	2,20
7	0,7	2,21
Контроль (мафін) без добавок		0,28

Визначення кількості поглинутого свинцю здійснювали методом «мокрого спалювання» [12]. Для цього готували пробу водного розчину 100 г пектиновмісного мафіну у вигляді бовтанки при температурі 50—60 °С. Через 2—3 хв розчин фільтрували. Пробу з фільтрату обробляли стандартним розчином свинцю з утворенням об'ємного осаду Pb-пектатів. Осад кип'ятили 2 год у спалюванні

суміші до утворення прозорого розчину. Вміст іонів свинцю у розчині визначали трилонометричним методом [12]. Одержані результати наведені у табл. 2.

Як видно з табл. 2, сорбційна здатність мафінів до токсичних іонів двовалентного свинцю зростає і знаходиться у прямій залежності до вмісту пектинових речовин у всіх зразках борошняного виробу порівняно з контрольним зразком (табл. 2). Стрибкоподібне збільшення значення сорбційної здатності борошняного виробу мафінів із вмістом 1,5%; 2,5% пюре буряку і 0,1; 0,3% пектину бурякового жому, можливо, пояснюється фізико-хімічними, біохімічними процесами, що відбуваються на стадії технології замісу тіста для мафінів. Із збільшенням вмісту пектинових речовин у виробі сорбція іонів свинцю уповільнюється, майже не змінюється.

Уповільнення сорбційної здатності у виробі під час випікання може відбуватися за рахунок процесів етерифікації та інших хімічних і фізичних перетворень полісахаридних структур.

З пробних випікань чотирьох зразків мафінів і контрольного виробу за традиційною технологією було встановлено співвідношення інгредієнтів та оптимальні технологічні режими, які забезпечують одержання готового виробу високої якості.

Органолептичні показники мафінів із різним вмістом пектинових речовин у зразках найкращі з вмістом пюре столового буряку і пектину жому буряку 2,5 і 0,3% до маси борошна і в зразку з добавкою збагачувачів 5 і 0,5%, відповідно, до маси борошна (табл. 3).

На основі проведених досліджень отримано мафіни з такими технологічними показниками, як вологість: у межах 18,3..18,9%, що відповідає нормативним значенням ДСТУ 4683:2006; лужність продукту, що із збільшенням масової частки пектин збільшується до 1,8 град, тоді як у контрольному зразку — 1,3 град. ДСТУ 5024:2008 передбачає стандартну лужність для мафінів не більше 2 град. Отже, всі досліджені зразки відповідають чинним вимогам [13].

Таблиця 3. Органолептичні показники мафінів із різним вмістом пектинових речовин у рецептурі

Показник	Вміст пюре столового буряку і пектину бурякового жому, % до маси борошна, відповідно			
	1,5; 0,1	2,5; 0,3	5; 0,5	7; 0,7
Поверхня	Непідгоріла, гладка і рівномірна, без тріщин, підривів і притисків		Непідгоріла, наявні незначні підриви	Непідгоріла, наявні значні підриви
Колір скоринки	Коричневе, рівномірне		Коричневе, рівномірне, інтенсивне	
Стан м'якушки	Еластична, добре пропечена		Більш жорсткіша, добре пропечена	
Структура пористості	Пори маленькі, рівномірно розподілені, тонкостінна, еластична	Пори маленькі, рівномірно розподілені, більш товстостінна	Рівномірна, товстостінна	
Аромат	Приємний, бісквітний, без сторонніх запахів, притаманний виробу			

Експериментальними дослідженнями підтверджено, що кондитерський виріб мафін із вмістом пектину жому цукрового буряку і пюре столового буряку має належні органолептичні показники і високу сорбційну здатність до токсичних іонів свинцю.

Таким чином, отриманий кондитерський виріб мафін з додаванням пюре цукрового буряку і пектину бурякового жому з високою уронідною складовою має ознаки профілактичних продуктів, що надає можливість зробити висновок про перспективність їх використання особами, зокрема військовослужбовцями, які перебувають на територіях, забруднених токсичними речовинами.

Висновки. Доведено можливість одержання кондитерського виробу, (мафін), збагаченого пюре столового буряку та пектином жому цукрового буряку з високою сорбційною здатністю до іонів двовалентного свинцю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сімахіна, Г.О. Інноваційні технології та продукти. Оздоровче харчування / Г.О. Сімахіна, А. І. Українець. — К.: НУХТ, 2010. — 394 с.
2. Дорохович, А. М. Визначення структурно-механічних властивостей тіста для маффінів / А.М. Дорохович, Є. І. Ковалевська, Н. П. Лазоренко // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. — 2011.—Том 2, № 40. — С.156—165.
3. Сімахіна, Г.О. Пектиновмісні порошки з жому бурякоцукрового виробництва / Г.О. Сімахіна // Цукор України. — 2012. — № 8. — С. 13—18.
4. Пат.10267 Україна, МПК 5 A23L1 /0524, C08B37/06 Спосіб виробництва пектину з бурякового жому / Свінцицька А.І., Карпович М.С., Крапивницька І.О., Танашук Л.І.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. — № 95062766; заявл. 14.06.95; опубл. 25.12.96, Бюл. № 4.
5. Харітон, Н.Г. Вплив технологічних умов переробки пектинового екстракту з бурякового жому на якісні показники пектин / Н.Г. Харітон, О.В. Грабовська // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету, — 2011 р.— № 9.— С. 190—195.
6. Сімахіна, Г. Биологическая ценность и фракционный состав белков сахарной свеклы / Г.О. Сімахіна // Цукор України. — 2012. — № 9. — С. 48—52
7. Оводов, С.Ю. Современные представления о пектиновых веществах / С.Ю. Оводов // Биоорганическая химия. — 2009. — Том 35, № 3. — С. 293—310.
8. Купчик, Л.А. Вилучення іонів токсичних важких металів модифікованими пектиновмісними відходами харчової промисловості / Л.А. Купчик, М.Т. Картель, А.А. Ніколайчук // Екологічний вісник. — 2008. — № 3. — С. 11—12.
9. Глаголева, Л.Э. Характеристика сорбционных свойств растительных некрахмальных полисахаридных комплексов / Л.Э. Глаголева, О.С. Корнеева, Г.П. Шуваева // Химия растительного сырья. — 2012. — № 1. — С. 215—216.
10. Никифорова, Т.Е. Свойства и природа взаимодействия целлюлозосодержащих полимеров с ионами металлов / Т.Е. Никифорова, Н.А. Багровская, В.А. Козлов, С.А. Линин // Химия растительного сырья. — 2009. — № 1. — С. 5—14.
11. Пат. 2219188 Российская Федерация МПК A23L/0524. Способ повышения комплексообразующей способности свекловичного пектин / Котов В.В., Лукин А.Л., Васютин А.А., Гвоздев Н.В.; патентообладатель Воронежский аграрный университет им. К.Д. Глинки. — № 2001128821/04; заявл. 25.10.2001, опубл. 20.12.2003, бюл. № 23.
12. Пат. 2445618 МПК G01N33/02. Способ определения сорбционной способности хлеба, содержащего пектин / Сокол Н.В., Храпко О.П., Храмова Н.С., Донченко Л.В.;

патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет. — № 2010146658; заявл. 16.11.2010, Опубл. 20.03.2012. Бюл. №8.

13. Вироби кондитерські. Методи визначення органолептичних показників якості, розмірів, маси нетто і складових частин: ГОСТ 4683-2006. — Київ: Держспоживстандарт України, 2006. — 11 с.

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ МАФФИНОВ ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.И. Украинец, Т.Я. Харитон

Национальный университет пищевых технологий

В статье подтверждена целесообразность использования вторичного сырья сахарного производства (пектина свекольного жома) и пюре столовой свеклы в технологии маффинов, что позволяет создать продукт с повышенной сорбционной способностью к ионам двовалентного свинца с соответствующими вкусовыми качествами и внешним видом.

Ключевые слова: маффин, пектиновые вещества, пищевые волокна, сорбция, свекольный жом, столовая свекла.

THE SPECIFICATIONS OF DESIGNING THE SPECIAL FOODSTUFFS WITH GERODIETETIC DESTINATION

G. Simakhina, N. Stetsenko, N. Naumenko

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
ageing, longevity, gerodietetic foodstuffs, nutrients, functional nutrition	The authors of this article confirmed the diet to be studied as a result of conditioned by external factors interaction between human and environment, and represented the principles of working out diets adequate to needs of old-age people. In designing the diet for old-age people, the chemical composition and physic-chemical properties of nutrients should be adapted to physiological peculiarities of organism of such people. Nutrition of old-age people must not only be diverse, but also regard the age features of an organism.
Article history: Received 18.11.2016 Received in revised form 31.10.2016 Accepted 5.11.2016	The academic experience evidences that the necessary level of biologically active substances' concentration may be achieved by reasonable combination of various foodstuffs. The main condition of production of gerodietetically destined foodstuffs is the usage of natural ingredients with different physiological effects.
Corresponding author: lyutik.0101@gmail.com	

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ГЕРОДІЄТИЧНОГО СПРЯМУВАННЯ

Г.О. Сімахіна, д-р техн. наук,
Н.О. Стеценко, канд. хім. наук,
Н.В. Науменко, д-р філол. наук

Національний університет харчових технологій

У статті показано, що раціон необхідно розглядати як зумовлену зовнішніми чинниками взаємодію людини з довкіллям, наведено основні засади розроблення для людей старших поколінь раціонів, адекватних їхнім потребам. При побудові харчових раціонів для осіб літнього віку необхідна адаптація хімічного складу і фізико-хімічних властивостей харчових речовин до фізіологічних особливостей організму людей цієї вікової групи. Харчування людей похилого віку повинно не тільки бути повноцінним, а й ураховувати вікові особливості організму.

Ключові слова: старіння, довголіття, геродієтичні харчові продукти, нутрієнти, функціональне харчування.

Постановка проблеми. З незапам'ятних часів люди мріяли про довге і плідне життя. Непарна на високому Олімпі давні греки розмістили скульптури, що

відображали їхні прагнення, — безсмертних богів. І сьогодні у суспільстві росте усвідомлення того, що здоров'я в сучасних умовах є найбільшою цінністю, яку необхідно берегти і примножувати.

В останні роки ХХ ст. у високорозвинених країнах, передусім США і в країнах Західної Європи, бурхливо розвивається новий медичний напрям — функціональна медицина, або медицина антистаріння. На відміну від традиційної, спрямованої на лікування уже виявленої хвороби, метою медицини антистаріння є профілактика захворювань, збереження здоров'я, подовження тривалості життя й активного творчого довголіття.

Ці проблеми надзвичайно актуальні для населення України. На жаль, тривалість життя наших співвітчизників посідає одне з останніх місць у Європі, а понад 40% дорослого населення страждають на хронічні захворювання. Тому саме в Україні необхідно впроваджувати та використовувати ефективні методи і принципи оздоровлення нації, які ґрунтуються на застосуванні натуропатичних засобів, є доступними для всіх верств населення, дають можливість набуття внутрішньої гармонії і гармонії з навколишнім світом, надавати нового змісту життю.

Метою дослідження є аналіз загальних положень і принципів щодо ролі функціональних харчових продуктів у подовженні тривалості життя й активного довголіття і наукові підходи до їх створення.

Матеріали і методи. В основу методологічної бази цього дослідження покладено методи наукового пізнання, системного підходу, узагальнення праць зарубіжних і вітчизняних учених у даному напрямі та результати власних теоретичних і експериментальних досліджень.

Результати досліджень. Історія пошуків шляхів довголіття — це історія розвитку філософських уявлень учених Сходу та Заходу щодо самої сутності життя, багатовіковий шлях від суб'єктивних знань до науково обґрунтованих принципів здоров'я й здорового способу життя. Усе більше громадян намагаються жити за законами природи, правильно харчуватись, займатися фізичними тренуваннями, позбавитись шкідливих звичок, оскільки на сьогодні незаперечним є факт, що кожна людина несе індивідуальну відповідальність за стан свого здоров'я, тривалість і якість життя [1].

Об'єктивний аналіз систем оздоровлення показує, що в історії розвитку цивілізації і віковичної мрії людства про довголіття особливе місце посідає структура та якість харчування. На сьогодні особливої популярності набули харчові продукти, які позиціонуються як оздоровчі, функціональні [2].

Термін «оздоровчі, функціональні харчові продукти» поступово стає зрозумілим і звичним. Ми — сучасники — взагалі полюбаємо слова, які точно відбивають стиль життя: функціональний одяг, функціональні прилади — це зрозуміло, чітко, сучасно. Чому б урешті-решт не застосувати такий підхід і до «хліба насущного»? Спершу японці, потім американці й дещо пізніше — європейці досягли цього висновку: продукти мають бути функціональними, оздоровчими, тобто забезпечувати необхідну умову виживання у нашому нинішньому середовищі. Такою умовою є належний стан здоров'я.

Саме здоров'я (висловлюючись мовою математичних величин) і є власне функція — залежна, змінна величина, яка змінюється відповідно до зміни іншої

величини — аргументу, у нашому разі — харчових продуктів. На цьому математичному рівні усе відносно просто: зміни «в часі, в структурі» харчових продуктів (їхнього складу, якості, безпеки) спричинюються до змін (як позитивних, так і негативних) у залежному від них стані здоров'я.

Але є інший, біологічний сенс розуміння поняття «функція», пов'язаний зі специфічною діяльністю живого організму, його органів, тканин і клітин. У цьому розрізі термін «функціональний» нерозривно пов'язаний із фізіологією харчування — розділом нутриціології, який вивчає харчові речовини та компоненти їжі, їхню дію та взаємодію, метаболізм і роль у підтриманні здоров'я або виникненні захворювань. Нехтування цього аспекту виключає створення продукту, який відповідає визначенню «функціональний» [3].

Сьогодні світовий ринок продажу оздоровчих продуктів перевищує 150 млрд дол. США. За офіційними даними на 2015 р., майже 40% ринку цих продуктів належало Сполученим Штатам Америки, майже 25% — Японії й понад 32% — країнам Західної Європи, де найактивнішими учасниками його формування є Німеччина, Велика Британія та Франція. Як бачимо, України в цьому переліку немає. Тому і науковцям, і практикам потрібно інтенсивно працювати у напрямі розроблення та створення широкого спектру оздоровчих продуктів, які відповідають новій парадигмі науки про харчування [4].

Особливого значення ролі функціональних продуктів надається у підтриманні належного стану здоров'я та профілактики захворювань людей старших поколінь. Цим питанням велику увагу приділяють вітчизняні учені, передусім Ю.Г. Григоров [5], який наголошував, що правильне харчування, здоровий спосіб життя і навички уважного ставлення до свого здоров'я з раннього дитинства, а також спадковість — є основними складовими тривалості життя. Навіть у похилому віці не пізно змінити спосіб життя на краще, позбутися шкідливих звичок, навчитися дивитись на світ із оптимізмом, оскільки добрий настрій зміцнює нервову систему, яка, своєю чергою, дає імпульс до збалансованої роботи всього організму.

Відомо, що організм людини є функціональною системою, всі елементи якої взаємодіють між собою, беруть участь у підтриманні гомеостазу при безперервному обміні речовин та енергії з навколишнім середовищем. Усі органи складаються з клітин, однак від багатьох перенесених хвороб, травм, стресових ситуацій і умов життя залежить, скільки активно функціонуючих клітин залишається у людини до старості [6]. Разом з тим, незаперечним є факт, що правильне, раціональне харчування забезпечує нормальний перебіг усіх фізіологічних процесів в організмі людини незалежно від її віку.

Автори статті сформулювали основні принципи створення нового покоління функціональних продуктів геродієтичного спрямування, вживання яких дасть можливість подовжити тривалість життя, позитивно впливаючи на фізіологічний, психологічний стани людини і її біологічний вік.

Останнім часом теорія збалансованого харчування поповнена новими даними про потреби організму при різних захворюваннях, різних умовах проживання і для різних вікових категорій [7]. Тому існуючий у нутриціології балансовий підхід до структури харчування, пов'язаний із нормативним забезпеченням у раціоні макро- та мікронутрієнтів відповідно до фізіологічних потреб людини,

потребує істотного корегування при розробленні харчових раціонів людей старших поколінь.

Загалом для населення, що проживає в несприятливих екологічних умовах (а це більшість населення України), харчові продукти повинні відзначатись сукупністю таких властивостей: компенсувати дефіцит біологічно активних компонентів, який виникає під впливом несприятливого навколишнього середовища; покращувати функціональний стан органів і систем організму; підвищувати захисні функції імунної системи організму; підвищувати фізичну витривалість, сприяти посиленню адаптаційних резервів організму і психологічної стійкості в екстремальних ситуаціях та комбінованій дії несприятливих чинників; прискорювати процеси відновлення метаболічних процесів після підвищених фізичних і нервово-емоційних навантажень; покращувати самопочуття, забезпечувати адекватні фізіологічні та психологічні реакції на стресори, запобігати духовній та психічній спустошеності.

На підставі досвіду вітчизняних і зарубіжних учених, логічних умовиводів можна виокремити декілька засадничих положень формування спеціального харчового раціону геродієтичного спрямування.

З нашої точки зору, харчові продукти для людей старших поколінь мають посісти статус спеціальних, і їх потрібно розглядати у новій якості — як носіїв широкого спектру біологічно активних речовин, що беруть участь у всіх процесах фізіологічного та гормонального регулювання діяльності організму людини і, залежно від якісного та кількісного складу, надають продуктам профілактичних, оздоровчих і лікувальних властивостей.

Основною умовою виробництва продуктів геродієтичного призначення є використання природних інгредієнтів із широким спектром фізіологічних впливів — енергетичних, загальнозміцнюючих, імуномодуючих, адаптогенних, стресолімітуючих, реабілітаційних та інших.

Моделювання таких продуктів необхідно розпочинати з білкової складової, тому що білок — це і оновлення клітин, і виконання механічних функцій, і транспорт в організмі всіх інших нутрієнтів, і участь у регулюванні біохімічних процесів, і стійкість організму до інфекцій. Повноцінною є їжа, де співвідношення тваринних і рослинних білків становить 50...60% і 40...50% відповідно. Саме при такому співвідношенні забезпечується адекватність амінокислотного складу раціону фізіологічним потребам організму людей старших поколінь. До продуктів, багатих на білок, відносяться м'ясо, м'ясопродукти, риба, молоко, яйця. Біологічно цінними і дешевими джерелами білка тваринного походження є також вторинні ресурси молочної та м'ясної промисловості, малоцінні породи риб та інші морепродукти. Зважаючи на вік, білок має бути швидкоперетравлюваним. Відомо, що за ступенем перетравлюваності білки розташовуються в такий ряд: *рибні* > *молочні* > *м'ясні* > *злакові* > *круп'яні*. Це визначає пріоритети у виборі джерел білка.

Другий важливий компонент їжі для людей літнього віку — жировий. Це основне джерело енергії для організму та необхідних сполук — вітамінів, жирних кислот, фосфоліпідів. І, зважаючи на особливості організму цієї вікової категорії, саме регулюванням жирових компонентів (передусім співвідношенням

жирних кислот) можна оберігати серцево-судинну систему від захворювань. Більшість природних жирів характеризується високим коефіцієнтом перетравлюваності та засвоюваності живим організмом.

Відомості про відповідність жирової частини раціону потребам людей старшого віку вкрай обмежені. Однак є дані щодо гальмівної дії рослинних жирів на функції центральної нервової системи. Разом з тим, жири рослинного походження, які містять багато вітаміну Е, здатного істотно сповільнювати процес старіння, мають бути необхідною складовою раціону [8; 9].

З цієї точки зору неприпустимо використовувати у продуктах геродієтичного спрямування дешеві жири — пальмітинову, стеаринову та інші насичені жирні кислоти, кокосову та пальмову олії, оскільки в біологічному відношенні вони малоактивні та небезпечні для серцево-судинної системи.

І навпаки, в раціонах харчування мають бути у необхідній кількості ненасичені жирні кислоти (лінолева, ліноленова, олеїнова). Їх містять такі олії, як оливкова, соняшникова, кукурудзяна, і деякі тваринні жири.

Третя важлива складова для харчування людей старших поколінь — вуглеводи. Це ефективне джерело енергії та запорука витривалості. Також за їхньої участі в організмі синтезуються ліпіди, амінокислоти та інші важливі сполуки. Особливого значення ця складова харчування набуває для тих представників старших поколінь, які продовжують інтенсивно займатися спортом. Спостереження за діяльністю спортсменів показали, що при максимальних м'язових зусиллях вуглеводи використовуються в першу чергу. Виснаження їхніх запасів призводить до таких негативних наслідків: окислення жирів; поява у крові продуктів неповного окислення жирів (кетонів тіла); порушення функції центральної нервової та м'язової системи; ослаблення розумової та фізичної діяльності. Потреба у вуглеводах забезпечується на 1/3 за рахунок легкозасвоюваних компонентів (моно- та дисахаридів) і на 2/3 — за рахунок складних вуглеводів, які засвоюються повільно. При короткочасних значних енерговитратах частка легкозасвоюваних вуглеводів має зростати, тому до раціону людей похилого віку потрібно включати мед.

Не менш важливою складовою вуглеводної частини харчування мають бути харчові волокна — комплекс біополімерів, що включає полісахариди (целюлозу, геміцелюлози, пектинові речовини), а також лігнін і зв'язані з ними білкові сполуки, які разом формують клітинні стінки рослин. Сьогодні харчові волокна визнано надзвичайно цінними компонентами харчування, і їх класифікують як нутрієнти № 6 поряд із білками, жирами, вуглеводами, мінеральними речовинами та вітамінами. За рекомендацією ВООЗ добова потреба в харчових волокнах — 25...40 г.

Необхідність введення до раціонів харчових волокон (ХВ) зумовлено їхніми різноманітними фізіологічними ефектами. Найбільш важливими в даному разі є здатність ХВ частково постачати організм енергією, виводити метаболіти їжі, токсичні сполуки; регулювати біохімічні процеси у шлунково-кишковому тракті. Результати оцінки сорбційної здатності ХВ показують, що вони зв'язують і виводять з організму іони свинцю, кадмію, радіонукліди, нітриту, патогенні мікроорганізми та інші шкідливі сполуки.

Ось чому досягнення у розроблюваних раціонах фактичної відповідності вмісту харчових волокон нормативним показникам, удосконалення технологій виробництва харчових продуктів з оптимальним вмістом ХВ і вибір їх сировинних джерел є одним із важливих завдань у розв'язанні даної проблеми.

Характеристика того невеликого асортименту хлібопродуктів на основі зернових, збагачених харчовими волокнами, які виробляються в Україні, свідчить про те, що найпопулярнішими добавками є висівки, крупка пшенична подрібнена, пшеничні зародки або пластівці, цільне зерно пшениці та жита, насіння праних рослин. Вартими уваги при вирішенні даної проблеми є також роботи зі створення нових видів екструзійних сухих сніданків підвищеної біологічної цінності [10]. Усі ці розробки можуть стати основою для отримання нових видів хлібобулочних виробів, сухих сніданків, харчових концентратів та інших продуктів із оптимальним вмістом ХВ для геродієтичних раціонів.

Необхідною складовою раціону мають бути оптимальні дози вітамінів і мінеральних елементів, передусім антиоксидантної дії. Незамінними сполуками для забезпечення фізичної працездатності є вітаміни групи В, вітаміни С та Е, біофлавоноїди. Особлива роль аскорбінової кислоти пов'язана з її здатністю підвищувати резистентність організму до неспецифічних інфекційних захворювань, регулювати окисно-відновні процеси, регенерацію тканин, брати участь у синтезі проколагену й колагену, позитивно впливати на функціонування ендокринної та нервової систем, підвищувати імунітет.

Вітаміни групи В входять до складу ферментів, які каталізують реакції метаболізму вуглеводів, білків і ліпідів. Їх комбінація сприяє нормалізації функціонування вегетативних центрів, передачі нервових імпульсів, покращенню діяльності нервових клітин і підкоркових центрів, за рахунок чого нормалізується вегето-емоційний статус. Тіамін (вітамін В₁) бере участь у вуглеводному й енергетичному обміні, особливо в нервових і м'язових тканинах, впливає на проведення нервового збудження в синапсах. Вітамін В₅ покращує процеси регенерації та енергетичне забезпечення скоротливої функції міокарда, поліпшуючи діяльність серцево-судинної системи. Вітамін В₆ необхідний для нормального функціонування центральної та периферійної нервової систем. Вітамін В₁₂ має високу біологічну активність, зокрема сприятливо впливає на функцію печінки, нервової системи, поліпшує регенерацію тканин. Зазначені ефекти вітамінів групи В зумовлюють необхідність їх використання в ефективних дозах при розробленні геродієтичних раціонів. Вітамін Е зумовлює фізичну витривалість, він також посилює імунітет, покращує рециркуляцію вітаміну С, підвищує функціонування м'язової системи, оскільки сприяє зниженню втрат кисню.

Описані вище нутрієнти не забезпечать нормального функціонування організму без достатньої кількості мінеральних сполук. Тому актуальними є дослідження із обґрунтування потреб людини літнього віку в мінеральних елементах, розроблення простих і доступних критеріїв оцінки повноцінності мінеральної складової продуктів і способів запобігання мікроелементозам — хворобам, пов'язаним із нестачею або надлишком певних мінеральних елементів. Необхідність у раціонах людей старших поколінь достатнього вмісту біогенних мінеральних

сполук пов'язана з їхніми функціями, основними з яких є: участь у побудові опорних кістково-м'язових тканин організму; підтримання гомеостазу внутрішнього середовища; підтримання рівноваги клітинних мембран; активація усіх біохімічних процесів шляхом впливу на ферментні системи організму; вплив на симбіотичну мікрофлору шлунково-кишкового тракту. Серед біогенних елементів найбільш важливими є кальцій, магній, залізо, цинк, селен, калій.

Висновки. При розробленні для людей старших поколінь спеціальних харчових продуктів в основу мають бути покладені принципи їх збалансованості за окремими групами нутрієнтів та адекватності для забезпечення енергетичного еквіваленту фізичних і психоемоційних навантажень, адаптаційних змін в організмі. Необхідний рівень біологічно активних речовин у раціонах може забезпечуватись лише комбінуванням різних харчових продуктів, отриманих із сільськогосподарської та лікарської сировини. Сировина, що вирощується в Україні, при застосуванні сучасних методів її перероблення надає можливість створити широкий спектр функціональних харчових продуктів для будь-яких вікових категорій, у тому числі людей літнього віку. Такі продукти спроможні забезпечити і харчові потреби, і захисні функції, і здатність до адаптації, і реабілітаційні можливості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гулий, І.С. Основи валеології. Валеологічні аспекти харчування: підручник / І.С. Гулий, Г.О. Сімахіна, А.І. Українець. — К.: НУХТ, 2003. — 336 с.
2. Капрельянц, Л.В. Функціональні продукти: монографія / Л.В. Капрельянц, К.Г. Юрґачова. — О.: Друк, 2003. — 312 с.
3. Пилат, Т.Л. Биологические активные добавки к пище (теория, производство, применение) / Т.Л. Пилат, А.А. Иванов. — М.: Аввалон, 2002. — 708 с.
4. Технологія продуктів харчування функціонального призначення : монографія / М.І. Пересічний, М.Ф. Кравченко, Д.В. Федорова та ін. — К.: Київ. нац. торг.-економ. ун-т, 2008. — 718 с.
5. Григоров, Ю.Г. Функциональные продукты для людей старших возрастов / Ю.Г. Григоров // Проблемы питания. — 2005. — № 2(7). — С. 15—22.
6. Гонський, Я.І. Біохімія людини: підручник / Я.І. Гонський, Т.П. Максимчук, М.І. Калинський. — Тернопіль: Укрмедкнига, 2002. — 744 с.
7. The Market for Clinical Nutritional Products / comp. J. Nicole // Market Research. — 2010. — Vol. 8. — 108 p.
8. Пешук, Л.В. Дослідження можливості використання білково-мінерального збагачувача геродієтичного у виробництві варених ковбасних виробів / Л.В. Пешук, О.О. Галенко, О.І. Гашук // Современные аспекты геронтологии и гериатрии: от теории к практике: Мат. конф., Киев, 26—27 мая 2014 г. — К., 2014. — С. 64—66.
9. Гашук, О.І. Розробка продуктів для геродієтичного харчування з використанням нетрадиційної сировини / О.І. Гашук, А.Ю. Хавро // Мат. III Міжн. наук.-техн. конф. «Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей». — К.: НУХТ, 2014. — С. 39—40.
10. Ковбаса, В.М. Нові розробки кафедри технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів у виробництві екструзійних продуктів / В.М. Ковбаса // Хранение и переработка зерна. — 2007. — № 9. — С. 47—48.

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ГЕРОДИЕТИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ

Г.А. Симахина, Н.А. Стеценко, Н.В. Науменко

Национальный университет пищевых технологий

В статье показано, что рацион необходимо рассматривать как обусловленное внешними факторами взаимодействие человека с окружающей средой. Приведены основные принципы разработки для лиц пожилого возраста пищевых рационов, адекватных их потребностям. При создании пищевых рационов для лиц пожилого возраста необходима адаптация химического состава и физико-химических свойств к физиологическим особенностям организма людей данной возрастной группы, питание которых должно быть не только полноценным, но и учитывать возрастные особенности организма.

Ключевые слова: *старение, долголетие, геродиетические пищевые продукты, нутриенты, функциональное питание.*

УДК 641.523

MATHEMATICAL MODELING OF THERMAL PROCESSING OF MEAT PRODUCTS

V. Pavelko, S. Hrybkov, A. Zaslavskyi, D. Dmytrenko*National University of Food Technologies***Key words:**

heat treatment,
meat (sausage) products,
mathematical modeling,
heating (constructive)
calculation of the chambers

Article history:

Received 15.10.2016
Received in revised form
25.10.2016
Accepted 13.11.2016

Corresponding author:

Volodymyrpavelko
@gmail.com

ABSTRACT

The mathematical modeling of the heating and cooking processes of meat (sausage) products during their thermal processing in the steamer chambers (thermal chambers) of meat-packing factories is described in the article. A whole period of meat sausages thermal processing has been split into three stages, for each of them the duration has been determined by analytical solving of heat transfer equation for a slab representing a sausage. The designed mathematical model is proposed to introduce into the heating (constructive) calculation method of the above chambers. Thus defined durations of thermal processing stages depending upon the required temperature distribution inside the sausage can be used at a stage of thermal chambers engineering calculations.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ М'ЯСНИХ ВИРОБІВ

В.І. Павелко, канд. техн. наук,**С.В. Грибков, канд. техн. наук,****А.І. Заславський,****Д.С. Дмитренко***Національний університет харчових технологій*

У статті здійснено математичне моделювання процесів нагрівання і варки м'ясних (ковбасних) виробів під час термічної обробки їх у пароварочних камерах (термокамерах) м'ясопереробних підприємств. Процес термічної обробки м'ясних виробів був розділений на три етапи, для кожного з яких тривалість була визначена шляхом аналітичного розв'язання рівняння перенесення теплоти для ковбасного виробу конкретної форми. Створену математичну модель пропонується впровадити у методику теплового (конструктивного) розрахунку названих вище термокамер.

Ключові слова: термічна обробка, м'ясні (ковбасні) вироби, математичне моделювання, тепловий (конструктивний) розрахунок термокамер.

Постановка проблеми. Процес термічної обробки м'ясних (ковбасних) виробів здійснюється в термокамерах і містить в собі 3 (три) стадії: нагрівання (підсушування), підсмажування, варка. Цей процес вважається завершеним, коли

температура на осі м'ясного виробу (ковбасного батона) сягає 72 °С [1]. Підбираючи режим (стадії) термообробки, необхідно врахувати не тільки рекомендації заводів-виробників відповідного обладнання, а й теоретичні знання стосовно розрахунку кожної стадії процесу термообробки м'ясних виробів.

Метою дослідження є створення математичної моделі процесу термообробки м'ясних (ковбасних) виробів з подальшим впровадженням її у методику теплового конструктивного розрахунку термокамер ковбасного виробництва. Для визначення характерних особливостей стадій процесу термообробки формалізовано вищенаведені стадії нагрівання (підсушування), підсмажування і варки ковбасних виробів.

Матеріали і методи. Будь-який ковбасний виріб розглядаємо як предмет овально-циліндричної форми, тобто представляємо його у вигляді фігури (рис. 1), де Rh — радіус.

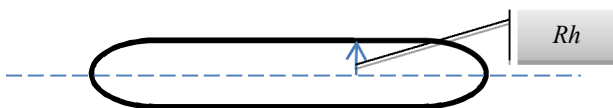


Рис. 1. Форма ковбасного виробу

Приймаємо D за діаметр ковбасного виробу, тобто $D = 2 \times Rh$, а довжину L за 1 метр. Якщо виріб має овальну, квадратну, або прямокутну форму в поперечному перерізі, то приймаємо за діаметр найменший радіус (рис. 2).

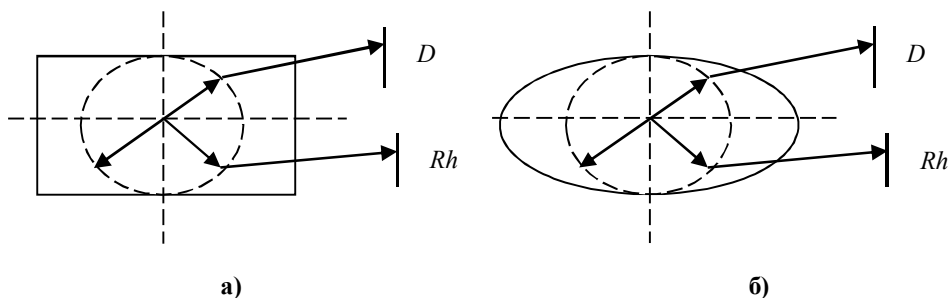


Рис. 2. Поперечний переріз ковбасного виробу: а) прямокутна форма; б) овальна форма

Вважаємо, що $Rh = R_0$, де R_0 — діаметр виробу (продукту) на початковій стадії термообробки.

Загальна тривалість процесу термічної обробки варених (варено-копчених) ковбасних виробів визначається за формулою:

$$\tau_{\text{заг}} = \omega_1 \times \tau_{\text{підсуш}} + \omega_2 \times \tau_{\text{підсмаж}} + \omega_3 \times \tau_{\text{вар}}, \quad (1)$$

де $\tau_{\text{підсуш}}$ — час нагрівання (підсушування); $\tau_{\text{підсмаж}}$ — час на підсмажування; $\tau_{\text{вар}}$ — час на варку ковбасного виробу; ω_i — коефіцієнт наявності i — тої стадії термічної обробки ($i = 1$ — нагрівання (підсушування), $i = 2$ — підсмажування;

$i=3$ — варка) в технологічному процесі виробництва продукту (виробу). Числове значення коефіцієнта $\omega_i = [0, 1]$. Якщо $\omega_i = 0$ — стадія процесу термообробки не використовується, при $\omega_i = 1$ — стадія термообробки використовується.

На кожній із стадій процесу термообробки ковбасного виробу діаметр його (радіус Rh) змінює своє значення відповідно до i -тої стадії обробки і розраховується за емпіричною формулою:

$$Rs_i = K_i R_0, \quad (2)$$

де K_i — коефіцієнт, що характеризує збільшення (приріст) радіуса ковбасного виробу під час термічної обробки його. Приймаємо значення $K_1 = 1$, ($i = 1$), $K_2 = 1,023$ ($i = 2$), $K_3 = 1,045$ ($i = 3$), [1].

Результати і обговорення. Розглянемо послідовно тривалість кожної стадії процесу термообробки.

Стадія нагрівання (підсушування) ковбасного виробу.

Тривалість стадії нагрівання (підсушування) ковбасного виробу визначається як сума часу, затраченого на нагрівання й сушіння виробу ($\tau_{\text{підсуш}}$), і часу, необхідного для випаровування конденсату, що утворюється на зовнішній поверхні ковбасного виробу при внесенні його у термокамеру ($\tau_{\text{конд}}$):

$$\tau_{\text{підсуш}} = \tau_{\text{нагр(сушки)}} + 60 \times \tau_{\text{конд}}. \quad (3)$$

Розрахунок часу $\tau_{\text{нагр(сушки)}}$ здійснюється за формулою:

$$\tau_{\text{нагр(сушки)}} = \frac{F_{0,\text{підсуш}} \times Rh^2}{a} = \frac{F_{0,\text{підсуш}} \times R_0^2}{a} = \frac{F_{0,\text{підсуш}} \times Rs_2^2}{a}, \quad (4)$$

де $F_{0,\text{підсуш}}$ — тривалість нагрівання (підсушування) у безрозмірному вигляді; a — коефіцієнт температуропровідності ковбасного виробу; для варених, варено-копчених ковбас $a = 5 \cdot 10^{-4}$ м/хв [1].

Значення критерію Фур'є $F_{0,\text{підсуш}}$, який відповідає часу, необхідному для досягнення в центрі ковбасного виробу (батона) заданої температури, визначається за формулою:

$$F_{0,\text{підсуш}} = \left(\frac{Bi_{\text{підсуш}} + 4}{8 \times Bi} \right) \times \left(\ln \left(\frac{2}{(Bi_{\text{підсуш}} + 2)(1 - T_{n,\text{підсуш}})} \right) + F'_0 \right), \quad (5)$$

де $Bi_{\text{підсуш}}$ — критерій Біо для стадії підсушки; $T_{n,\text{підсуш}}$ — безрозмірне значення температури поверхні продукту (виробу) в процесі підсушування; F'_0 — час проходження «температурного фронту», який визначається за номограмою [1].

Значення критерію Біо визначається за формулою:

$$Bi_{\text{підсуш}} = \frac{\alpha_{\text{підсуш}}}{\lambda} \times R_0 = 25.47 \times R_0, \quad (6)$$

де $\alpha_{\text{підсуш}}$ — коефіцієнт тепловіддачі при термічній обробці; λ — коефіцієнт теплопровідності (для варених і варено-копчених ковбас приймається $\lambda = 0,465$ Вт/м·К) [1].

Значення коефіцієнта тепловіддачі $\alpha_{\text{підсуш}}$ можна визначити за виразом:

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{підсуш}} &= \alpha_{\text{середов}} \times (1 + 1,9 \times d) = \\ &= (6.16 + 4.49 \times W) \times (1 + 1,9 \times d) = 11,84 \text{ Вт/}(\text{м}^2 \cdot \text{К}), \end{aligned} \quad (7)$$

де $\alpha_{\text{середов}}$ — коефіцієнт тепловіддачі від пароповітряного середовища в термокамері, який визначається за емпіричною формулою Юргеса [2]:

$$\alpha_{\text{середов}} = 6.16 + 4.49 \times W \text{ Вт/}(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

де d — вологовміст продукту (ковбасного виробу) в кг води/кг середовища при температурі пароповітряного середовища в термокамері; $t_{\text{середов}} = 100$ °С і відносній вологості повітря $\varphi = 10$ % вологовміст $d = 0,076$ кг/кг.

F'_0 — час проходження «температурного фронту», можна визначити за вищевказаною номограмою [1]. Але, визначивши критерій Біо $Bi_{\text{підсуш}}$ за формулою (6), можна розрахувати F'_0 за виразом:

$$\begin{aligned} F'_0 &\approx 0.7 \times \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{3 \times Bi_{\text{підсуш}}} - \frac{2}{3 \times (Bi_{\text{підсуш}})^2} \times \ln(1 + 0.5 \times Bi_{\text{підсуш}}) \right) = \\ &= 0.7 \times \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{3 \times 25.47 \times R_0} - \frac{2}{3 \times (25.47 \times R_0)^2} \times \ln(1 + 0.5 \times 25.47 \times R_0) \right) = \quad (8) \\ &= 0.7 \times \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{76.41 \times R_0} - \frac{2}{1946.16 \times R_0^2} \times \ln(1 + 12.74 \times R_0) \right). \end{aligned}$$

Безрозмірне значення температури поверхні продукту (виробу) в процесі підсушування визначається за формулою:

$$T_{n, \text{підсуш}} = \frac{t_{\text{кінц, сушіння}} - t_{0, \text{сушіння}}}{t_{\text{серед, сушки}} - t_{0, \text{сушіння}}}, \quad (9)$$

де $t_{\text{кінц, сушіння}}$ — температура поверхні виробу (ковбасного батона) в кінці процесу підсушування, °С; $t_{0, \text{сушіння}}$ — початкова температура поверхні ковбасного виробу (прийнято вважати, що $t_{0, \text{сушіння}} = 15$ °С), °С. Температура середовища

$t_{\text{серед, підсуш}}$ визначається технологічним регламентом відповідної стадії процесу термообробки ковбасних виробів.

Підставивши вирази (6) і (9) у формулу (5), отримаємо значення критерію Фур'є, який відповідає часу, необхідному для досягнення в центрі ковбасного виробу заданого значення температури:

$$F_{0, \text{підсуш}} = \left(\frac{25.47 \times R_0 + 4}{8 \times 25.47 \times R_0} \right) \times \left(\ln \left(\frac{2}{(25.47 \times R_0 + 2) \left(1 - \frac{t_{\text{кінц, суш}} - t_{0, \text{суш}}}{t_{\text{середов}} - t_{0, \text{суш}}} \right)} \right) + F'_0 \right). \quad (10)$$

Інакше, необхідно використовувати нанограму, враховуючи критерій $Bi_{\text{підсуш}}$ і параметр $\rho = \frac{Bi_{\text{підсуш}} - T_{n, \text{підсуш}} (Bi_{\text{підсуш}} + 2)}{Bi_{\text{підсуш}} (1 - T_{n, \text{підсуш}})}$, які дозволяють визначити F'_0 .

Час, необхідний для випаровування конденсату із зовнішньої поверхні ковбасного виробу, можна визначити за виразом:

$$\begin{aligned} \tau_{\text{конд}} &= (2 - 0.46 \times Bi_{\text{підсуш}}) \times (21 \times T_{n, \text{підсуш}} - 8) = \\ &= (2 - 0.46 \times 25.47 \times R_0) \times (21 \times T_{n, \text{підсуш}} - 8). \end{aligned} \quad (11)$$

Тривалість стадії підсушування, враховуючи вирази (4) і (11), можна визначити за формулою:

$$\begin{aligned} \tau_{\text{підсуш}} &= \frac{F_{0, \text{підсуш}} \times R_0^2}{\alpha} + 60 \times \tau_{\text{конд}} = \\ &= \frac{\left(\frac{Bi_{\text{підсуш}} + 4}{8 \times Bi_{\text{підсуш}}} \right) \times \left(\ln \left(\frac{2}{(Bi_{\text{підсуш}} + 2)(1 - T_{n, \text{підсуш}})} \right) + F'_0 \right) \times R_0^2}{\alpha} + 60 \times \tau_{\text{конд}}. \end{aligned} \quad (12)$$

1. Стадія підсмажування ковбасного виробу.

Тривалість стадії підсмажування $\tau_{\text{підсмаж}}$ можна визначити за виразом:

$$\tau_{\text{підсмаж}} = \frac{F_{0, \text{підсмаж}} \times R_{S_2}^2}{\alpha_{\text{підсмаж}}}, \quad (13)$$

де $R_{S_2} = R_0 \times K_2$ — середній діаметр (радіус) виробу в кінці стадії підсмажування.

Значення критерію Біо для стадії підсмажування визначається як:

$$Bi_{\text{підсмаж}} = \frac{\alpha_{\text{підсмаж}}}{\lambda} \times R_{S_2} = \frac{\alpha_{\text{підсмаж}}}{\lambda} \times R_0 \times K_2, \quad (14)$$

де $\alpha_{\text{підсмаж}}$ — коефіцієнт тепловіддачі від пароповітряного середовища до ковбасного виробу на стадії підсмажування, який визначається за вищенаведеною емпіричною формулою Юргеса (7):

$$\alpha_{\text{підсмаж}} = \alpha_{\text{підсуш}} = \alpha_{\text{середов}} \times (1 + 1,9 \times d) = 11,84 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

λ — коефіцієнт теплопровідності варених і варено-копчених ковбас, який приймається для стадії нагрівання (підсушування) $\lambda = 0,465 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К)}$ [1].

Тривалість стадії підсмажування ковбасного виробу в остаточному варіанті визначається за виразом:

$$F_{0,\text{підсмаж}} = \left(\frac{Bi_{\text{підсмаж}} + 4}{8 \times Bi_{\text{підсмаж}}} \right) \times \left[\ln \left(\frac{2}{(Bi_{\text{підсмаж}} + 2)(1 - T_{n,\text{підсмаж}})} \right) + F'_0 - F_{0,\text{підсуш}} \right], \quad (15)$$

де

$$T_{n,\text{підсмаж}} = \frac{t_{\text{кінц, підсмаж}} - t_{0,\text{підсмаж}}}{t_{\text{середов, підсмаж}} - t_{0,\text{підсмаж}}}, \quad (16)$$

2. Стадія варки ковбасного виробу.

Розмірний час стадії варки $\tau_{\text{вар}}$ ковбасних виробів визначається за формулою (4), а критерій Біо — за формулою (6).

Діаметр (радіус) ковбасного виробу (батона) на стадії варки визначається за емпіричним співвідношенням:

$$R_{\text{вар}} = R_0 \times K_3 = 1,045 \times R_0.$$

Значення коефіцієнта тепловіддачі від пароповітряного середовища до зовнішньої поверхні ковбасного виробу можна визначити за виразом:

$$\alpha_{\text{вар}} = \alpha_{\text{середов}} \times (1 + 1,9 \times d) = 35,68 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)},$$

де d — вологовміст продукту (ковбасного виробу) при температурі пароповітряного середовища $t_{\text{серед}} = 85^\circ \text{C}$ і відносною вологістю повітря $\phi = 90\%$. Згідно з технологічним регламентом процесу термообробки ковбасних виробів вищевказані параметри середовища $t_{\text{серед}}$ і ϕ повинні підтримуватися протягом стадії варки [3]. Для вищевказаних значень $t_{\text{серед}} = 85^\circ \text{C}$ і $\phi = 90\%$ вологовміст $d = 0,7653 \text{ кг/кг}$.

Значення критерію Біо для стадії варки визначається за формулою:

$$Bi_{\text{вар}} = 79,42 \times R_0. \quad (17)$$

Значення критерію Фур'є для стадії варки знаходимо за формулою (8), підставивши в неї вираз (17):

$$F_{0,вар} = 0.7 \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{238,26 \times R_0} - \frac{2 \times \ln(1 + 39.71 \times R_0)}{18922,61 \times R_0^2} \right). \quad (18)$$

Тривалість стадії варки ковбасного виробу в безрозмірному значенні визначається за формулою:

$$F_{0,вар} = \left(\frac{Bi_{вар} + 4}{8 * Bi_{вар}} \right) \times \left[\ln \left(\frac{t_{вар,серед} - t_{вар,0}}{t_{вар,серед} - t_{вар,кінець}} \right) + F'_0 \right] = \\ = \left(\frac{79,42 \times R_0 + 4}{8 \times 79,42 \times R_0} \right) \times \left[\ln \left(\frac{t_{вар,серед} - t_{вар,0}}{t_{вар,серед} - t_{вар,кінець}} \right) + F'_0 \right] \quad (19)$$

де $t_{вар,кінець}$ — температура в центрі ковбасного виробу (батона) в кінці стадії варки.

При розрахунку тривалості стадії варки ковбасного виробу вважаємо, що початковий стан продукту (виробу) $t_{вар,0}$ можна охарактеризувати середньозваженою температурою:

$$t_{ср.вар,0} = \frac{t_{підсмаж} + t_{п,підсмаж}}{2}. \quad (20)$$

Розмірний час стадії варки $\tau_{вар}$ ковбасних виробів (батонів) визначається за формулою:

$$\tau_{вар} = 2142,45 \times F_{0,вар} \times R_0^2. \quad (21)$$

Висновки. Для повного процесу термічної обробки м'ясних виробів (ковбасних батонів) отримуємо математичну модель теплової (термічної) обробки варених і варено-копчених ковбас у вигляді:

$$\tau = 2000 \times F_{0,підсуш} \times R_0^2 + (2 - 11,72 \times R_0^2)(21 \times T_n - 8) + \\ + 2048,29 \times F_{0,вар} \times R_0^2 + 2142,45 \times F_{0,вар} \times R_0^2. \quad (22)$$

ЛІТЕРАТУРА

1. Бражников, А.М. Аналитические методы исследования процессов термической обработки мясopодуктов: учеб. пособ. / А.М. Бражников, В.А. Карпычев, А.И. Пелеев. — М.: Пищевая пром-сть., 1974. — 365 с.
2. Ивашкин, Ю.А. Моделирование производственных процессов мясной и молочной промышленности: учеб. пособ. / Ю.А. Ивашкин. — М.: Агропромиздат, 1987. — 236 с.
3. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учеб. пособ. / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. — Л.: Химия, 1987. — 576 с.

4. Павелко, В.І. Теплозабезпечення підприємств м'ясопереробної та молокопереробної галузей промисловості: навч. посіб. / В.І. Павелко. — Вінниця: Нова Книга, 2007. — 210 с.

5. Соколенко, О.Ю. Дослідження впливу деяких технологічних факторів на тривалість процесу термічної обробки ковбасних виробів / О.Ю. Соколенко, А.І. Заславський // Наукові праці НУХТ. — 2012. — № 45. — С. 31—35.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЯСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В.И. Павелко, С.В. Грибков, А.И. Заславский, Д.С. Дмитренко

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведено математическое моделирование процессов нагрева и варки мясных (колбасных) изделий во время термической обработки их в пароварочных камерах (термокамерах) мясоперерабатывающих предприятий. Процесс термической обработки мясных изделий был разделен на три этапа, для каждого из которых продолжительность определялась методом решения уравнения переноса теплоты для колбасного изделия определенной формы. Созданную математическую модель предлагается внедрить в методику теплового (конструктивного) расчета вышеуказанных термокамер.

Ключевые слова: термическая обработка, мясные (колбасные) изделия, математическое моделирование, тепловой (конструктивный) расчет термокамер.

THE PROMISING MATERIALS FOR THE FILTRATION MEMBRANES OF THE FOOD INDUSTRY

B. Pashchenko, O. Lytvynenko, E. Shtefan

National University of Food Technologies

Key words:

the filter membrane elements, ceramic materials, durability

Article history:

Received 10.10.2016

Received in revised form 15.10.2016

Accepted 14.11.2016

Corresponding author:

hoykke@gmail.com

ABSTRACT

The results of experimental research of the wear resistance of ceramic materials for the manufacture of membranes for food and processing industry are present in the article. The authors are considered advantages of ceramic elements in comparing with polymer and also methods of their manufacturing. Experiments for determining of the mechanical stability of the perspective construction materials for the manufacture of the membrane filter elements are conducted. High strength indicators of the technical ceramics which are depending on the content of the base component are proven, especially materials based on aluminum oxide for the manufacturing the membrane filter elements, which providing conditions hygienic design of the technological equipment. It is found that the high strength characteristics are providing a dynamic stability of membrane and long term of their exploitation.

ПЕРСПЕКТИВНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ МЕМБРАН ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Б.С. Пащенко,

О.А. Литвиненко, д-р техн. наук,

Є.В. Штефан, д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати експериментальних досліджень зносостійкості керамічних матеріалів для виготовлення мембран для харчової та переробної промисловості. Проведено експерименти з визначення механічної стійкості перспективних конструкційних матеріалів для виготовлення мембранних фільтрувальних елементів. Встановлено, що високі міцнісні характеристики забезпечують динамічну стійкість мембран і тривалий термін їх експлуатації.

Ключові слова: *фільтраційні мембранні елементи, керамічні матеріали, зносостійкість.*

Постановка проблеми. Одним із пріоритетних науково-технологічних напрямків розвитку харчової промисловості є впровадження сучасних мембранних технологій, що забезпечує енергетично- та екологічно раціональні варіанти реалізації процесів розділення та концентрування різноманітних рідинних середо-

вищ шляхом фільтрації із використанням установок з мембранними фільтрувальними елементами [1].

У цих мембранних елементах використаний принцип тангенційної (перехресної, динамічної) фільтрації (рис. 1.), при якій потік оброблюваної рідини рухається паралельно фільтрувальній поверхні, а рух крізь саму мембрану відбувається не тільки за рахунок перепаду тисків на мембрані, але й унаслідок броунівського руху частинок і турбулентного переміщення потоку.

У процесі фільтрації рідина протікає крізь канали мембрани, а частинки з розмірами, меншими за розмір пор мембрани, проникають крізь мембрану, утворюючи очищену рідину — пермеат [2].

Частинки, розміри яких більші за розмір пор, відносяться потоком рідини з поверхні мембрани, утворюючи концентрат.

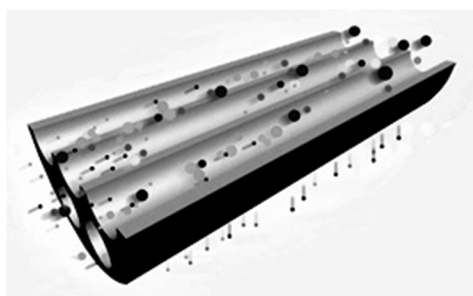


Рис. 1. Тангенційна (перехресна або динамічна) фільтрація крізь мембрану

Особливо ефективною в процесі розділення є тангенційна (перехресна, динамічна) фільтрація, що характеризується високими фільтраційними швидкостями і продуктивністю технологічних установок, але вона вимагає багаторазової циркуляції оброблюваної рідини крізь мембранні фільтраційні елементи (МФЕ).

Однак при реалізації такого типу фільтрації поступово знижується продуктивність МФЕ, що обумовлюється забиванням пор частинками з концентрату. Для відновлення фільтраційної здатності МФЕ використовується регенерація (промивання). Промивання МФЕ проводиться при збільшених швидкостях руху промивною рідиною крізь канали МФЕ, чим забезпечується «вимивання» частинок концентрату з пор і їх видалення з каналу МФЕ, можливе використання «зворотного» промивання з використанням хімічних розчинів. Унаслідок цього мембрани можуть змінювати як свої фізико-механічні властивості, так і експлуатаційні, зокрема селективність [3—5].

У харчовій і переробній промисловості важливим напрямом є вибір перспективних матеріалів, які є нетоксичними, інерційними до складників харчових продуктів, мийних розчинів тощо. Водночас, вони мають бути стійкими до особливих умов експлуатації та не забруднювати оброблюваний продукт.

Отже, вибір хімічно-стійких експлуатаційно надійних матеріалів для виготовлення МФЕ є актуальним.

Метою дослідження є визначення механічної зносостійкості перспективних пористих конструкційних матеріалів для виготовлення МФЕ, що дозволить

спрогнозувати експлуатаційну надійність мембранних елементів для розділення рідкофазних середовищ.

Матеріали і методи. Заслугує на увагу використання керамічних матеріалів, в т.ч. на основі оксиду алюмінію (Al_2O_3). Вони відзначаються високою твердістю і корозійною стійкістю в різноманітних технологічних середовищах. Наприклад, для харчової промисловості фірма «Cerafab» (Німеччина) виготовляє деталі різноманітного технологічного призначення з практично чистого Al_2O_3 . Їх використання, крім високих технологічних показників, забезпечує високий рівень санітарно-гігієнічного стану обладнання [6]. Завдяки своїм фізико-механічним властивостям кераміка є перспективним конструкційним матеріалом для виготовлення робочих елементів технологічного обладнання, зокрема МФЕ.

У науково-технічній літературі дані про механічну стійкість зазначених матеріалів обмежені або суперечливі.

Встановлено, що в керамічних матеріалах унаслідок механічної дії виникають пружні деформації, які спричиняють виникнення поверхневих тріщин та їх поступове руйнування. Експериментальні дослідження механічного руйнування зразків з керамічних матеріалів показують, що за зносостійкістю вони не поступаються традиційним конструкційним матеріалам. Найбільшу зносостійкість мають керамічні матеріали на основі карбіду бора, дещо меншу — на основі оксиду алюмінію Al_2O_3 [6].

Таким чином, фізико-механічні, хімічні та експлуатаційні властивості технічної кераміки на основі оксиду алюмінію визначаються вмістом Al_2O_3 , співвідношенням фазових складових, домішок і зв'язувальних компонентів, залежністю визначальних кристалічних фаз — мулітової, корундової та склоподібної, розміром, формою й характером розподілу фазових складових, структурою та пористістю зразка (зі збільшенням пористості характеристики міцності зменшуються), величиною і щільністю розподілу пор, їх формою та розміщенням, природою і властивостями й температурою оточуючого середовища.

Результати досліджень. Авторами досліджувалась механічна стійкість зразків керамічних матеріалів з різним вмістом оксиду алюмінію, зокрема технічного фарфору (УФ 53) та корундової кераміки (рис. 2.). Інтенсивність зношування визначали за втратою маси зразками ваговим методом.

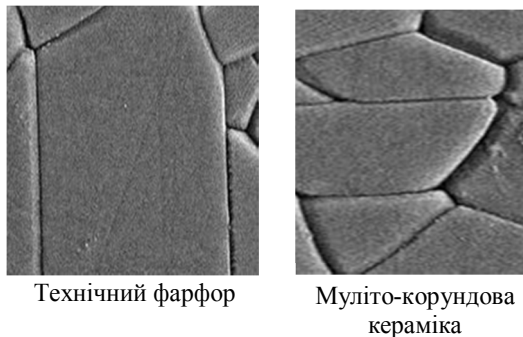


Рис. 2. Мікрофотографія зразка досліджуваної кераміки (x5000)

Механічну зносостійкість технічної кераміки досліджували під дією ультразвукової кавітації на установці з магнітострикційним вібратором УЗДН-2Т, що надає можливість визначити зносостійкість матеріалів у досить «жорстких» умовах. Механізм дії ультразвукової кавітації подібний гідродинамічній, що дає змогу одержати порівняльні результати зносостійкості за нетривалий період. Досліджувані зразки у вигляді циліндрів одержували з попередньо помеленого технічного глинозему, що є сумішшю оксиду алюмінію різних модифікацій. Вихідний матеріал подрібнювали до 15...30 мкм на вібротолі, просіювали, змішували з пластифікатором ПВС (полівініловий спирт), піддавали пресуванню та подальшому спіканню.

Температура спікання дозволила перевести глинозем в α -форму, внаслідок чого відбулась його усадка та збільшився вміст дрібних складових, що підвищує фізико-механічні властивості зразків.

Аналіз одержаних результатів у вигляді залежності швидкості втрати маси зразками за час досліджень (рис. 4, 3) показує, що характер зношування обох зразків при частоті коливань магнітострикційного вібратора 22 кГц має однаковий характер, але загальна втрата маси зразком з технічного фарфору суттєво більша, ніж для зразка з корундової кераміки. Це можна пояснити підвищеним вмістом оксиду алюмінію у зразку з корундової кераміки і показником ударної в'язкості, який можна вважати подібним в'язкості руйнування.

Відомо, що матеріали з слабкими границями зерен, зокрема з підвищеним вмістом склофаз, руйнуються міжзеренно.

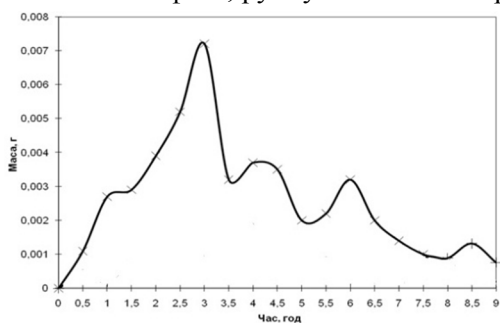


Рис. 3. Залежність швидкості втрати маси зразків з технічного фарфору від часу досліджень

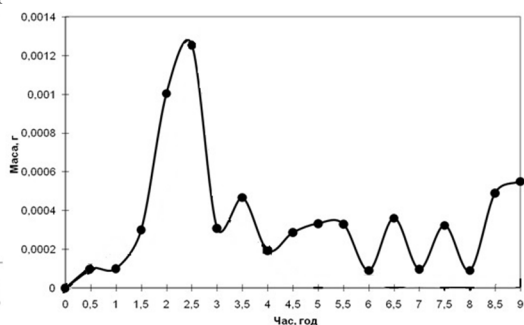


Рис. 4. Залежність швидкості втрати маси зразків з корундової кераміки від часу досліджень

Мікроскопічний аналіз показав, що руйнування зразків здійснюється переважно по склоподібній фазі, яка міститься по границям зерен оксиду алюмінію.

Наведені залежності підтверджують, що характер зношування полягає в поступовому накопиченні енергії напруження на поверхні зразка і стрибкоподібне її вивільнення з руйнуванням матеріалу. Зношувана поверхня поступово оновлюється за рахунок підповерхневих об'ємів, які менше піддаються руйнуванню.

Для зразків з технічного фарфору і корундової кераміки встановлено циклічний характер зміни швидкості зношування протягом тривалості випробувань. У

керамічних матеріалах виникають дефекти структури — пори, тріщини, що визначається складом і технологією їх виготовлення. Зокрема, більша частина дефектів, переважно у вигляді мікротріщин, виникає саме під час спікання та подальшого охолодження зразків. Ці мікротріщини будуть збільшуватись навіть при незначних навантаженнях і за теорією А. Гриффітса їх наявність як на зовнішній поверхні, так і в середині зразка сприяє накопиченню концентрацій напружень, що призводить до збільшення розмірів тріщин і подальшого руйнування зразка.

Крім того, керамічні мембрани відрізняються високою хімічною і температурною стійкістю. Вони мають багатошарову структуру, що складається з високопористої матриці з нанесеними на її поверхню внутрішніми каналами у вигляді розділювальних шарів. Такі мембранні елементи можуть бути у вигляді одно- та багатоканальних циліндричних елементів і застосовуються для мікрофільтрації та ультрафільтрації середовищ з розмірами часточок від 0,5 до 0,01 мкм.

Керамічні мембрани полегшують умови реалізації процесу фільтрації. Крім того, вони порівняно з полімерними, забезпечують краще безрозбірне миття установки, більш якісно регенеруються в процесі мийки, мають більш високу продуктивність.

Перевагами керамічних мембран є приблизно однакові розміри пор; високий коефіцієнт пористості; висока продуктивність; можливість відновлення фільтраційних властивостей при регенерації мембрани, в тому числі способом зворотного промивання; можливість багаторазової стерилізації паром або хімічними реагентами; можливість фільтрування високов'язких середовищ; висока температура експлуатації до 400 °C; стійкість в агресивних середовищах і в ерозійних потоках зі швидкостями 5—10 м/с; можливість експлуатації при високих перепадах тиску (1—1,5 МПа) при фільтруванні і зворотному промиванні; висока (90—95%) пористість і тріщиностійкість [7].

Виробництво керамічних мембран ґрунтується на послідовному отриманні пористої керамічної заготовки з нанесенням на неї тонкого розділювального шару, який відрізняється мінімальними розмірами не менше 0,1 мкм (диспергованих частинок) для утворення пор розміром до 0,05 мкм.

Керамічна основа формується шляхом екструзії формувальної маси, в яку введено пластифікатор (масло, гліцерин тощо) і випалювані добавки (тирса, вугілля, торф тощо). В результаті утворюється твердий пористий керамічний матеріал, частинки якого сполучені хімічними зв'язками.

Проміжний шар, який заповнює пори заготовки (підкладки), наноситься шляхом фільтрації суспензії дрібнодисперсного матеріалу. Після формування шару проводиться випалювання добавок для утворення пор (рис. 5).

Існують два варіанти нанесення селективних шарів на керамічні трубчасті мембрани: нанесення селективного шару на зовнішню поверхню трубчастої підкладки або нанесення селективного шару на внутрішню поверхню.

Такі мембрани призначені для роботи в режимі тангенційної фільтрації, регенеруються зворотним промиванням фільтратом і очищенням висококонцентрованими кислотами й лугами.

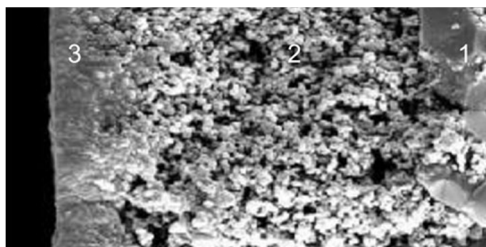


Рис. 5. Мікрофотографія шарів керамічної мембрани (x2500):

1 — фільтруючий; 2 — проміжний; 3 — опорний

Технологічні властивості керамічних мембран суттєво залежать від технології виготовлення й матеріалу, який використовується. На думку авторів, найбільш перспективним методом виготовлення керамічних фільтрувальних елементів є технологія пресування із подальшим спіканням. Відмітимо, що цей спосіб отримання дисперсних матеріалів достатньо розповсюджений у сучасних технологіях виготовлення елементів різноманітного технологічного обладнання. При цьому властивості кінцевого виробу можуть бути різними. Зокрема, регулюючи зусилля пресування, можливо задати для елемента, який виготовляється, різні види і розміри пор, що є необхідним при виробництві керамічних мембран.

Відомо, що керамічні мембранні елементи ефективні при очищенні природної води, обробленні плодоягідних соків у харчовій і переробній промисловості, вилученні амінокислот, цукрів та інших високомолекулярних сполук у фармацевтичній промисловості тощо. Серед перспективних напрямків застосування треба зазначити молочну промисловість, де керамічні мембрани можуть використовуватись при вилученні білків з продуктів переробки сировини. Це підвищить не лише ефективність процесу, але й забезпечить найбільш високі санітарно-гігієнічні вимоги до виробництва.

Висновки. Встановлено, що керамічні матеріали на основі оксиду алюмінію для виготовлення мембранних фільтрувальних елементів забезпечують умови гігієнічного проектування технологічного обладнання. Експериментально доведені високі міцності показники технічної кераміки залежно від вмісту базового компонента. Показано, що використання керамічних мембран має широкі перспективи застосування навіть при ускладнених умовах експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Опыт использования мембранных технологий для очистки и опреснения воды / [Десятов А.В., Баранов А.Е., Баранов Е.А. и др.]. — М.: Химия, 2008. — 240 с.
2. Змієвський, Ю.Г. Визначення основних характеристик гідрофобної мікрофільтраційної мембрани марки МФФК-3 при мембранній дистиляції / Ю.Г. Змієвський, В.Г. Мирончук, Л.В. Цюпко, Д.Д. Кучерук // Харчова промисловість. — 2010. — № 10. — С. 90—94.
3. Milić, J.K. Ultrafiltration of oil-in-water emulsion by using ceramic membrane: Taguchi experimental design approach / J. K. Milić, I. Petrinić, A. Goršek, M. Simonić // Central European Journal of Chemistry. — 2014. — № 12(2). — P. 242—249.
4. Jedidi, I. New ceramic microfiltration membranes from mineral coal fly ash / I. Jedidi, S. Saidi, S. Khmakem // Arabian Journal of Chemistry. — 2009. — № 2. — P. 31—39.

5. Брык, М.Т. Энциклопедия мембран / М.Т. Брык. — К.: Киево-Могилянская академия, 2005. — 660 с.

6. Nekoz, A. Predicting of durability of ceramic working cavitation devices / A. Nekoz, A. Litvinenko, S. Jastreba // *British Journal of Science, Education and Culture*. — 2014. — № 2(6). — Vol. I. — 174—178.

7. Pérez-Gálvez, R. Operation and cleaning of ceramic membranes for the filtration of fish press liquor / R. Pérez-Gálvez, E. M. Guadix, J. P. Bergé // *Journal of Membrane Science*. — 2011. — Vol. 384(1—2). — 142—148.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕМБРАН ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Б.С. Пащенко, А.А. Литвиненко, Є.В. Штефан

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены результаты экспериментальных исследований износостойкости керамических материалов для изготовления мембран для пищевой и перерабатывающей промышленности. Проведены эксперименты по определению механической устойчивости перспективных конструкционных материалов для изготовления мембранных фильтрующих элементов. Установлено, что высокие прочностные характеристики обеспечивают динамическую устойчивость мембран и длительный срок их эксплуатации.

Ключевые слова: *фильтрационные мембранные элементы, керамические материалы, износостойкость.*

STUDY OF THE DRYING PROCESS, HEAT- AND MASSTRANSFER CHARACTERISTICS OF GLUTEN-FREE PASTA

I. Dubkovetskyi, V. Yurchak, O. Rozhno, V. Kazmiryshen

National University of Food Technologies

Key words:

gluten-free pasta,
drying kinetics,
drying rate,
thermo-physical
characteristics,
masstransfer characteristics

Article history:

Received 10.10.2016
Received in revised form
26.10.2016
Accepted 7.11.2016

Corresponding author:

alexgraves2@mail.ru

ABSTRACT

This article represents the research of kinetic and drying rate of the gluten-free pasta. The drying process of pasta was carried out by convective method, when the power of infrared heat. Their heat-transferring and mass-transferring properties were found. The heat transfer coefficient, thermal conductive coefficient, thermal diffusive coefficient and masstransfer coefficient belong to them. It was established that the drying rate of pasta with corn flour is higher when comparing with drying rate of pasta with wheat flour by drying temperature 40—80 °C. The first critical moistures for wheat and corn pasta were found. Thermo-physical characteristics of corn and wheat pasta are slightly different, and mass transfer increases in pasta with corn flour. The heat-transfer characteristics of the products due to their structure, which close to products made from wheat and corn flour.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ, ТЕПЛО- І МАСООБМІННИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕЗГЛЮТЕНОВИХ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ

І.В. Дубковецький, канд. техн. наук,

В.Г. Юрчак, д-р. техн. наук,

О.В. Рожно,

В.О. Казьміришен

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено кінетику та швидкість сушіння безглютенових макаронних виробів конвективним способом. Визначено їх тепло- і масообмінні характеристики: коефіцієнти теплообміну, теплопровідності, температуропровідності та масовіддачі. Встановлено, що швидкість сушіння макаронних виробів з кукурудзяного борошна є вищою порівняно зі швидкістю сушіння виробів з пшеничного борошна за температур сушіння 40—80 °C. Визначено значення першої критичної вологості для пшеничних і кукурудзяних макаронних виробів.

Ключові слова: безглютенові макаронні вироби, кінетика сушіння, швидкість сушіння, теплофізичні характеристики, масообмінні характеристики.

Постановка проблеми. Сушіння є вирішальним процесом виробництва макаронних виробів і значною мірою впливає на якість продукції. Теоретичні основи процесу сушіння макаронних виробів визначаються законами тепло- і масоперенесення [1]. Макаронне тісто є складним об'єктом сушіння, оскільки являє собою колоїдне капілярно-пористе тіло, для якого характерне утворення градієнта вологості під час сушіння, усадка розмірів сформованих виробів і виникнення напружень. Це, у свою чергу, призводить до утворення мікротріщин, впливає на міцність, скловидність виробів і перехід сухих речовин у варильну воду [2].

Авторами розроблені безглютенові кукурудзяні макаронні вироби для хворих на целиацію. Для обґрунтування параметрів технологічних процесів, зокрема процесу сушіння, важливо вивчити тепло- та масообмінні характеристики матеріалу як об'єкта сушіння.

Спосіб конвективного сушіння є традиційним для пшеничних макаронних виробів. Він базується на тепло- і вологообміні між матеріалом, який висушується нагрітим повітрям.

Важливо, що природа утворення різних видів зв'язку води з матеріалом зумовлює механізм видалення її при сушінні [3]. Вода набухання під час сушіння більшою мірою переміщується всередині матеріалу у вигляді рідини, шляхом дифузії через стінки клітин таким самим шляхом, як вона проникає в матеріал. Для видалення адсорбційно зв'язаної води потрібне перетворення її в пару всередині матеріалу, після чого вона переміщується всередині матеріалу у вигляді пари, тобто шляхом ефузії, для цього необхідні значні затрати тепла. Залежно від режиму процесу капілярна вода переміщується як у вигляді рідини (за рахунок капілярних сил), так і у вигляді пари (за рахунок різниці тиску).

Макаронне тісто під час сушіння виявляє деякі особливості, зумовлені характером поглинання води тістом під час замісу. Його готують з низькою вологістю, а отже, вільної води майже немає, вона повністю зв'язана різними формами зв'язку з білками і крохмалем, причому білки пшеничного борошна є більш гідрофільними. Кукурудзяні макаронні вироби не містять клейковинного білка, структуроутворення у них забезпечується за рахунок клейстеризації крохмалю сировини чи використання структуроутворювачів, тому характер зв'язування води у кукурудзяному тісті інший. Важливо дослідити процес сушіння макаронних виробів з кукурудзяного борошна у порівнянні з пшеничними макаронними виробами, що містять білки, які здатні до набухання та утримування води, і є основним структуроутворювачами у цих виробках.

Метою статті є дослідження кінетики сушіння безглютенових кукурудзяних макаронних виробів конвективним способом та визначення їх масообмінних і теплообмінних характеристик.

Матеріали і методи. Кукурудзяні макаронні вироби виготовляли з кукурудзяного борошна тонкого помелу й екструдованого кукурудзяного борошна за дозування екструдованого кукурудзяного борошна у кількості 20% до маси їх суміші. Як для пшеничних макаронних виробів, так і для кукурудзяних застосовували «теплий заміс» за температури води 40 °C, тісто готували вологістю 36%. Усі вироби формували на макаронному пресі МАКМА-М у вигляді короткорізаної локшини.

Дослідження кінетики сушіння проводили на експериментальній сушильній установці [4]. Принципова схема сушильної установки зображена на рис. 1.

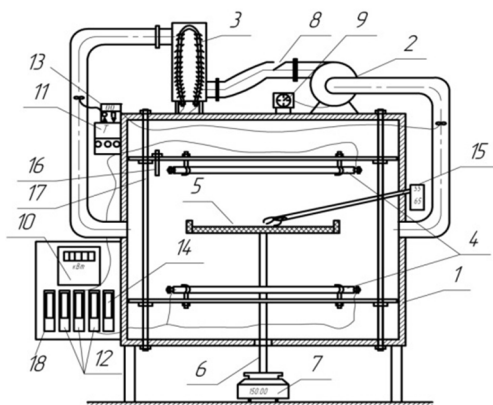


Рис. 1. Схема експериментальної сушильної установки: 1 — камера сушіння; 2 — вентилятор; 3 — калорифер; 4 — ІЧ-генератори; 5 — коробчастий сітчастий кошик; 6 — штанга; 7 — аналітичні терези; 8 — шибер рециркуляції повітря; 9 — варіатор швидкостей; 10 — лічильник електроенергії; 11 — контролер температури; 12 — автоматичні вимикачі калорифера, верхніх і нижніх ІЧ генераторів; 13 — регулятор відносної вологості; 14 — автоматичний вимикач вентилятора; 15 — термометр з термопарами; 16 — контактний датчик температури; 17 — регулювальний пристрій положення вузлів ІЧ генераторів; 18 — реле включення і виключення ІЧ-генераторів

Сушіння макаронних виробів здійснювали конвективним способом при вимкненому інфрачервоному нагріві. Кукурудзяні та пшеничні макаронні вироби, що піддавались сушінню, розкладали тонким шаром (1 см) на спеціальній сітці-підставці у коробчастому сітчастому кошику, який встановлений у корпус сушильної камери. Наважка макаронних виробів становила 200 г.

На блоці управління встановлювали температуру теплоносія. Покази зменшення маси визначали за допомогою вузла реєстрації. Сушіння проводилося до фіксування постійної маси висушеного продукту. Вузол реєстрації зменшення маси матеріалу виконаний на основі технічних ваг.

Процес сушіння макаронних виробів з кукурудзяного і пшеничного борошна досліджували за таких температур: 40 °С, 50 °С, 60 °С та 80 °С. Ці температурні параметри обґрунтовуються тим, що в промисловості для макаронних виробів застосовують різні режими сушіння залежно від обладнання, що входить в технологічну лінію: тристадійний режим сушіння за температур 35—45 °С та відносної вологості повітря 65—85% у різних зонах; режим зі змінною сушильною здатністю повітря на конвеєрних сушарках за температури сушіння 50—60 °С і відносної вологості повітря 50%, а також високотемпературні режими сушіння за температур 70—80 °С і відносної вологості повітря 75—85% [1].

Досліджували отримані криві кінетики сушіння $W = f(\tau)$ та швидкості сушіння $dW/d\tau = f(W)$. Розраховували тепло- та масообмінні характеристики виробів у процесі сушіння за формулами (1—5) [5].

Коефіцієнт теплообміну (α , Вт/(м²·К):

$$\alpha = Q / \Delta t_{cp} \cdot F, \quad (1)$$

де Q — кількість теплоти, кВт год/кг сирих виробів при сушінні; $\Delta t_{cp} = t_n - t_m$; t_n — середньоарифметична температура повітря в сушильній камері, °С; t_m — температура матеріалу (в першому періоді сушіння дорівнює температурі мокрого термометра), °С; F — зовнішня поверхня висушеного продукту, м²/кг.

Коефіцієнт теплопровідності (λ , Вт/м·К) визначали з рівняння критерію Нуссельта:

$$Nu = \alpha \cdot d / \lambda, \quad (2)$$

де d — визначальний розмір, м; Nu — критерій Нуссельта.

Критерій Рейнольдса Re , необхідний для розрахунку критерію Нуссельта, розраховували за формулою:

$$Re = w \cdot d \cdot \rho / \mu, \quad (3)$$

де w — швидкість потоку, м/с; ρ — густина, кг/м³; μ — динамічна в'язкість, Па·с.

Коефіцієнт температуропровідності (a , м²/год):

$$a = \lambda / c \cdot \rho, \quad (4)$$

де c — питома теплоємність, Дж/кг·°С.

Коефіцієнт масовіддачі (β , м/с):

$$B = J / (x_1 - x), \quad (5)$$

де $J = dW/d\tau$, $x = (M_0/M_n)(m_2/(1 - m_2))$, $x_1 = (M_0/M_n)(m_1/(1 - m_1))$; x — вологовміст повітря (кг/кг); x_1 — вологовміст повітря при постійній швидкості (перший період) сушіння (кг/кг); M_0, M_n — молярна маса води і повітря відповідно; m — мольні доли.

Результати дослідження. У першій серії дослідів вивчали кінетику сушіння макаронних виробів з кукурудзяного борошна порівняно з пшеничними макаронними виробами за температури сушіння 40 °С.

Отримані криві кінетики та швидкості сушіння за температури 40 °С свідчать (рис. 2), що кукурудзяні макаронні вироби сушаться швидше як у першому, так і в другому періодах та досягають вологості 10,0% за 180 хв, у той час як пшеничні за 260 хв досягають вологості 15,6%. До вологості 15,6% кукурудзяні макаронні вироби висушуються за 100 хв, тобто у 2,6 раза швидше. Імовірно, це пов'язано з тим, що білки пшеничного борошна міцніше утримують вологу та є більш гідратованими, ніж крохмаль, який є основним структуроутворювачем у кукурудзяних макаронних виробках.

Перший період сушіння з постійною швидкістю для пшеничних макаронних виробів триває до критичної вологості 30,2%, а для кукурудзяних — до 29,0%. Швидкість сушіння у першому періоді становить для пшеничних і кукурудзяних виробів 0,29%/хв та 0,35%/хв відповідно.

У другій серії дослідів отримано криві кінетики сушіння пшеничних і кукурудзяних макаронних виробів $W = f(\tau)$ (рис. 3, 5) та швидкості сушіння $dW/d\tau = f(W)$ (рис. 4, 6), за температури сушіння 40 °С, 50 °С, 60 °С та 80 °С.

Як свідчать отримані дані (рис. 3), зі зростанням температури від 40 °С до 80 °С спостерігається зниження першої критичної вологості при сушінні для пшеничних макаронних виробів. При температурі 40 °С перша критична вологість становить — 30,2%, при 50 °С — 30,0 %, при 60 °С — 28,7%, при 80 °С — 26,9%. Вона досягається при різних температурах за однаковий проміжок часу — 20 хв.

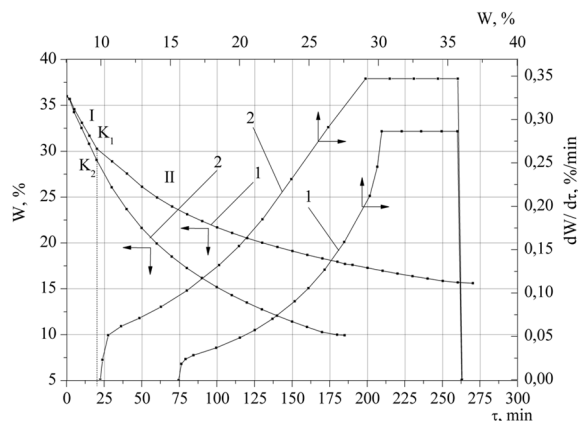


Рис. 2. Криві кінетики і швидкості сушіння макаронних виробів за температури 40 °С, де 1 — пшеничні макаронні вироби, 2 — кукурудзяні макаронні вироби; I — перший період сушіння, II — другий період сушіння

З рис. 5 видно, що швидкість сушіння пшеничних макаронних виробів закономірно зростає зі збільшенням температури повітря в сушильній камері. При температурі 40°С швидкість сушіння макаронних виробів у першому періоді становить — 0,29%/хв, при 50 °С — 0,3%/хв, при 60°С — 0,37%/хв, при 80 °С — 0,47%/хв.

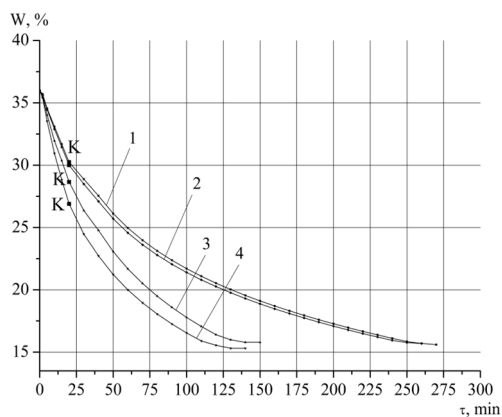


Рис. 3. Криві кінетики сушіння пшеничних макаронних виробів $W = f(\tau)$ за температури:

1 — 40 °С, 2 — 50 °С, 3 — 60 °С, 4 — 80 °С

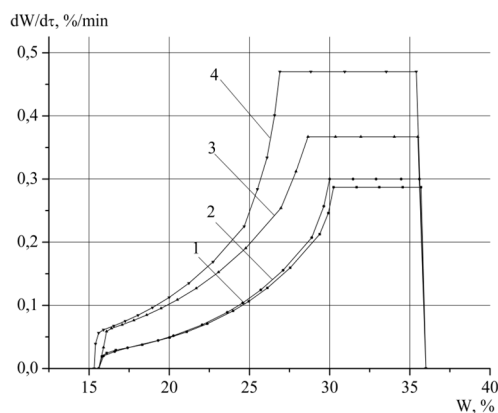


Рис. 5. Криві швидкості сушіння $dW/d\tau = f(W)$ для пшеничних макаронних виробів за температури:

1 — 40 °С, 2 — 50 °С, 3 — 60 °С, 4 — 80 °С

З рис. 4 видно, що при температурі 40 °С вологість для кукурудзяних макаронних виробів у першій критичній точці становить — 29,0%, при 50 °С — 25,9%, при 60 °С — 22,5%, при 80 °С — 19,9%. Як і в пшеничних макаронних виробках, перший період сушіння за різних температур досягається за 20 хв.

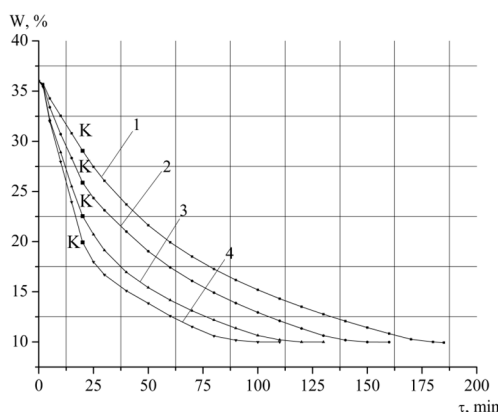


Рис. 4. Криві кінетики сушіння кукурудзяних макаронних виробів $W = f(\tau)$ за температури: 1 — 40 °С, 2 — 50 °С, 3 — 60 °С, 4 — 80 °С

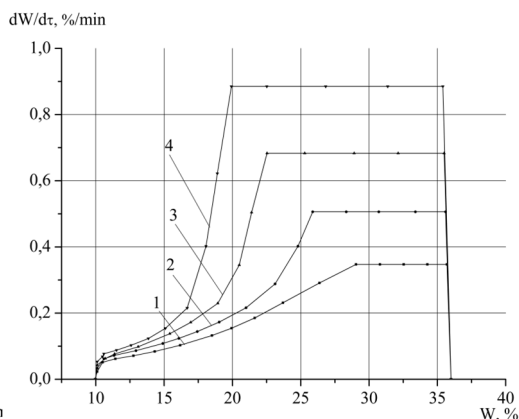


Рис. 6. Криві швидкості сушіння $dW/d\tau = f(W)$ для пшеничних макаронних виробів за температури: 1 — 40 °С, 2 — 50 °С, 3 — 60 °С, 4 — 80 °С

Як видно з рис. 6, при температурі 40°С швидкість сушіння кукурудзяних макаронних виробів є вищою, ніж у пшеничних і у першому періоді становить — 0,35 %/хв, при 50 °С — 0,51%/хв, при 60 °С — 0,68%/хв, при 80 °С — 0,89%/хв.

Макаронні вироби з кукурудзяного борошна висушуються до вологості 10,0% швидше, порівняно з пшеничними макаронними виробами до вологості 15,6% за температури сушіння 40 °С — у 1,46 раза, за температури 50 °С — у 1,62 раза, 60 °С — у 1,15 раза, 80 °С — у 1,27 раза. До однакової вологості 15,6% кукурудзяні макаронні вироби висушуються за різних температур приблизно у 2,7—3,5 раза швидше, ніж пшеничні вироби.

Основні характеристики та теплофізичні показники процесу сушіння пшеничних і кукурудзяних макаронних виробів наведені в табл. 1, 2.

Таблиця 1. Основні характеристики процесу сушіння пшеничних і кукурудзяних макаронних виробів

Макаронні вироби	t, °С	Характеристики процесу сушіння				
		$W_1^{кр}$, %	Час досягнення 1-ї критичної точки, хв	Швидкість сушіння у першому періоді, %/хв	Швидкість сушіння у другому періоді, %/хв	Загальна тривалість сушіння, хв
1	2	3	4	5	6	7
3 пшеничного борошна	40	30,2	20	0,29	до вологості 15,6%.	
	50	30,0		0,30	0,29-0,02	270
	60	28,7		0,37	0,30-0,02	260
	80	26,9		0,47	0,37-0,03	150
					0,47-0,04	140

Продовження табл. 1.

1	2	3	4	5	6	7
З кукурудзяного борошна	40	29,0	20	0,35	до вологості 10,0%.	
	50	25,9		0,51	0,35-0,02	185
	60	22,5		0,68	0,51-0,03	160
	80	19,9		0,89	0,68-0,04	130
					0,89-0,05	110

Таблиця 2. Основні теплофізичні показники процесу сушіння пшеничних і кукурудзяних макаронних виробів

Макаронні вироби	t, °C	Теплофізичні характеристики процесу сушіння			
		Коефіцієнт теплообміну (α , Вт/(м ² K)	Коефіцієнт теплопровідності (λ , Вт/м K)	Коефіцієнт масовіддачі для 1-го періоду (β , м/с)	Коефіцієнт температуропровідності ($a \cdot 10^8$, м ² /год)
З пшеничного борошна	40	69,44	0,0189	47,83	1,103
	50	90,91	0,0267	33,33	1,557
	60	137,50	0,0435	28,23	2,535
	80	281,25	0,1036	22,38	6,036
З кукурудзяного борошна	40	65,97	0,0180	57,83	1,160
	50	94,70	0,0278	56,22	1,795
	60	137,50	0,0435	52,54	2,806
	80	255,21	0,0940	42,14	6,063

Коефіцієнти теплообміну α , теплопровідності λ , температуропровідності a зростають зі збільшенням температури сушіння з 40 °C до 80 °C, але незначно відрізняються для виробів з пшеничного та кукурудзяного борошна.

Коефіцієнт масовіддачі β зменшується зі зростанням температури сушіння, але за всіх температур є вищим для макаронних виробів з кукурудзяного борошна.

Імовірно, що теплообмінні характеристики виробів зумовлені їх структурою, яка є близькою для виробів з пшеничного і кукурудзяного борошна, і вони описуються рівняннями: для пшеничних — $\alpha = 0,032 \cdot t^{2,054}$, $R^2 = 0,976$; для кукурудзяних — $\alpha = 0,045 \cdot t^{1,966}$, $R^2 = 0,995$. На масообмінні властивості впливають більшою мірою форми й енергія зв'язку вологи у напівфабрикатах, які, очевидно, відрізняються для виробів з різного борошна і вони описуються рівняннями: для пшеничних — $\beta = 2348 \cdot t^{-1,07}$, $R^2 = 0,966$; для кукурудзяних — $\beta = -0,404 \cdot t + 75,45$, $R^2 = 0,961$. Проте це питання потребує поглибленого вивчення.

Висновки.

1. Встановлено, що швидкість сушіння макаронних виробів з кукурудзяного борошна є вищою порівняно зі швидкістю сушіння виробів з пшеничного борошна як у першому, так і в другому періодах сушіння, зростає зі збільшенням температури сушіння і сприяє досягненню ними нижчої вологості за більш короткий час сушіння.

2. Макаронні вироби з кукурудзяного борошна висушуються до вологості 10,0% швидше у 1,15—1,62 раза, ніж пшеничні макаронні вироби до вологості 15,6% за температури сушіння 40—80 °C, а до однакової вологості 15,6% приблизно у 2,7—3,5 раза швидше.

3. Значення першої критичної вологості знижується зі збільшення температури сушіння і становить для пшеничних макаронних виробів 30,2—26,9% за температури сушіння 40—80 °С; для макаронних виробів з кукурудзяного борошна становить 29,0—19,9% за температури сушіння 40—80 °С. Перший період сушіння (до першої критичної вологості) триває для всіх виробів приблизно однаковий час — 20 хв. Швидкість сушіння у першому періоді для макаронних виробів з пшеничного борошна становить 0,29—0,47%/хв за температур 40—80 °С, для кукурудзяних макаронних виробів — 0,35-0,89%/хв.

4. Теплофізичні характеристики кукурудзяних і пшеничних макаронних виробів незначно відрізняються, а масообмінні (коефіцієнт масовіддачі) збільшуються в макаронних виробках з кукурудзяного борошна.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Медведев, Г.М.* Технология макаронных изделий / Г.М. Медведев. — СПб.: Гиорд, 2005. — 308 с.
2. *Назаров, Н.И.* Технология макаронных изделий / Н.И. Назаров. — М.: Пищ. пром-сть, 1978.
3. *Гинзбург, А.С.* Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — Т. 1.
4. Патент на корисну модель, № 105278 України, МПК A23B 7/02 (2006.01), F26B 3/30 (2006.01). Радіаційно-кондуктивна сушильна установка / Дубковецький І.В., Бурлака Т.В., Малежик І.Ф. — u201509129 ; заявл. 22.09.2015 ; опубл. 10.03.2016, Бюл. 5.
5. *Дубковецький, І.В.* Дослідження процесу мікрохвильового зневоднення глоду / Дубковецький І.В., Малежик І.Ф., Шевчук Я.В. // Харчова промисловість. — 2012. — № 13. — С. 127—133.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ, ТЕПЛО- И МАССООБМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

И.В. Дубковецкий, В.Г. Юрчак, О.В. Рожно, В.А. Казьмирышен
Национальный университет пищевых технологий

В статье исследованы кинетика и скорость сушки безглютеновых макаронных изделий конвективным способом. Определены их тепло- и массообменные характеристики: коэффициенты теплообмена, теплопроводности, температуропроводности и массоотдачи. Установлено, что скорость сушки макаронных изделий из кукурузной муки выше по сравнению со скоростью сушки изделий из пшеничной муки при температурах сушки 40—80 °С. Установлено значение первой критической влажности для пшеничных и кукурузных макаронных изделий.

Ключевые слова: безглютеновые макаронные изделия, кинетика сушки, скорость сушки, теплофизические характеристики, массообменные характеристики.

RECOVERY OF KINETIC ENERGY IN INDUSTRIAL MACHINES

A. Sokolenko, K. Vasilkovskiy, O. Stepanets

National University of Food Technologies

Key words:

machine cycles,
regeneration,
kinetic energy,
synchronization,
motion,
kinematics,
neven

ABSTRACT

The information relating to machine production lines in the food industry. The purpose of these machines is to perform one or more operations in series or in parallel.

The aim of study was to evaluate areas of synthesis machines, which lead to the possibility of recovery of kinetic energy transients. It is shown that technological machines regulation of cyclic action requires special measures to limit the unevenness of progress to achieve kinematic accuracy. One of the areas of influence recommended using drives with renewed energy flows sync them stages of acceleration and slow movement of workers. This synchronization restrictions except uneven progress leads to the possibility of regenerating kinetic energy of the interaction of two energy flows. Cases for cyclically operating machinery the possibility of the application of Malta-mechanisms.

Article history:

Received 5.10.2015

Received in revised form
30.10.2016

Accepted 7.11.2016

Corresponding author:

mif63@i.ua

РЕКУПЕРАЦІЯ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИНАХ

А.І. Соколенко, д-р техн. наук,

К.В. Васильківський, канд. техн. наук,

О.І. Степанець, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

Метою дослідження була оцінка напрямків синтезу машин, які створюють можливість рекуперації кінетичної енергії в перехідних процесах. Показано, що регулювання технологічних машин циклічної дії потребує спеціальних заходів щодо обмеження нерівномірності їх ходу з метою досягнення кінематичної точності. Одним із напрямів таких впливів є використання приводів з подвоєними енергетичними потоками з синхронізацією в них етапів розгону і сповільненого руху робочих органів.

Ключові слова: машини-автомати, цикли, регенерація, кінетична енергія, синхронізація, рух, кінематика, нерівномірність.

Постановка проблеми. Транспортно-технологічні системи харчових виробництв будуються як сукупність апаратів, конвеєрних систем і машин-автоматів. Важливою складовою таких сукупностей є автоматизовані поточкові лінії з висо-

ким рівнем синхронізації їх складових. При цьому знаходять використання машини-автомати, призначенням яких є виконання однієї або кількох операцій у послідовному або паралельному виконанні. Так, наприклад, автомат для закорковування пляшок або банок виконує одну операцію, а в автоматі для фасування газованих напоїв послідовно реалізуються операції вакуумування, наповнення пляшок діоксидом вуглецю та фасування напоїв. При цьому вакуумування і наповнення пляшок діоксидом вуглецю може бути кількарізним. Вказані операції виконуються послідовно в безперервному русі каруселі, або в циклічних режимах в автоматах лінійного типу з синхронізацією подавання тари, формування з неї рядів або масивів певної геометрії, завантажування і розвантажування. Така синхронізація забезпечується використанням жорстких кінематичних зв'язків або за рахунок систем керування. Ці обидва напрямки існують як рівноправні в окремому використанні або в поєднанні.

Разом з тим, в лініях високої продуктивності розповсюджені кінематичні зв'язки між окремими машинами-автоматами у формі накопичувальних пристроїв, бункерів, касет, живильників тощо. Поєднання сучасних можливостей механіки, контролерів, засобів електроніки і комп'ютерних технологій призвело до появи інтегральної технології під назвою механотроніка, в рамках якої стало можливим підвищення точності регулювання перебігу кінематики і динаміки перехідних процесів. Важливо, що такі можливості відкривають нові перспективи в машинобудуванні і рекуперації механічної енергії в циклічно діючому обладнанні.

Мета дослідження: оцінити можливості і перспективи регенерації кінетичної енергії в технологічних машинах.

Результати досліджень. Одним із напрямків обмеження енергетичних витрат пропонується використання приводів машин з кількома (частіше подвоєними) енергетичними потоками. Дублювання енергетичних потоків може стосуватися як окремих машин, так і робочих органів в одній або в кількох машинах. Поширеними в техніці прикладами з дублюванням робочих органів є повітряні компресори, компресори холодильних машин, поршневі насоси, двигуни внутрішнього горіння тощо, в яких чітко визначена синхронізація роботи досягається використанням важільних механізмів на основі колінчастих валів як ведучих ланок. Подібне влаштування вказаних пристроїв супроводжується їх компактністю, однак потребує заходів щодо зрівноваження й обмеження таким чином динамічних навантажень. В окремих випадках для регулювання ходу в таких машинах використовують маховики, які відіграють роль акумуляторів механічної енергії. Результативність останніх пов'язана з їх масами, геометрією і частотами обертання, що визначає не лише позитив при їх застосуванні. Обмежені можливості маховиків у ролі акумуляторів механічної енергії мають прояв у випадках переміщень значних мас циклічно діючих машин, в яких вони чергуються з фазами вистой за рахунок використання крокових механізмів.

Реалізація системи з двох технологічних машин з двома енергетичними потоками стосується однотипних за призначенням кінематичних і динамічних параметрів пристроїв. Схеми такого пристрою відповідає рис. 1.

Нехай завданням технологічних машин є виконання таких операцій: виділення поліетиленового стаканчика, підведення його в зону фасування продукції, здійснення фасування, переведення стаканчика в зону накладання кришки і герметизації упаковки, маркування упаковки, підведення її в зону вивантаження і здійснення останнього.

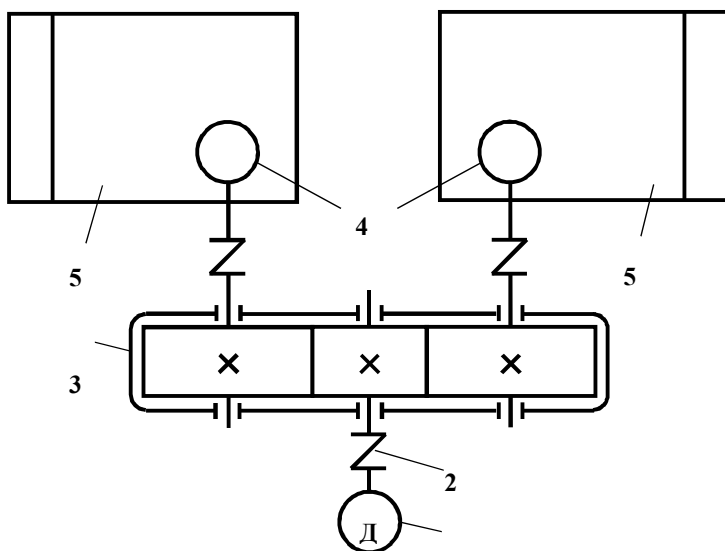


Рис. 1. Система з двох технологічних машин із синхронізованим приводом: 1 — двигун; 2 — муфта; 3 — редуктор-подільник потоків; 4 — механізм крокових переміщень; 5 — технологічні машини

У зв'язку з цим для роботи кожної машини характерні фази переміщення ротора і фази вистою. Доцільно, щоб тривалість фаз вистою, як і фаз переміщень, була б однаковою. Очевидно, що кожна фаза переміщення складається з двох етапів, на першому з яких кутові швидкості каруселей зростають від нуля до $\omega_{\max}$, а на другому — зменшуються від $\omega_{\max}$ до нуля. В першому наближенні приймаємо, що тривалість першого і другого етапів однакова. Це означає можливість початкового зміщення однієї каруселі відносно іншої на кутовий крок, що відповідає переміщенню на одному етапі. Тоді етапу збільшення кутової швидкості каруселі на першій машині відповідає етап зменшення швидкості на другій, що одночасно означає збільшення кінетичної енергії ротора першої машини і зменшення кінетичної енергії ротора другої. Таким трансформаціям за рахунок синхронізованих кінематичних зв'язків відповідає аналогія «перетікання» кінетичної енергії за умови збігуперших і других етапів або досягається збігом етапів розгону і вистою. Останнє означає зниження енерговитрат порівняно з випадками, в яких має місце синхронізація перших і других етапів. На рис. 2 наведена графічна інтерпретація розглянутого випадку. На других етапах пере-

міщень каруселей моменти сил інерції збігаються з дією рушійних моментів, завданням яких є подолання моментів сил шкідливого опору за відсутності технологічних опорів.

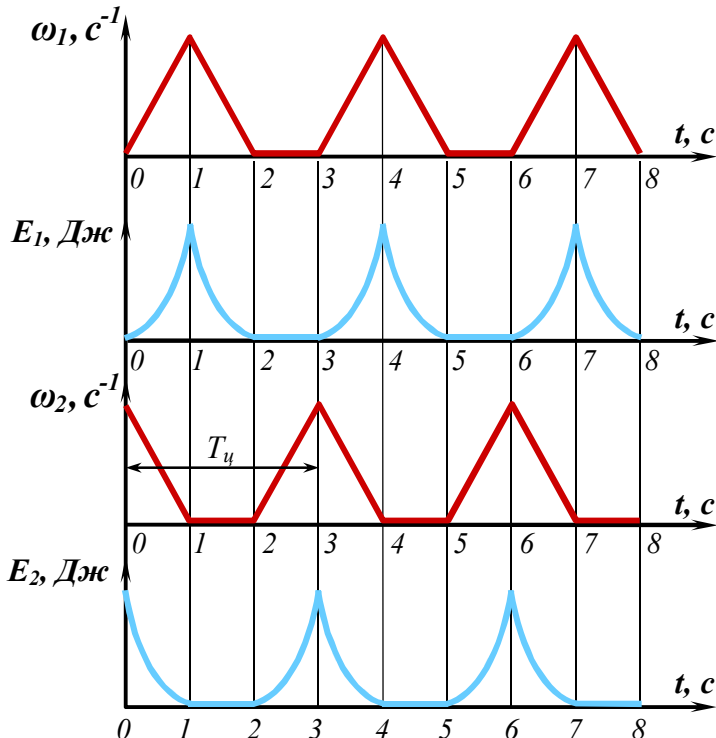


Рис. 2. Графіки зміни кутових швидкостей ω_1 і ω_2 каруселей машин і їх кінетичних енергій

Графічні залежності на рис. 2 наведені з певною мірою умовності, однак певне наближення до рівноприскорених і рівносповільнених рухів є досяжним, у тому числі з використанням сучасних можливостей мехатроніки. Хоча закономірності $\omega_1 = \omega_1(t)$ і $\omega_2 = \omega_2(t)$ можуть бути різними, однак важливо, що початку перших етапів і завершенню других відповідають значення $\omega_{1(n)}^I = 0$ і $\omega_{1(\kappa)}^{II} = 0$ та $\omega_{2(n)}^I = 0$ і $\omega_{2(\kappa)}^{II} = 0$ як початкові і кінцеві умови етапів.

Реалізація різних законів у крокових переміщеннях пов'язана з похибками через деформації ланок, обмеженою точністю виготовлення елементів кінематичних пар і реакціями двигунів на змінні навантаження. Однак математичне забезпечення визначення силових, кінематичних і геометричних параметрів дозволяє досягати заданих законів руху і точності позиціонування складових технологічних машин.

Для забезпечення циклічних переміщень вихідних ланок застосовують храпові, мальтійські, зубчасті механізми з неповними колесами тощо. Недоліками зубчастих механізмів з неповним числом зубців є наявність ударів у моменти початку зачеплення і початку фіксації зупинки та відсутність поділу переміщень на два етапи. Використання храпових механізмів обмежується у зв'язку з невеликою надійністю обертання на завершненні переміщення за відсутності гальмівної системи. Мальтійські механізми характеризуються більш сприятливими кінематичними параметрами і надійним дотриманням часу переміщення і вистою. На рис. 3 наведено схеми мальтійського і заміняючого механізмів.

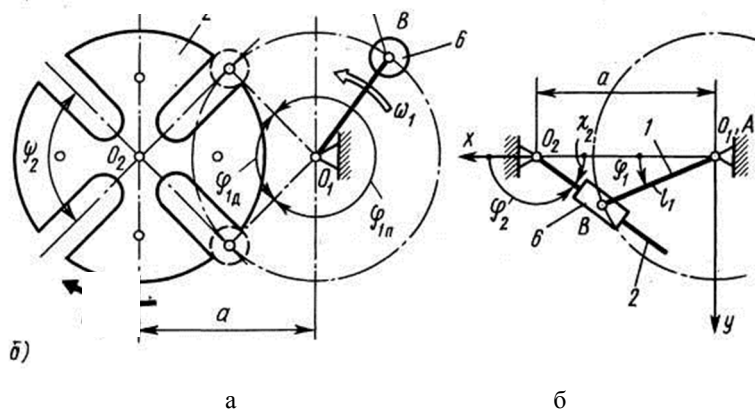


Рис. 3. Схеми мальтійського (а) і заміняючого (б) механізмів

Для технологічних машин, у яких робочий процес або операція виконується на фазі вистою, використовують вихідні ланки з обмеженим числом пазів. Це дозволяє обмежити втрати часу на допоміжний хід, що відповідає повороту вихідної ланки. Однак такий критерій не єдиний і в окремих випадках він може бути не визначальним для вибору числа пазів. Для визначення кінематичних передаточних функцій мальтійських механізмів використовують розрахункову схему, наведену на рис. 3, б у формі заміняючого механізму. В ньому куліса 2 збігається з віссю паза на диску 2, а повзун 6 виконує роль пальця, який ковзає по пазу при обертанні вхідної ланки 1 довжиною ℓ_1 . Довжина міжосьової відстані O_1O_2 позначена літерою а.

Кут ϕ_2 куліси при цьому:

$$\operatorname{tg} \phi_2 = \frac{\ell_1 \sin \phi_1}{a - \ell_1 \cos \phi_1} = \frac{\lambda_1 \sin \phi_1}{1 - \lambda_1 \cos \phi_1} = \frac{\sin \phi_1}{\lambda_a - \cos \lambda_1}, \quad (1)$$

де $\lambda_a = a/\ell_1$; $\lambda_1 = \ell_1/a$.

$$\text{Звідси} \quad \phi_2 = \pi - \arctg(\sin \phi_1 / (\lambda_a - \cos \phi_1)) \quad (2)$$

або
$$\phi_2 = \pi - \psi, \quad (3)$$

де
$$\psi = \arcsin \left[-\frac{\lambda_1 \sin \phi_1}{\sqrt{1 - 2\lambda_1 \cos \phi_1 + \lambda_1^2}} \right]. \quad (4)$$

Тоді кутова швидкість і кутове прискорення вихідної ланки визначаються залежностями:

$$\omega_2 = \frac{d\phi_2}{dt} = \omega_1 \frac{d\phi_2}{d\phi_1} = -\omega_1 \frac{\lambda_1 (\cos \phi_1 - \lambda_1)}{1 - 2\lambda_1 \cos \phi_1 + \lambda_1^2}, \quad c^{-1}; \quad (5)$$

$$\varepsilon_2 = \omega_1^2 \frac{\lambda_1 (1 - \lambda_1^2) \sin \phi_1}{(1 - 2\lambda_1 \cos \phi_1 + \lambda_1^2)^2}, \quad c^{-2}. \quad (6)$$

Наявність розрахункових формул (5) і (6) дозволяє визначити змінні значення кінетичної енергії каруселі машини-автомата і моментів сил інерції в інтервалі одного ходу:

$$E_{кин} = I_{np} \frac{\omega_2^2}{2} = \frac{I_{np} \left(\frac{-\omega_1 \lambda_1 (\cos \phi_1 - \lambda_1)}{1 - 2\lambda_1 \cos \phi_1 + \lambda_1^2} \right)^2}{2}, \quad Дж; \quad (7)$$

$$M_i = I_{np} \varepsilon_2 = I_{np} \frac{\lambda_1 (1 - \lambda_1^2) \sin \phi_1}{(1 - 2\lambda_1 \cos \phi_1 + \lambda_1^2)^2}, \quad Нм, \quad (8)$$

де I_{np} — приведений момент інерції каруселі, $кг \cdot м^2$.

Максимальне значення кутової швидкості відповідає значенню $\phi_1 = 0$:

$$\omega_{2max} = -\omega_1 \frac{\lambda_1}{1 - \lambda_1} = -\omega_1 \frac{\sin(\pi/z)}{1 - \sin(\pi/z)}. \quad (9)$$

Передаточне відношення $u_{21max} = \omega_{2max}/\omega_1$ залежить від числа пазів z , що відображено в таблиці.

z	3	4	5	6	8	10	12
u_{21max}	-6,46	-2,41	-1,43	-1,0	-0,62	-0,45	-0,35

З урахуванням залежностей (5) та (9) визначимо максимальну кінетичну енергію системи:

$$E_{\text{кінmax}} = \frac{I_{\text{пр}} \left(-\omega_1 \frac{\sin(\pi/z)}{1 - \sin(\pi/z)} \right)^2}{2}, \quad \text{Дж.} \quad (10)$$

Наведені залежності стосуються геометричних, кінематичних, динамічних і енергетичних параметрів систем з мальтійськими механізмами для реалізації крокових переміщень за умови стабілізованої кутової швидкості вхідної ланки. Такому припущенню відповідає використання синхронних електричних двигунів, тоді як асинхронні двигуни реагують на змінні технологічні та інерційні навантаження відповідно до їх стійких частин статичних механічних характеристик. Проте названі характеристики є жорсткими, завдяки чому зміни інерційних навантажень відносно мало впливають на кутові швидкості роторів. Останнє означає практичну можливість підтримувати розрахункові кінематичні параметри робочих органів технологічних машин і досягати запланованої рекуперації механічної енергії.

Висновки. Регулювання технологічних машин циклічної дії потребує спеціальних заходів щодо обмеження нерівномірності їх ходу з метою досягнення заданої кінематичної точності.

Одним із важливих заходів щодо обмеженню нерівномірності ходу технологічних машин є використання приводів з подвоєними енергетичними потоками з синхронізацією в них етапів розгону і сповільненого руху робочих органів. Вказана синхронізація, окрім обмежень нерівномірності ходу, призводить до можливості регенерації кінетичної енергії у взаємодії двох енергетичних потоків.

Поглиблений аналіз кінематики і динаміки мальтійських механізмів показав можливість їх застосування в подвосних технологічних машинах для реалізації регенерації механічної енергії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Якимчук, М.В. Науково-технічні засади створення обладнання для групового пакування харчових продуктів на основі мехатронних модулів: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.12 / Якимчук Микола Володимирович; Нац. ун-т харч. технол. — К., 2016. — 38 с.
2. Функціонально-модульне проектування пакувальних машин: монографія / О.М. Гавва, Л.О. Кривопляс-Володіна, С.В. Токарчук та ін. — К.: Видавництво «Сталь», 2015. — 547 с.
3. Стоцько, З.А. Моделювання технологічних систем: навч. посіб. / З.А. Стоцько; друге видання, перероб. і доп. — Львів: «Львівська політехніка», 2013. — 188 с.
4. Берник, П.С. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва: навч. посіб. для студ. вищ. техн. та агр. навч. закл. Ч. 1 / П.С. Берник, З.А. Стоцько, І.П. Паламарчук, В.В. Яськов, І.А. Зозуляк. — Львів: «Львівська політехніка», 2004. — 335 с.
5. Бурдо, О.Г. Прикладное моделирование процессов переноса в технологических системах / О.Г. Бурдо, Л.Г. Калинин. — Одесса: Друк, 2008. — 348 с.
6. Теория механизмов и машин / К.В. Фролов, С.А. Попов, А.К. Мусатов и др. — М.: Высшая школа, 1987. — 496 с.
7. Пальчевський, Б.О. Дослідження технологічних систем. Моделювання, проектування, оптимізація: навч. посіб. для студ. техн. спец. вищ. навч. закл. / Б.О. Пальчевський. — Львів: «Світ», 2001. — 232 с.

РЕКУПЕРАЦИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИНАХ

А.И. Соколенко, К.В. Васильковский, О.И. Степанец

Национальный университет пищевых технологий

Целью исследования была оценка направлений синтеза машин, которые приводят к возможности рекуперации кинетической энергии в переходных процессах. Показано, что регулирование технологических машин циклического действия требует специальных мер по ограничению неравномерности их хода с целью достижения кинематической точности. Одним из направлений таких воздействий рекомендуется использование приводов с удвоенными энергетическими потоками с синхронизацией в них этапов разгона и замедленного движения рабочих органов.

Ключевые слова: *машины-автоматы, циклы, регенерация, кинетическая энергия, синхронизация, движение, кинематика, неравномерность.*

METHODS AND APPARATUS FOR THE ELECTROCONTACT TREATMENT OF RAW MATERIALS

I. Babanov, V. Mikhaylov, I. Babkina, A. Shevchenko, S. Mikhaylova

National University of Food Technologies

Key words:

electro-contact heating,
electricity,
heat treatment,
cake mix,
stuffing

Article history:

Received 25.10.2016
Received in revised form
29.10.2016
Accepted 18.11.2016

Corresponding author:

igbabanov@mail.ru

ABSTRACT

The article contains analysis of existing methods and devices for construction electro-contact heating of food. To implement electro-contact heating using the apparatus and methods are different methods of processing and structural diversity. The vast majority of devices designed to handle stuffing masses and for mass production of sausages. Testing method electro-contact heating has shown that purely electric current heating in most cases is not enough. For toasted crust must use parallel heating from another source, such as from the heated surface. This also enables thermal processing speed. Given the effectiveness of electro-contact heating undoubtedly a need to implement it in the restaurant business, namely fast food chains, various cafeterias and cafes. This method might be to produce burgers and other culinary products. This problem is solved in the proposed device.

СПОСОБИ І АПАРАТИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ

І.Г. Бабанов, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

В.М. Михайлов, д-р. техн. наук,

І.В. Бабкіна, канд. техн. наук,

А.О. Шевченко, канд. техн. наук,

С.В. Михайлова, канд. техн. наук

Харківський державний університет харчування та торгівлі

У статті проаналізовано існуючі способи і конструкції апаратів для електроконтактної обробки харчових продуктів. Розглянуто сфери їх застосування. Поставлено завдання з розробки нового способу та апарата, визначено напрямки його вирішення. Запропоновано конструкцію нового апарата з електроконтактним нагріванням.

Ключові слова: електроконтактне нагрівання, електричний струм, теплова обробка, напівфабрикат, фарш.

Постановка проблеми. Зниження витрат енергетичних і матеріальних ресурсів під час виробництва кулінарної продукції є актуальним проблемним пита-

нням у галузі харчової промисловості і ресторанного господарства. З широкого асортименту кулінарної продукції близько 75...85 % на окремих етапах виробництва проходить стадію теплової обробки. За умов підтримування високотемпературних режимів тривалість термообробки, що визначається часом досягнення температури готовності подекуди досягає 90...120 хв. Традиційне обладнання характеризується низьким коефіцієнтом корисної дії (ККД) на рівні 0,6...0,7, значною тепловою напругою нагрівальних поверхонь, великою металоємністю тощо. Внаслідок цього способи й апарати для теплової обробки харчової сировини є малоефективними і потребують удосконалення. Вирішення такого завдання можливе шляхом застосування комбінованих процесів, розроблених із застосуванням високоєфективних методів обробки, наприклад, електроконтактного нагрівання (ЕКН).

Метою статті є аналіз існуючих способів і конструкцій апаратів для електроконтактної обробки харчової сировини, визначення сфери їх застосування.

Матеріали і методи. Під час вивчення питань, пов'язаних з ЕКН, способами, апаратами та сферою його застосування, авторами здійснено поглиблений літературний огляд методу з патентним пошуком та апробацією нової розробки. Розглядалися матеріали дисертацій, публікацій у мережі Інтернет, статей у періодичних виданнях провідних вчених за напрямком ЕКН і теплової обробки харчової сировини, зокрема І.А. Рогова, Г.К. Бабанова, М.І. Беляєва, П.Л. Пахомова, В.І. Волчкова, І.С. Павлова, О.І. Черевка, А.М. Поперечного, В.І. Волчкова, І.С. Павлова та ін.

Результати досліджень. Як засвідчує проведений огляд різноманітних літературних джерел, на теперішній час розвиток ЕКН як методу обробки продукції знаходиться на низькому рівні. Про це свідчить досить мала кількість праць, присвячених даній проблемі. Більшість публікацій на цю тему датується 70—90 рр. минулого століття.

Про перспективність методу ЕКН свідчить зарубіжний досвід його застосування. У більшості праць [1—4] пропонується застосування омичного нагрівання для знищення бактеріальних спор і створення асептичних умов у харчових системах. Цікавим є дослідження [5], присвячене застосуванню ЕКН для обробки м'ясних продуктів, зокрема болонської шинки, де автори акцентують увагу на швидкості такого нагрівання.

Проведений аналіз процесів ЕКН дозволив встановити сфери їх застосування [6; 7]. Так, ЕКН використовують під час виробництва хлібобулочних виробів. Використання ЕКН є можливим також для отримання різноманітної кулінарної продукції, в тому числі жареної, що паралельно потребує застосування поверхневого нагрівання від інших джерел для отримання підсмаженої скоринки. ЕКН застосовують для розморожування харчових продуктів, наприклад рибних блоків. На тютюновому виробництві в процесі сушіння ЕКН впливають на вологий матеріал (листя тютюну) і тютюнові блоки. Також застосовують електронагрівання для сушіння м'яса, що дозволяє скоротити тривалість процесу більш ніж на половину. ЕКН використовують для термообробки фаршів у ковбасному виробництві.

Розглянемо пристрої з ЕКН. Загалом реалізація таких процесів можлива двома основними методами: при переміщенні продукту вздовж електродів і при його нерухомому положенні.

За першим методом діє пристрій для електроконтактної термообробки рибного фаршу [8] (рис. 1а). Для здійснення процесу обробки підготовлений фарш завантажують у лійку. Включивши насос, фарш через фаршопровід подають у дозатор, в якому його розділяють на порції та подають по каналах. Переміщення фаршу в каналах здійснюють поперемінно, а процес пропускання електричного перемінного струму через кожну порцію — при зупинці переміщення фаршу з одночасним його стисненням на безконтактній ділянці за рахунок теплового розширення оброблюваних порцій, що знаходяться між електродами.

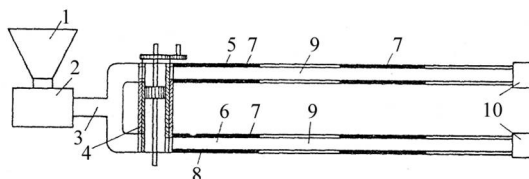


Рис. 1. Пристрій для електроконтактної термообробки рибного фаршу: 1 — лійка; 2 — насос; 3 — фаршопровід; 4 — дозатор; 5, 6 — канали; 7, 8 — електроди; 9 — безконтактна ділянка; 10 — відсікач; б) для безперервного ЕКН харчових продуктів: 1 — корпус; 2, 3 — електроди; 4 — вузол подачі; 5, 6 — патрубки

До цієї групи також слід віднести пристрій для електроконтактного варіння харчових продуктів, спосіб і пристрій для виготовлення варених ковбас, шнековий пристрій для ЕК теплової обробки харчових продуктів, спосіб безперервної теплової обробки фаршу електричним струмом, пристрій для ЕКН фаршевих виробів, а також багатосекційний нагрівач для термообробки м'ясного фаршу в потоці тощо [7].

Спосіб термічної обробки м'ясних формованих виробів, спосіб і пристрій для обробки харчових продуктів електричним струмом, контейнер для їжі з пазами для електродів, спосіб варіння фаршевих продуктів, спосіб приготування харчових продуктів тощо [7] відносяться до методу, за якого продукт протягом часу обробки залишається нерухомим.

Як приклад такого способу ЕКН розглянемо пристрій (рис. 2) [9], що містить виготовлену з діелектричного матеріалу камеру, на протилежних сторонах якої закріплено два електроди.

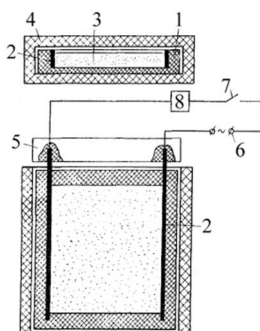


Рис. 2. Пристрій для електроконтактного способу приготування харчових продуктів: 1 — камера; 2 — електроди; 3 — продукт; 4 — обійма; 5 — роз'єм; 6 — джерело живлення; 7 — вимикач; б) каструля: 1 — корпус; 2 — перфорована вставка; 3, 4 — елементи фіксації

Наведений пристрій працює таким чином: після установки камери з продуктом в об'єму включається струм і відбувається нагрів харчової маси за рахунок протікання по ній струму. При нагріванні маса розширюється і займає весь об'єм камери. У процесі нагріву відбувається випарювання з продукту води, утворення пари, що виводиться через зазори між камерою й об'ємом, тому що камера виконана негерметично. У мірі нагрівання маси й випарювання води з неї величина спожитого струму постійно зростає, а після досягнення кулінарної готовності продукту — починає знижуватися. При зниженні струму до 0,7...0,8 максимального значення датчик струму подає команду на розрив ланцюга. Межа для вимикання струму обрана практично з урахуванням можливих коливань ланцюга та діапазону у параметрах складової харчової маси. Весь процес приготування продукту забирає час від 45 с до 1 хв.

З метою усунення недоліків технологічного й апаратного оформлення процесів жарення, отримування кулінарних виробів високої якості з властивостями смаженої продукції, зменшення тривалості теплової обробки та енерговитрат розроблено комбінований спосіб жарення з ЕКН та пристрій для його реалізації [10].

Комбінований спосіб жарення з ЕКН реалізовано у новому апараті ПКС-0,18 (рис. 3), що призначений для жарення з використанням комбінації поверхневого нагрівання та ЕКН і може використовуватись на підприємствах ресторанного господарства та харчових підприємствах малої потужності для смаження кулінарної продукції на основі січеної сировини. Апарат складається з двох шарнірно з'єднаних нижнього 14 та верхнього 19 каркасів з теплоізоляцією 15. До нижнього каркасу 14 прикріплено цільну штамповану основу 16, а до верхнього каркасу 19 — плиту 13 з отворами, в які входять рухомі утримувачі 9, що закріплені в фіксаторах 10 на пружинах 7. У штампованій основі 16 виконано канавку для розміщення прокладки з термостійкої гуми 12, що запобігає виходу пари з передньої частини пристрою і таким чином захищає обслуговуючий персонал від опіків. З внутрішнього боку рухомих утримувачів 9 і западинах штампованої основи 16 у пазах розміщено гріючі плитки 18, які фіксуються закріпленими різнополярними електродами 8.

Електричний струм для ЕКН отримується з промислової мережі, за допомогою випрямляча перетворюється на постійний струм, автотрансформатором змінюється його напруга до заданого значення та подається до комутатора. У комутуючому пристрої постійний електричний струм перетворюється на змінний прямокутної форми з частотою 50 Гц та подається до різнополярних електродів 8.

В об'ємах, що утворюються гріючими плитками 18 та різнополярними електродами 8, розміщуються напівфабрикати 6. Нагрівання гріючих плиток 18 здійснюється електронагрівачами 11, розміщеними з їх внутрішнього боку. Для визначення температури та її регулювання на поверхні гріючих плиток встановлено термодатчики 17. Ззовні пристрій облицьовано стальними листами 5, на передній панелі змонтовано пульт керування 1. Пристрій встановлюється на чотири опори ніжки 4 і закривається ручкою 2 за допомогою механічного затискувача 3.

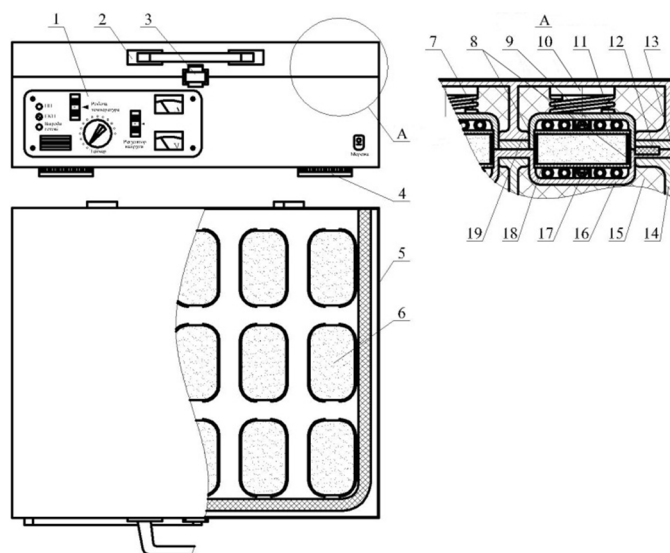


Рис. 3. Пристрій ПКС-0,18: 1 — пульт керування; 2 — ручка; 3 — механічний затискувач; 4 — опорні ніжки; 5 — облицювальні сталеві листи; 6 — напівфабрикати; 7 — пружини; 8 — різнополярні електроди; 9 — рухомі утримувачі; 10 — фіксатори; 11 — електронагрівачі; 12 — прокладка з термостійкої гуми; 13 — плита з отворами; 14, 19 — нижній і верхній каркас; 15 — теплоізоляція; 16 — штампована основа; 17 — термодатчики; 18 — гріючі плитки

Спосіб смаження з ЕКН у пристрої реалізується таким чином: після вмикання за допомогою вимикача «Мережа» до пристрою подається електричний струм. Для розігріву робочих плиток 18 на пульті керування 1 регулятором задають значення температури, в момент досягнення якої спрацьовують термодатчики 17, що дозволяє автоматичним вмиканням і вимиканням електронагрівачів 11 підтримувати заданий температурний режим. За допомогою регулятора напруги електричного струму ЕКН встановлюють її необхідне значення залежно від виду напівфабрикатів. За допомогою ручки 2 піднімають верхній каркас 19, на гріючі плитки 18 між парами різнополярних електродів 8 кладуть сформовані січені напівфабрикати 6 і закривають пристрій за допомогою ручки 2 на механічний затискувач 3. Щільний контакт напівфабрикату 6 з гріючими плитками 18 і електродами 8 забезпечується рухомими утримувачами 9, що притискуються пружинами 7, якими створюється тиск 10^4 кПа на напівфабрикат 6. На пульті керування 1 задають тривалість процесу смаження за допомогою таймера, а також контролюють величину напруги і сили електричного струму за показаннями вмонтованих амперметра й вольтметра.

Після закінчення заданого часу процес нагрівання припиняється, про що повідомляється спеціальною індикацією та звуковим сигналом. Для вивантаження виробів механічний затискувач 3 розмикають, за ручку 2 піднімають верхній каркас 19 і фіксують його у вертикальній позиції. Вироби виймають за допомогою дерев'яної лопатки, після чого робочі поверхні очищують спеціальними скребками, промивають і насухо витирають.

Висновки. Проведений аналіз існуючих способів і конструкцій апаратів для ЕКН харчових продуктів підтвердив, що для реалізації ЕКН використовують апарати й способи, які відрізняються методами обробки та конструктивною різноманітністю. Майже всі апарати використовують перемінний струм 50 Гц та вище. Переважна більшість апаратів призначена для обробки фаршоподібних мас і для масового виробництва ковбасних виробів.

Апробація методу ЕКН показала, що лише нагріву електричним струмом у більшості випадків недостатньо. Для отримання підсмаженої скоринки необхідне застосування паралельного нагріву від іншого джерела, наприклад, від нагрітої поверхні. Це також надасть змогу пришвидшити теплову обробку.

Ефективність ЕКН доводить необхідність його впровадженні в ресторанному господарстві, а саме: в мережі швидкого харчування, різноманітних їдальнях і кафе. Запропонований метод дасть змогу виробляти котлети, биточки та інші січені кулінарні вироби. Таке завдання вирішується у запропонованому пристрої ПКС-0,18.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ohmic heating as an alternative food processing technology: a report / D. R. Anderson [Д.Р. Андерсон]. — Manhattan : Kansas State University, 2008. — 45 p.
2. Effects of ohmic heating on microbial counts and denaturation of proteins in milk / H. Sun [Х. Сан], S. Kawamura [С. Кавамупа], J.-I. Himoto [Джей.-І. Хімото], K. Itoh [К. Іто], T. Wada [Т. Вада], T. Kimura [Т. Кімура] // Food Science and Technology Research, 2008. — V. 14 (2). — P. 117—123.
3. Ohmic heating [Електронний ресурс] / R. Ruan [Р. Руан], X. Ye [Х. Їе], P. Chen [П. Чен], C.J. Doona [Си. Джей. Дуна] : Vysoká škola Chemicko-Technologická v Praze. — Режим доступу: http://www.vscht.cz/ktk/www_324/studium/KP/pdf/odpor_ohrev.pdf.
4. Ohmic heating [Електронний ресурс]: FoodWrite. — Режим доступу: <http://foodwrite.co.uk/tag/ohmic-heating>.
5. Ohmic cooking of processed meats: energy evaluation and food safety considerations / D. de Halleux [Ди. де Хеллеукс], G. Piette [Ж. Питте], M.-L. Buteau [М.-Лі. Бутей], M. Dostie [М. Достіе] // Canadian bio-systems engineering, 2005. — V. 47. — P. 3.41—3.47.
6. Обладнання харчових виробництв із застосуванням електро-контактного нагрівання / Т.В. Кваско, С.В. Таймурзіна, В.М. Михайлов [та ін.] // Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі: всеукр. наук. конф. студентів, 15 квітня 2009 р.: [тези у 2-х ч.]. — Х.: ХДУХТ, 2009. — Ч. 1. — С. 214.
7. Михайлов, В.М. Аналіз способів та обладнання електроконтактної обробки у галузі харчових виробництв / В.М. Михайлов, І.В. Бабкіна, А.О. Шевченко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць. — Х.: ХДУХТ, 2007. — Вип. 1 (5). — С. 318—324.
8. А.с. 1736391 СССР, МКИ А 23 L 1/025. Способ электроконтактной термообработки рыбного фарша / Л.Я. Дембо, В.И. Варцаба (СССР). — № 4824680/13; заявл. 14.05.90; опубл. 30.05.92, Бюл. № 20.
9. Пат. 2058084 Российская Федерация, МКИ А 23 L 1/025. Электро-контактный способ приготовления пищевых продуктов / Долотовский Л.В. (Российская Федерация); заявитель и патентообладатель товарищество с ограниченной ответственностью «Легран». — № 94007050/13; заявл. 22.02.94; опубл. 20.04.96, Бюл. № 11.
10. Нові технічні рішення в проектуванні обладнання для теплової обробки харчової сировини: монографія в 3 ч. Ч. 2 Використання електроконтактного нагрівання в процесах жарення кулінарної продукції / О.І. Черевко [та ін.] ; за заг. ред.. О.І. Черевка, В.М. Михайлова. — Х.: ХДУХТ, 2012. — 151 с.

11. *Іванов, С.В.* Ефективність білокмісних наповнювачів у технологіях м'ясних та м'ясо-кістних продуктів / *С.В. Іванов, В.М. Пасічний* // Наукові праці НУХТ: зб. наук. праць. — 2012. — № 42. — С. 107—111.

СПОСОБЫ И АППАРАТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ

И.Г. Бабанов

Национальный университет пищевых технологий

В.М. Михайлов, И.В. Бабкина, А.А. Шевченко, С.В. Михайлова

Харьковский государственный университет питания и торговли

Статья содержит анализ существующих способов и конструкций аппаратов для электроконтактной обработки пищевых продуктов. Рассмотрены сферы их применения. Поставлена задача по разработке нового способа и аппарата, определено направление по ее решению. Предложена конструкция нового аппарата с электроконтактным нагревом.

Ключевые слова: электроконтактный нагрев, электрический ток, тепловая обработка, полуфабрикат, фарш.

RESEARCH OF THE WORK EFFICIENCY OF THE PNEUMATIC DRIVE WITH THE FUNCTION OF ENERGY RECOVERY IN THE DEVICES OF THE PACKING EQUIPMENT

O. Gorchakova, M. Yakymchuk, L. Ivanova, V. Yakymchuk

National University of Food Technologies

Key words:

pneumatic drive,
energy recovery,
mechatronic module,
packing equipment,
structural synthesis

Article history:

Received 25.10.2016

Received in revised form
30.10.2016

Accepted 6.11.2016

Corresponding author:

zhurybeda@mail.ua

ABSTRACT

Modern constructions of dosing devices are quite complex physical and mechanical systems that are under control of electronic and microprocessor control units and drives of different types among which the significant place is taken by the pneumatic drive. A pneumatic control circuit of the dosing device with the function of energy recovery was offered in the work and a mathematical model of astatic processes that run during braking of output link of the pneumatic drive in dosing and packaging devices of packing equipment with the help of pressing air into the additional capacity (receiver) was developed. Checking of the work of the offered pneumatic circuit, its further optimization and improvement were carried out on the basis of analysis of received experimental results of multi-factor experiment.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПНЕВМОПРИВОДА З ФУНКЦІЄЮ РЕКУПЕРАЦІЇ ЕНЕРГІЇ В ПРИСТРОЯХ ПАКУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

О.М. Горчакова,

М.В. Якимчук, д-р техн. Наук,

Л.І. Іванова,

В.М. Якимчук

Національний університет харчових технологій

У статті запропоновано пневматичну схему керування дозувальним пристроєм з функцією рекуперації енергії, розроблено математичну модель астатичних процесів, перебіг яких відбувається при гальмуванні вихідної ланки пневмопривода в дозувально-фасувальних пристроях пакувального обладнання шляхом протиску повітря в додатковий об'єм (ресивер).

Ключові слова: пневмопривід, рекуперація енергії, мехатронний модуль, пакувальне обладнання, дозувальний пристрій.

Постановка проблеми. До типових технологічних операцій пакувального обладнання відносяться операції дозування та фасування [1]. Більшість існуючих

конструкцій дозувальних пристроїв — це достатньо складні фізико-механічні системи, що знаходяться під контролем електронних і мікропроцесорних блоків керування та різного виду приводів. До основних видів приводів відносяться: електро-, гідро та пневмопривід.

Застосування електроприводу в дозувально-фасувальних механізмах обумовлено простотою перетворення електроенергії в механічну і, як наслідок, високим коефіцієнтом корисної дії, єдиним енергоносієм для силового і керуючого контуру. До основних переваг використання електропривода можна віднести технологічну гнучкість, гігієнічність і простоту керування. До недоліків — захист контактів вимикачів і виконавчих елементів у випадку регулярного дезінфікування пакувального обладнання миючими розчинами.

Поряд з електроприводом використовується гідропривід. Порівняно з електроприводом, гідравлічний привід малоінерційний, має можливість безступінчастого регулювання швидкості вихідної ланки для поступальних переміщень робочих органів в діапазоні до 1,5 м/с, забезпечує високу точність виконання операцій. Здебільшого гідравлічні приводи застосовуються в додаткових пристроях дозування, змішування, подачі сировини тощо. Застосування гідравлічного приводу в дозуючих пристроях обмежене гігієнічними вимогами (уникненням контактування енергоносія (мастила) з харчовим продуктом).

Найбільш широко в дозувальних пристроях застосовуються пневмоприводи (рис.1). Порівняно з іншими типами приводів пневмопривід відрізняється простотою конструкції, низькою вартістю, доступністю енергоносія, надійністю, довговічністю, можливістю роботи в агресивних середовищах, пожежною безпекою, гігієнічністю тощо.

Основними недоліками пневмоприводу є низький коефіцієнт його корисної дії, суттєве зниження швидкодії робочих органів при великих довжинах пневматичних ліній і, як наслідок, велика собівартість виконання операції за рахунок відсутності рекуперації енергії.



а)



б)

Рис. 1. Механізми і пристрої пакувального обладнання з пневмоприводом: а) дозатори для в'язких харчових продуктів; б) дозатори для пастоподібних харчових продуктів

Метою дослідження є розробка методик і нових пневматичних схем керування пневмоциліндрів у пристроях дозування пакувального обладнання. Об'єкт

дослідження — робочий процес пневмопривода фасувальної платформи з рекуперацією енергії в додатковий об'єм.

Виклад основних результатів дослідження. Традиційно вважається, що розподілення енергетичних витрат у пакувальному обладнанні з пневмоприводом доцільно класифікувати за трьома основними ознаками. Перша ознака — споживання енергії на виконання технологічних операцій пакування. Друга — споживання енергії на виконання допоміжних операцій пакування. Третя, найбільш розгалужена ознака, — споживання енергії при забезпеченні комутативних систем живлення обладнання. Кроки з енергозбереження стисненого повітря передбачають проведення комплексу заходів на кожній з перерахованих ознак і поділяються на проведення оптимізації технологічного процесу та зменшення витрат стисненого повітря з системи живлення. Першу частину витрат повітря можна зменшити, наприклад, за рахунок оптимізації кількості операцій, порядку їх виконання в процесі пакування продукції, кінематичних і силових параметрів тощо. Друга частина витрат стисненого повітря є найбільш вагомою, оскільки саме в системах живлення спостерігаються найбільші втрати енергії. Цю частку пропонується зменшити за рахунок оснащення робочих органів механізмами для акумулювання енергії.

Для реалізації рекуперації енергії запропоновано нову схему керування пневматичним приводом дозувального пристрою, що приводить у рух робочий орган через передавально-перетворювальний механізм. У запропонованій схемі передбачається, що під час відкривання дозувального пристрою етап гальмування пневматичного привода відбувається протитиском, який утворюється в акумуляторі (ресивері), величина якого задається приводом акумулятора та керованою системою управління залежно від заданої координати позиціонування робочого органу. Додатковою функцією схеми є можливість використовувати накопичену енергію акумулятора для закривання дозувального пристрою. За результатами аналізу способів зниження енерговитрат у пневматичних приводах пакувального обладнання розроблена та запропонована математична модель астатичних процесів, що відбуваються при гальмуванні вихідної ланки пневмопривода в дозувально-фасувальних пристроях пакувального обладнання шляхом протиску повітря в додатковий об'єм (ресивер) (рис. 2).

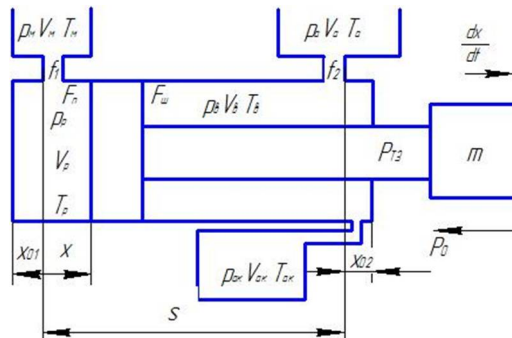


Рис. 2. Модель пневмопривода фасувальної платформи

Вважатимемо, що процес наповнення і витікання стисненого повітря з порожнин пневмоциліндра до етапу гальмування є термодинамічним процесом зі змінним показником політропи. Етапи гальмування починаються після перемикавання керуючого пристрою (розподільника) в нейтральне положення. За такою умовою площі його прохідних каналів не змінюються ($f_1, f_2 = 0$), а сам процес перемикавання є миттєвим, тобто канали нагнітання і вихлопу перекриваються одночасно. Після перемикавання розподільників передбачається, що в порожнинах пневмоциліндра знаходиться постійна кількість газу, яка досить швидко змінює характеристики при переміщенні. Наприклад, теплообмін з навколишнім середовищем буде незначним, тому показник політропи в такому випадку можна прийняти постійним і рівним 1,4. Динамічні процеси, що відбуваються в порожнинах пневмоциліндра на етапі гальмування описуються системою рівнянь:

$$\left\{ \begin{aligned} m_n \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} &= p_p \cdot F_n - P_0 - p_g \cdot F_{in}; \\ \frac{dp_p}{dt} &= \frac{n \cdot \mu_1 \cdot f_1 \cdot p_m \sqrt{\frac{2 \cdot n}{(n-1)} \cdot R \cdot T_m \cdot 0.2588}}{F_n \cdot (x_{01} + x)} + \frac{n \cdot p_g}{(x_{01} + x)} \frac{dx}{dt}; \\ \frac{dp_g}{dt} &= \frac{n \cdot \mu_2 \cdot f_2 \cdot p_g^{\frac{3n-1}{2n}} \times \sqrt{\frac{2 \cdot n}{(n-1)} \cdot R \cdot T_m \cdot 0.2588}}{F_{in} \cdot (s + x_{02} - x) \cdot p_a^{\frac{n-1}{2n}}} + \frac{n \cdot p_p}{(s + x_{02} - x)} \frac{dx}{dt}; \\ T_g &= \frac{p_g^{\frac{n}{n-1}} \cdot T_{0g}}{p_{0g}^{\frac{n}{n-1}}}; \\ \frac{dT_p}{dt} &= (n \cdot T_m - T_p) \frac{R \cdot T_p \cdot \mu_1 \cdot f_1 \cdot p_m \sqrt{\frac{2 \cdot n}{(n-1)} \cdot \frac{1}{R \cdot T_m} \cdot 0.2588}}{p_p \cdot F_n \cdot (x_{01} + x)} - (n-1) \cdot \frac{T_p}{x_{01} + x} \cdot \frac{dx}{dt}. \end{aligned} \right. \quad (1)$$

Система враховує, що на даному етапі об'єми пневмоциліндра замкнуті і маса повітря в них постійна, тому запропоновано, що процес зміни стану при постійній кількості повітря в порожнинах пневмоциліндра можна описати законами політропічного процесу. У порожнині нагнітання пневмоциліндра тиск повітря можна представити в такому вигляді:

$$p_p = (v_{p_{mn}} / v_p)^n p_{p_{mn}}, \quad (2)$$

де $p_p, p_{p_{mn}}$ — поточний і початковий тиск в порожнині нагнітання; $v_p, v_{p_{mn}}$ — поточний і початковий питомий об'єм в порожнині нагнітання; n — показник політропи.

Розкриємо значення початкового і поточного тиску в рівнянні (2), скоротивши дріб на значення площі поршня:

$$p_p = ((x_{01} + x_{mn}) / (x_{01} + x))^n \cdot p_{p_{mn}}, \quad (3)$$

де x_{01} , x_{mn} , x — початкова координата, координата точки перемикання та поточна координата переміщення поршня в порожнині вихлопу відповідно.

Тиск у вихлопній порожнині пневмоциліндра буде змінюватися за більш складною формулою через приєднання до неї на початковому етапі гальмування додаткового об'єму (ресиверу). Припустимо, що при об'єднанні додаткового об'єму і вихлопної порожнини пневмоциліндра, повітря з цих порожнин не переміщується, тоді відповідно до політропного закону зміни стану газу зміна тиску описується системою рівнянь (4):

$$\begin{cases} p_{\epsilon} \cdot v_{\epsilon}^n = p \cdot v_1^n; \\ p_{ak} \cdot v_{ak}^n = p \cdot v_2^n, \end{cases} \quad (4)$$

де v_{ϵ} , v_{ak} — питомий об'єм повітря вихлопної порожнини пневмоциліндра і додаткового обсягу; v_1, v_2 — питомі об'єми повітря вихлопної порожнини пневмоциліндра і додатковий об'єм, з'єднані в єдиний об'єм з параметром p ; p_{ϵ} , p_{ak} , p — тиск у вихлопній порожнині пневмоциліндра, додатковому і в об'єднаному об'ємах відповідно [2].

Розкриємо значення питомих об'ємів у системі рівнянь (4) та отримаємо зміну тиску в них:

$$\begin{cases} p_{\epsilon} \cdot v_{\epsilon}^n = p \cdot v_1^n \Rightarrow p_{\epsilon} \cdot \left(\frac{V_{\epsilon}}{m_{\epsilon}} \right)^n = p \cdot \left(\frac{V_1}{m_{\epsilon}} \right) \Rightarrow \\ \Rightarrow V_{\epsilon} (p_{\epsilon})^{\frac{1}{n}} = V_1; \\ p_{ak} \cdot v_{ak}^n = p \cdot v_2^n \Rightarrow p_{ak} \cdot \left(\frac{V_{ak}}{m_{ak}} \right)^n = p \cdot \left(\frac{V_2}{m_{ak}} \right) \Rightarrow \\ \Rightarrow V_{ak} \cdot (p_{ak})^{\frac{1}{n}} = V_2 \cdot (p)^{\frac{1}{n}}, \end{cases} \quad (5)$$

де V_{ϵ} , V_{ak} — об'єми вихлопної порожнини пневмоциліндра і додаткового об'єму; V_1, V_2 — об'єми, які займають повітря (не перемішуючи) з вихлопної порожнини пневмоциліндра і додаткового об'єму при їх з'єднанні в єдиний об'єм з параметром p ; m_{ϵ} , m_{ak} — маса стисненого повітря у вихлопній порожнині пневмоциліндра і додатковому об'ємі відповідно [3].

Приклад застосування отриманих результатів. Для рекуперації енергії стисненого повітря в приводах дозувальних пристроїв була розроблена пневматична схема їх керування (рис. 3), виготовлена експериментальна установка та проведений багатофакторний експеримент (рис. 4).

Експериментальна установка надає можливість фіксувати зміну тисків у порожнинах пневмоциліндра в реальному часі. Для цього було розроблено спеціальне програмне забезпечення та використано блок перетворення сигналів (4). Приклад отриманих результатів зміни тисків для пневмоциліндра діаметром 32 мм показаний на рис. 5.

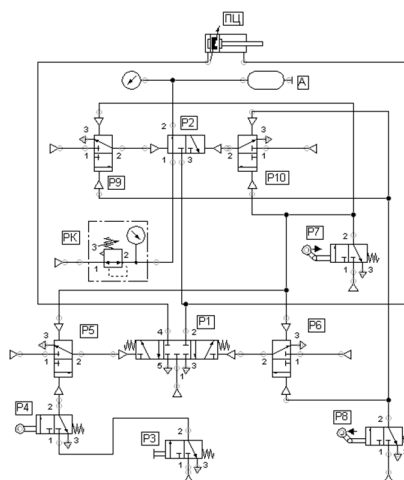


Рис. 3. Принципова пневматична схема з функцією рекуперації енергії для керування дозувальними пристроями пакувального обладнання

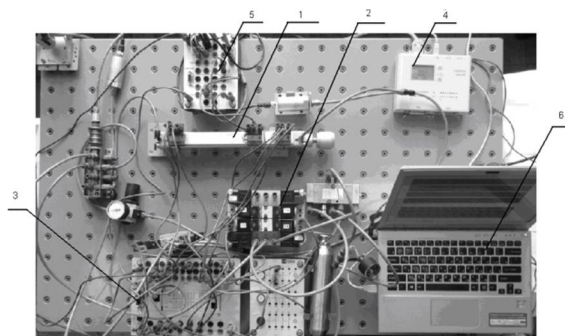


Рис. 4. Загальний вигляд експериментальної установки для дослідження роботи пневмопривода з функцією рекуперації енергії: 1 — пневматичний привід; 2 — розподільники виконавчої системи; 3 — контролер системи керування; 4 — блок аналого-цифрових та цифро-аналогових перетворень; 5 — датчики тиску; 6 — комп'ютер для знімання показників роботи системи

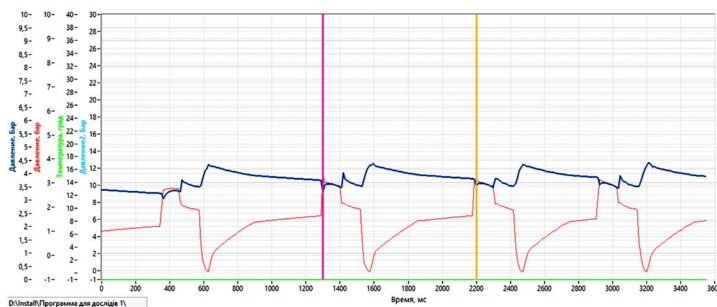


Рис. 5. Результати експериментальних досліджень зміни тисків для пневмоциліндра діаметром 32 мм

Поряд з експериментальними дослідженнями були проведені аналітичні дослідження та визначено залежність величини рекуперації енергії від часу роботи, оцінено ступінь впливу факторів на швидкість переміщення фасувальною платформи (рис. 6). За результатами аналітичних досліджень отримано критеріальне рівняння для визначення часу циклу роботи пневмопривода з функцією рекуперації енергії (6):

$$t = 14.378 - 0.1059 \cdot F - 3.242 \cdot P_p + 0.0259 \cdot F \cdot P_p + 0.9555 \cdot P_m \cdot P_p - 0.0076 \cdot P_m \cdot P_p \cdot F, \quad (6)$$

де t — час циклу роботи пневмопривода, с; F — сила опору, Н; P_m — тиск магістралі, бар; P_p — тиск в ресивері, бар.



Рис. 6. Результати аналітичних досліджень рекуперації енергії від часу роботи за допомогою програми FluidSIM-P

Висновки. Аналіз результатів аналітичних та експериментальних досліджень дозволив перевірити ефективність запропонованої схеми керування для функції рекуперації енергії та визначити оптимальне початкове значення тиску в додатковому об'ємі (ресивері). Встановлено, що при початковому тиску стисненого повітря в додатковому об'ємі більше 0,4 МПа його величина не впливає на якість роботи пневматичної системи. Зменшення початкового тиску стисненого повітря призводить до суттєво впливу на кінематичні характеристики руху пневмопривода, а час виконання технологічної операції залежить від величини додаткового об'єму.

ЛІТЕРАТУРА

1. Gavva, O. Scientific bases of method of synthesis for the structure of machines that provide packing process by foodstuffs / O. Gavva, L. Kryvoplyas-Volodina, M. Maslo // Ukrainian Journal of Food Science. — 2014. — №2 — P. 89—96.
2. Пашков, Е.В. Промышленные механотронные системы на основе пневмопривода: учебн. / Е.В. Пашков, Ю.А. Осинский. — Сев.: СевНТУ, 2007. — 401 с.
3. Кривопляс-Володіна, Л.О. Оцінка витратних характеристик пневмосопла для технологічного процесу / Л.О. Кривопляс-Володіна, Г.Р. Валіулін, В.М. Любімов // Харчова промисловість. — 2015. — № 18. — С. 137—141.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПНЕВМОПРИВОДА С ФУНКЦИЕЙ РЕКУПЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ В УСТРОЙСТВАХ УПАКОВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

О.Н. Горчакова, Н.В. Якимчук, Л.И. Иванова, В.Н. Якимчук

Национальный университет пищевых технологий

В статье предложена пневматическая схема управления дозировочным устройством с функцией рекуперации энергии, разработана математическая модель астатических процессов, протекающих при торможении выходного звена пневмопривода в полутвердых фасовочных устройствах упаковки путем продвижения воздуха в дополнительный объем (ресивер).

Ключевые слова: пневмопривод, рекуперация энергии, мехатронный модуль, упаковочное оборудование, дозирующее устройство.

THE SCENARIO PROCESS CONTROL BAKERY

V. Kyshenko, B. Goncharenko, O. Lobok

National University of Food Technologies

Key words:

baking production,
product quality,
production automation,
scenario approach,
AND yes S-scenarios of
management

Article history:

Received 27.11.2015

Received in revised form
29.05.2016

Accepted 3.06.2016

Corresponding author:

goncharenkobn@i.ua

ABSTRACT

The article deals with the contents and sample scenarios abstract (A-) and structural (C) controls and their implementation. A study representing the input and output variables as fuzzy process variables. The current graphic representation of A- and C-management scenarios. Processes bakery production is a complex technological complex, theme which is the high degree of uncertainty, big dimension, latency indicators of quality raw materials and semi-finished multi behavior when the priority objectives depends on the situation that arises depending on conditions at the facility management. Recommended use in bakery production automation scripts and control algorithms using intelligent mechanisms will increase productivity, reduce unit costs and loss of resources and raw materials, improve product quality.

РЕАЛІЗАЦІЯ СЦЕНАРІЇВ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ХЛІБОПЕКАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

В.Д. Кишенько, канд. техн. наук,

Б.М. Гончаренко, д-р техн. наук,

О.П. Лобок, канд. фіз.-мат. наук

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто зміст і приклади сценаріїв абстрактного (А-) та структурного (С) керування та їхня реалізація. Вхідні та вихідні змінні процесів представлено у вигляді нечітких величин [1]. Сформовано графічне зображення А- та С-сценаріїв керування. Рекомендоване використання при автоматизації хлібопекарського виробництва сценаріїв та алгоритмів керування із застосуванням інтелектуальних механізмів сприятиме підвищенню продуктивності, зменшенню питомих витрат і витрат ресурсів та сировини, поліпшенню якості продукції.

Ключові слова: хлібопекарське виробництво, якість продукції, автоматизація виробництва, сценарний підхід, А- та С-сценарії керування.

Постановка проблеми. Хлібобулочні вироби є важливим продуктом харчування для більшості населення України за будь-якого рівня доходів. Останні

впливають на розміри споживчого ринку хлібобулочних виробів, на віддання переваги споживачами певним сортам даної продукції. Хлібопекарська галузь забезпечує споживачів країни цим значущим продуктом харчування в необхідних обсягах, асортименті та якості всупереч високим цінам і скороченню обсягів споживання.

Основна увага при автоматизації виробництва приділяється поліпшенню якості продукції, раціональному використанню ресурсів і сировини, підвищенню продуктивності технологічних ліній. Існуючі системи автоматизації технологічних процесів хлібопекарського виробництва не забезпечують оперативного комплексного реагування на швидкоплинні зміни ситуаційної поведінки об'єктів керування, яка залежить від багатьох чинників технологічного й організаційного характеру.

Метою статті є створення передумов для підвищення техніко - економічних показників хлібопекарського виробництва шляхом створення автоматизованої системи багатоцільового керування з використанням сценаріїв виробничих ситуацій та інтелектуальних механізмів.

Виклад основного матеріалу. Виходячи з того, що сценарій для об'єкта керування — це опис можливих варіантів розвитку подій, який складається з узгоджених, логічно взаємопов'язаних етапів і послідовності кроків, що в умовах невизначеності можуть призвести до кінцевих цільових станів, то він є найбільш перспективним шляхом організації керування складними технологічними процесами з використанням новітніх інформаційних технологій.

Сценарний підхід дозволяє проводити багатоваріантний ситуаційний аналіз модельованої системи. Сценарій — спосіб досягнення поставлених цілей з урахуванням чинників впливу середовища, в якому перебуває система, що характеризується цілями, чинниками впливу, операціями та між- операційними зв'язками. Операція як крок сценарію по-різному визначається в абстрактному А- та структурному С-сценаріях. В А- випадку операція не враховує внутрішню структуру об'єкта при перетворенні вхідних змінних об'єкта у вихідні («чорний ящик»). С-сценарій деталізує внутрішню структуру об'єктів, які описані наборами властивостей-атрибутів. Їх значення можуть змінюватися за визначеними правилами. Операція С-сценарію є блоком, в якому розміщені об'єкти з однаковою набором атрибутів.

С-сценарій деталізує А-сценарій з урахуванням еволюції об'єкта при виконанні операцій і переходах об'єктів від одних операцій до інших. Еволюція об'єктів проявляється у зміні значень атрибутів, при переходах виникають «мутації» — поява нових ознак і втрата ознак, що стали непотрібними. Кожен клас С-сценарію працює автономно і взаємодіє з іншими класами і зовнішнім середовищем, щоб внести у вхідні черги нові об'єкти та видалити з вихідних черг «відпрацьовані» об'єкти.

Реалізація сценаріїв керування технологічними процесами хлібопекарського виробництва була виконана [2] за допомогою інструментального середовища Matlab — його внутрішнього додатку Fuzzy Logic.

Послідовність керувальних діянь визначалася на множині вхідних і вихідних змінних, представлених як нечіткі величини [1]. Кожен сценарій зв'язує змі-

ну зовнішніх умов з результируючими вихідними змінними. С-сценарій визначає, як зазначалося, внутрішню структуру об'єкта й описує її наборами властивостей-атрибутів. Операція С-сценарія являє собою блок, в якому розміщені об'єкти з однаковим набором атрибутів, і трактується як клас, складники якого належать до певного простору [3].

Сформуємо графічне представлення А- сценарію системи (рис. 1). Об'єктні потоки в А- сценарії процесу приготування хліба подано в табл. 1.

Таблиця 1. Позначення об'єктних потоків даних

Позначення	Зміст
P1	Подавання борошна
P2	Подавання води
P3	Подавання солі
P4	Подавання дріжджового розчину
P5	Подавання допоміжної сировини
P6	Вихід готової продукції до торговельної мережі
P7	Подавання підготовленого борошна
P8	Подавання води
P9	Подавання опари
P10	Подавання допоміжної сировини (решта за рецептурою)
P11	Подавання тіста
P12	Подавання тістових заготовок
P13	Подавання тістових заготовок після вистоювання
P14	Вихід готової продукції

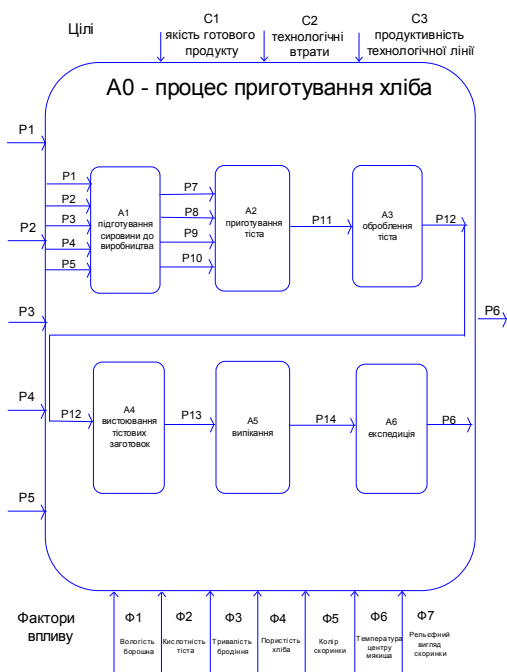


Рис. 1. Графічне представлення А- сценарію системи

Слід розрізняти два види моделювання поведінки системи. Це, по-перше, моделювання функціонування існуючої системи і, по-друге, моделювання розвитку системи. Сценарний підхід до моделювання більш ефективний при застосуванні до розвитку системи. При цьому сценарій має включати прогнозування розвитку системи при різних стратегіях, вибір (на основі результатів прогнозування) найкращої стратегії, операції з реалізації вибраної стратегії [4].

Атрибути об'єктів вказані в табл.2.

Таблиця 2. Атрибути об'єктів С-сценарію

Клас	Позначення атрибута	Зміст атрибута
A1	a 1.1	Сила борошна
	a 1.2	Колір борошна
	a 1.3	Вміст випадкових домішок
	a 1.4	Газоутворювальна здатність
	a 1.5	Вологість борошна
	a 1.6	Крупність борошна
	a 1.7	Кислотність борошна
	a 1.8	Колір води
	a 1.9	Мутність води
	a 1.10	% вміст нерозчинних речовин у соляному розчині
	a 1.11	Швидкість піднімання тіста
A2	a 2.1	Вологість борошна
	a 2.2	Кислотність борошна
	a 2.3	Вологість опари
	a 2.4	Температура опари
	a 2.5	Час дозрівання
	a 2.6	Дозрілість тіста
	a 2.7	Вологість тіста
	a 2.8	Температура тіста
A3	a 3.1	Густина тіста
	a 3.2	Вологість тістової заготовки
	a 3.3	Тривалість вистоювання
A4	a 4.1	Температура в шафі для вистоювання
	a 4.2	Відносна вологість повітря
	a 4.3	Тривалість вистоювання
A5	a 5.1	Температура м'якушки
	a 5.2	Колір скоринки
	a 5.3	Клейкість м'якушки
	a 5.4	Маса тістової заготовки
	a 5.5	Температура печі
	a 5.6	Тривалість випічки
	a 5.7	Вологість в пекарній камері
	a 5.8	Об'єм тістової заготовки
A6	a 6.1	Органолептичні показники
	a 6.2	Маса виробу

A- сценарій перетворюється в С- сценарій таким чином [5]:

- структуруються об'єкти;

- вводяться класи об'єктів і переходи між ними, формуються описи життєвих циклів усередині кожного класу;

- визначається набір інтегральних показників функціонування системи (значення цих показників встановлюються в ході імітаційного моделювання С- сценарію);

- задаються вирази залежностей ступеня досягнення цілей від інтегральних показників і факторів впливу.

Важливим етапом передбачення є оцінка реалістичності розроблюваних сценаріїв із попереднім визначенням умовних імовірностей подій, що формують ці сценарії. Головна особливість умовних імовірностей полягає в тому, що в такому разі вони фактично є психологічною оцінкою ймовірності тієї чи іншої події.

На рис. 2 наведений С- сценарій на основі сценарію А1 — підготовка сировини до виробництва.

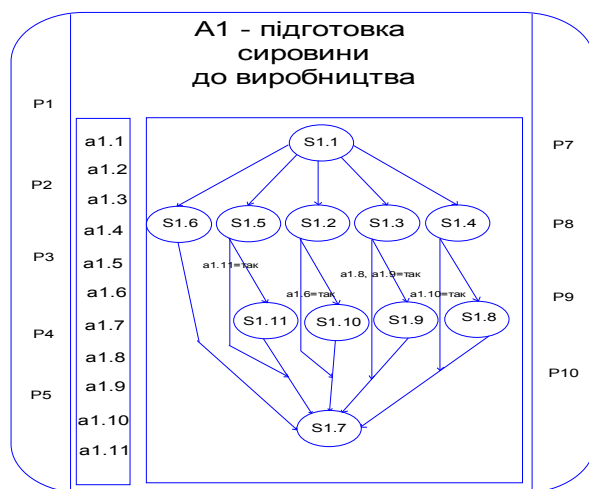


Рис. 2. Фрагмент С- сценарію, клас А1

Висновки. Використання сценаріїв та алгоритмів керування із застосуванням інтелектуальних механізмів сприятиме підвищенню продуктивності виробництва, зменшенню питомих втрат і витрат ресурсів та сировини, поліпшенню якості продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Штовба, С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. — М.: Горячая линия, 2007. — 288 с.
2. Шаруда, С.С. Автоматизована система багатоцільового управління технологічними процесами хлібопекарського виробництва на основі сценарного підходу: автореферат дис. канд. техн. наук / С.П. Шаруда. — К., 2009. — 23 с.
3. Юдицкий, С.А. Сценарный подход к моделированию поведения бизнес-систем. Серия: Управление организационными системами / С.А. Юдицкий. — М.: Синтегб, 2001. — 112 с.
4. Методы формирования сценариев развития социально-экономических систем/ [Кульба В.В., Кононов Д.А., Косяченко С.А., Шубин А.Н.]. — М.: СИНТЕГ, 2004. — 296 с.

5. Ладанюк, А.П. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. — К.: «Центр учбової літератури», 2014. — 280 с.

РЕАЛИЗАЦИЯ СЦЕНАРИЕВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В.Д. Кишенько, Б. Н. Гончаренко, А.П. Лобок

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассмотрены содержание и примеры сценариев абстрактного (А-) и структурного (С) управления и их реализация. Проведено представление входных и выходных переменных процессов в виде нечетких величин. Сформировано графическое представление А- и С-сценариев управления. Рекомендованное применение сценариев и алгоритмов управления с применением интеллектуальных механизмов при автоматизации хлебопекарного производства будет способствовать повышению производительности, уменьшению удельных потерь и расхода ресурсов и сырья, улучшению качества продукции.

Ключевые слова: хлебопекарное производство, качество продукции, автоматизированное управление, информационные технологии, автоматизация производства, сценарный подход, А и С-сценарии управления.

INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MULTIPRODUCT PRODUCTION

O. Savchuk, A. Ladanyuk, L. Vlasenko

National University of Food Technologies

Key words:

decision support system,
neural networks, multi-
product production

Article history:

Received 16.06.2016

Received in revised form
17.07.2016

Accepted 2.09.2016

Corresponding author:

savchuk_olga@bk.ru

ABSTRACT

This article presents the task of developing intelligent system management assortment production using scenario-cognitive modeling and neural network energy-efficient control of equipment that allows you to quickly and efficiently in real-time to take the best solution for managing technological complex food production, resulting in more efficient operation. Formed functional structure of the automated control system, which takes into account the peculiarities of the individual units of the complex. The structure and algorithm of the technological complex control system operation and the results of the optimal control problem.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ БАГАТОАСОРТИМЕНТНОГО ВИРОБНИЦТВА

О.В. Савчук, канд. техн. наук,

А.П. Ладанюк, д-р техн. наук,

Л.О. Власенко, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті представлено задачу розробки інтелектуальної системи керування багатоасортиментним виробництвом із використанням сценарно-когнітивного моделювання та нейронної мережі енергоефективного керування технологічним обладнанням, яка швидко й оперативно в режимі реального часу приймає оптимальне рішення щодо керування технологічного комплексу харчового виробництва, що сприяє підвищенню ефективності функціонування. Сформовано функціональну структуру автоматизованої системи керування, яка враховує особливості функціонування окремих агрегатів технологічного комплексу. Розроблено структуру та алгоритм функціонування системи керування технологічним комплексом і наведено результати задачі оптимального керування.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, нейронні мережі, багатоасортиментне виробництво.

Постановка проблеми. Враховуючи аналіз стану багатоасортиментного виробництва, виникає необхідність вдосконалення автоматизованої системи управ-

ління шлях створення інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень, що дозволить комплексно оцінювати техніко-економічні показники функціонування технологічного комплексу багатоасортиментного виробництва з урахуванням зовнішніх факторів та формувати обґрунтовані тактики стратегічного управління в конкретній ситуації. Процес функціонування системи керування багатоасортиментним виробництвом створює знання та дані, які необхідно враховувати з метою забезпечення оптимального управління. В системі керування повинні вирішуватися задачі гнучкого формування номенклатури та планових показників виробництва, враховуючи зовнішні й внутрішні умови функціонування підприємства. Для досягнення даної мети доцільно застосовувати системи підтримки прийняття рішень, які передбачають використання алгоритмів, процедур, методів когнітивного підходу на основі нейронних мереж [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Невизначеність дій зовнішнього середовища та неповнота інформації про стан функціонування багатоасортиментного виробництва за тих чи інших зовнішніх і внутрішніх умов робить задачу прогнозування асортименту продукції частиною складного, не завжди алгоритмізованого процесу. З метою пристосування моделі до нечіткості вхідної інформації досить активно застосовується теорія нечітких множин, яка передбачає представлення кількісних значень параметрів моделі у вигляді лінгвістичних змінних, що оцінюються нечіткими термами [2]. Звичайно, теорія нечітких множин має свої недоліки, зокрема такі, як суб'єктивність при формуванні функцій належності нечітких множин.

Серед існуючих підходів до отримання інформації про складні взаємозв'язки в технологічних комплексах харчової промисловості виділяють методи експертного опитування та ідентифікації на основі пасивного та активного експерименту. Одним із таких підходів є нейроно-нечітка технологія формування лінгвістичних причинно-наслідкових оцінок [3].

Передбачається, що інтелектуальна система підтримки прийняття рішень (СППР) може бути цілком реалізована на нейронних мережах (НМ). На відміну від традиційного використання НМ для вирішення тільки задач розпізнавання і формування образів, у СППР узгоджено вирішуються такі задачі: розпізнавання і формування образів; одержання і збереження знань; оцінки якісних характеристик образів; прийняття рішень. Нейромережеве рішення поставлених завдань передбачає аналіз і здійснення найбільш продуктивних способів обробки вихідних експериментальних даних, формування навчальної й тестової вибірок, конструювання нейромережових структур, аналіз, обробку та візуалізацію отриманих результатів [4]. Отже, сучасні вимоги до систем управління обумовлюють необхідність впровадження інтелектуальних СППР і адаптивних методів багатовимірного аналізу.

Виходячи з цього, необхідним є розробка інформаційної технології для задач управління багатоасортиментним виробництвом, яка поєднувала б адаптивні методи, засновані на принципах нейромережевого й нечіткого моделювання. Реалізація цих технологій при створенні СППР є основою інформаційного забезпечення та імітаційного моделювання для автоматизованої системи управління на підприємствах харчової промисловості з багатоасортиментним виробництвом.

Для збільшення ефективності системи автоматизованого управління необхідним є: точність стабілізації технологічних змінних, що забезпечується використанням сучасних методів та алгоритмів; оптимізація технологічних режимів, перехід з одного режиму на інший; енергоощадні алгоритми; інтелектуальні підсистеми підтримки прийняття рішень (ПППР), що будуються на основі експертних систем тощо.

Метою статті є розробка системи управління багатоасортиментного виробництва за рахунок використання методів когнітивного підходу на базі нейронних мереж. Для досягнення поставленої мети необхідно розробити структуру й алгоритм функціонування інтелектуальної СППР енергоефективного управління технологічним обладнанням, що враховує встановлений на основі сценарно-когнітивного моделювання економічно ефективний асортимент на добу.

Виклад основного матеріалу досліджень. Метою оптимального управління багатоасортиментного виробництва є розрахунок таких керувальних сигналів, які максимізують прибуток (мінімізують витрати), враховуючи обмеження сталих параметрів і вхідних керувальних дій. Розглянемо задачу розробки СППР на прикладі технологічного комплексу молочного заводу (ТКМЗ) для встановлення економічно ефективного асортименту на добу.

СППР включає дані, отримані в результаті когнітивного моделювання [5]. Структура та блок-схема алгоритму функціонування системи управління ТКМЗ на основі сценарно-когнітивного моделювання наведені на рис.1 та рис. 2. Завдання нечіткої когнітивної карти (НKK) ТКМЗ полягає в тому, щоб розрахувати економічно обґрунтований асортимент продукції ТКМЗ на наступну робочу добу.



Рис. 1. Структура СППР управління багатоасортиментним виробництвом на основі використання НKK

На початковому етапі (конструювання) на основі нечітких нейронних мереж створюється матриця взаємовпливів концептів НКК ТКМЗ.

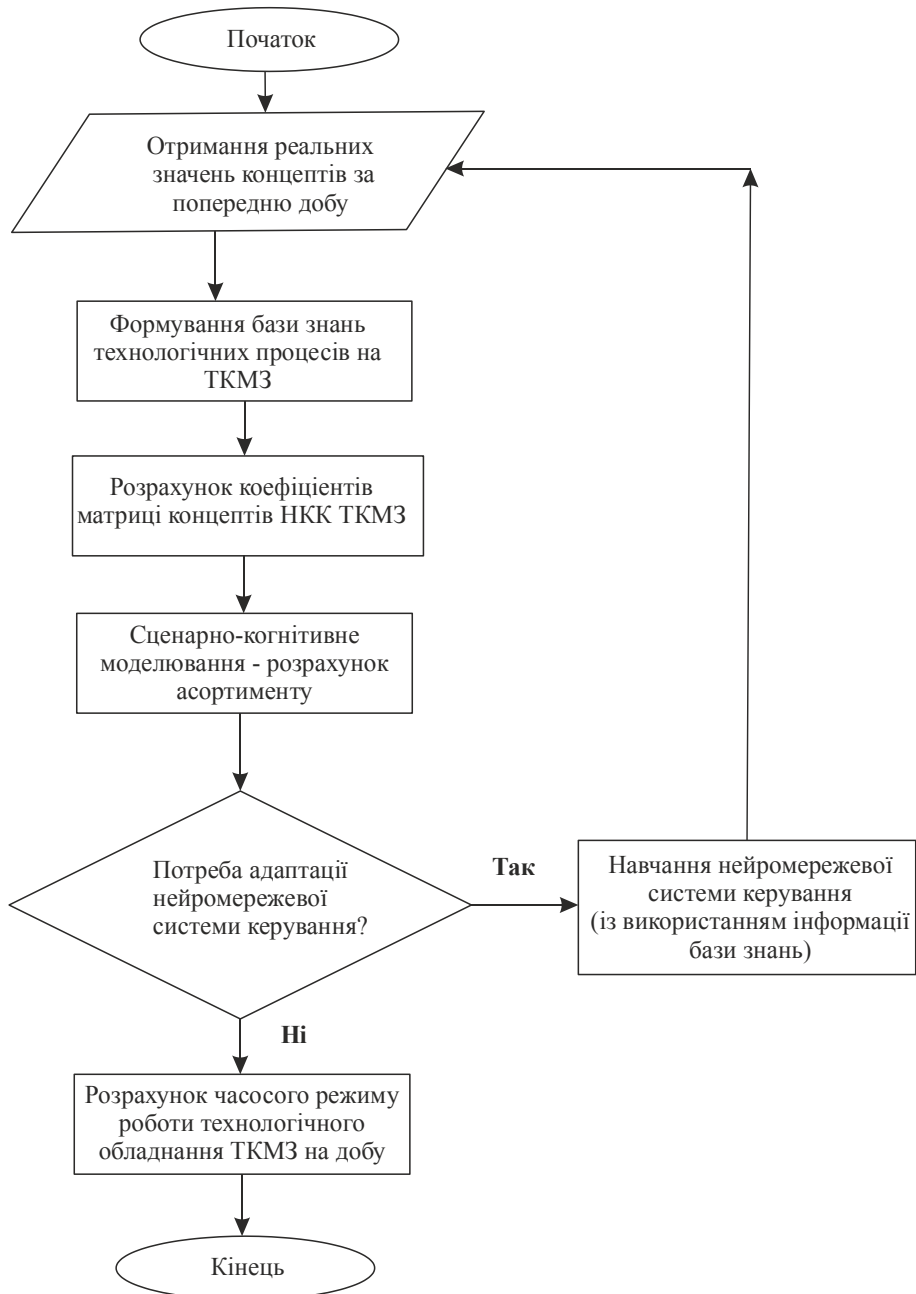


Рис. 2. Блок-схема СППР управління ТКМЗ

Сформована матриця передається у розроблену структуру НКК, де здійснюється сценарно-когнітивне моделювання функціонування підприємства, крім цього, паралельно НКК розміщується у відповідній базі даних для аналізу адекватності моделювання. На наступному етапі асортимент від НКК ТКМЗ передається у блок енергоефективного управління підприємством, де, з урахуванням зонності обліку й оплати електроенергії, формується мережева карта запуску та зупинки технологічного обладнання, яка забезпечує якісне виготовлення розрахованого НКК асортименту.

Після завершення виробничої доби, часові результати роботи технологічних ліній зберігаються у базі даних. Система також враховує кількість апаратів і потужність кожного цеху, що надає можливість в одному цеху одночасно виготовлювати різні продукти або, навпаки, для виготовлення великого об'єму одного продукту за мінімальний час задіяти декілька однотипних апаратів. Враховується також існування проміжних ємностей, де певний час з дотриманням усіх технологічних регламентів може перебувати продукт до моменту звільнення наступного технологічного апарата.

При подальшому функціонуванні (штатний режим) завжди здійснюється уточнення матриці взаємовпливів концептів НКК ТКМЗ, для цього використовується відповідна розроблена методика, яка наведена в [6] та БД. Перенавчання нейро-мережевої системи управління технологічним обладнанням виконується у випадку, якщо її функціональні характеристики не задовольняють вимоги енергоефективності [7]. Нештатні та надзвичайні ситуації програмуються у модулі «Нейронна мережа енергоефективного управління технологічним обладнанням», де також передбачається забезпечення ручного керування відповідним устаткуванням ТКМЗ.

З метою забезпечення повноцінного функціонування інтелектуальної системи керування ТКМЗ створено інформаційне забезпечення у вигляді бази знань ринкової ситуації й технологічного процесу. Етапи проектування бази даних, що лежить в основі бази знань, враховують результати аналізу технологічного процесу та параметрів, які використовуються при функціонуванні НКК та нейронної мережі енергоефективного управління технологічним обладнанням.

Задачу СППР управління молочним виробництвом розділено на два етапи: сценарно-когнітивне управління із виділенням найбільш прибуткового асортименту продукції та визначення енергоефективної стратегії використання обладнання, виходячи із попередньо спланованого НКК асортименту.

СППР при розв'язанні першої задачі працює в інформаційному режимі. Тобто видає найбільш прибутковий асортимент продукції з урахуванням ринкової ситуації, вартості енергоносіїв, сезонності тощо, а остаточний асортимент продукції та її об'єм на добу затверджує головний технолог чи інженер.

При розв'язанні задачі ефективного використання обладнання на молочному заводі СППР працює в «інформаційно-порадчому» режимі: аналізує асортимент, що планується виготовити протягом наступної доби і видає рекомендації щодо визначення оптимальної послідовності виробництва. Задача ефективного використання обладнання на підприємстві вирішується впровадженням у СППР ней-

ромережевого модуля енергоефективного управління технологічним процесом (НМЕУТП). Важливим аспектом є можливість системи у процесі роботи донавчатись, оскільки на виробництві непередбачувані, аварійні ситуації можуть виникати в будь-який момент.

На виході НМЕУТП отримуємо технологічну карту роботи підприємства на добу згідно з урахуванням заданого об'єму й асортименту продукції, тобто отримуємо найбільш енергоефективний план обробки однорідних продуктів, починаючи з виготовлення і закінчуючи розливом у пакети.

Програмне забезпечення для блоку «Нейронна мережа енергоефективного управління технологічним обладнанням (формування виробничого мережевого графіка з урахуванням зонності обліку електроенергії)» реалізовано у відповідному інтерфейсному вигляді (рис. 3). Програмне забезпечення відображає характеристики обладнання, години пуску/зупинки, а також інформацію про аварійний стан у випадку його виникнення.

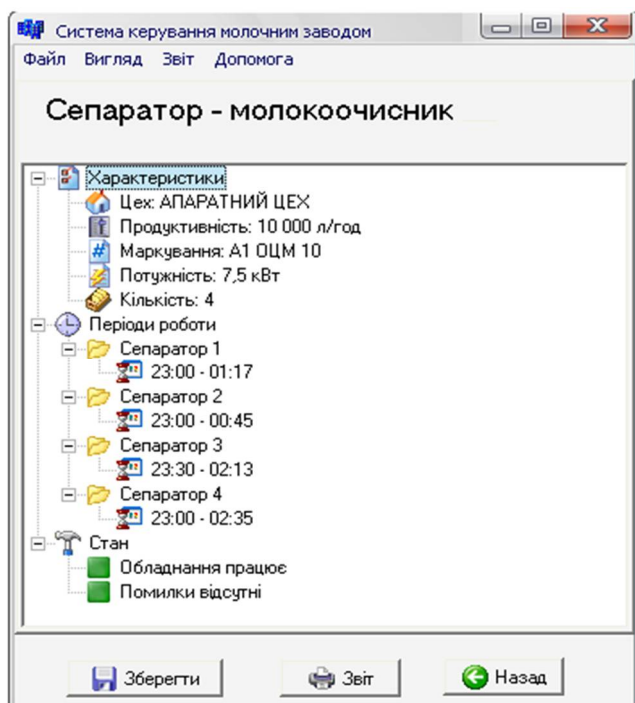


Рис. 3. Вигляд вікна програмного забезпечення блоку «Нейронна мережа енергоефективного управління технологічним обладнанням»

Для порівняння енергоефективності роботи підприємства за сценарієм, що заданий НМЕУТП та в звичайному режимі, проведено розрахунок економії електроенергії при виготовленні деяких видів продукції за тиждень. При розрахунках враховувався час роботи основних технологічних агрегатів, що задіяні у виробництві кожного продукту та їх потужність. Результати розв'язку задачі оптимального використання виробничих ресурсів молочного заводу наведені у [8].

Висновки. Отже, проведене дослідження підтверджує можливість енергоефективного управління технологічним обладнанням ТКМЗ на основі зонності обліку електроенергії, що безпосередньо пов'язане з функціонуванням системи автоматизованого управління, структура якої включає задачі автоматичного регулювання технологічних змінних і СППР на базі НКК.

Також сформована функціональна структура автоматизованої системи керування багатоасортиментного виробництва, яка враховує особливості функціонування окремих агрегатів.

У результаті застосування ННМ в СППР стає можливим отримання своєчасних і більш точних рішень. Це дозволить оперативно реагувати і формувати управляючі дії, розробити ефективну та раціональну технологію для вирішення мережевої задачі максимального завантаження технологічної лінії на основі запропонованого асортименту продукції, удосконалити графік запуску найбільш енергозатратного обладнання та процесів у проміжок “дешевої” енергії (без порушення технологічних вимог і добових об'ємів продукції).

Створення сучасної автоматизованої системи управління багатоасортиментним виробництвом молочної продукції є необхідним для реалізації ефективного управління в умовах невизначеності.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Тарасов, В.А.* Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: теория, синтез, эффективность [Текст] / В.А. Тарасов, Б.М. Герасимов, И.А. Левин, В.А. Корнейчук. — К.: МАКНС, 2007. — 335 с.
2. *Зігунов, О.М.* Нейромережеві моделі виявлення і розпізнавання технологічних ситуацій [Текст] / О. М. Зігунов, В. Д. Кишенько, Ю. Б. Беляев // Науково-технічна інформація. — 2013. — № 1(55). — С. 72—78
3. *Стеценко, Д.О.* Интеллектуальная обработка данных в системе автоматизованого управления технологическим комплексом брагоректификации / Д.О. Стеценко, О.М. Зігунов, Я.В. Смітюх // Технологический аудит и резервы производства. — 2014. — Т. 2, № 1 (16). — С. 49—52
4. *Власенко, Л.О.* Ситуационно-сценарный подход для управления технологическими комплексами / Л.О. Власенко, А.П. Ладанюк // Современный научный вестник. Серия: Технические науки. Современные информационные технологии. — 2014. — № 19 (215). — С. 99—105.
5. *Савчук, О.В.* Нечеткое когнитивное моделирование в системах управления технологическим комплексом молокоперерабатывающего предприятия [Текст] / О.В. Савчук, А.П. Ладанюк, Т.М. Герасименко // Новый университет. Технические науки. — 2015. — № 1—2 (35—36). — С. 13—19.
6. *Савчук, О.В.* Розробка когнітивної моделі для аналізу функціонування технологічного комплексу молочного заводу / О.В. Савчук, А.П. Ладанюк // Технологічний аудит та резерви виробництва. — 2015. — № 4/3 (24). — С.46—50.
7. *Савчук, О.В.* Дослідження можливостей використання нейронних мереж в системі підтримки прийняття рішень / О.В. Савчук, А.П. Ладанюк // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2015. — №4/4 (74). — С. 15—19.
8. *Савчук, О.В.* Автоматизоване управління багатоасортиментним виробництвом молочної продукції з використанням когнітивного підходу : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.07 / Савчук Ольга Вікторівна; Нац. ун-т харч. технолог. — К., 2015. — 22 с.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ МНОГООАСОРТИМЕНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

О.В. Савчук, А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко

Национальный университет пищевых технологий

В статье представлена задача разработки интеллектуальной системы управления многоассортиментным производством с использованием сценарно-когнитивного моделирования и нейронной сети энергоэффективного управления технологическим оборудованием, что позволяет быстро и оперативно в режиме реального времени принимать оптимальное решение по управлению технологическим комплексом пищевого производства, что способствует повышению эффективности функционирования. Сформирована функциональная структура автоматизированной системы управления, которая учитывает особенности функционирования отдельных агрегатов комплекса. Разработана структура и алгоритм функционирования системы управления технологическим комплексом и приведены результаты задачи оптимального управления.

Ключевые слова: *система поддержки принятия решений, нейронные сети, многоассортиментное производство.*

INTENSIFICATION OF HEATING OF GRAIN IS IN DRYER BY GASES WITH ENHANCEABLE MAINTENANCE OF MOISTURE

I. Gaponyuk

National University of Food Technologies

Key words:

grain,
drying,
warmth,
economy

Article history:

Received 24.10.2016

Received in revised form
30.10.2016

Accepted 23.11.2016

Corresponding author:

igor@nuft.edu.ua

ABSTRACT

The analysis of the heat losses with exhaust gases of the drying and cooling zones of a shaft grain dryers and studies applied feature of the use of different methods of heat recovery of the different content in the logs of gases. Theoretically proved the technical and economical feasibility of a new method of using heat of the exhaust working gas of high moisture content to heat spoguleni bodies before drying them. The obtained semiempirical equation of interfacial heat transfer for different gradients of moisture and temperature differences of phase environments and justifies the heating operation is slow-moving layer of grain for the same conditions of temperature gradients and moisture. The results obtained will allow to reduce specific heat consumption of drying by 15—20%, to intensify the process of dehydration 8—10 times and improve uniformity of drying of grain. The resulting method of heating the fixed bed of grain, exhaust gases of high moisture content does not require complicated structures to implement.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ РЕКУПЕРАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ

І.І. Гапонюк, д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті виконано аналіз втрат теплоти з відпрацьованими газами сушильних та охолоджувальних зон шахтної сушарки зерна і розглянуто прикладну особливість використання різних способів рекуперації теплоти різних за вмістом вологи газів. Теоретично обґрунтовано техніко-технологічну можливість та економічну доцільність нового способу використання теплоти відпрацьованих робочих газів підвищеного вологовмісту для нагрівання зневоджувальних тіл перед їх сушінням. Отримані результати досліджень дозволять зменшити питомі витрати теплоти сушіння на 15—20%, інтенсифікувати процес зневоднення у 8—10 разів та покращити однорідність сушіння зерна.

Ключові слова: теплота, рекуперація, градієнт, зерно, теплообмін.

Постановка проблеми. Попри багатовікову практику та значний вклад науковців у теорію сушіння, досі ще в структурі енерговитрат вирощування й переробки зерна найбільша її частка припадає на зневоднення. За різними даними в структурі агротехнологічного циклу вирощування та приведення в стійкий стан зберігання зерна, енерговитрати на його сушіння складають 50...70%, а в структурі енерговитрат його післязбиральної обробки — 85 — 90% (рис. 1). Порівняно з енерговитратами технологій сортових помелів пшениці, витрати енергії на сушіння однієї планової тонни зерна можна порівняти з витратами на виробництво близько 1,6...1,8 т сортового борошна.

Мета дослідження: зменшення питомих енерговитрат зневоднення капілярно-пористих колоїдних тіл.

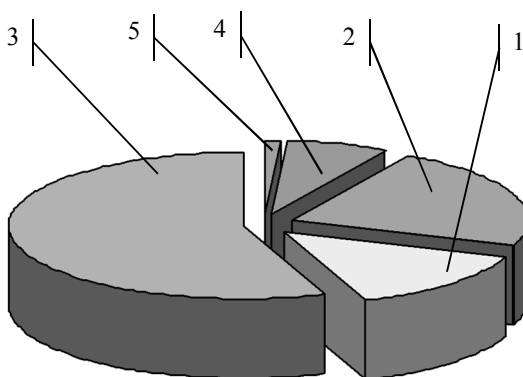


Рис. 1. Структура енерговитрат сушіння зерна кукурудзи шахтними сушарками: 1 — витрати теплоти сушіння зерна; 2 — втрати теплоти на нагрівання зерна; 3 — втрати теплоти з відпрацьованими газами без охолоджуючих газів; 4 — втрати теплоти через поверхні корпусу сушарки, 5 — втрати теплоти недоспалювання теплоносія

Матеріали і методи. За найбільш поширеного у світовій і вітчизняній практиці конвективного способу зневоднення зерна найбільша частка витрат і втрат теплоти припадає на втрати з відпрацьованим сушильним агентом (рис. 1). Якщо для фазових перетворень води в зерні потреба розрахунково-необхідної енергії становить близько 144 МДж/пл.т, то решта енерговитрат зерносушарок, а це близько 180 МДж/пл.т, або 56% загальних витрат теплоти сушіння, припадає на втрати із відпрацьованими робочими газами (рис. 1) [1—3]. Тобто фактичні витрати теплоти сушіння зерна більш як удвічі перевищують теоретичні (розрахункові) витрати з його зневоднення. Ці так звані технологічні втрати, пов'язані з особливістю форм зв'язку води з тілом зернини й недосконалістю технології сушіння [3—5]. Наведені втрати

теплоти в перерахунку на весь зібраний урожай вітчизняними господарствами можуть перевищувати 1 млн т умовного палива на рік [2; 3].

Відмічені вище втрати теплоти наведено для швидкості конвективного сушіння однієї тонни вологого зерна на 6% за одну годину в найбільш розповсюдженій конструкції зерносушарки шахтного типу. Очевидно, що зі збільшенням швидкості сушіння ці втрати пропорційно зростатимуть, а при уповільненні — зменшуватимуться [1; 2; 6]. Однак уповільнені способи зневоднення не задовольняють вимоги своєчасного сушіння всього зібраного урожаю, тому на практиці їх розглядають як допоміжні. І основну частку зерна зібраного урожаю (як у вітчизняній, так і зарубіжній практиці) сушать швидкісними способами й усвідомлено йдуть на додаткові втрати енергії [4; 6].

Одним із способів зменшення втрат теплоти зневоднення капілярно-пористих тіл, до яких відносяться зерно й продукти його переробки, є рекуперація теплоти відпрацьованого сушильного агента [1—3; 6; 7]. В даній роботі ми хочемо доповнити відомі рішення з рекуперації теплоти та поділитися нашими результатами досліджень з можливості рекуперації теплоти відпрацьованого сушильного агента будь-якого вологовмісту в поєднанні із збільшенням швидкості перебігу вологообміну прискоренням внутрішньо-капілярної дифузії вологи в тілі зернини. Слід зауважити, що у вітчизняній і зарубіжній зерносушальній практиці найбільшого розповсюдження отримали лише способи рекуперації теплоти малозволожених відпрацьованих газів після зони охолодження висушеного зерна, тобто газів довкілля, що нагріваються до температури висушеного зерна в охолоджувальній зоні тепловологообмінної камери сушарки. Відносна вологість таких газів не перевищує 30%, а вологовміст — 18 г/кг_{с.п.} (дивись нижче). Проте основна частка втрат теплоти припадає якраз на високозволожені відпрацьовані газі сушильних зон сушарки (рис.1).

Виконавши розрахунок кількості теплоти, що втрачається із відпрацьованими газами за відомою формулою 1 та перерахувавши ці втрати на кількість енергоносіїв за їх теплоутворюючою спроможністю за формулою (2), можна встановити розмір цих втрат у вартісному вираженні за формулою (3).

$$Q_{\text{вт.а}} = L[1,004 (t_2 - t_0) + 2,5 (d_1 - d_0)/1000 + (1,842/1000) (d_1 t_2 - d_0 t_0)], \quad (1)$$

де L — витрати агента сушіння, кг/год; t_0 і t_2 — температура повітря навколишнього середовища та відпрацьованого агента сушіння, °C; d_0 і d_1 — вологовміст повітря навколишнього середовища та відпрацьованого агента сушіння, г/кг_{с.п.}

$$m = Q_{\text{вт.а}} / q, \quad (2)$$

де q — теплоутворююча спроможність теплоносія, МДж/кг (МДж/м³).

$$B = m \cdot \text{ц}, \quad (3)$$

де ц — ціна теплоносія, грн/кг (грн/м³).

Підставивши відповідні значення у формули (1) — (3) для роботи зерносушарок вітчизняного виробництва ДСП-32х2от та імпортих високопродуктивних (типу TORNUM) для літнього й осіннього періодів сушіння з використанням теплоти

дизельного палива (вартістю 23 грн/кг) та природного газу (вартістю 7,1 грн/м³), отримаємо орієнтовні втрати теплоти відпрацьованими газами за годину роботи сушарок та за добу (20,5 год/доб) у фізичних одиницях та грошовому вираженні (табл.)

Аналізуючи наведені в табл. дані, можемо відмітити, що в осінню пору року втрати теплоти є більшими за рахунок більшої різниці температур відпрацьованих газів і довкілля (t_2 і t_0) та більшої різниці вологовмісту відпрацьованих газів і довкілля (d_2 і d_0).

Таблиця. Техніко-економічні показники відпрацьованих газів сушарки

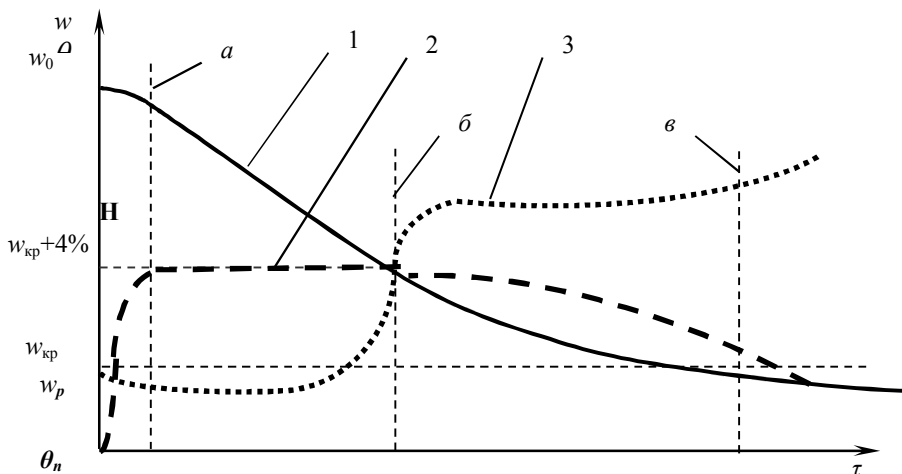
Сезон роботи	Сушарки	Кількість віпр. газів	Теплота	У перерахунку на дизельне паливо				У перерахунку на природний газ			
		тис.м ³ /г	ГДж/г	кг/г	т.кг/д об	тис. грн /г	тис.грн/ доб	м ³ /г	тис. м ³ / доб	тис.грн/ г	тис.грн/ доб
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
літо	вітчиз	340	11,6	275	6	6,3	129,8	362	7	2,6	52,6
	закор	480	16,3	389	8	8,9	183,3	510	10	3,6	74,3
осінь	вітчиз	340	15,8	377	8	8,7	177,5	494	10	3,5	72,0
	закор	480	22,3	532	11	12,2	250,6	698	14	5,0	101,6

Значимість втрат в ціновому вираженні від 50 тис. грн за добу роботи одного спареного зерносушильного комплексу ДСП-32х2от доводять значну економічну доцільність заходів з утилізації їх теплоти.

Результати досліджень. Із відпрацьованих робочих газів найбільш придатними за вологовмістом для використання в тепло-і вологообмінних камерах, як уже відмічалось вище, є гази після зони охолодження сухого зерна. Їх вологовміст для роботи сушарок в різні пори року коливається в межах лише 8—18 г/кг_{с.п.}. Частка таких газів у сушарках різних конструкцій 26—32% від загальної кількості відпрацьованих газів, а частка втрат теплоти з ними ще менша — 22—25% від втрат з усіма відпрацьованими газами сушильних та охолоджувальної зони тепловологообмінної камери сушарки. Якщо вологовміст відпрацьованих робочих газів після зони охолодження лише в межах 8—18 г/кг_{с.п.}, а їх відносна вологість до 30%, то після сушильних зон вологовміст утричі більший і становить 35—45 г/кг_{с.п.}. Велика абсолютна вологість відпрацьованих робочих газів після сушильних зон сушарки, попри їх кількакратно більшу теплоту порівняно із відпрацьованими газами холодної зони сушарки, обмежує їх практичне використання. Відомі наукові рішення інституту теплофізики НАНУ (проф. Ю.Ф. Снежкін), ОНАХТ (професорів М.В. Остапчука, О.Г. Бурдо, М.А. Гришина), ХДУХТ (проф. М.І.Погожих) з використання різноманітних теплообмінників і теплових насосів, на жаль, сьогодні ще не знайшли свого широкого практичного використання через складність їх конструкції, значну вартість виготовлення й обслуговування. З цієї причини питання використання теплоти відпрацьованих газів підвищеного вологовмісту для високопродуктивних зерносушильних агрегатів

досі ще не вирішено. Сподіваємося, що наведені нижче наші результати досліджень дозволять певною мірою наблизити практичне вирішення вказаної проблеми використання теплоти відпрацьованих газів підвищеного вологовмісту.

На рис. 2 представлено кінетику конвективного сушіння малорухомого шару зерна в шахтній зерносушарці. Варто звернути увагу на кінетику температури шару зерна (крива 3 рис. 2). На початковому етапі зневоднення робочими газами температурою від 100 °С можемо спостерігати не зростання, а навіть незначне зниження температури зневоджуваних тіл (період *a* — *б*) рис. 2), що пов'язано з втратами енергії фазового перетворення води в периферійних шарах цих тіл. За виробничими дослідженнями сушіння зерна різних за розмірами зернин і вмісту води, період незростаючої температури зерна може становити від 15 хв дрібнозернистих у літню пору року, до 80 хв — крупнозернистих у пізньо-осінню пору.



Періоди стрімкого зростання швидкості сушіння (0—*a*), сталої швидкості сушіння (*a*—*б*) та спадної швидкості сушіння (*б*—*в*)

Рис. 2. Крива конвективного сушіння (1), швидкості сушіння (2) і нагрівання шару зневоджуваних тіл (3)

Проведені нами дослідження зневоднення зерна в шахтних зерносушарках вітчизняного та зарубіжного виробництва дозволили встановити тісну залежність параметрів фазових середовищ і втрат теплоти з цими газами від режимів сушіння, виду зневоджуваної культури та параметрів довкілля або сезону роботи сушарки. Представляють науково-прикладний інтерес різноманітні виробничі дослідження параметрів відпрацьованих робочих газів шахтних зерносушарок для узагальнення цих різноманітних даних і встановлення технологічної можливості й економічної доцільності рекуперації їх теплоти різних зернових культур, пор року та конструкцій зерносушарок.

Висновки.

1. Витрати теплоти сушіння зерна в зерносушильних агрегатах вітчизняного та зарубіжного виробництва перевищують розрахунково-необхідні з фазових перетворень вологи в 1,5—3,5 рази.

2. Найбільша частка втрат теплоти зерносушильних агрегатів припадає на втрати з відпрацьованими робочими газами, що можуть перевищувати витрати енергії фазових перетворень вологи.

3. Для найбільш поширених вітчизняних зерносушарок ДСП-32 втрати теплоти за годину роботи сушарки можуть становити від 11,6 ГДж, а потужних зарубіжних — 22,3 ГДж, що в перерахунку на вартість природного палива становить 52,6 та 101,6 тис. грн за одну добу роботи цих сушарок.

4. Високий вологовміст відпрацьованих робочих газів ($d_2 = 25 \dots 45 \text{ г/м}^3$) обмежує технологічну доцільність їх використання без спеціальної підготовки та потребує складних конструкцій з їх використання.

5. За існуючих режимів сушіння в шахтних зерносушарках температура нерухомого шару зневоджуваного зерна на початковому етапі зневоднення може не підвищуватися і навіть дещо знижуватися за умов перевищення втрат теплоти фазових перетворень вологи поверхні тіла зернини над кількістю підведеної енергії зневоджуваними газами.

6. На тривалість періоду відсутності нагрівання шару зневоджуваних тіл впливають розміри цих зневоджуваних тіл, початковий вологовміст і кількість підведеної теплоти (температура та швидкість робочих газів), що може коливатися від 15 до 90 хв для шару ріпаку та кукурудзи відповідно.

7. Експериментально доведено можливість використання теплоти відпрацьованих робочих газів з граничною відносною вологістю ($\varphi_2 \approx 97 \dots 99\%$) та технологічний спосіб і режими міжфазового тепло- і вологообміну, за яких технологічно доцільно нагрівати вологе зерно перед його зневодненням.

8. Теоретично обґрунтовано технологічну можливість міжфазового теплообміну шару зерна із відпрацьованими робочими газами зерносушильних агрегатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Флауменбаум, Б.Л. Основы консервирования пищевых продуктов / Б.Л. Флауменбаум, С.С. Танчев, М.А. Гришин. — М.: Агропромиздат, 1986. — 494 с.

2. Остапчук, М.В. Наукові основи процесів зберігання зерна // Наукові праці ОНАХТ. — Одеса: 2006. — Вип. 29, т.2. — С. 58—62.

3. Гапонюк, І.І. Вплив параметрів довкілля на сушіння зерна // Ukrainian Food Journal. — 2013. — Volume 2, Issue 3 — С. 337—346.

4. Свідерська, О.І. Сучасні методи й обладнання для зневоднення пивної дробини механічним шляхом / О.І. Свідерська, В.Л. Яровий // Харч. промисловість. — 2010. — № 9. — С. 141—143.

5. Палаш, А.А. Термодинаміка і масообмін в процесах аерації рідинних середовищ / А.А. Палаш, С.А. Бут, В.М. Таран // Харч. промисловість. — 2009. — № 8. — С. 45—47.

6. Chuanping, Liu. Size distribution in gas vibration bed and its application on grain drying / huanping Liu, Li Wang, Ping Wu, Fei Xiang // Powder Technology. — May 2012. — Volume 221. — P. 192—198.

7. Buhler [Електронний ресурс]. — Режим доступу: www.schmidt-seeger.com.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛОТЫ ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ

И.И. Гапонюк

Национальный университет пищевых технологий

В статье выполнен анализ способов рекуперации теплоты и аргументировано использование теплоты отработанных рабочих газов повышенного влагосодержания для нагрева обезводненных тел перед их сушкой. Получено полуэмпирическое уравнение межфазового теплообмена при различных градиентах влаги и разницы температур фазовых сред, обоснованы режимы нагрева малоподвижного слоя зерна при условии одинаковых градиентов температуры и влаги.

Ключевые слова: *теплота, рекуперация, градиент, зерно, теплообмен.*

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу *«Харчова промисловість»* запрошує Вас до публікації наукових праць.

Засновник і видавець журналу: Національний університет харчових технологій.

Журнал затверджений наказом МОН України (постанова № 241 від 09.03.2016 р.) 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 10 машинописних аркушів (до 10000 друкованих знаків).

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті мають бути підготовлені з урахуванням Постанови Президії ВАК України № 7-05/6 «Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України». Друкуються наукові статті, які мають такі необхідні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання певної проблеми і на які спирається автор; виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим 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 найважливіших прикладних досліджень викладачів, наукових співробітників, докторантів, аспірантів і студентів. Всі статті підлягають обов'язковому рецензуванню провідними спеціалістами у відповідній галузі харчових технологій, яких призначає науковий редактор журналу.

Рукопис статті надсилається у двох примірниках, українською мовою, включаючи таблиці, рисунки, список літератури.

Статті подаються у вигляді **вичитаних** роздруків на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, шрифт Arial або Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word) на електронному носії. На електронному носії не повинно бути інших версій та інших статей, у тексті статті — порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані.

На першій сторінці наводяться: у лівому верхньому куті — шифр УДК (напівжирним шрифтом), нижче ініціали і прізвища авторів (напівжирним шрифтом), наукові ступені авторів, назва установи, де працює автор; далі — назва статті великими напівжирними літерами, під назвою — анотація українською мовою з ключовими словами (5—6 слів / ключових словосполучень) набрана світлим курсивом; фраза **«Ключові слова»** — напівжирним шрифтом.

У кінці першої сторінки, під короткою рисою, ставиться знак авторського права, ініціали, прізвища авторів, рік.

Матеріали, представлені у статті, мають бути розділені на основні змістові розділи, такі як: вступ, мета досліджень, матеріали та методи, результати досліджень, висновки. Кожен з наведених розділів статті починається з нового абзацу (**«Вступ»**, **«Мета досліджень»**, **«Матеріали і методи»**, **«Результати досліджень»**, **«Висновки»** — напівжирним курсивом).

Після тексту статті в алфавітному або порядку згадування в тексті наводиться список літературних джерел (кожне джерело з абзацу). Бібліографічні описи оформляються згідно з ГОСТ 7.1—84 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления» та вимогами ВАК України. У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилення на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на роботи останніх років.

Прізвища зарубіжних авторів у тексті статті треба наводити в українській транскрипції.

Після списку літератури наводяться: анотація та ключові слова російською мовою; ініціали і прізвища авторів, назва статті великими напівжирними літерами, анотація та ключові слова (Summary) англійською мовою (розмір анотації від 1/2 до 2/3 сторінки, 700—800 символів); фрази «**Ключевые слова**» та «**Key words**» — напівжирним шрифтом.

Усі анотації мають містити коротку інформацію щодо об'єкту 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 шрифтом.

Повторення одних і тих самих даних у тексті, таблицях і на рисунках не допускаються.

Формули вставляються прямо в текст за допомогою редактора формул. Нумерація формул — арабськими цифрами у круглих дужках біля правого поля сторінки.

Використовувані в статті фізичні, хімічні, технічні та математичні терміни, одиниці фізичних величин та умовні позначення мають бути загальноприйнятими. Скорочення позначень одиниць фізичних величин мають відповідати Міжнародній системі одиниць (SI).

До статей додаються: виписка з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку; відомості про авторів (прізвище, повне ім'я та по батькові, науковий ступінь, місце роботи, номери контактних телефонів, адреса), кафедральний висновок/експертний висновок (для статей сторонніх організацій).

**Головний редактор журналу: доктор технічних наук, професор
Анатолій Іванович Соколенко.**

**Відповідальний секретар журналу: кандидат технічних наук, доцент
Сергій Володимирович Токарчук.**

**Контактні телефони: міський — (044) 287-92-45, внутрішній — 92-45
E-mail: tmipt_xp@ukr.net**

Наукове видання

ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

Науковий журнал

№ 20

Журнал «Харчова промисловість» затверджений наказом МОН України (постанова № 241 від 09.03.2016) як наукове видання з технічних наук.
Реєстраційне свідоцтво: серія КВ № 6890 від 23.01.2003
Засновник і видавець: Національний університет харчових технологій

Журнал є продовженням міжвідомчого тематичного збірника «Харчова промисловість», заснованого в 1965 р. Виходить двічі на рік

Статті друкуються в авторській редакції.

Відповідальний редактор журналу: А.І. Соколенко

Відповідальний секретар: С.В. Токарчук

Комп'ютерна верстка А.В. Табачник

Підп. до друку 05.09.2016 р. Формат 70 × 100/16.
Гарнітура TimesNewRoman. Друк цифровий.
Ум. друк. арк. 11,45. Обл.-вид. арк. 12,32.
Наклад 100 прим. Вид. № 07/16. Зам. № 23-16

НУХТ 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68
Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.2004