



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

21

**Харчова**  
**ПРОМИСЛОВІСТЬ**

Заснований у 1965 р.

Київ НУХТ 2017

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.

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

- Google Scholar

Publications are represented in authoring edition.

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

Розрахований на наукових та інженерно-технічних працівників харчової промисловості.

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

Журнал «Харчова промисловість» індексується такими наукометричними базами:

- Google Scholar

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 № 12 of May, 2017

Рекомендовано вченою радою  
Національного університету харчових  
технологій.  
Протокол № 12 від 25 травня 2017 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**

Бажай-Жежерун С.А., Петрук Л.О., Рахметов Д.Б. Природні харчові сорбенти зерна просяних культур

Гаврилкіна Д.В., Пирог Т.П., Леонова Н.О. Синтез екзометаболітів з гіберелловою активністю продуцентами поверхнево-активних речовин *Nocardia vaccinii* IMV B-7405, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 та *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017

Фурсік О.П., Страшинський І.М., Пасічний В.М., Маринін А.І., Гончаров Г.І. Властивості фаршів варених ковбас з блокувмісною функціональною харчовою композицією

Кравченко М.Ф., Данилюк І.П. Перспективи використання дрібних азово-чорноморських риб у технологіях харчових концентратів

Камбулова Ю.В. Рациональне використання цукрів у білкових кремах для тортів і тістечок  
Апач М.В., Сидоренко О.В. Вологоутримуюча здатність фаршів на основі чорноморської рапани (*Rapana venosa*)

Краєвська С.П., Стеценко Н.О. Зміни жирнокислотного складу насіння льону при зберіганні і пророщуванні

**Технології: дослідження, застосування та впровадження**

Дорохович А.М., Горзей О.В. Дослідження технології мафінів як великої технологічної системи

Лисий О.В., Грабовська О.В., Бортнічук О.В. Розробка рецептури концентрату киселю на основі каркаде

Українець А.І., Стеценко Н.О., Сімахіна Г.О. Розроблення спеціалізованих харчових продуктів для екстремальних умов життєдіяльності

Білько М.В., Циганкова О.В. Удосконалення технології червоних столових вин підвищеної біологічної цінності

Пасічний В.М., Хоменко Ю.О. Розроблення технології м'ясних хлібів з використанням олеорезинів спецій

Кишенько І.І., Скочко О.І. Оцінка впливу речовин кріопротекторної дії на показники якості посічених напівфабрикатів

Суходольська Н.П., Іщенко В.М., Кочубей-Литвиненко О.В., Маринін А.І., Іщенко М.В. Використання фізико-хімічного аналізу в поєднанні з хемометричним методом обробки даних для якісної оцінки різних видів молока

**РОЗДІЛ 2. ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ****Процеси харчових виробництв**

Салєба Л.В., Сарібекова Д.Г., Кондя О.С. Дослідження процесу екстракції природного пігменту хлорофілу і його похідних

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

6 Bazhay-Zhezherun S., Petruk L., Rakhmetov D. Natural food sorbents grain panicum

14 Havrylkin D., Pirog T., Leonov N. Synthesis of exometabolites with gibberellic activity by producers of surfactants *Nocardia vaccinii* IMV B-7405, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017

20 Fursik O., Strashynskiy I., Pasichniy V., Marynin A., Goncharov G. Properties of minced boiled sausages with functional food composition containing protein

27 Kravchenko M., Danyluk I. Perspectives of small azov-black sea fish in technologies food concentrates

32 Kambulova Yu. Rational use of protein sugar cream for cakes and pastries

40 Apach M., Sidorenko O. Ability to keep the moisture of minced meat on the basis of the black sea rapana (*Rapana venosa*)

46 Kraevska S., Stetsenko N. Study of changes of fatty acid flax seeds during storage and germination

**Technologies: Researches, Application and Introduction**

53 Dorohovich A., Horzei O. The exploration technology of muffins as a large technological system

60 Lysyj O., Hrabovska O., Bortnichuk O. Development of the recipe of kissel concentrate on the basis of hibiscus

67 Ukrayinets A., Stetsenko N., Simakhina G. Designing the specialized foodstuffs for extreme life conditions

74 Bil'ko M., Tsygankova E. Technology improvement of red table wines of increased biological value

82 Pasichnyi V., Khomenko Y. Development of the technology of meat loafs with using of spyce oleoresins

89 Kyshenko I., Skochko O. Impact on quality indicators chopped semi-finished products substances of crioprotective action

95 Ischenko V., Kochubei-Lytyynenko O., Marynin A., Sukhodolsha N., Ischenko M. Use of physical and chemical analysis in combination with chemometric tools for qualitative evaluation of different types of milk

**SECTION 2. PROCESSES AND EQUIPMENT****Processes of Food Industries**

101 Saleba L., Saribekova D., Condya O. Research of extraction natural pigment chlorophyll

- Змієвська Т.М., Усатенко Н.Ф., Борсолюк Л.М. Оптимізація режимів посолу м'яса курчат-бройлерів 109
- Змієвська Т., Усатенко Н., Borsolyuk L. Optimization of salting meat in broiler chickens
- Бабанов І.Г., Бабкіна І.В., Михайлова С.В., Шевченко А.О. Інтенсифікація мікрохвильового зневоднювання рослинної сировини 117
- Babanov I., Babkina I., Mikhaylova S., Shevchenko A. Intensification microwave dehydration plant materials
- Пур Давар Ростамі, Сиротюк І.В. Бурдо О.Г. Концентрування соків у вакуумному мікрохвильовому апараті 122
- Pour Davar Rostami, Sirotiuk I., Burdo O. Concentration of juices in vacuum microwave apparatus
- Терзієв С.Г., Левтринська Ю.О. Дослідження гідралічних і масообмінних процесів при мікрохвильовому екстрагуванні кави 127
- Terziev S., Levtrynska J. Research of hydraulic and mass transfer processes during the microwave extraction of coffee
- Василенко С.М., Шутюк В.В., Іващенко Н.В. Аналіз теплопередачі під час сушіння бурякового жому гарячим повітрям 135
- Vasylenko S., Shutyuk V., Ivashchenko N. Heat transfer analysis during the drying of beetroot pulp using hot air
- Обладнання та устаткування**
- Пригодій Д.В., Васильківський К.В. Вплив температури на коефіцієнти тертя в парах «полімерні плівки–сталь» 141
- Prygodiy D., Vasilkovskiy K. Effect of temperature on friction coefficient vapor “polymer tape–steel”
- Васильков В.В., Чепелюк О.М., Чепелюк О.О. Обґрунтування конструкції механізму нагнітання і режимів роботи машини для формування котлетних виробів 147
- Vasilkov V., Chepeliuk O., Chepeliuk O. Justification of feeding mechanism desing and conditions parameters of automatic burger machine
- Соколенко А.І., Степанець О.І., Пригодій Д.В. Регулювання ходу машин 155
- Sokolenko A., Stepanets O., Pryhodii D. Regulation machine running
- Пакування: розробка, дослідження, переробка**
- Якимчук М.В., Беспалько А.П., Якимчук В.М. Дослідження енерговитрат у піднімально-опускних механізмах пакетоформувальних машин 164
- Iakymchuk M., Bepal'ko A., Iakymchuk V. Study of energy consumption in lifting and descent package molding machines
- Мachinery and Equipment**
- Packing: Development, Researches, Processing**
- Control of Production Processes**
- Сірик А.О., Євтушенко О.В. Підвищення безпеки праці на енергетичних об'єктах підприємств харчової промисловості на основі використання методу «Дерево відмов» 172
- Siryk A., Yevtushenko O. Increase of labour safety on power economy enterprises of food industry on the basis of the “Failute tree” method

УДК 613.26:664.765

# NATURAL FOOD SORBENTS GRAIN PANICUM

**S. Bazhay-Zhezherun, L. Petruk, D. Rakhmetov***National University of Food Technologies***Key words:**

grain,  
*Panicum*,  
*Setaria italica*,  
*Eleusine coracana*,  
*Setaria mochariam*,  
*Echinochloa colonum*,  
natural food sorbents,  
food fiber,  
water-retaining capacity.

**Article history:**

Received 15.03.2017  
Received in revised form  
10.04.2017  
Accepted 03.05.2017

**Corresponding author:**

lananew\_1@ukr.net

**ABSTRACT**

The main indicators of physical and chemical, organoleptic and technological properties of grain of millet sowing, chumiza, palchaty millet (an elevsina or a dagusa), payza, a mogara are defined. Experimentally it is noted that the grain of the fibers in the core of the grain crops of the perennial crops. It has been studied that fiber content in the *Panicum*, *Setaria italica*, *Eleusine coracana*, *Setaria mochariam*, *Echinochloa colonum* is respectively 1,5—4,0%. Due to the high water-retaining capacity, fibers have positive effect on digestion, they occupy a significant volume of the intestine and increase its motility. We investigated the water-retaining capacity of fiber of *Panicum*, *Setaria italica*, *Eleusine coracana*, *Setaria mochariam*, *Echinochloa colonum*. When the temperature rises the water-retaining capacity increases significantly. The research was conducted at room temperature and at 36 °C, to bring to the terms of stay of dietary fiber in the gastrointestinal tract of the human body.

## ПРИРОДНІ ХАРЧОВІ СОРБЕНТИ ЗЕРНА ПРОСЯНИХ КУЛЬТУР

**С.А. Бажай-Жежерун, канд. техн. наук****Л.О. Петрук***Національний університет харчових технологій***Д.Б. Рахметов, д-р. с.-г. наук***Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України*

У статті визначено основні показники фізико-хімічних, органолептичних і технологічних властивостей зерна проса посівного, чумизи, проса пальчастого (елевсіни або дагуси), пайзи, могоару. Експериментально визначено вміст харчових волокон у ядрі та оболонках зерна просяних культур. Досліджено водоутримувальну здатність харчових волокон зерна проса, чумизи, пальчастого проса, пайзи, могоару. Встановлено, що харчові волокна досліджених просяних культур за водоутримувальною здатністю відносяться до групи середньоводозв'язуючих.

**Ключові слова:** зерно, просо посівне, чумиза, просо пальчасте, пайза, могоар, природні харчові сорбенти, харчові волокна, водоутримувальна здатність.

**Постановка проблеми.** Ентеросорбенти — препарати, різної структури і складу, які ефективно зв'язують у шлунково-кишковому тракті ендogenous і екзогенні сполуки, надмолекулярні структури і клітини шляхом адсорбції, іонообміну та комплексоутворення з метою лікування та профілактики хвороб. Результатом дії ентеросорбентів є позитивні зміни в організмі: пригнічення чи

послаблення токсико-алергічних реакцій і запальних процесів, профілактика соматогенного екзотоксикозу; зв'язування різного роду токсинів сприяє зменшенню навантаження на органи детоксикації та екскреції.

Відомо, що природні ентеросорбенти для очищення організму у значній кількості містяться у звичайних овочах, фруктах, продуктах перероблення зернових культур, які ми часто споживаємо. Харчові волокна, які є комплексом структурних полісахаридів рослинної сировини, мають виражену сорбційну здатність і радіопротекторну дію, вони впливають на обмін речовин і необхідні для нормального функціонування травної системи й організму в цілому. Основний компонент харчових волокон — клітковина. Вона підтримує нормальну мікрофлору товстого кишечника, підвищує адсорбцію мінеральних речовин у ньому, нормалізує вуглеводний і ліпідний обмін, чинить лікувально-профілактичну дію при цукровому діабеті й ожирінні. Важливими складовими комплексу харчових волокон є також геміцелюлози, пектинові речовини, лігнін.

Зернові культури є джерелом харчових волокон, які у значній кількості містяться в насінневих і плодових оболонках, алеїроновому шарі зерна пшениці та жита; квіткових і насінневих оболонках зерна проса, вівса, ячменю; плодових оболонках гречки.

У результаті досліджень медиками встановлено, що у хворих на цукровий діабет активація процесів вільнорадикального пероксидного окиснення зумовлює розвиток ангіонейропатії та прогресуючого атеросклерозу. Введення до раціону таких хворих харчових волокон злакових культур сприяє позитивним змінам у стані серцево-судинної системи, зникає біль у серці, у 50% хворих зникає порушення серцевого ритму, підвищується фізична активність. Тому медиками доведено, що використання харчових волокон злакових справляє антиоксидантну дію [1].

Окрім природних сорбентів, периферійні частини зерна містять значну кількість інших біологічно активних сполук. Науковцями досліджено, що висівкові фракції зерна (тонкі і грубі висівки), які містять основну кількість оболонкових частин, мають вищий антиоксидантний потенціал, ніж борошно різної крупності, за рахунок високої кількості фенольних сполук, зокрема флавоноїдів [2].

Відомо, що продукти з цільного зерна, до складу яких входять оболонкові частини, алеїроновий шар і зародок, містять потужні антиоксиданти — вітамін Е, С, каротиноїди, холін, фолати; кофактори антиокислювальних ферментів — мікроелементи Se, Cu, Mg, харчові сорбенти — клітковину, лігнін [3].

Просо є однією з основних круп'яних культур, яка здавна використовувалась в Україні для виробництва крупи та борошна, з якого пекли хліб, млинці, робили затірку. Просо знаходить широке застосування в багатьох галузях, зокрема, в сільськогосподарському виробництві, харчовій промисловості. В хлібопеченні та у кондитерському виробництві просяне борошно додають як суміш до борошна інших зернових культур. Зерно проса можна використовувати у пивоварінні для солоду. Із побічних продуктів при переробці проса в крупу отримують олію для технічних цілей [4].

У Державний реєстр сортів рослин, придатних до поширення в Україні на 2016 рік, занесені 25 сортів проса [5].

Рослини роду проса (*Panicum*) культивують у тропіках, субтропічних помірних зонах. Це один із найбільш розповсюджених родів підродини просяних і

включає понад 500 видів. Більшість видів цього роду — однорічні та багаторічні кормові трави. Види, введені в широку культуру, характеризуються такими важливими ознаками, як посухостійкість, високий коефіцієнт відтворення, забезпечують високі врожаї зерна, яке використовують у харчовій і комбікормовій промисловості, а також значний приріст зеленої маси й сіна.

Основною складовою зерна проса є вуглеводи, їхня частка у деяких сортах перевищує 65,0%. Основним вуглеводом зерна проса є крохмаль — його вміст коливається від 65 до 67,8%, залежно від сортових особливостей. Вміст моно- та дисахаридів складає 1,36—1,75%, клітковини — 0,72—1,36%. За вмістом білка, кількість якого у пшоні досягає 12%, крупа перевершує перлову, ячну, рисову, кукурудзяну. Значно знижується кількість білкових речовин у процесі шліфування проса. Вміст жиру у пшоні може складати 1,0—3,9%. Пшоно характеризується високим вмістом мінеральних речовин — 0,98—1,75% [6].

Перспективним є використання продуктів перероблення зерна просяних культур, які є джерелом цінних нутрієнтів, у виробництві оздоровчих харчових продуктів. Також доцільно звернути увагу на значення цієї культури як джерела харчових волокон.

У літературі відсутні дані, які комплексно характеризують просяні культури за вмістом харчових волокон, а також їх фізико-хімічними властивостями, зокрема, водоутримувальною здатністю.

**Метою статті** є дослідження вмісту харчових волокон у п'яти видах просяних культур, які відносяться до однорічних рослин родини тонконогових (злакових): просо посівне, чумиза, просо пальчасте (елевсіна або дагуса), пайза, могар.

Просо посівне (*Panicum*) вирощують в помірних зонах на всіх континентах земної кулі. Із зерна проса виготовляють крупу (пшоно) і борошно; його використовують у пивоварінні та спиртовій промисловості.

Чумиза, чорний рис, головчасте просо (*Setaria italica*) — зернова і кормова культура. Здавна вирощується в Китаї, останнім часом широко культивується в ряді Європейських та Азіатських країн. В Україні вирощують сорт чумизи Дніпровська згідно з ТУ У 01.1-30378663-001-2002. Як стверджують науковці, даний сорт чумизи характеризується високим вмістом біологічно активних речовин і може використовуватися не лише як зернокруп'яна культура, яка є сировиною для продуктів дитячого, дієтичного та лікувально-профілактичного харчування, але й як лікарська сировина. Із зерна чумизи отримують олію, яка містить жирні кислоти, з яких домінує лінолева — 42,5%. Чумиза містить ряд біологічно активних речовин з високою антиоксидантною активністю — кумарини, флавоноїди, оксикоричні кислоти. Вміст полісахаридів у зерні чумизи перевищує 20%, зокрема кількість пектинових речовин становить 4,94%, геміцелюлоз — 2,35% [7].

У Грузії з чумизи готують національну страву — гомі. Це прісна густа кашоподібна маса, яка має високу харчову цінність. У продовольчих цілях використовується зерно чумизи, з якого виробляють крупу та борошно. Науковці зазначають, що каша з чумизи має дієтичні властивості.

Елевсіна, дагуса, просо пальчасте (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.) — посухостійка рослина, перспективна зернова і фуражна культура, зокрема для України [8]. Цю культуру в основному вирощують в Індії. Зерно має високу харчову цінність, його переробляють на крупу та борошно, яке використовують для приготування каш, супів, приправ, хлібців.

Могар, італійське просо (*Setaria mochariam* A.) — харчова і кормова культура. Для продовольчих цілей могоар використовують як сировину для спиртової промисловості.

Пайза, японське просо (*Echinochloa colonum* L.) — трав'яна рослина родини злакові. Зерно та зелену масу пайзи використовують на корм худобі, після переробки зерна отримують крупу, яку застосовують у харчових цілях. Досвід вирощування пайзи у Білорусії показав високу продуктивність та перспективність цієї культури для застосування, насамперед у кормових цілях. [9].

**Матеріали і методи.** Під час проведення експериментальних досліджень використовували зерно рослин проса посівного, чумизи, проса пальчастого (елевсіни або дагуси), пайзи, могоару сортового матеріалу Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України.

Для визначення фізико-хімічних і технологічних властивостей зерна просяних культур було використано методи, затверджені відповідними нормативними документами.

Відбір проб проводили за ГОСТ 13586.3-83. Вологість зерна визначали згідно з ГОСТ 13586.5-93. Домішки визначали згідно з ГОСТ 13586.2-81. Визначення зараженості зерна та пошкодженості шкідниками здійснювали згідно з ГОСТ 13586-86. Об'ємну масу зерна визначали за допомогою метричної пурки згідно з ГОСТ 10840-64. Масу 1000 зерен — згідно ГОСТ 10842-89.

Визначення масової частки клітковини базувалось на розкладанні всіх інших органічних речовин концентрованою азотною кислотою у суміші з оцтовою та трихлороцтовою кислотами [10].

Для визначення впливу температури на водоутримувальну здатність харчових волокон було підготовлено ряд модельних дисперсних сумішей харчових волокон зерна просяних культур у воді, з масовою часткою наповнювача у дисперсії — 3 або 5%; температура нагрівання дисперсії — 36 °С. Визначення водоутримувальної здатності харчових волокон проводили шляхом центрифугування зразків за температури 20 °С, а також після нагрівання.

Для визначення вмісту пектину використовували ваговий кальцієво-пектатний метод, який базується на гідролізі пектинових речовин до пектових кислот, їх осадженні у формі кальцієвих солей, висушуванні і зважуванні [11].

**Результати досліджень.** Просо відноситься до групи власне круп'яних культур, його зерно покрите квітковими плівками, до складу яких входить клітковина, а також значна кількість мінеральних речовин. Під квітковими плівками у зерні проса знаходяться плодові оболонки, які містять підвищену кількість клітковини, відрізняються високою крихкістю і досить легко відділяються від зерна при шліфуванні. Під плодовими оболонками розміщені два шари насінневих оболонок, які відрізняються меншою кількістю клітковини та вищим вмістом білкових речовин. Під насінневими оболонками знаходиться алейроновий шар (зовнішній шар ендосперму), який містить значну кількість азотистих речовин. Товщина алейронового шару у зерні різних культур неоднакова. Зерно, звільнене від квіткових плівок, називають ядром. Будова зерна інших просяних культур подібна.

З метою комплексної оціни зерна просяних культур визначено показники фізико-хімічних і технологічних властивостей, які мають важливе значення у процесі його перероблення з метою отримання оздоровчих продуктів (табл. 1).

Таблиця 1. Основні показники якості зерна просяних культур

| Показник                          | Просо посівне | Просо пальчасте | Чумиза | Пайза  | Могар  |
|-----------------------------------|---------------|-----------------|--------|--------|--------|
| Вологість, %                      | 12            | 11              | 13     | 10     | 11     |
| Об'ємна маса, г/л                 | 752,76        | 687,00          | 687,68 | 442,48 | 698,96 |
| Маса 1000 зерен, г                | 7,2           | 5,2             | 5,5    | 4,0    | 5,8    |
| Густина, т/м <sup>3</sup>         | 1,4           | 1,2             | 1,25   | 0,9    | 1,32   |
| Сміттєва домішка до очистки, %    | 0,20          | 0,35            | 0,48   | 0,54   | 0,32   |
| Сміттєва домішка після очистки, % | -             | -               | -      | -      | -      |
| Зараженість шкідниками            | Не виявлена   |                 |        |        |        |

Аналіз показав, що дані партії зерна є однорідними, мають високий ступінь очищення. Значення об'ємної маси показника, який досить повно відображає якість зерна та його добротність як сировини для перероблення, показують, що партії зерна є вирівняними.

При органолептичній оцінці зерна досліджуваних просяних культур відмічено, що запах властивий здоровому зерну (без затхлого, пліснявого та інших сторонніх запахів); колір залежить від видових особливостей: зерно проса золотаво-жовтого кольору, пальчастого проса — темно-коричневе, чумизи — коричнево-жовтогарячого, пайзи — світло-коричневого, могару — світло-жовтого. Смак зерна — прісний.

Вміст харчових волокон визначали у ядрі та оболонках зерна проса, чумизи, пальчастого проса, пайзи, могару (табл. 2).

Таблиця 2. Вміст харчових волокон у зерні просяних культур

| № | Культура        | Частка квіткових плівок, оболонки та алеїронового шару, % до маси зерна | Вміст харчових волокон, % |                    |                |                    |
|---|-----------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|----------------|--------------------|
|   |                 |                                                                         | ядро                      |                    | оболонки зерна |                    |
|   |                 |                                                                         | клітковина                | пектинові речовини | клітковина     | пектинові речовини |
| 1 | Просо посівне   | 25                                                                      | 1,5                       | 0,8                | 55,5           | 3,5                |
| 2 | Чумиза          | 28                                                                      | 1,6                       | 1,2                | 71,8           | 4,0                |
| 3 | Просо пальчасте | 13                                                                      | 2,1                       | 1,0                | 57,7           | 3,8                |
| 4 | Пайза           | 29                                                                      | 3,9                       | 1,5                | 75,8           | 2,2                |
| 5 | Могар           | 27                                                                      | 4,0                       | 0,6                | 59,0           | 3,0                |

Встановлено, що найвищим вмістом харчових волокон характеризується оболонка зерна чумизи та пайзи – відповідно 71,8 та 75,8%. У ядрі просяних культур найбільша кількість харчових волокон міститься у пайзі та могарі.

Виявлено, що оболонки зерна просяних культур містять значну кількість пектинових речовин — від 2 до 4%. Встановлено, що найбільша кількість пектинових речовин міститься в оболонках зерна чумизи — 4,0%.

Важливе значення має водоутримувальна здатність харчових волокон. Ця властивість пов'язана із ступенем їх гідрофільності та кількістю наявних у них біополімерів; характером поверхні, пористості та розмірів частинок.

У складі харчових волокон містяться біополімери з різною здатністю утримувати воду. Зокрема, пектинові речовини і деякі геміцелюлози відносяться до категорії гідрофільних колоїдів. Целюлоза є нерозчинною у воді, має значну кількість гідроксильних груп та розвинену систему тонких субмікроскопічних капілярів, що визначає її здатність поглинати й утримувати воду. Лігнін, природний полімер сітчастої будови, є найменш гідрофільним. Кількість зв'язаної води у біополімерах є прямопропорційною їхнім гідрофільним властивостям [12].

За рахунок високої вологоутримуючої здатності харчові волокна позитивно впливають на процеси травлення, вони займають значний об'єм у кишечнику та підсилюють його перистальтику, полегшують випорожнення.

Харчові волокна з високою водоутримувальною здатністю застосовують у лікувально-профілактичних раціонах для людей з деякими захворюваннями шлунково-кишкового тракту.

Нами досліджено водоутримувальну здатність харчових волокон зерна проса, чумизи, пальчастого проса (дагуси), пайзи, могару. При підвищенні температури водоутримувальна здатність значно зростає. Дослідження проводилися за температури 20 та 36 °С, щоб максимально наблизити до умов перебування харчових волокон у шлунково-кишковому тракті організму людини. Виявлено, що показники водоутримувальної здатності харчових волокон зерна досліджуваних просяних культур залежали як від температурного режиму, так і від видових особливостей рослин (рис. 1).

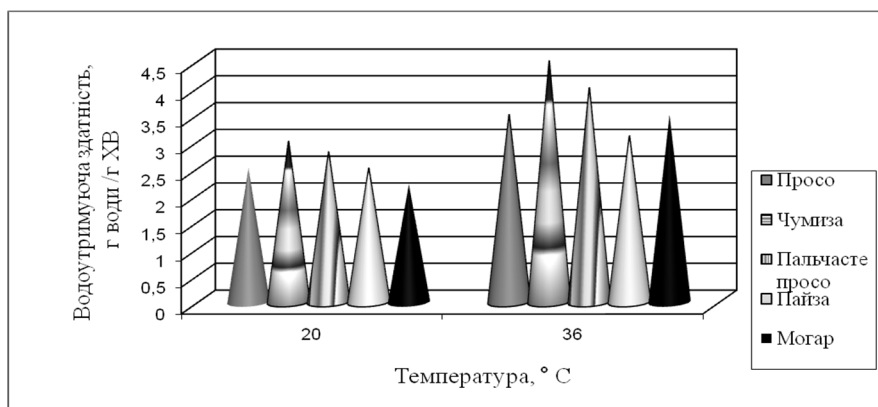


Рис.1. Водоутримувальна здатність харчових волокон зерна просяних культур

Визначено, що за температури 20 °С водоутримувальна здатність харчових волокон досліджуваних просяних культур становить 2—3 г води/г харчових волокон. При підвищенні температури до 36 °С водоутримувальна здатність зростає і складає від 3,0 до 4,5 г води/г харчових волокон. Тобто харчові волокна досліджених просяних культур за водоутримувальною здатністю відносяться до групи середньоводозв'язуючих харчових волокон. Найвищою є водоутримувальна здатність зерна чумизи.

**Висновки.** Таким чином, визначено основні показники фізико-хімічних, органолептичних і технологічних властивостей зерна п'яти просяних культур. За

водоутримувальною здатністю харчові волокна зерна досліджених рослин відносяться до групи середньоводозв'язуючих. Включення борошна зерна просяних культур до рецептурного складу продуктів дасть змогу надати їм потрібної текстури завдяки здатності наявних харчових волокон до зв'язування певної кількості води. Отримані результати мають практичне значення, оскільки надають можливість рекомендувати використання дослідженого зерна просяних культур і продуктів його перероблення для виробництва продуктів оздоровчого, функціонального та лікувально-профілактичного призначення.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Федоренченко, Л.О. Технологія природних харчових сорбентів: навч. посіб./ Л.О. Федоренченко, Г.О. Сімахіна. — К.: НУХТ, 2006. — 100 с.
2. Fardet, A., Rock, E., Rémésy, C. (2008) "Is the in vitro antioxidant potential of whole-grain cereals and cereal products well reflected in vivo?" *Cereal Science*, Vol. 48, Iss. 2, pp. 258—276.
3. Khalid, O., Haddad, A., Rabey, E. (2015), The Efficiency of Barley (*Hordeum vulgare*) Bran in Ameliorating Blood and Treating Fatty Heart and Liver of Male Rats, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Volume 2015, 13 p.
4. Кобизева, Л.Н. Просо — культура універсального напрямку використання / Л.Н. Кобизева, С.М. Горбачова, О.В. Бірюкова // Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. — 2013. — Випуск 14. — С. 68—75.
5. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2016 рік / Державна ветеринарна та фіто санітарна служба України. — К., 2016 — 364 с.
6. Дубініна, А.А. Хімічний склад пшона із зерна проса різних сортів, районованих у Харківській області / А.А. Дубініна, Т.М. Попова, С.О. Ленерт. — ХДУХТ, Харків., 2013. — С. 151—158.
7. Омельченко, З.І. Фітохімічне вивчення *setaria italica* та створення на її основі лікарських засобів: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 15.00.02 / З.І. Омельченко; Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика. — К., 2008. — 24 с.
8. Баер, Г.Я. Соматоклональная вариабельность как источник для создания новых сортов пальчатого проса *Eleusine Coracana* (L.) Gaertn. / Г.Я. Баер, А.И. Емец, Н.А. Стадничук, Д.Б. Рахметов, Я.Б. Блюм // *Цитология и генетика*. — 2007. — №6. — С.9—14.
9. Корольов, К.П. Перспективность выращивания пайзы в республике Беларусь / К.П. Корольов, О.С. Клочкова // Сборник научных статей по материалам Международной научной конференции «Научный поиск молодежи 21 века» 2012. — Горки: БГАСХА, 2012. — Вип.11. — С. 13—15.
10. Найченко, В.М. Практикум з технології зберігання і переробки плодів та овочів / В.М. Найченко — К.: ФАДА, ЛТД, 2001. — 211 с.
11. Донченко, Л.В. Технология пектина и пектинопродуктов. — М.: Дели. 2000. — 171 с.
12. Дудкин, М.С. Пищевые волокна / М.С. Дудкин, Н.К. Черно, И.С. Казанская, С.Г. Вайнштейн, А.М. Масик. — К.: Урожай, 1988. — 152 с.

## ПРИРОДНЫЕ ПИЩЕВЫЕ СОРБЕНТЫ ЗЕРНА ПРОСОВЫХ КУЛЬТУР

**С. Бажай-Жежерун, Л. Петрук**

*Национальный университет пищевых технологий*

**Джамал Рахметов**

*Национальный ботанический сад им. Н.Н.Гришко НАН Украины*

*В статье определены основные показатели физико-химических, органолептических и технологических свойств зерна проса посевного, чумизы, проса паль-*

чатого (елевсины или дагусы), пайзы, могоара. Экспериментально определено содержание пищевых волокон в ядре и оболочках зерна просяных культур. Исследована водоудерживающая способность пищевых волокон зерна проса посевного, чумизы, проса пальчатого, пайзы, могоара. Установлено, что пищевые волокна исследованных просяных культур по водоудерживающей способности относятся к группе средневодосвязывающих.

**Ключевые слова:** зерно, просо посевное, чумиза, просо пальчатое, пайза, могоар, природные пищевые сорбенты, пищевые волокна, водоудерживающая способность.

УДК 759.873.088.5:661.185

## SYNTHESIS OF EXOMETABOLITES WITH GIBBERELIC ACTIVITY BY PRODUCERS OF SURFACTANTS *NOCARDIA VACCINII* IMV B-7405, *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMV B-7241 AND *RHODOCOCCLUS ERYTHROPOLIS* IMV AC-5017

D. Havrylkina, T. Pirog

National University of Food Technologies

N. Leonov

D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NASU

---

**Key words:**

gibberellins,  
producers of surfactants,  
toxic wastes,  
phytotests

---

**Article history:**

Received 01.11.2016

Received in revised form  
01.12.2016

Accepted 10.01.2017

---

**Corresponding author:**

dashka2310@gmail.com

---

**ABSTRACT**

In the article we examined the ability of producers of surfactants *Nocardia vaccinii* IMV B-7405, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 to synthesize extracellular exometabolites with gibberellic activity under cultivation on various substrates, including toxic industrial waste (fried oil and biodiesel production waste). Extracellular phytohormones were extracted from the supernatant culture liquid after removal of surfactants. In the treatment of seedlings of cucumbers grade Nezhinskiye with those extracts (dilution 1:500, 1:600) we observed stimulation of hypocotyl elongation as compared with the seedlings after water treatment. The reasons not enough effective influence of the studied extracts in pot experiments on plants growing in the soil are being discussed.

---

## СИНТЕЗ ЕКЗОМЕТАБОЛІТІВ З ГІБЕРЕЛОВОЮ АКТИВНІСТЮ ПРОДУЦЕНТАМИ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *NOCARDIA VACCINII* IMB B-7405, *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMB B-7241 ТА *RHODOCOCCLUS ERYTHROPOLIS* IMB AC-5017

Д.В. Гаврилкіна,

Т.П. Пирог

Національний університет харчових технологій

Н.О. Леонова

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

У статті досліджено здатність продуцентів поверхнево-активних речовин (ПАР) *Nocardia vaccinii* IMB B-7405, *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 та *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017 синтезувати позаклітинні екзометаболіти з гібереловою активністю за умов росту на різних субстратах, у тому числі й токсичних промислових відходах (пересмажена олія та відходи виробництва біодизелю). Позаклітинні фітогормони екстрагували з супернатанту культуральної рідини після вилучення з нього поверхнево-активних речовин. За обробки проростків огірків сорту Ніжинські такими екстрактами (розведення

1:500, 1:600) спостерігали стимуляцію подовження гіпокотилів порівняно з показниками після обробки проростків водою.

**Ключові слова:** гібереліни, продуценти поверхнево-активних речовин, токсичні відходи, фітотести.

**Постановка проблеми.** Нині поверхнево-активні речовини (ПАР) мікробного походження завдяки унікальним властивостям є перспективними для використання у багатьох галузях народного господарства: для підвищення нафтовидобутку, надання специфічних смакових і структурних властивостей продуктам харчування, створення нових високоефективних форм фармацевтичних препаратів, а також у процесах біоремедіації екосистем [1].

Широке застосування мікробних ПАР стримується високими витратами на біосинтез (сировина та енергетика), а також виділення й очищення цільового продукту. Одним із способів зниження вартості виробництва є використання дешевших ростових субстратів, зокрема відходів інших виробництв.

Новим перспективним напрямком біотехнології є одержання та використання комплексних мікробних препаратів з різноманітними властивостями, наприклад, комплексів мікробних ПАР з ферментами, бактеріюцинами, полісахаридами [2; 3].

Раніше було встановлено здатність продуцентів ПАР *Nocardia vaccinii* IMB B-7405, *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 та *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017 синтезувати одночасно з поверхнево-активними речовинами екзометаболіти з фітогормональною активністю (ауксини і цитокініни) [4].

**Мета статті:** дослідити можливість синтезу позаклітинних сполук з гібереловою активністю за умов росту *N. vaccinii* IMB B-7405, *A. calcoaceticus* IMB B-7241 та *R. erythropolis* IMB Ac-5017 на різних вуглецевих субстратах, у тому числі й промислових відходах.

**Матеріали і методи.** Для культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241 використовували поживне середовище такого складу (г/л):  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  — 0,35;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,1;  $\text{NaCl}$  — 1,0;  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  — 0,6;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 0,14; pH 6,8—7,0. У середовище додатково вносили дріжджовий автолізат — 0,5% (за об'ємом) і розчин мікроелементів — 0,1% (за об'ємом).

Штам *N. vaccinii* IMB B-7405 культивували в синтетичному середовищі (г/л):  $\text{NaNO}_3$  — 0,5;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,1;  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  — 0,1;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 0,1;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,01; дріжджовий автолізат — 0,5% (за об'ємом).

Штам *R. erythropolis* IMB Ac-5017 культивували в рідкому мінеральному середовищі (г/л):  $\text{NaNO}_3$  — 1,3;  $\text{NaCl}$  — 1,0;  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  — 0,6;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 0,14;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,1;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,001; pH 6,8—7,0.

Як джерело вуглецю використовували рафіновану та відпрацьовану соняшникову олію (мережа ресторанів McDonald's, Київ), технічний гліцерин (Комсомольський біопаливний завод, Полтавська область), етанол і гексадекан. Концентрація субстратів становила 2% (об'ємна частка).

Як інокулят використовували культури в експоненційній фазі росту, вирощені на середовищах наведеного вище складу, що містили 0,5% відповідного субстрату (об'ємна частка). Кількість посівного матеріалу ( $10^{-4}$ — $10^{-5}$  кл/мл) становила 5—10% від об'єму поживного середовища. Культивування бактерій здійснювали в колбах об'ємом 750 мл зі 100 мл середовища на качалці (320 об./хв) при 28—30 °C протягом 7 діб.

Фітогормони гіберелової природи виділяли з супернатанту культуральної рідини *N. vaccinii* IMB B-7405, *A. calcoaceticus* IMB B-7241 та *R. erythropolis*

ІМВ Ас-5017 після екстракції з нього позаклітинних ПАР сумішню хлороформу і метанолу у співвідношенні 2:1 (суміш Фолча).

Метаболіти з гібереловою активністю екстрагували етилацетатом у співвідношенні 1:1 (об'ємна частка) при рН 2,5. Отримані екстракти упарювали під вакуумом при 40—45 °С, сухий залишок розчиняли в етанолі і використовували для фізико-хімічного аналізу фітогормонів. Попередню очистку і концентрування речовин з гібереловою активністю здійснювали, як описано у нашому попередньому дослідженні [4].

Для визначення гіберелової активності використовували гіпокотилі проростків огірків сорту Ніжинські за методикою біотестування Браєна та Лемінга в модифікації Агністикової [5]. Після проростання насінин огірків упродовж 3—4 діб при температурі 27 °С відбирали гіпокотилі завдовжки  $2,0 \pm 0,2$  см, які розкладали в чашки Петрі з аліквотами водних розчинів розведень екстрактів 1:400, 1:500 та 1:600. Після інкубації протягом 1 або 2 діб при температурі 27 °С вимірювали подовження гіпокотилів, порівнювали інтенсивність стимуляції росту під дією досліджуваних екстрактів відносно контролів (обробка дистильованою водою та розчином гіберелової кислоти (ГК<sub>3</sub>) у концентрації  $10^{-5}$  М).

Для визначення впливу речовин гіберелової природи, синтезованих *N. vaccinii* ІМВ В-7405 та *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241, на рослини, що ростуть у ґрунті, проводили вегетаційний дослід у теплиці впродовж трьох місяців з використанням насіння огірків сорту Ніжинські. Перед посівом насіння протягом двох годин витримували у розчинах екстрактів, одержаних з супернатанту *N. vaccinii* ІМВ В-7405 та *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 в розведенні 1:500. Як контроль використовували насіння, витримане упродовж двох годин у воді, та сухе необроблене насіння. У процесі експерименту аналізували кількість плодів, їх масу, а також швидкість росту рослин.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили, як описано раніше [4].

**Результати досліджень.** Відомо, що гібереліни характеризуються широким спектром впливу на фізіологічні процеси у рослин. Типовим ефектом, який спричиняє гіберелін у рослин, є подовження стебла, в основі якого лежить розтягнення клітин і підвищення мітотичної активності [6].

Обробка проростків огірків сорту Ніжинські екстрактами речовин гіберелової активності, синтезованих *N. vaccinii* ІМВ В-7405, спричиняла позитивний вплив на подовження гіпокотилів, результати вимірювання яких через 2 доби після обробки наведено в табл. 1.

**Таблиця 1. Довжина гіпокотилів (см) огірків сорту Ніжинські за дії екстрактів, одержаних з супернатанту культуральної рідини *N. vaccinii* ІМВ В-7405**

| Ростовий субстрат                          | Контроль (вода) | Гіберелова кислота | Розведення екстракту |           |           |
|--------------------------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------|-----------|
|                                            |                 |                    | 1:400                | 1:500     | 1:600     |
| Рафінована олія                            | 7,52±0,40       | 8,3±0,20           | 7,12±0,40            | 8,07±0,40 | 8,38±0,38 |
| Відпрацьована олія після смаження картоплі | 7,52±0,40       | 8,41±0,40          | 7,74±0,36            | 8,21±0,30 | 8,12±0,40 |
| Відпрацьована олія після смаження м'яса    | 7,95±0,25       | 8,55±0,35          | 7,75±0,40            | 8,17±0,40 | 8,48±0,28 |

З даних, наведених у табл.1, видно, що за обробки проростків огірків усіма досліджуваними екстрактами спостерігали стимуляцію подовження гіпокотилів, що підтверджує наявність у них речовин гіберелової природи. Більші показники приросту відмічено за дії екстракту, отриманого з супернатанту культуральної рідини після вирощування штаму IMB B-7405 на відпрацьованій після смаження м'яса олії. Зазначимо, що у разі обробки проростків екстрактами у розведенні 1:400 спостерігали незначне пригнічення подовження гіпокотилів, у зв'язку з чим у наступних експериментах використовували екстракти в розведенні лише 1:500 та 1:600.

На наступному етапі аналізували дію на проростки огірків екстракту, одержаного з супернатанту культуральної рідини *A. calcoaceticus* IMB B-7241 (табл. 2). Ці дані засвідчують, що обробка насіння огірків екстрактами, одержаними з супернатанту культуральної рідини після вирощування штаму IMB B-7241 на всіх досліджуваних субстратах, супроводжувалася стимуляцією подовження гіпокотилів, що дає змогу зробити висновок про наявність в них метаболітів з гібереловою активністю.

**Таблиця 2. Довжина гіпокотилів (см) огірків сорту Ніжинські за дії екстрактів з супернатанту культуральної рідини *A. calcoaceticus* IMB B-7241**

| Ростовий субстрат                         | Контроль (вода) | Гіберелова кислота | Розведення екстракту |            |
|-------------------------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|------------|
|                                           |                 |                    | 1:500                | 1:600      |
| Етанол*                                   | 4,26±0,40       | 4,60±0,40          | 4,70±0,36            | 4,84±0,30  |
| Технічний гліцерин*                       | 4,66± 0,38      | 5,84±0,30          | 4,95±0,40            | 5,28±0,35  |
| Рафінована олія**                         | 10,20±0,20      | 11,40±0,40         | 11,10±0,32           | 11,30±0,33 |
| Відпрацьована олія після смаження м'яса** | 8,90±0,40       | 9,80±0,35          | 9,50±0,40            | 9,08±0,37  |

**Примітка.** Інкубація проростків після обробки відповідними екстрактами становила 1 добу (\*) або 2 доби (\*\*).

Найбільші показники приросту спостерігали у разі обробки проростків огірків екстрактом, що містить метаболіти, синтезовані за умов росту *A. Calcoaceticus* IMB B-7241 на рафінованій олії. Зазначимо, що при різній тривалості інкубації проростків (1 або 2 доби) спостерігали однакову інтенсивність стимуляції подовження, тому у наступних експериментах проростки інкубували упродовж однієї доби.

Подальші дослідження показали, що екстракти речовин гіберелової активності, виділених з супернатанту культуральної рідини *R. erythropolis* IMB Ac-5017, також спричиняли позитивний вплив на подовження гіпокотилів (табл. 3). Найбільші показники приросту відмічено за дії екстракту, отриманого з супернатанту культуральної рідини після вирощування штаму IMB Ac-5017 на етанолі.

**Таблиця 3. Довжина гіпокотилів (см) огірків сорту Ніжинські за дії екстрактів з супернатанту культуральної рідини *R. erythropolis* IMB Ac-5017**

| Ростовий субстрат                       | Контроль (вода) | Гіберелова кислота | Розведення екстракту |           |
|-----------------------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------|
|                                         |                 |                    | 1:500                | 1:600     |
| Етанол                                  | 4,70±0,20       | 5,88±0,28          | 5,58±0,18            | 6,00±0,30 |
| Гексадекан                              | 5,40±0,40       | 6,00±0,20          | 5,70±0,40            | 5,80±0,40 |
| Рафінована олія                         | 5,70±0,25       | 6,54±0,24          | 6,50±0,30            | 6,80±0,30 |
| Відпрацьована олія після смаження м'яса | 5,80±0,40       | 6,60±0,30          | 7,20±0,20            | 6,90±0,30 |

Зазначимо, що наведені у табл. 1—3 дані засвідчують, що синтез метаболітів з гібереловою активністю залежить від природи джерела вуглецю в середовищі культивування *N. vaccinii* IMB B-7405, *A. calcoaceticus* IMB B-7241 та *R. erythropolis* IMB Ac-5017. Раніше [4] нами також було встановлено залежність рівня синтезу фітогормонів ауксинової і цитокінінової природи цими продуцентами поверхнево-активних речовин від умов культивування.

У доступній літературі нам не вдалося знайти інформацію про синтез фітогормонів, у тому числі й гіберелінів, продуцентами поверхнево-активних речовин. У той же час здатність до синтезу гіберелінів виявлена у багатьох мікроорганізмів, зокрема грибів родів *Fusarium*, *Sphaceloma* та *Phaeosphaeriae*, бактерій *Leifsonia soli* SE134, які продукують гібереліни як єдині фітогормони, а також бактерій родів *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium* та *Mesorhizobium*, які синтезують метаболіти з гібереловою активністю у комплексі з іншими фітогормонами [7—10].

На наступному етапі проводили вегетаційні досліді з використанням екстрактів, одержаних з супернатанту культуральної рідини після вирощування *N. vaccinii* IMB B-7405 та *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на відпрацьованій після смаження м'яса та рафінованій соняшниковій олії відповідно. Проте ці дослідження, які повинні були підтвердити здатність екзометаболітів гіберелової природи, синтезованих продуцентами ПАР, до стимуляції розвитку рослин, що ростуть у ґрунті, не дали позитивних результатів. Ми припускаємо, що це явище може бути зумовлене такими причинами:

по-перше, використання для обробки насіння екстрактів із занадто високою концентрацією речовин гіберелової природи (розведення 1:500), яку було обрано за результатами фітотестів, проведених у лабораторії (див. табл. 1 і 2), проте оптимальною для росту рослин в природних умовах може бути нижча концентрація. Таке припущення базується на даних літератури про здатність фітогормонів зі стимулювальною дією у великих кількостях спричиняти пригнічення росту і розвитку рослин [11];

по-друге, одним із факторів, що зумовлює інгібування росту рослин, може бути сортова специфічність рослин до досліджуваних речовин гіберелової природи. З'ясуванню даних питань будуть присвячені подальші наші дослідження.

**Висновки.** Отже, у результаті проведеного дослідження вперше встановлено здатність продуцентів ПАР до синтезу позаклітинних екзометаболітів з гібереловою активністю на різних вуглецевих субстратах. Такі результати ще раз підтверджують зроблений раніше висновок [4] про можливість реалізації екологічно безпечної технології утилізації токсичних відходів біоконверсією у комплексні мікробні препарати з різноманітними біологічними властивостями.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Biosurfactants: multifunctional biomolecules of the 21st century / D.K. Santos [et al.] // Int. J. Mol. Sci. — 2016. — V. 17, N 3. doi: 10.3390/ijms17030401.
2. Simultaneous production of detergent stable keratinolytic protease, amylase and biosurfactant by *Bacillus subtilis* PF1 using agro industrial waste / K. Bhangea, V. Chaturvedi, R. Bhatta // Biotechnology Reports. — 2016. — V. 10. — P. 94—104.
3. Simultaneous syntheses of polyhydroxyalkanoates and rhamnolipids by *Pseudomonas aeruginosa* IFO3924 at various temperatures and from various fatty acids / Hori K. [et al.] // Biochem. Eng. J. — 2011. — V. 53, N 2. — P. 196—202.
4. Синтез фітогормонів бактеріями *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017 и *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 — продуцентами

поверхностно-активных веществ / Т.П. Пирог [и др.] // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. — 2016. — № 1. — С. 111—116.

5. Муромцев Г.С., Агнистикова В.Н. Гормоны растений гиббереллины. — М. : Наука, 1973. — 270 с.

6. Hedden P., Sponsel V.A. Century of Gibberellin Research / P. Hedden, V.A. Sponsel // J. Plant Growth Regul. — 2015. — V. 34, N 4. — P. 740—760. doi: 10.1007/s00344-015-9546-1.

7. Hedden P., Thomas S.G. Gibberellins in fungi, bacteria and lower plants: biosynthesis, function and evolution / P. Hedden, S.G. Thomas // Annual Plant Reviews. — 2016. — V. 49. — 472 p. doi: 10.1002/9781119210436.ch5.

8. Gibberellin production by newly isolated strain *Leifsonia soli* SE134 and its potential to promote plant growth / S.M. Kang [et al.] // J. Microbiol. Biotechnol. — 2014. — V. 24, N 1. — P. 106—112.

9. Radhakrishnan R., Lee I.J. Gibberellins producing *Bacillus methylotrophicus* KE2 supports plant growth and enhances nutritional metabolites and food values of lettuce / R. Radhakrishnan, I.J. Lee // Plant Physiol. Biochem. — 2016. — V. 29, N 109. — P. 181—189. doi: 10.1016/j.plaphy.2016.09.018.

10. Gibberellin oxidase activities in *Bradyrhizobium japonicum* bacteroids / V. Mendez, M.A. Revilla, P. Bernard // Phytochemistry. — 2014. — V. 98. — P. 101—109.

11. Синтез позаклітинних фітогормонів-стимуляторів бульбочковими та фітопатогенними бактеріями сої / Н.О. Леонова [та ін.] // Доповіді НАН України. — 2013. — № 3. — С. 165—171.

## **СИНТЕЗ ЭКЗОМЕТАБОЛИТОВ С ГИББЕРЕЛЛОВОЙ АКТИВНОСТЬЮ ПРОДУЦЕНТАМИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ *NOCARDIA VACCINII* ИМВ В-7405, *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* ИМВ В-7241 И *RHODOCOCCLUS ERYTHROPOLIS* ИМВ АС-5017**

**Д.В. Гаврилкина,**

**Т.П. Пирог**

*Национальный университет пищевых технологий*

**Н.О. Леонова**

*Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины*

*В статье исследована способность продуцентов поверхностно-активных веществ (ПАВ) *Nocardia vaccinii* ИМВ В-7405, *Acinetobacter calcoaceticus* ИМВ В-7241 и *Rhodococcus erythropolis* ИМВ Ас-5017 синтезировать внеклеточные экзометаболиты с гибберелловой активностью при культивировании на различных субстратах, в том числе и токсичных промышленных отходах (пережаренное масло и отходы производства биодизеля). Внеклеточные фитогормоны экстрагировали из супернатанта культуральной жидкости после извлечения из него поверхностно-активных веществ. При обработке проростков огурцов сорта Нежинские такими экстрактами (разведение 1:500, 1:600) наблюдали стимуляцию удлинения гипокотилия по сравнению с показателями после обработки проростков водой.*

**Ключевые слова:** *гиббереллины, продуценты поверхностно-активных веществ, токсичные отходы, фитотесты.*

УДК 637.5.05/07

## PROPERTIES OF MINCED BOILED SAUSAGES WITH FUNCTIONAL FOOD COMPOSITION CONTAINING PROTEIN

O. Fursik, I. Strashynskiy, V. Pasichniy, A. Marynin, G. Goncharov  
*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

minced meat,  
composition containing  
protein,  
the effective viscosity,  
limiting shear stress

**Article history:**

Received 06.04.2017  
Received in revised form  
24.04.2017  
Accepted 03.05.2017

**Corresponding author:**

sim2407@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The priority direction of innovation of meat enterprises are producing affordable products with stable and high quality. The use of food additives in conjunction with fillers containing protein allows purposefully alter the functional and technological characteristics of the food system and getting the required technological effect, minimizing data entry agents to stabilize the quality of meat. In the article offers an influence of the developed composition containing protein on functional-technological and structural-mechanical properties of minced meat of cooked sausages. It was shown that addition of 20—40% of functional composition (in hydrated form) instead of raw meat increased the water binding capacity of model samples, increased the ability of the meat emulsion to absorb and retain fat in the gel structure and stabilized the structural and mechanical properties of minced meat system. The obtained results prove the promisingness of replacement of part of meat raw material with the created composition.

---

## ВЛАСТИВОСТІ ФАРШІВ ВАРЕНИХ КОВБАС З БІЛОКВІСНОЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОЮ ХАРЧОВОЮ КОМПОЗИЦІЄЮ

О.П. Фурсік, аспірант  
І.М. Страшинський, канд. техн. наук  
В.М. Пасічний, д-р. техн. наук  
А.І. Маринін, канд. техн. наук  
Г.І. Гончаров, канд. техн. наук  
*Національний університет харчових технологій*

У статті проаналізовано результати впливу розробленої білоквітної композиції на функціонально-технологічні та структурно-механічні властивості фаршів варених ковбас. Встановлено, що її внесення в кількості 20—40% (в гідратованому вигляді) замість м'ясної сировини збільшує вологозв'язуючу здатність модельних зразків, підвищує здатність м'ясної емульсії адсорбувати і утримувати жир в гелевій структурі та стабілізує структурно-механічні властивості фаршевих систем. Отримані результати доводять перспективність заміни частини м'ясної сировини розробленою композицією.

**Ключові слова:** м'ясні фарші, білоквітна композиція, ефективна в'язкість, граничне напруження зсуву.

**Постановка проблеми.** М'ясопродукти займають значну частку у структурі харчування населення. Пріоритетним напрямком інноваційної діяльності м'ясопереробних підприємств є виробництво доступних виробів стабільної і високої якості, що здатні задовольнити невисоку купівельну спроможність населення України. Досягнення поставленої мети забезпечується внесенням при складанні фаршевих систем різноманітних харчових добавок, які слугують для заміни частини м'ясної сировини та покращення її функціонально-технологічних властивостей (ФТВ) [1].

Фаршеві системи варених ковбасних виробів являють собою складну полідисперсну систему коагуляційного типу, що складається переважно з білків, жиру і води. Основною вимогою для забезпечення високої якості готового продукту в технології варених ковбас є диспергований стан фаршу та знаходження вологи і жиру у зв'язаному стані протягом усього процесу виготовлення. У зв'язку з цим необхідно контролювати перебіг усього технологічного процесу та приділяти особливу увагу вибору харчових добавок, які дають змогу забезпечити високу якість фаршевих систем. Основними із них є структуроутворювачі полісахаридної будови (ксантанова камедь, гуарова камедь, камедь ріжкового дерева, гуміарабік тощо), білкові препарати рослинного й тваринного походження [2; 3].

Внесення білкових препаратів тваринного походження на основі сполучної тканини замість м'ясної сировини (5—30%) підвищує показник вологов'язуючої здатності (ВЗЗ) до 100%. Збільшення кількості обраного препарату в модельних фаршах призводить до покращення структурно-механічних властивостей (СМВ), про що свідчать результати досліджень граничного напруження зсуву (значення для дослідних зразків м'ясних фаршів підвищилися на 12—61% порівняно з контрольним). Найбільше значення даного показника спостерігається при внесенні 20% гідратованого препарату [4; 5]. Використання в складі м'ясних фаршів соєвого ізоляту в кількості 3—10% сприяє збільшенню показника пенетрації і зниженню граничного напруження зсуву. Ці дані свідчать про те, що використання соєвого ізоляту в технології м'ясних продуктів з низькосортної яловичини дає змогу вирішувати такі актуальні проблеми її переробки, як зниження жорсткості і підвищення соковитості готових продуктів.

Значна кількість досліджень присвячена вивченню препаратів полісахаридної будови, які займають важливе місце в м'ясній промисловості, їх впливу на основні властивості як фаршевих систем, так і готових продуктів.

Науковцями встановлено, що внесення капа-карагенану в м'ясні фарші частково знижує показник ВЗЗ (в середньому на 2%) та покращує реологічні властивості, зокрема граничне напруження зсуву (на 24%). Проте використання комбінації карагенану із гуаровою камедю у тих же рецептурах ковбасних виробів збільшує показники ВЗЗ та граничного напруження зсуву на 3% та 20% відповідно порівняно із контрольним зразком. Тобто використання комплексів на основі карагенанів компенсує дефіцит гелеутворювачів білкової природи [2; 6].

Аналіз досліджень показує, що використання комплексних добавок підвищує ефективність виробництва і спрощує технологічний процес, забезпечує стабільну якість готового продукту, допомагає досягти потрібного технологічного ефекту і забезпечити необхідні ФТВ, СМВ та органолептичні характеристики готових виробів.

Встановлено, що використання у рецептурах ковбасних виробів сумішей гідроколоїдів (камедей гуарової, ксантанової, ріжкового дерева, конжак) в різних співвідношеннях підвищує показник адгезійно-когезійної роботи на 27—68% та знижує граничне напруження зсуву в середньому на 9%. Незважаючи на це, відбувається достатній ефект згущення і стабілізації структури, отримані фаршеві системи утримують вологу на високому рівні за рахунок внесення камедей, що дає змогу створити якісний продукт.

Низька купівельна спроможність населення обумовлює необхідність удешевлення готових виробів з одночасним збереженням якісних показників фаршевих систем і продукції в умовах нестабільного складу та властивостей сировини, що надходить на переробку. Тому актуальним є створення функціональних комплексних харчових композицій для спрощення технологічного процесу та вивчення їх впливу на якість фаршів і готових виробів.

**Метою досліджень** є створення м'ясних фаршевих систем із заміною основної сировини розробленою білоквмісною ФХК.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- розробити модельні рецептури варених ковбас із заміною основної сировини розробленою білоквмісною ФХК;
- дослідити вплив даної добавки на функціонально-технологічні властивості (стійкість емульсії та емульгуюча здатність) фаршевих систем;
- вивчити вплив білоквмісної композиції на структурно-механічні показники модельних фаршів (ефективна в'язкість і граничне напруження зсуву);
- встановити раціональну кількість заміни м'ясної сировини на розроблену функціональну композицію зі збереженням стабільної якості м'ясних фаршевих емульсій.

**Матеріали і методи.** Для вирішення поставлених завдань у технології варених ковбас використали гідратовану білоквмісну ФХК. Вказана композиція, розроблена на кафедрі технології м'яса і м'ясних продуктів Національного університету харчових технологій, включає: білок свинячої шкурки Белкотон-С95—35%, соєвий ізолят Pro Vo 500 U — 15%, гуарову камедь — 20%, ксантанову камедь — 8%, карбоксиметилцелюлозу — 15%, суху молочну сироватку — 7% [7]. Встановлено раціональну ступінь гідратації композиції на рівні 1:20, яка забезпечує необхідні властивості гелів. Гідратацію проводили водою при температурі  $10 \pm 2^\circ\text{C}$  із внесенням нанокмполімеру (пірогенного кремнезему) в кількості 0,3% до маси приготовленого гелю. Як нанокмполімер використали кремнезем, синтезований спеціалістами відділу аморфних структур і структурно упорядкованих оксидів інституту ім. А.А. Чуйко НАН України, з питомою площею поверхні  $S_{\text{БЕТ}} = 232 \text{ м}^2/\text{г}$ , з відповідним середнім радіусом первинних наночастинок 5,88 нм і насипною густиною  $\rho_0 \approx 22 \text{ г/см}^3$  [8]. Доцільність внесення даної харчової добавки (Е551) підтверджується проведеними дослідженнями з визначення її впливу на властивості м'ясних білків [9] і білкових препаратів [7].

За контроль було обрано рецептуру варених ковбас (першого сорту) згідно з ТУ У 15.1-20021369-005:2007, до складу якої входить: яловичина другого сорту, свинина напівжирна, м'ясо птиці (червоне куряче м'ясо), шпик (грудний), борошно, меланж, сіль і спеції. На її основі розробили рецептури дослідних зразків варених ковбас, у яких провели заміну м'ясної сировини відповідною кількістю гідратованої ФХК (20, 30 та 40%). Виготовлення дослідних зразків м'ясних фаршів варених ковбас проводили за стандартною технологією. Розроблену

функціональну композицію вносили на етапі кутерування після нежирної сировини, нітриту натрію і фосфатів з необхідною кількістю кухонної солі і з внесенням додаткової води в кількості 20% на основну сировину.

Важливим аспектом визначення доцільності заміни м'ясної сировини у технології варених ковбас білоквмісною функціональною харчовою композицією є кількісне визначення основних якісних показників, що зумовлюють ФТВ і СМВ отриманих фаршів. Визначення даних показників проводились згідно із загальноприйнятими методиками [10].

Показники стійкості емульсії та емульгуючої здатності визначали шляхом вимірювання кількості олії, що відділилася в процесі центрифугування попередньо підготовленої емульсії після нагрівання при температурі 80 °C та без нагрівання відповідно.

Дослідження ефективної в'язкості і граничного напруження зсуву фаршів варених ковбас проводили при температурі (10±2) °C на ротаційному віскозиметрі Воларовича РВ-8М. Дослідження передбачає два етапи: I — проведення вимірів незаповненого стакана (без продукту) для визначення тертя підшипників (похибки вимірювання); II — з предметом дослідження.

Абсолютну похибку вимірювань визначали за допомогою критерію Стюдента, довірча ймовірність  $P = 0,95$ , кількість повторів у визначеннях 3—4, кількість паралельних проб дослідних зразків — 3.

**Результати дослідження.** Основну роль у формуванні ФТВ фаршевих систем відіграють білки. Заміна м'ясних білків гідратованою білоквмісною ФХК частково знижує показника ВЗЗ дослідних зразків фаршів порівняно з контрольним. Це обумовлено високим ступенем її гідратації. Проте компоненти, що входять до складу композиції, були підібрані з урахуванням можливості синергічних взаємодій між ними, що дало змогу їй разом з м'ясними білками зв'язати й утримувати не лише воду, внесену при гідратації, але й додаткову вологу згідно з рецептурним співвідношенням.

Для визначення характеристик дослідних фаршів адсорбувати й утримувати у своєму складі жири дослідили показники емульгуючої здатності та стійкості емульсії. Стійкість емульсії для дослідних м'ясних фаршів знаходиться в межах 48—49,5% і доводить переваги використання ФХК у рецептурах варених ковбас. У дослідних фаршах цей показник зростає на 22,5% порівняно з контрольним зразком. Емульгуюча здатність складає 97—99,5% і збільшується порівняно з контрольним зразком для рецептури № 1 та рецептури № 2 на 5,6%, для рецептури № 3 — на 3,5%.

Дослідження стійкості емульсії та емульгуючої здатності фаршів варених ковбас підтверджує доцільність використання ФХК. Дані показники у всіх дослідних зразках збільшувалися порівняно із контрольним. Високі ФТВ дослідних фаршів обґрунтовуються властивостями інгредієнтів, що входять до складу даної композиції. Так, білкові препарати володіють високими показниками вологозв'язуючої здатності та завдяки наявності гідрофільних груп сприяють утворенню фаршевих систем з іммобілізованою у її складі вологою. Гідрофобні групи, що входять до складу білкової молекули, на стадії приготування фаршу інкапсулюють жирову фракцію та утворюють навколо неї білкову структуровану оболонку, забезпечуючи стабільність фаршевих систем у технологічному процесі. Крім цього, камеді розчинні тільки у водній фазі, і мають гідрофільні групи, які більш-менш рівномірно розподілені по всій довжині молекули. Це

забезпечує внаслідок їх розчинення підвищення в'язкості та густини, що ускладнює рух жирових кульок і перешкоджає утворенню та злиттю жирових глобул і розшаруванню м'ясної емульсії. Ці процеси зумовлюють створення структури, схожої до м'ясної, що особливо важливо при виготовленні емульгованих продуктів, зокрема варених ковбас.

Дослідження граничного напруження зсуву та ефективної в'язкості м'ясних фаршів дало змогу кількісно оцінити основні СМВ, вибрати оптимальні технологічні процеси виготовлення та заздалегідь спрогнозувати властивості готового продукту.

На рис. 1 та 2 наведений вплив білоквмісної композиції на граничне напруження зсуву та ефективну в'язкість фаршів варених ковбас.

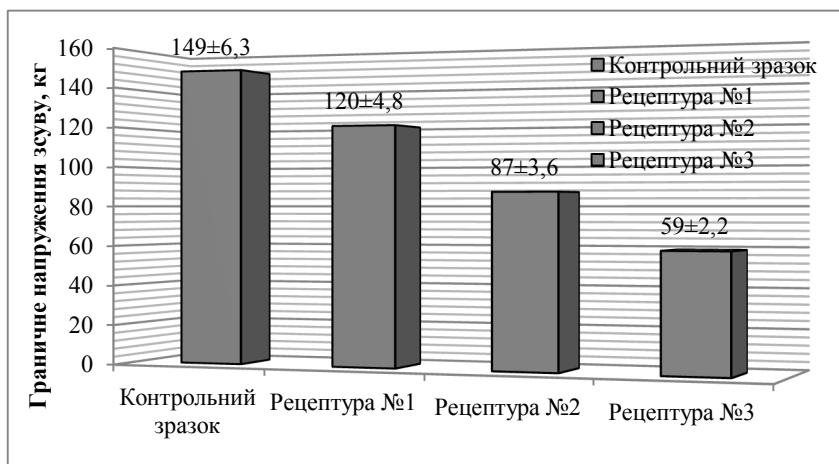


Рис. 1. Зміна граничного напруження зсуву фаршу варених ковбас

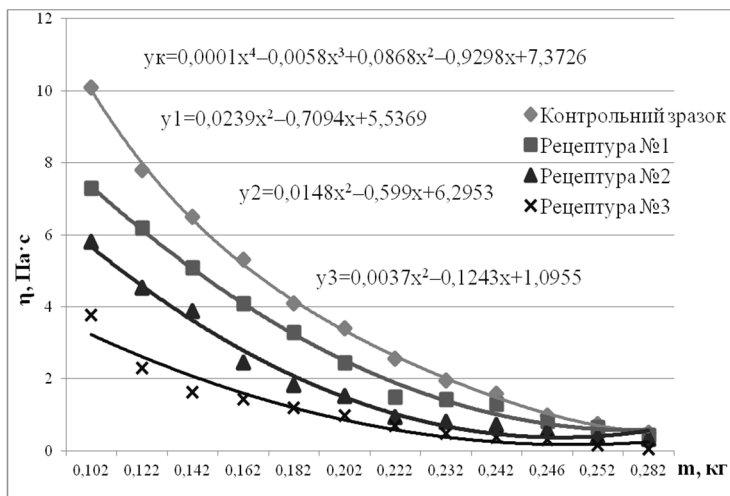


Рис. 2. Залежність ефективної в'язкості від рецептурного складу фаршів варених ковбас

Вивчення СМВ свідчить, що із збільшенням кількості внесеної композиції ефективна в'язкість м'ясного фаршу знижується для дослідного зразка рецептури № 1 на 19,5%, рецептури № 2 — на 55,4 %, рецептури № 3 — на 70,7%

порівняно з контрольним зразком. Водночас відбувається зниження показника граничного напруження зсуву на 19,5%, 41,6% та 60,4% відповідно. Це пояснюється наявністю більшої кількості дисперсійного середовища, яке зумовлює еластичність і текучість дослідних фаршів порівняно з контрольним зразком. Внесення ФХК модифікує СМВ і покращує консистенцію, оскільки зменшення ефективної в'язкості сприяє отриманню більш ніжного і соковитого продукту. На модифікацію СМВ дослідних фаршів впливають обрані компоненти суміші (гідроколоїди та білкові препарати), які володіють високими показниками вологозв'язуючої й вологопоглинаючої здатності. Значний вміст жиру сприяє витісненню вологи в прошарку між частинками фаршу, що лише збільшує відстань між ними та знижує граничне напруження зсуву. Проте білкові препарати володіють високими ФТВ та СМВ, що дало змогу разом з гідроколоїдами утримувати дані складові у матриці та забезпечити стійкість фаршевих систем.

Додавання нанокомпозиту (кремнезему, харчової добавки Е551) в складі ФХК підвищує ФТВ дослідних зразків і сприяє структуроутворенню у фаршевих системах завдяки взаємодії з білковими препаратами та м'ясним білком, що відповідає результатам, представленим у [8; 10].

**Висновок.** Раціональне поєднання харчових добавок у складі суміші, з урахуванням можливих синергічних взаємодій, дало змогу отримати стійку матрицю м'ясної системи з інкапсульованими рецептурними складовими та покращити ФТВ і СМВ фаршів варених ковбасних виробів.

Представлені дослідження дають перспективу розширення асортименту м'ясних продуктів з метою забезпечення населення якісною і доступною продукцією за рахунок внесення білоквмісної функціональної харчової композиції в кількості до 30% у гідратованому виді.

На даному етапі проводяться дослідження впливу розробленої білоквмісної ФХК на якість готових варених виробів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Лисицын, А.Б. Основные принципы совершенствования ассортимента и стабилизации качества колбасных изделий / А.Б. Лисицын, И.М. Чернуха, А.А. Семенова, В.А. Алексахина // Все о мясе. — 2006. — № 1. — С. 4—7.
2. Williams, P.A. Introduction to food hydrocolloids / P.A. Williams, G.O. Phillips // Handbook of hydrocolloids. Second edition. — Woodhead Publishing Limited. — 2009. — С. 12.
3. Рыжикова, И.В. Современные белковые препараты животного происхождения в технологии эмульгированных мясopодуKтов / И.В. Рыжикова, С.И. Постников // Мяcная индустрия. — 2009. — № 11. — С. 43—45.
4. Prabhu, G.A. Utilization of pork collagen protein in emulsified and whole muscle meat products / G.A. Prabhu, D.R. Doerschler, D.H. Hull // J. Food Sci. — 2004. — № 69. — С. 388—392.
5. Криштафович, В.И. Влияние соевых изолятов на качество фаршевых мясных продуктов / В.И. Криштафович, Т.Г. Кузнецов [Электронный ресурс]. — Режим доступа : [www.meatbranch.com/publ/view/309.html](http://www.meatbranch.com/publ/view/309.html).
6. Marchetti, L. Low-fat meat sausage with fish oil: Optimization of milk proteins and carrageenan contents using response surface methodology / L. Marchetti, S.C. Andres, A.N. Califano // Meat Science. — 2014 (96). — P. 1297—1303.
7. Пасічний, В.М. Дослідження емульсій на основі білоквмісних функціональних харчових композицій / В.М. Пасічний, І.М. Страшинський, О.П. Фурсік // Технологічний аудит і резерви виробництва — № 3/3(23), 2015 — С. 52—55. — ISSN 2226-3780. DOI: 10.15587/2312-8372.2015.44177.

8. Market Attitude Research Services, Australian Community Attitudes about Nanotechnology — 2005—2009. Department of Industry, Innovation, Science and Research, Australia, 2009.

9. *Иванов, Сергей* Полуфабрикаты из мяса индейки с использованием текстуроформирующих наполнителей / Сергей Иванов, Василий Пасичный, Игорь Страшинский, Андрей Маринин, Виктория Крепак // Химия и технология пищи. Научные труды, Т. 48, №. 2. — Пищевой институт Каунасского технологического университета. — Kaunas, 2014. — С. 25—33.

10. *Антипова, Л.В.* Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. — М. : Колос, 2001. — С. 576.

## **СВОЙСТВА ФАРШЕЙ ВАРЕННЫХ КОЛБАС С БЕЛОКСОДЕРЖАЩЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПИЩЕВОЙ КОМПОЗИЦИЕЙ**

**О.П. Фурсик, И.М. Страшинский, В.Н. Пасичный А.И. Маринин, Г.И. Гончаров**  
*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье проанализированы результаты влияния разработанной белоксодержащей композиции на функционально-технологические и структурно-механические свойства фарша вареных колбас. Установлено, что ее внесение в количестве 20—40% (в гидратированном виде) вместо мясного сырья увеличивает влагосвязывающую способность модельных образцов, повышает способность мясной эмульсии адсорбировать и удерживать жир в гелевой структуре и стабилизирует структурно-механические свойства фаршевых систем. Полученные результаты доказывают перспективность замены части мясного сырья созданной композицией.*

**Ключевые слова:** мясные фарши, белоксодержащая композиция, эффективная вязкость, предельное напряжение сдвига.

УДК 664.956

## PERSPECTIVES OF SMALL AZOV-BLACK SEA FISH IN TECHNOLOGIES FOOD CONCENTRATES

**M. Kravchenko***Kyiv National University of Trade and Economics***I. Danyluk***Chernivtsi Institute of Trade and Economics***Key words:**

Azov-Black Sea fish, biochemical composition, nutritional value, silverside Black Sea, food concentrates, fish powder.

**Article history:**

Received 28.11.2016

Received in revised form 23.12.2016

Accepted 10.01.2017

**Corresponding author:**

cherep\_inna@ukr.net

**ABSTRACT**

Results of research of food and biological value of small Azov-Black Sea fish. The types of small fish of the Black Sea and Azov basin, looking for processing into food concentrates increased nutritional value. Considering that an important reserve for the fishing industry has a small Azov-Black Sea fish there is a need to study their chemical composition and properties of raw materials, the possibility of recycling previously used fish species for food concentrates. Currently processing small Azov-Black Sea fish is problematic, it is because there is no appropriate technology for a given species. The data of the chemical composition of the Black Sea silversides show that it has a high nutritional value due to the content of protein and fat, so it is a promising raw material for the development of technology of food concentrates from it, which can later be used in the preparation of culinary production.

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДРІБНИХ АЗОВО-ЧОРНОМОРСЬКИХ РИБ У ТЕХНОЛОГІЯХ ХАРЧОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ

**М.Ф. Кравченко, д.т.н.***Київський національний торговельно-економічний університет***І.П. Данилюк***Чернівецький торговельно-економічний інститут КНТЕУ*

У статті наведено результати дослідження харчової та біологічної цінності дрібних азово-чорноморських риб. Визначено види дрібних риб Чорноморського та Азовського басейнів, перспективні для переробки у харчові концентрати підвищеної харчової цінності.

**Ключові слова:** азово-чорноморські риби, біохімічний склад, харчова цінність, атерина чорноморська, харчові концентрати, рибний порошок.

**Постановка проблеми.** Риба і нерибні продукти моря посідають важливе місце в харчуванні людини і попит на них щорічно зростає. У рибі і морепродуктах містяться необхідні для людини амінокислоти, поліненасичені жирні кислоти, міnorні компоненти (вітаміни, мікро- і макроелементи, нутрієнти).

Харчову цінність рибних продуктів насамперед визначають білки. Білкові речовини риби розрізняють за біологічною доступністю для засвоєння організмом людини [1].

Аналіз стану вітчизняної сировинної бази рибопереробної галузі свідчить про істотне зменшення запасів водних біологічних ресурсів, скорочення обсягів вилову, а також значне зростання, в загальному обсязі, малоцінних риб промислового значення [2].

У внутрішніх водоймах України впродовж 2006—2016 рр. вилов риби скоротився з 67,8 до 38,1 тис. т, або майже у 2 рази. Питома частка риби, вирощеної і виловленої у ставках і водоймах рибних господарств, складала 58,1—68,3%, у водоймах — 16,6—28,3%, у річках — 4,0—6,9%, в озерах — 1,8—3,7% від щорічного загального вилову риби у внутрішніх водоймах. До цього призвело використання малоінтенсивних технологій, падіння обсягів зариблення внутрішніх водойм, браконьєрство [3; 4].

У зв'язку з цим спостерігається недостатнє споживання рибної продукції населенням. За рекомендаціями ФАО/ВООЗ, річне споживання риби і морепродуктів має становити 20,1 кг на людину [5]. У той же час в Україні, згідно з даними Державного комітету статистики, у 2015 р. на одну людину припадало всього 14,9 кг риби і морепродуктів [6].

Важливим резервом є дрібні азово-чорноморські риби, такі як кілька, хамса, тюлька, атерина. Починаючи з 2011 р., щорічний вилов тільки атерини чорноморської складає в середньому більше 50% (понад 20 тис. т) від загального вилову риби в Азово-Чорноморському басейні, або 80—90% в Чорному морі [6].

Для вирішення питань раціонального використання риби, розширення асортименту рибних продуктів і поліпшення їх споживчих властивостей необхідне вивчення хімічного складу і властивостей сировини, можливості вилову, заготівлі та переробки раніше не використовуваних видів риб.

На сьогодні розроблені технології технічної переробки дрібних риб (на кормове борошно, препарати у вигляді дієтичних добавок і косметичні засоби), які знайшли своє застосування у різних галузях промисловості (Л.В. Антипова, В.М. Дацун, О.П. Дворянінова, А.В. Мажаров, А.С. Помоз, Г.Ю. Суховерхова, М.Є. Цібізова, Н.В. Чернега, А.П. Ярочкин, Д.С. Язенкова, Н.Г. Kristinsson, T. Nagai, V. Venugopal та ін.).

Недостатня вивченість показників якості та харчової цінності м'яса малоцінних риб не дає змоги ефективно використовувати їх як потенційний сировинний ресурс для розширення асортименту кулінарної продукції.

**Мета дослідження:** вивчити харчову цінність дрібних азово-чорноморських риб і довести можливість їх використання у технологіях харчових концентратів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вивчити хімічний склад дрібних азово-чорноморських риб, визначити перспективний вид риб для подальшого дослідження, розробити технології виробництва харчового концентрату з риби.

**Матеріали і методи.** Об'єктом дослідження було обрано дрібні риби з Азово-Чорноморського басейну таких видів: кілька, бичок, хамса, тюлька, атерина. Для дослідження використовували статистичний метод та органолептичну оцінку зазначених видів риб. Виходячи з даних хімічного складу та можливості подальшого перероблення, було визначено предмет дослідження і можливість використання визначеного виду риб як сировини для отримання харчового концентрату.

**Результати досліджень.** На сьогодні переробка дрібних азово-чорноморських риб є проблематичною. Це пояснюється тим, що не розроблено відповідну технологію переробки даного виду.

Дрібні азово-чорноморські риби, які складають значну частину виловів, є недорогою вітчизняною сировиною і джерелом повноцінного тваринного білка. Так, кілька чорноморська (*Sprattus sprattus phalericus*) виловлюється в Чорному морі на глибині 30—50 м в період з травня по вересень. Переважна більшість виловлюваної риби має довжину 8—10 см і масу 6—10 г. Тому сировину використовують для приготування солоної рибопродукції. Дрібних особин, довжиною менше 5 см, переробляють на кормове борошно та жир [7].

Хамса азовська (*Engraulis encrasicolus maloticus*) виловлюється в Азовському і Чорному морях. Довжина риби 6—10 см, маса — 2—9 г [7]. Є сировиною для приготування солоної, пряної продукції, пресервів.

Тюлька азовська (*Clupeonella delicatula delicatula*) виловлюється в Азовському морі. Довжина риби становить 5—6 см, маса — 0,8—4 г. [8]. Тюлька має гарні смакові якості, є сировиною для холодного копчення, в'ялення, приготування солоної продукції, пряного посолу, пресервів.

Атерина чорноморська (*Atherina mochon pontica*). За розмірами атерина відноситься до III групи — найбільша довжина риби в п'ятирічному віці не перевищує 15 см, однак частіше зустрічаються більш дрібні екземпляри [9]. Вилов атерини не лімітований та не квотується, що можна пояснити відсутністю промислової переробки цієї риби.

Припускаючи потенційну можливість отримання широкого асортименту продукції з м'яса дрібних риб, вивчено їх хімічний склад (табл. 1) [8].

**Таблиця 1. Характеристика і хімічний склад дрібних азово-чорноморських риб (на 100 г)**

| Вид риби                  | Показники              |                    |                |               |               |                 |                            |
|---------------------------|------------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|----------------------------|
|                           | Промислова довжина, см | Промислова вага, г | Вміст білка, % | Вміст жиру, % | Вміст золи, % | Вміст вологи, % | Енергетична цінність, ккал |
| Кілька чорноморська       | 8—10                   | 6—10               | 13             | 10            | 2,5           | 67—69           | 142                        |
| Бичок азово-чорноморський | 15—18                  | 15                 | 19,3           | 0,5           | 1             | 79,1            | 81,7                       |
| Хамса азовська            | 12—15                  | 2—9                | 12—16,7        | 18—25,4       | 2,2           | 60,4—63,1       | 192—295,4                  |
| Тюлька азовська           | 5—6                    | 0,8—4              | 14—16          | 13—25         | 3             | 58—68           | 173—289                    |
| Атерина чорноморська      | 10—15                  | 3—5                | 16,00—16,12    | 5,30—6,03     | 2,38—2,50     | 75,47—76,03     | 111,7—118,8                |

Як свідчать дані табл.1, найвищий вміст білка (19,3%) має бичок азово-чорноморський, хамса азовська і атерина чорноморська — понад 16%.

Найвищий вміст жиру у хамси і тюльки азовської, які в осінній період містять понад 25% жиру, наступна за ними за вмістом жиру — атерина чорноморська, яка містить понад 6% жиру.

Важливим показником харчової цінності є також загальний вміст мінеральних речовин, який визначається вмістом золи. Так, кілька чорноморська та атерина чорноморська містять до 2,5% мінеральних речовин.

Дані хімічного складу свідчать, що атерина чорноморська має високу харчову цінність завдяки вмісту білків і жирів, тому доцільною є розробка технології харчових концентратів, які у подальшому можуть використовуватись при приготуванні кулінарної продукції підвищеної поживної цінності.

Харчові концентрати — це продукти, які пройшли у виробничих умовах первинну і кулінарну обробку з подальшим висушуванням.

Одним із пріоритетних завдань при переробці дрібних рибних ресурсів є раціональне використання всієї тушки риби. До її складу входять м'язи, сполучні тканини, шкіра і кістки. Зважаючи на те, що атерина чорноморська має високу харчову цінність і є недорогою вітчизняною сировиною, нами було розроблену технологію одержання з неї рибного порошку.

Важливим завданням під час переробки атерини чорноморської є отримання рибного порошку з максимальним збереженням поживної цінності рибної сировини. У розробленій технології виробництва рибного порошку використовувалась морожена атерина чорноморська. Рибу дефростували на повітрі при кімнатній температурі, після чого піддали механічній кулінарній обробці, що передбачає миття. Промиту атерину викладали на пробивні перфоровані сита для стікання води, після чого подрібнювали на м'ясорубці. Отриману масу розміщують на перфоровані листи і направляють у сушильну шафу з температурою  $65 \pm 5$  °C та висушують протягом 6—7 год до залишкової вологості 6,0—8,0%.

Отриману сушену масу охолоджують при кімнатній температурі, після чого подрібнюють до розміру частинок 0,1—0,4 мм, потім просіюють крізь металеві сита з мілким перерізом отворів, викладають на металеві листи і пастеризують при  $t = 96 \pm 3$  °C протягом 180 с. Отриманий рибний порошок із атерини чорноморської упаковують в герметичні пакети з багатошарових металізованих матеріалів.

Харчовий концентрат із атерини чорноморської є перспективною сировиною для подальшого дослідження можливості використання у технологіях кулінарної продукції.

**Висновки.** Проблема переробки дрібних азovo-чорноморських риб на сьогодні залишається проблематичною, хоча дрібні азovo-чорноморські риби, зокрема атерина чорноморська, складають значну частину вітчизняних виловів та є недорогою вітчизняною сировиною і джерелом повноцінного білка. Перспективним шляхом вирішення даної проблеми є розробка технології виробництва харчових концентратів з максимальним збереженням поживної цінності рибної сировини.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Федорова, Д. Біологічна цінність риборослинних напівфабрикатів на основі бичка азовського / Д. Федорова, Ю. Кузьменко // Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки». — 2015. — № 2. — С. 85—97.
2. Зуев, Г.В. Пелагические рыбы Черного моря: состав, распределение и современное состояние запасов / Г.В. Зуев // Промысл. биоресурсы Черного и Азовского морей. — Севастополь: ЭКОСИ — Гидрофизика. — 2011. — С. 26—65.
3. Козлова, С. Ринок морепродуктів України: аналіз і тенденції / С. Козлова // Товари і ринки. — 2009. — № 2. — С. 24—29.
4. Одеська обласна державна адміністрація Департамент екології та природних ресурсів / Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2015 році [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.menr.gov.ua>.
5. Статистичні дані FAO [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.fao.org>.
6. Статистичний щорічник України за 2015 рік / за ред. О.Г. Осауленка. — Державний комітет статистики України. — Київ, 2015. — 590 с.

7. Васильева Е.Д. Рыбы Чёрного моря. Определитель морских, солоноватоводных, эвригалинных и проходных видов с цветными иллюстрациями, собранными / Е.Д. Васильева / С.В. Богородским. — М. : ВНИРО, 2007. — 238 с.

8. Справочник по химическому составу и технологическим свойствам рыб внутренних водоемов / Под ред. В.П. Быкова. — М. : Изд-во ВНИРО, 1999. — 207 с.

9. Рыбы вод Украины /Атерина черноморская (Atherina pontica (Eichwald, 1831)) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://fish.kiev.ua>.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛКИХ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПИЩЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ**

**М. Ф. Кравченко**

*Киевский национальный торгово-экономический университет*

**И. П. Данилюк**

*Черновицкий торгово-экономический институт*

*В статье приведены исследования пищевой и биологической ценности мелких азово-черноморских рыб. Определены виды мелких рыб Черноморского и Азовского бассейнов, перспективные для переработки в пищевые концентраты повышенной пищевой ценности.*

**Ключевые слова:** азово-черноморские рыбы, биохимический состав, пищевая ценность, атерина черноморская, пищевые концентраты, рыбный порошок.

УДК 664.685.6

## RATIONAL USE OF PROTEIN SUGAR CREAM FOR CAKES AND PASTRIES

Yu. Kambulova

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

glucose,  
fructose,  
reducing tsukrovmistu,  
protein creams for cakes and  
pastries.

**Article history:**

Received 13.04.2017

Received in revised form

25.04.2017

Accepted 15.05.2017

**Corresponding author:**

Kambulova.julya@yandex.ru

---

**ABSTRACT**

Developed countries have identified as priorities the ways of improvement the technology of food goods with reduced sugar based on WHO guidelines. So, the scientific and practical questions related to the upper limit of free sugars definition are contributed to the strategy of health care system development. In the article the author actualizes the questions of sugar reduction in confectionery goods as a major source of easily digestible sugars presented on the mass market. It was detailed considered the rational use of glucose or fructose in a technology of egg-white creams as semi finished good for cakes and pastries decoration. The limiting boundaries of tested sugars reduction in creams are defined with the regard to organoleptic qualities. It is proposed to use structurants and volumetric fillers to provide all the quality parameters of creams. This allows creams to correspond to the requirements of normative documents.

---

## РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЦУКРІВ У БІЛКОВИХ КРЕМАХ ДЛЯ ТОРТІВ І ТІСТЕЧОК

Ю.В. Камбулова, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто питання раціонального використання глюкози або фруктози в технологіях білкових кремів для тортів і тістечок. З урахуванням органолептичних показників якості визначені граничні межі зменшення цукровмісту виробів з дослідними цукрами. Запропоновано застосування структуроутворювачів і об'ємних наповнювачів для забезпечення відповідності всіх показників якості білкових кремів вимогам чинної нормативної документації.

**Ключові слова:** глюкоза, фруктоза, зменшення цукровмісту, білкові креми для тортів і тістечок.

**Постановка проблеми.** У 2015 р. Всесвітня організація охорони здоров'я опублікувала нове «Керівництво по споживанню цукрів дорослими і дітьми», в якому йдеться про необхідність зниження споживання цукру до рівня менше 10% від загальної кількості калорій, одержуваних з їжею. Згідно з висновком експертів ВООЗ, це дасть змогу істотно знизити поширення ожиріння і пов'язаних з ним захворювань. Більш кращим, але не обов'язковим, міжнародна організація вважає споживання цукру на рівні менше 5% одержуваних з їжею калорій. Під рекомендації ВООЗ підпадають моносахариди (наприклад, глюкоза

або фруктоза), дисахариди (сахароза), що додаються їжу та напої виробниками продуктів харчування, кухарями або самими споживачами, а також цукру, наявного в меді, сиропях, концентрованих фруктових соках тощо. Рекомендації не поширюються на вуглеводи, що містяться в натуральних фруктах і овочах або цілісному молоці [1; 2].

За даними ВООЗ, споживання цукру в світі різниться залежно від віку, країни або соціального оточення. Зокрема, серед дорослих європейців цей показник варіюється від 7—8% калорійності раціону в Угорщині або Норвегії до 16—17% в Іспанії і Великій Британії. Серед дітей показники вищі: 12% — в Данії, Словенії, Швеції та 25% — в Португалії. Середньостатистичний житель України та Росії з'їдає приблизно 100—140 г цукру протягом одного дня (при рекомендації ВООЗ — 60 г), середньостатистичний житель США — 190 г цукру, що перевищує допустимі норми в 2—3 рази.

На основі рекомендацій ВООЗ розвинені країни визначили пріоритетними шляхи удосконалення технологій харчової продукції з пониженим цукровмістом [3—8]. Науково-практичні питання, пов'язані з визначенням верхньої межі доданих цукрів, вносять не тільки у розвиток системи охорони здоров'я, але й у найважливіші напрями державної політики. У США і у Великій Британії до «продуктів із зниженим вмістом цукру» відносяться ті, в яких кількість моно- і дисахаридів знижено, як мінімум, на 25%. У Нідерландах і у Франції — на 33%, в Німеччині та Іспанії — на 30%.

Найбільшу частку цукрів мають у рецептурному складі кондитерські вироби. Переважна більшість рецептур має вміст цукру 60...70%, а цукровміст окремих груп виробів сягає 90...95%. Такі показники пов'язані із забезпеченням насамперед необхідної структури продукції, запобіганням швидкому розвитку мікроорганізмів. Зрозуміло, що така кількість перенасичує вироби вільними цукрами, і актуальними питаннями галузі повинні бути питання раціонального вмісту цукрів. Тому рецептурні кількості цукрів для кондитерської продукції масового споживання повинні бути переглянуті.

В Україні питанням розроблення кондитерської продукції із зменшенням концентрації цукрів приділялась увага відомих вчених. Так, під керівництвом професора А.М. Дорохович розроблені мармеладні вироби з використанням фруктози і лактитолу у співвідношенні 1:1 [9]; маршмелоу спеціального дієтичного призначення при поєднанні фруктози з ізомальтитолом, еритритолом або мальтитолом [10]. Ученими наукової школи К.Г. Іоргачової розроблений асортимент мармеладних виробів при заміні 75% цукру на крохмальні сиропи, встановлена можливість отримання мармеладу з фруктозою і полідекстрозою, органолептичні і текстурні характеристики яких аналогічні виробам на цукрі [11]. І все ж глобальному зменшенню цукру в класичних рецептурах українських кондитерських виробів приділяється недостатня увага. Авторами [12] відкоригований вміст цукру в бік пониження на 25% у технологіях білкових кремів для тортів і тістечок із збереженням смакових і структурно-механічних показників якості виробів. У продовженні напрямку розширення асортименту кондитерської продукції вивчаються закономірності формування структури білкових кремів з іншими видами цукрів, які застосовуються в кондитерській промисловості — глюкозою, фруктозою, і встановлюються раціональні концентрації цукрів у дослідних харчових системах.

**Метою статті** є встановлення можливості зменшення цукровмісту в білкових кремах з глюкозою і фруктозою, надання рекомендацій верхніх меж використання досліджуваних цукрів у технологіях виробів на основі білкових пін.

**Матеріали і методи.** При проведенні досліджень використовували такі види сировини: білок яєчний сухий пастеризований за ДСТУ 2013-91 (компанія «Овостар»); цукор білий кристалічний — за ДСТУ 4623:2006; патока крохмальна — за ДСТУ 4498:2005; глюкоза, фруктоза — за ТУ У 10.6-2489818945-003:2014; кислота лимонна — за ДСТУ 908:2006.

*Об'єктами досліджень* слугували піни яєчного білка, пінні системи білкових кремів. За базову рецептуру використано рецептуру сирцевого білкового крему, в якій сахароза замінена на фруктозу або глюкозу з урахуванням кількості сухих речовин.

*Піноутворювальну здатність* яєчного білка визначали за кількістю піни, яка утворюється з постійного об'єму розчину білка. Для визначення піноутворювальної здатності сухий яєчний білок відновлювали у воді за температури  $20 \pm 2$  °C і гідромодулем 1:8. Піноутворювальну здатність, ПУЗ, %, розраховували за формулою (1):

$$ПУЗ = \frac{V_n}{V_p} \cdot 100\% \quad (1)$$

де  $V_n$  — об'єм піни, яка утворюється після збивання,  $\text{см}^3$ ;  $V_p$  — об'єм розчину до збивання,  $\text{см}^3$ .

Для визначення *стійкості піни* яєчного білка вимірювали висоту піни у його циліндричній ємності через кожні 30 хв протягом 2 год. Стійкість піни, СП, %, розраховували за формулою (2):

$$СП = \frac{V_{n1}}{V_n} \cdot 100\% \quad (2)$$

де  $V_{n1}$  — об'єм піни початковий,  $\text{см}^3$ ;  $V_n$  — об'єм піни одразу після завершення збивання,  $\text{см}^3$ .

*Густина піни яєчного білка* визначали волюмометричним методом [13].

**Результати досліджень.** Креми на основі яєчного білка входять до рецептурного складу багатьох борошняних кондитерських виробів. Вони відрізняються білизною (яскраво-білим кольором), легкістю і пишністю, у зв'язку з чим використовуються для оздоблення поверхні тортів і тістечок, їх прикрашання, наповнення трубочок і вафельних стаканчиків випечених пластів (випечених напівфабрикатів). Варто зазначити, що креми з пінною структурою є надзвичайно складними дисперсними системами, оскільки навіть невеликі варіації технологічних параметрів спричиняють нестабільність процесу і невідповідність продукції показникам якості. Вплив цукрів на якість пінної структури неоднозначний. З одного боку, вони підвищують поверхневий натяг білкових розчинів, що ускладнює процес піноутворення, з іншого — наявність цукрів збільшує в'язкість колоїдного розчину, що підвищує стійкість отриманої піни [14]. Вплив різних видів цукрів відрізняється. При порівнянні впливу фруктози, глюкози і сахарози на якість піноутворення яєчного білка встановлено, що найменша ПУЗ притаманна розчину з фруктозою, а піна з глюкозою має абсолютну стабіль-

ність. Відповідно, зменшення цукровмісту повинно врахувати індивідуальні технологічні властивості цукру і мати індивідуальний підхід до кожної системи.

Визначення можливості зниження цукромісткості встановлювали за органолептичними показниками, показниками стійкості й густини піни. Вміст цукрів зменшували відносно абсолютної заміни цукру білого в традиційній рецептурі білкового сирцевого крему, враховуючі вміст сухих речовин цукрів.

Результати процесу піноутворення яєчного білка з різними концентраціями фруктози представлені в табл. 1.

**Таблиця 1. Показники якості білкового крему із зменшенням фруктози**

| Вміст фруктози | ПУЗ, % | Стійкість піни, % | Густина піни, г/см <sup>3</sup> |
|----------------|--------|-------------------|---------------------------------|
| 100% фруктози  | 195±5  | 90,00             | 0,609                           |
| 85% фруктози   | 310±5  | 89,18             | 0,516                           |
| 70% фруктози   | 360±5  | 87,47             | 0,430                           |
| 60% фруктози   | 400±5  | 85,13             | 0,394                           |

Результати показали, що за солодкістю оптимальним є зменшення фруктози на 40%. Для такого зразка закономірно підвищується ПУЗ, але зменшується стійкість піни, що пов'язано із зменшенням в'язкості розчину. Тому для покращення стійкості кремів на фруктозі запропоновано використання комплексу альгінату натрію і Н-пектину, як ефективного стабілізатора піни яєчного білка за рахунок утворення гелевого каркасу [12]. Рациональна кількість структуроутворювачів у складі комплексу складає 0,6% Н-пектину і 0,4% альгінату натрію. Результати представлені в табл. 2.

**Таблиця 2. Показники якості крему з фруктозою і комплексом Н-пектин:альгінат натрію**

| Показник                           | Характеристика показника                                                      |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| ПУЗ, %                             | 400±5                                                                         |
| Стабільність піни, %               | 96,11                                                                         |
| Густина, г/см <sup>3</sup>         | 0,268                                                                         |
| Масова частка вологи, %            | 37                                                                            |
| Стан поверхні                      | Глянцева, блискуча                                                            |
| Пишність і консистенція            | Консистенція пишна, однорідна                                                 |
| Здатність до формування візерунків | Структура крему пластична, дає змогу відформувати візерунки з чітким рельєфом |

Дійсно, стійкість крему покращується і підвищується ПУЗ. Це пояснюється тим, що структуроутворювачі здатні зменшувати поверхневий натяг системи. Але абсолютна стійкість системи повинна забезпечуватись введенням лимонної кислоти наприкінці збивання внаслідок зміни ізоелектричної точки білкової молекули. Результати впливу кислоти на показники якості білкового крему наведені в табл. 3.

**Таблиця 3. Якісні показники білкового крему з фруктозою і лимонною кислотою**

| Вміст лимонної кислоти, % | Густина, г/см <sup>3</sup> | ПУЗ, % | pH   | Стійкість, % |
|---------------------------|----------------------------|--------|------|--------------|
| 0,50                      | 0,275                      | 410±5  | 6,50 | 100          |
| 0,75                      | 0,272                      | 470±5  | 6,01 | 100          |
| 1,00                      | 0,261                      | 545±5  | 5,68 | 100          |
| 1,25                      | 0,256                      | 548±5  | 5,60 | 100          |
| 1,50                      | 0,248                      | 546±5  | 5,51 | 100          |

З табл. 3 видно, що зі збільшенням вмісту лимонної кислоти зростає ПУЗ крему і закономірно зменшується його густина. Стійкість кремів на третій день зберігання за будь-якого вмісту лимонної кислоти залишилась незмінною. За органолептичною оцінкою кремів визначено, що оптимальним є вміст 1% лимонної кислоти до маси яєчного білка. За такої концентрації крем достатньо солодкий, має пишну структуру, добре відформовується, має абсолютну стійкість. Поряд з цим негативним результатом суттєвого зменшення в рецептурі цукру є закономірне збільшення вологості кремів — до 37% (у порівнянні з традиційними —  $30 \pm 1\%$ ). Для забезпечення необхідної кількості сухих речовин до складу кремів запропоновано вводити мальтодекстрин — продукт гідролізу крохмалю, порошок без смаку і запаху, добре розчинний у воді, має технологічну спрямованість загущувача. Входить до складу ряду пребіотиків, що відповідають за нормалізацію мікрофлори кишечника, очищає організм від шлаків, радіонуклідів і важких металів, виконуючи роль харчових волокон. Показники якості білкового крему з фруктозою і мальтодекстрином (15% до маси фруктози) наведені в табл. 4.

Таблиця 4. Фізико-хімічні показники якості крему на фруктозі з мальтодекстрином

| Показник                   | Характеристика показника |
|----------------------------|--------------------------|
| ПУЗ, %                     | 460 $\pm$ 5              |
| Стабільність піни, %       | 100                      |
| Густина, г/см <sup>3</sup> | 0,262                    |
| Масова частка води, %      | 31,0                     |

Табличні дані показують, що введення мальтодекстину забезпечує наростання кількості сухих речовин і значення масової частки вологості крему відповідає вимогам нормативної документації на торти і тістечка [15].

Таким чином, проведеними дослідженнями встановлена можливість отримання якісного білкового крему з фруктозою. При цьому визначено, що кількість цукру можливо зменшити порівняно з кількістю сахарози в традиційних рецептурах на 40%. Оздоблювальний напівфабрикат матиме помірно солодкий смак, пишну структуру, високу стабільність піни.

Для визначення можливості отримання білкових кремів із глюкозою та встановлення її раціональної концентрації досліджений процес піноутворення яєчного білка з різними рецептурними кількостями глюкози (табл. 5). Кількість глюкози зменшували відносно абсолютної заміни сахарози на глюкозу по сухим речовинам.

Таблиця 5. Показники якості білкового крему із зменшенням глюкози

| Вміст глюкози                     | ПУЗ, %      | Стабільність піни, % | Густина, г/см <sup>3</sup> |
|-----------------------------------|-------------|----------------------|----------------------------|
| 100% глюкози                      | 255 $\pm$ 5 | 100                  | 0,507                      |
| 85% глюкози                       | 340 $\pm$ 5 | 100                  | 0,369                      |
| 70% глюкози                       | 350 $\pm$ 5 | 100                  | 0,340                      |
| 60% глюкози                       | 365 $\pm$ 5 | 100                  | 0,250                      |
| 60% глюкози<br>(у вигляді сиропу) | 370 $\pm$ 5 | 100                  | 0,208                      |
| 60% глюкози<br>(у вигляді сиропу) | 370 $\pm$ 5 | 100                  | 0,143                      |

Встановлено, що зменшення кількості глюкози також призведе до підвищення ПУЗ, але піна залишається стабільною і показник стійкості не змен-

шується. На нашу думку, це пов'язано з низькою розчинністю глюкози порівняно з іншими цукрами за температури збивання [16]. Проте вагомим недоліком, також пов'язаним з низькою розчинністю цукру, стала поява кристалічної структури на поверхні крему. Початок глюкозної кристалізації спостерігається після 24 год зберігання, але із збільшенням площі кристалічної структури швидкість збільшується і через 72 год вона розповсюджується на весь об'єм. Дещо сповільнює кристалізацію введення глюкози у вигляді сиропу з вмістом СР 70% (за рецептурою заварного білкового крему). Такий спосіб дещо покращує ПУЗ яєчного білка (внаслідок незначного підвищення вологості), але явище глюкозної кристалізації не зупиняється. Необхідно також відмітити, що за концентрацій глюкози 80% і нижче солодкість крему стає недостатньою. Така концентрація була використана в подальших корегуваннях рецептурного складу граничною межею цукристих речовин.

Для вирішення проблеми швидкої кристалізації крему застосовували антикристалізатор — мальтозну патоку як продукт з високим вмістом редуруючих речовин (РР). Це в'язка позора рідина без вираженого запаху і смаку. Загальний вміст РР — 73% (з них мальтози — 55%, глюкози — 18%). Оскільки патока має солодкий смак, її вносили на заміну глюкози (по сухим речовинам) у різних співвідношеннях, але загальним вмістом цукристих речовин 80%. Результати піноутворення рецептурної суміші за наявності глюкози і мальтозної патоки представлені в табл. 6.

Таблиця 6. Вплив мальтозної патоки на показники білкового крему з глюкозою

| Рецептурний склад цукристих речовин | Густина, г/см <sup>3</sup> | ПУЗ, % |
|-------------------------------------|----------------------------|--------|
| Глюкоза 70% + МП 10%                | 0,227                      | 450±5  |
| Глюкоза 60% + МП 20%                | 0,192                      | 470±5  |
| Глюкоза 50% + МП 30%                | 0,181                      | 485±5  |

При додаванні мальтозної патоки кристали глюкози не утворюються, уповільнюється втрата вологості під час зберігання, крем не висихає швидко і зберігає пластичність. Він має гарну стійкість, добре відформовується. За органолептичними показниками визначили, що найкращим зразком є крем із 60% глюкози і 20% мальтозної патоки. Також встановили позитивний вплив на смак і структуру крему внесення до рецептури 1% лимонної кислоти.

Таким чином, визначена можливість використання глюкози в білкових кремах і встановлено, що її кількість може бути скоригована. Порівняно з кількістю сахарози в традиційних рецептурах кількість глюкози може бути зменшена на 20% (по сухим речовинам). При цьому необхідним є заміна 20% глюкози на мальтозну патоку, яка запобігає нарощуванню кристалів і забезпечує пластичну структуру крему без глюкозної кристалізації протягом всього терміну реалізації.

**Висновки.** Відповідно до актуальності обраної теми визначено можливість використання фруктози і глюкози для виробництва кондитерських кремів на основі яєчного білка. З урахуванням органолептичних, фізико-хімічних і структурно-механічних показників якості кремів надано рекомендації верхніх меж використання досліджуваних цукрів. Визначено, що кількість глюкози і фруктози можливо зменшити порівняно з кількістю сахарози в традиційних рецептурах на 40% (за умов введення мальтодекстрину в креми з фруктозою і мальтозної патоки — в креми з глюкозою). Готові вироби мають помірно солодкий смак, пишну структуру, високу стабільність піни.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Здоровое питание // Информационный бюллетень ВОЗ. — 2015. — 8 с.
2. Guideline: Sugars intake for adults and children. Geneva: World Health Organization; 2015.
3. Aviateur [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.aviateur.nl/en/>.
4. Nestle [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.nestle.ua/>.
5. *Sivaneswaran, S., Barnard, P.D.* Changes in the pattern of sugar (sucrose) consumption in Australia 1958—1988. *Community Dent. Health.* 1993; 10(4):353—363 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8124623>, accessed 17 January 2015).
6. *Masson, L.F., Blackburn, A., Sheehy, C., Craig, L.C., Macdiarmid, JI., Holmes, B.A. et al.* Sugar intake and dental decay: results from a national survey of children in Scotland. *Br. J. Nutr.* 2010; 104(10):1555—1564 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20637133>, accessed 17 January 2015).
7. *Te Morenga, L., Mallard, S., Mann, J.* Dietary sugars and body weight: systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials and cohort studies. *BMJ.* 2013; 346:e7492 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23321486>, accessed 27 February 2014).
8. *Rugg-Gunn, A.J., Hackett, A.F., Appleton, D.R., Moynihan, P.J.* The dietary intake of added and natural sugars in 405 English adolescents. *Hum. Nutr. Appl. Nutr.* 1986; 40(2): 115—124 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3700136>, accessed 17 January 2015).
9. *Соловійова, О.І.* Удосконалення технології желейного мармеладу спеціального споживання : автореф. Дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Оксана Леонідівна Соловійова ; Нац. ун-т харч. техн. — К., 2011. - 20 с.
10. *Бадрук, В.В.* Рациональное использование цукрозаминников нового поколения при производстве маршмелоу специального назначения: автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.01 / Бадрук Вадим Володимирович ; НУХТ. — К., 2013. — 20 с.
11. *Аветисян, К.В.* Совершенствование технологии двухслойного мармелада с использованием крахмальных сиропов : автореф. Дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Карине Валеревна Аветисян ; Одесская нац. акад. пищ. техн. — Одесса, 2015. — 20 с.
12. *Соколовська, І.О.* Рациональное использование пектину і альгинату натрію в технології білкових кремів зниженої цукромісткості: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.18.01 / Соколовська Ірина Олександрівна; НУХТ. — К.: 2015. — 21 с.
13. *Лурье, И.С.* Технохимический и микробиологический контроль в кондитерском производстве: Справочник./ И.С. Лурье, Л.Е. Скокан, А.П. Цитович. — М. : КолосС, 2003. — 416 с.
14. *Зубченко, А.В.* Физико-химические основы технологии кондитерский изделий / А.В. Зубченко. — [2-е изд., перераб. и доп.] — Воронеж : Воронеж. гос. технол. акад., 2001. — 389 с.
15. Торти і тістечка. Загальні технічні умови: ДСТУ 4803:2007. — [Введ. в дію 5.07.2007 р.]. — К. : Держстандарт України, 2007. — 26 с. — (Національний стандарт України).
16. Справочник кондитера. Сырье и технология кондитерского производства / под. ред. Е. Журавлевой. — М. : Пищевая промышленность, 1966. — 712 с.

## **РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САХАРОВ В БЕЛКОВЫХ КРЕМАХ ДЛЯ ТОРТОВ И ПИРОЖНЫХ**

**Ю.В. Камбулова**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье актуализируется вопрос уменьшения содержания сахара кондитерских изделий как основного источника легкоусвояемых сахаров для массового потребителя. Подробно изучен вопрос рационального использования глюкозы*

или фруктозы в технологиях белковых кремов как отделочных полуфабрикатов для тортов и пирожных. С учетом органолептических показателей качества определены предельные границы по уменьшению содержания сахара изделий с глюкозой и фруктозой. Предложено применение структурообразователей и объемных наполнителей для обеспечения соответствия всех показателей качества белковых кремов требованиям действующей нормативной документации.

**Ключевые слова:** глюкоза, фруктоза, уменьшение содержания сахара, белковые кремы для тортов и пирожных.

УДК 639.2

## ABILITY TO KEEP THE MOISTURE OF MINCED MEAT ON THE BASIS OF THE BLACK SEA RAPANA (*RAPANA VENOSA*)

**M. Apach, E. Sidorenko***Kyiv National University of Trade and Economics***Key words:**

Black Sea Rapana (*Rapana venosa*), moisture retention ability, moisture-releasing capacity, defrosting methods, minced systems.

**Article history:**

Received 22.03.2017

Received in revised form 17.04.2017

Accepted 10.05.2017

**Corresponding author:**

marinaapach@mail.ru

**ABSTRACT**

The purpose of the article is to study the ability of minced meat from the muscle tissue of the Rapana to retain moisture. This is done to assess the prospects and feasibility of using it in food technology based on hydrobionts. To solve the problem, an assessment of the functional and technological parameters of forcemeat systems using different methods of defrosting the Rapana has been carried out. The ability of meat to retain water is very important for obtaining more and for better juiciness and consistency of ready-made products from shellfish. It should be borne in mind that the change in the ability of muscle tissue to retain moisture depends on the type of mollusks, the conditions of the defrostation and the duration of this process. Therefore, in order to determine the most favorable conditions for thawing the muscle tissue of the Rapana, we considered changes in the ability of the mollusk to retain moisture when samples are exposed in air and water at  $t = 15 \pm 2$  °C  $\pm 20 \pm 2$  °C for one hour with an interval of 15 min.

## ВОЛОГОУТРИМУЮЧА ЗДАТНІСТЬ ФАРШІВ НА ОСНОВІ ЧОРНОМОРСЬКОЇ РАПАНИ (*RAPANA VENOSA*)

**М.В. Апач****О.В. Сидоренко, д. т. н.,***Київський національний торговельно-економічний університет*

У статті досліджено вологоутримуючу здатність фаршів на основі м'язової тканини чорноморської рапани для оцінки перспективності та доцільності застосування її у технологіях харчових продуктів на основі гідробіонтів. Для вирішення проблеми проведено оцінку функціонально-технологічних показників фаршевих систем за умови застосування різних способів дефростації рапани чорноморської.

**Ключові слова:** рапана чорноморська (*Rapana venosa*), вологоутримуюча здатність, вологовиділяюча здатність, способи дефростації, фаршеві системи.

**Постановка проблеми.** Забезпечення населення України повноцінними вітчизняними продуктами харчування є однією з найважливіших проблем сьогодення. Науковцями доведено, що постійне вживання моллюсків дає змогу досить швидко заповнити дефіцит есенціальних речовин, підвищити опірність орга-

нізму до дії несприятливих чинників навколишнього середовища [2]. Обсяги вилову рапани в Україні до недавнього часу були найнижчими серед усіх причорноморських країн. Так, найменший вилов рапани (91 т) спостерігався у 2002 році. Однак в цілому для періоду 2002—2015 рр. за обсягом річного вилову чорноморської рапани в Україні спостерігався позитивний тренд.

Так, вилов рапани рибогосподарськими підприємствами України становив 190,6 т у 2014 р., у 2015 — 350,6 тонн. У 2016 р., за даними Державного агентства рибного господарства України, вилов чорноморської рапани збільшився в 2,8 раз і склав 980,4 т [3].

Для порівняння, в період 2000—2010 рр. обсяг видобутку рапани Російською Федерацією варіював в межах 141—89 тонн. Проте у 2012 р. споживчий попит на м'ясо рапани в Росії істотно зріс, що зумовило збільшення обсягів видобутку молюска в Азово-Чорноморському басейні більш ніж у 7 разів. Так, у період 2012—2015 рр. щорічний вилов молюска становив 520—1011 тонн. На 01.09.2016 обсяг видобутку рапани склав 966,3 т, з яких в Азовському морі (в районі Керченської протоки) було виловлено 787,3 т, в Чорному морі — 179,0 т [4].

Водночас обмеження кількості рапани в екосистемі Чорного моря залишається першочерговим завданням, у зв'язку з чим постає питання про необхідність популяризації споживних властивостей даного молюска в Україні, розробки логістики й технологій переробки рапани чорноморської.

Основна маса молюсків, що видобуваються в усьому світі, реалізується в охолодженому, замороженому вигляді або переробляється на стерилізовані консерви і в невеликій кількості, переважно з кальмара, також виготовляється солоно-сушена, копчена і ферментована продукція. У загальному ж обсязі харчової продукції рибної галузі на частку заморожених молюсків припадає близько 80% [5—7].

Проведений нами моніторинг ринку України показав, що асортимент продукції з рапани чорноморської вкрай обмежений і представлений тільки в незначних кількостях концентратами та гідролізатами («Рапамід», «Аміномід» тощо), а також варено-мороженою сировиною. Проте варено-морожені молюски мають дуже обмежене коло технологічного застосування. В основному вони використовуються для приготування салатів і других страв, що говорить про необхідність розширення асортименту харчових продуктів із замороженої рапани.

Відсутність в асортиментній лінійці охолодженого або свіжого м'яса даного молюска пояснюється тим, що транспортування обробленого (вареного) м'яса зменшує вагу майже у 4—5 разів, що є доцільним з точки зору логістичних перевезень [2]. Крім того, реалізація охолодженого або свіжого м'яса рапани буде обмежуватися дуже стислими термінами (до трьох діб), що з урахуванням недостатньої популяризації цього молюска на нашому ринку представляє певну проблему для ритейлерів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Експериментальними дослідженнями було встановлено високу харчову та біологічну цінність м'яса чорноморської рапани за рахунок збалансованого амінокислотного складу, що вказує на перспективність її промислу та використання як біологічно цінної сировини в харчових технологіях [2; 8; 9]. Крім того, нами було досліджено розмірно-масовий склад рапани, який є однією з найважливіших характеристик, що визначає напрямки переробки молюска [10].

На сьогодні досить ретельно вивчені фарші на основі рибної сировини. Цьому питанню присвячено чисельні дослідження вітчизняних і зарубіжних

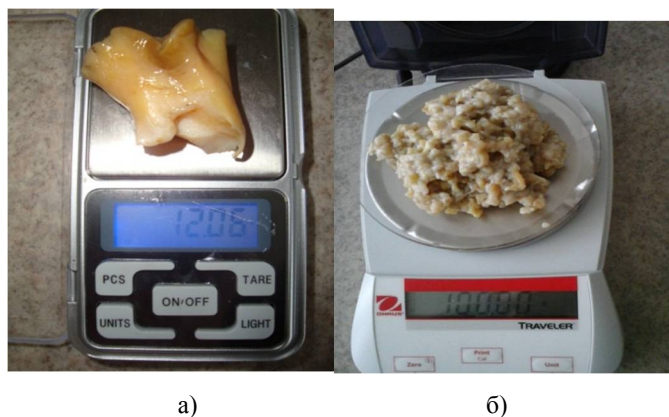
науковців: Т.К. Лебської [11], Н.В. Ярцевої [12], Д.М. Салтанова [13], Е.М. Колаковського [14] та інших. Також наголошується на необхідності поліпшення функціонально-технологічних властивостей продукції на основі гідробіонтів для отримання різноманітної, в тому числі делікатесної продукції [15—16]. Проте вкрай мало досліджень у напрямку вивчення функціонально-технологічних властивостей фаршів з м'язової тканини молюсків, зокрема чорноморської рапани. Відповідно, дослідження, спрямовані на розробку технології фаршевих систем, представляють науковий інтерес, є своєчасними й актуальними.

**Мета дослідження:** дослідити та проаналізувати вологоутримуючу здатність фаршів із замороженого м'яса чорноморської рапани після його дефростації за різних умов як один із основних факторів формування споживних властивостей готової продукції.

**Матеріали і методи.** Об'єктом дослідження є фаршеві системи на основі рапани чорноморської (*Rapana venosa*) свіжомороженої осіннього вилову (місце збору — м. Южний, Одеська область).

Вологоутримуючу здатність м'яса молюсків визначали стандартним методом згідно з ГОСТ 7631—2008 і оцінювали за динамікою зміни маси наважки до і після пресування. Вологовиділяючу здатність визначали розрахунковим методом як різницю загальної масової частки води в наважці і вологоутримуючої здатності [1].

**Результати дослідження.** Для дослідження використовували особини рапани у віці від 4 до 6 років із середньою вагою (після обробки та видалення нутрощів) не менше ніж 12 грамів (рис. 1а). Фарш готували шляхом подрібнення на м'ясорубці з діаметром решітки 3 мм (рис. 1б).



**Рис. 1. М'ясо чорноморської рапани сирця:**

а) вигляд їстівної частини рапани (ноги); б) зовнішній вигляд фаршу з рапани

М'ясо рапани щільне, пружне, приємного жовтуватого кольору з характерним запахом. У чорноморської рапани гладка мускулатура, волокна якої розташовані по спіралі. Ці особливості в мікроструктурі м'язової тканини ноги рапани обумовлюють більш жорстку, ніж в інших гідробіонтів, консистенцію м'яса.

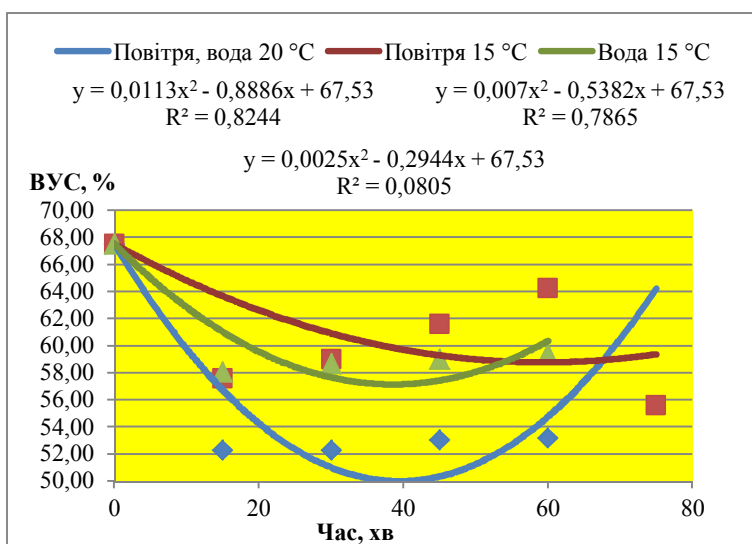
Утримання води м'ясом має велике значення для отримання високого виходу, а також соковитості і гарної консистенції готових продуктів з молюсків. Вологоутримуюча здатність характеризує здатність білків утримувати вологу або абсорбувати додану воду при зовнішніх впливах, таких як варіння, центри-

фугування і пресування. Вода може бути хімічно зв'язана з білком, утримуватися за рахунок капілярних сил, тобто утримуватися фізично в просторі між волокнами. Вологоутримуюча здатність також залежить від pH і температури продукту [17].

Відомо, що при розморожуванні кристали льоду, що містяться в м'язовій тканині, перетворюються у воду, і здатність м'язових волокон до вологоутримання є одним з показників ступеня їх денатураційних змін і, відповідно, якості. Зважаючи на це, вибір способу розморожування є одним із провідних чинників, що визначають якість напівфабрикату і, як наслідок, готової продукції.

Треба враховувати, що зміни вологоутримуючої здатності м'язової тканини залежать значною мірою від виду моллюсків, умов розморожування і тривалості цього процесу [18]. Саме тому, з метою виявлення найбільш сприятливих умов розморожування м'язової тканини чорноморської рапани, оцінювали зміни вологоутримуючої здатності моллюска при експонуванні зразків на повітрі та у воді за  $t = 15 \pm 2^\circ\text{C}$  і  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  відповідно протягом 1 год з інтервалом у 15 хв. Результати досліджень змін вологоутримуючої здатності м'язової тканини рапани залежно від умов розморожування на повітрі та у воді при  $t = 15^\circ\text{C}$  і  $20^\circ\text{C}$  представлені на рис. 2.

Графіки зміни показників вологоутримуючої здатності м'язової тканини рапани від часу при розморожуванні на повітрі і в воді  $t = 15$  і  $20^\circ\text{C}$  описувалися відповідними залежностями з величиною коефіцієнта апроксимації  $R^2 \geq 0,80$ .



**Рис. 2.** Динаміка зміни показника вологоутримуючої здатності м'язової тканини рапани при розморожуванні

Так, у рапани при розморожуванні:

- на повітрі при  $20^\circ\text{C}$  через 15 хв ВУЗ становила 52—53%;
- на повітрі при  $15^\circ\text{C}$  після 15 хв експонування зміни ВУЗ відбуваються в межах 58—60%; зі збільшенням часу розморожування на повітрі ВУЗ м'язової тканини рапани підвищується, досягаючи максимуму — 64% протягом 60 хв експозиції і потім знижується до 55%;
- у воді при  $20^\circ\text{C}$  через 15 хв ВУЗ становила 52—53%;
- у воді при  $15^\circ\text{C}$  через 15 хв ВУЗ становила 58—59%.

Згідно з отриманими даними, проведення процесу розморожування чорноморської рапани на повітрі при 15 °С після 15 хв експонування і до повного розморожування показало, що зміни вологоутримуючої здатності відбуваються в межах 55—64%, забезпечуючи найбільш високі і стабільні властивості м'яса моллюска для подальшого використання в технологічному процесі. Так, через 45 хв експонування вологоутримуюча здатність м'яса рапани становила 64,25%. Такий показник вказує на хороші ліофільні властивості м'язової тканини чорноморської рапани, що має велике практичне значення для оцінки якості харчових фаршів. Крім того, з літературних джерел відомо, що для отримання продуктів з еластичною консистенцією вологоутримуюча здатність фаршу повинна мати показник понад 53% [19].

Таким чином, найменші втрати вологоутримуючої здатності м'язової тканини рапани спостерігаються при розморожуванні на повітрі за температури 15 °С близько 50 хв, що обумовлює вибір цього способу для даного виду сировини як найбільш раціонального.

Треба зазначити, що м'язова тканина рапани характеризується досить високою здатністю до вологоутримання — 64% з урахуванням того, що води в м'ясі даного моллюска міститься в середньому 71,9%. Це підтверджують і розрахунки вологовиділяючої здатності, які показали, що м'ясо рапани має низьку ВВЗ і становить в середньому 13,9%, що свідчить про потенційно низькі втрати маси продукту під час теплової обробки.

Однак, враховуючи достатньо пружну консистенцію м'яса чорноморської рапани, яка пов'язана з фізіологічними особливостями моллюска, подальших досліджень потребують способи розм'якшення тканин. Також актуальними є дослідження доцільності використання подрібненої м'язової тканини чорноморської рапани при виробництві формованих продуктів, що дасть змогу розширити асортимент продукції, яка виготовляється з моллюсків. Наразі ціна за кілограм чорноморської рапани варіює в межах 250—300 грн, що для більшості населення України є досить вартісним. Враховуючи зазначене, було б доцільним комбінувати фарш з м'язової тканини рапани з іншими, більш доступними фаршами з малоцінної рибної сировини, які на сьогоднішній день потребують технологічної переробки.

**Висновки.** Експериментальними дослідженнями встановлено, що найменші втрати вологоутримуючої здатності м'язової тканини рапани спостерігаються при дефростації на повітрі за температури 15 °С протягом близько 50 хв. Це обумовлює вибір зазначеного способу розморожування моллюска як найбільш раціонального з метою формування прогнозованих споживних властивостей вітчизняних харчових продуктів на основі рапани.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 7631-2008 Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей.
2. Апац, М.В. Перспективи харчового використання рапани чорноморської (*Rapana venosa*) / М.В. Апац, О.В. Сидоренко, О.В. Романенко // Вісник Львівської комерційної академії. — 2016 — Вип. 16. — 126 с.
3. Державне агентство рибного господарства України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://darg.gov.ua/index.php?content\\_id=3049&lp=72&lang\\_id=1](http://darg.gov.ua/index.php?content_id=3049&lp=72&lang_id=1).
4. FishNet. Российский рыбный портал [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [https://www.fishnet.ru/news/novosti\\_otrasli/62254.html](https://www.fishnet.ru/news/novosti_otrasli/62254.html).
5. Albrecht, J.A. Food storage / J.A. Albrecht // University of Nebraska Lincoln Extension. — 2007. — № EC 446. — Р. 1—9.

6. Allison, A.M. Fiery and frosty foods pose challenges in sensory evaluation / A.M. Allison, T. Work // Food Technol. — 2004. — № 5. — P. 32—37.
7. FAO Fisheries and Aquaculture Department. [Электронный ресурс] / FAO FAD // FishStatJ software Version 2.12.2. — 2013. Режим доступа : <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>
8. Апач, М.В. Біологічна цінність чорноморської рапани (*Rapana venosa*) / М.В. Апач, О.В. Сидоренко, Г.А. Буркацька // Товари і ринки — 2016. № 21 — С. 159—168.
9. Апач, М.В., Боліла, Н. О., Сидоренко, О.В. Безпечність чорноморських молюсків за показником вмісту важких металів // Товарознавчий вісн. : зб. наук. пр. ЛНТУ. — 2016. — Вип. 9. — С. 92—100.
10. Апач, М.В. Морфометричні показники ідентифікації *Rapana venosa* / М.В. Апач, О.В. Сидоренко, Г.А. Буркацька // Товари і ринки — 2016. — № 22. — С. 117—129.
11. Лебська, Т.К. Дослідження структурно-механічних властивостей рибного фаршу з кальмаром / Т. Лебська, О. Коваль, С. Козлова // Товари і ринки. — 2010. — № 2. — С. 112—117.
12. Ярцева, Н.В. Изучение органолептических и технологических свойств котлет из рыбных фаршей с добавлением лактулозы [Текст] / Н.В. Ярцева, Н.В. Долганова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия «Рыбное хозяйство». — 2010. — № 2. — С. 125—129.
13. Салтанов, Д.М. Технология рациональной переработки гидробионтов [Текст] / Д.М. Салтанов // Вестник Камчатского государственного технического университета научно-технического сборника. Серия «Технические науки». — 2011. — № 5. — С. 56—61.
14. Колаковский, Э. Технология рыбного фарша [Текст] / Э. Колаковский. — М. : Агропромиздат, 1991. — 43 с.
15. Інноваційні технології риб / Т.К. Лебська, О.В.Сидоренко, А.А. Мазараки, С.Н. Николаєнко, Н.В.Притульська. — Київ : КНТЕУ, 2015. — 450 с.
16. Sydorenko, O. «Market Fish Products: Problems And Prospects» / O. Sydorenko, N. Bolila, M. Apach // 20th igwt symposium, commodity science in a changing world, september 12—16th, 2016, University of economics, Varna, Bulgaria). — P. 221—225.
17. Артюхова, С.П., Богданов, В.Д., Дацун, В.М. Технология продуктов из гидробионтов / под ред. Т.М. Сафроновой, В.И. Шендерюка. — М. : Колос, 2001. — 496 с.
18. Михнева, Е.Г. Влияние способов размораживания на ВУС мышечной ткани моллюсков / Е.Г. Михнева, Т.К. Лебская, М.В. Мельник // Науч. достиж. молод. в реш. актуал. пробл. произв. и перераб. сырья, стандартиз. и безопасн. продовольствия : II Междун. науч.-практ. конф. молод. учен., асп. и студ.: збор. работ. НУБиП Укр. — Киев, 2012. — Часть 1. — С. 113.
19. Безуглова, А.В., Касаьянов, Г.И., Палагина, И.А. Технология производства паштетов и фаршей: Учеб.-практ. пособие. — М. : Ростов н/Д. : МарТ, 2004. — 304 с.

## **ВЛАГОУДЕРЖИВАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ФАРШЕЙ НА ОСНОВЕ ЧЕРНОМОРСКОЙ РАПАНЫ (*RAPANA VENOSA*)**

**М.В. Апач, Е.В. Сидоренко**

*Киевский национальный торгово-экономический университет*

*В статье изучены влагоудерживающие способности фарша на основе мышечной ткани черноморской рапаны для оценки перспективности и целесообразности применения ее в технологиях пищевых продуктов на основе гидробионтов. Для решения проблемы проведена оценка функционально-технологических показателей фаршевых систем с применением различных способов дефростации рапаны черноморской.*

**Ключевые слова:** рапана черноморская (*Rapana venosa*), влагоудерживающая способность, влаговыделяющая способность, способы дефростации, фаршевые системы.

УДК 664.314

## STUDY OF CHANGES OF FATTY ACID FLAX SEEDS DURING STORAGE AND GERMINATION

**S. Kraevska, N. Stetsenko***National University of Food Technologies***Key words:**flax,  
tocopherols,  
germination.**Article history:**Received 03.02.2017  
Received in revised form  
20.04.2017  
Accepted 11.05.2017**Corresponding author:**

s.p.kraevska@gmail.com

**ABSTRACT**

The aim of the research is to compare the fatty acid composition of oil flax seed (different variety), to study of changes oil quality during storage, and also to determine the changes of fatty acid composition of flax seeds during germination. Among the triglycerides flax seeds, the highest percentages of polyunsaturated fatty acids (linoleic, linolenic, arachidonic), the total content is 55 to 57.1%. Among them is dominated by  $\alpha$ -linolenic (33.29—of 37.39%). The content of  $\alpha$ -tocopherols that are characterized by high antioxidant capacity, is the largest of the variety “Vruchiy”. The results indicate the feasibility of using sprouted flax seeds as a source of valuable biologically active components, to create products Wellness and prophylactic purposes.

## ЗМІНИ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ НАСІННЯ ЛЬОНУ ПРИ ЗБЕРІГАННІ І ПРОРОЩУВАННІ

**С.П. Краєвська, аспірант****Н.О. Стеценко, к.х.н.***Національний університет харчових технологій*

У статті порівняно жирнокислотний склад до та після пророщування різних сортів насіння льону, а також проаналізовано зміни показників якості олії при зберіганні. Отримані результати свідчать про доцільність використання пророщеного насіння льону для створення функціональних продуктів харчування.

**Ключові слова:** льон, токоферолі, пророщування.

**Постановка проблеми.** Створення високоякісних продуктів харчування підвищеної харчової цінності — актуальне завдання сьогодення. Ураховуючи сучасні екологічні умови та ритм життя, раціон харчування повинен містити достатню кількість природних біологічно активних речовин. Важливим напрямом розроблення нових продуктів спеціального призначення є створення комбінованих продуктів. При цьому основна увага приділяється білковому збагаченню продуктів за рахунок рослинних компонентів. Таким важливим функціональним харчовим інгредієнтом є насіння льону, що зумовлено його багатим вмістом  $\alpha$ -ліноленової кислоти (Омега-3 жирна кислота), лігнанами та клітковиною. Олія, харчові волокна і лігнани насіння льону мають потенційні переваги для здоров'я, такі як зниження серцево-судинних захворювань, атеросклерозу, діабету, раку, артрити, остеопорозу, автоімунних і неврологічних захворювань. Білок насіння льону допомагає у профілактиці та лікуванні сер-

цево-судинних захворювань і зміцненні імунної системи. Як функціональний харчовий інгредієнт льон і лляну олію включають у технології хлібобулочних, молочних і м'ясних продуктів [1].

Цінний біохімічний склад насіння льону, широкий спектр фізіологічних ефектів при його споживанні зумовлюють актуальність вивчення його властивостей і розроблення технологій харчових продуктів оздоровчого та профілактичного призначення з використанням насіння льону й продуктів його перероблення. Дослідження функцій незамінних жирних кислот продовжується, але вже точно встановлено, що при недостатньому отриманні ПНЖК родини  $\omega$ -3 з харчуванням організм людини починає використовувати для побудови клітинних мембран ліпіди, до складу яких входять насичені або мононенасичені жирні кислоти. При цьому мембрани стають менш пружними, що негативно впливає, зокрема, на стан серцево-судинної системи [2]. На думку європейських експертів, мінімальна денна потреба в  $\omega$ -3 ПНЖК у молоді та дорослих становить приблизно 1000—1500 мг залежно від статі, віку та фізичної активності [3; 4].

Унікальність насіння льону обумовлена високим вмістом поліненасиченої  $\alpha$ -ліноленової жирної кислоти, яка є незамінною для харчового раціону людини: входить до складу клітинних мембран, бере участь у регенерації серцево-судинної системи, в рості та розвитку мозку, має судинорозширювальні властивості, проявляє антистресову й антиаритмічну дію [5]. До складу лляної олії входить не менше 70 жирних кислот, зокрема такі життєво важливі, як ліноленова (44—66%), ліолева (8—25%), олеїнова (22%), стеаринова (2—4%) та пальмітинова (4—7%) [6].

**Метою дослідження** є порівняння жирнокислотного складу насіння льону різних сортів до та після пророщування; вивчення зміни показників якості олії при зберіганні.

**Матеріали і методи.** Було досліджено кілька сортів насіння льону, які занесені до Реєстру сортів рослин України в період з 2003 р. по 2007 рік: «Єврика», «Блакитно-помаранчевий», «Оригінал», «Вручий».

Визначення масової частки олії у насінні проводили стандартними методами ISO 659-2009-Oilseeds-Determination of oil content (Reference method), ISO 665-2000-Oilseeds-Determination of moisture and volatile matter content.

Жирні кислоти були визначені як метилові ефіри жирних кислот за допомогою методу газової хроматографії. Процес *екстракції* проводили таким чином: до 7 г перемеленого насіння льону додали 3 мл води та 30 мл розчину хлороформ-метанолу (1:2), суміш гомогенізує у гомогенізаторі (ємність 60 мл) протягом 2 хв при температурі 20°C. Гомогенат центрифугували, супернатант декантували і залишок реекстрагували розчином 38 мл хлороформ-метанол-вода (1:2:0,8) в гомогенізаторі протягом 2 хв. Оболонки відділили центрифугуванням, об'єднані супернатанти розбавили хлороформом (20 мл) та водою (20 мл). Водно-метанольну та хлороформну фазу розділили центрифугуванням. Нижній хлороформний шар концентрували на роторному випарювачі при 35°C (щоб видалити залишки води, додали бензол та упарювали його у вакуумі). Залишок розчинили в 10 мл хлороформу. *Омилення жирів* проводили за такою методикою: в круглодонну колбу на 100 мл вносять 10 г жиру, 3,9 г КОН гранульованого та 50 мл 96% етилового спирту. Протягом 2,5 год суміш обережно нагрівали зі зворотним холодильником в атмосфері інертного газу (аргон, гелій), періодично струшуючи колбу. Далі суміш охолоджували, розбавляли дистильо-

ваною водою (1:1), потім нейтралізували 10%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  до pH 7 і підкисляли до pH 2. Суміш тричі екстрагували в ділительній воронці на 150 мл етиловим ефіром у співвідношенні 1:0,5. Об'єднані ефірні витяжки двічі промили дистильованою водою, далі сушили безводним сульфатом натрію. Отримали прозорі розчини, які профільтрували через скляний фільтр Шотта, двічі промиваючи  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  етиловим ефіром. *Отримання метилових ефірів жирних кислот*: аліквоту неомиленого залишку жиру розчинили в бензолі (0,5мл), помістили в скляну ампулу, в яку додали 2 мл 3М  $\text{HCl}$  у метанолі. Ампулу запаяли на газовій горілці та ки'пятили на водяній бані 50 хв. Далі ампулу відкрили, вміст ампули розчинили водою 1:1 та екстрагували 3 рази перегнаним безводним гексаном. Гексанові витяжки промили дистильованою водою та сушили безводним  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Сухі екстракти упарювали на роторному випарювачі, отримали метилові ефіри жирних кислот. Метилові ефіри жирних кислот розчинили і бензолі та нанесли на скляні пластинки. Пластинки помістили в камеру з розчинником (бензолом) та розігнали (45 хв). Зону очищених метилових ефірів зняли зі скла та проєкстували гексаном на фільтрі Шотта. Гексан упарили на роторному випарювачі, таким чином отримали хроматографічно чисті метилові ефіри жирних кислот (МЕЖК). МЕЖК розчинили в гексані та хроматографували на хроматографі HRGC 5300 (Італія) на скляній набивній колонці 3,5 м, заповненій ChromosorbW\HP з нанесеною 10% рідинною фазою Silar 5CP при програмованій температурі 140—250 °C з наростанням 2 /хв.

У даному випадку в пробі, що аналізується, одночасно наявні коротколанцюгові та довголанцюгові жирні кислоти, тому для розрахунку масової частки жирної кислоти в пробі слід використовувати внутрішній стандарт. Ідентифікацію індивідуальних жирних кислот проводили за допомогою стандартів фірми Sigma, Serva. Розрахунки проводили за формулами згідно з ГОСТ Р 51483-99 «Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров индивидуальных жирных кислот к их сумме». Вміст індивідуальних жирних кислот виражали у відсотках від загальної суми (табл. 2).

Вміст і фракційний склад токоферолів олії насіння льону визначали за методикою CSN EN 12822-Foodstuffs-Determination of vitamin E by high performance liquid chromatography-Measurement of alfa-, beta-, gama- and delta-tocopherol.

**Результати дослідження.** Масова частка олії в насінні льону різних сортів дає змогу позиціонувати їх як середньоолійну сировину відповідно до класифікації, запропонованої авторами [7].

У табл. 1 наведено результати визначення деяких фізико-механічних показників насіння льону досліджених сортів.

Таблиця 1. Олійність і вологість насіння льону різних сортів

| Сорт насіння                         | Вологість, % | Олійність, % | Олійність, % на СР |
|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------------|
| Льон довгунець «Вручий»              | 8,6 ± 0,04   | 33,82±0,15   | 37,00±0,15         |
| Льон олійний «Оригінал»              | 8,7±0,02     | 38,75±0,16   | 42,44±0,16         |
| Льон олійний «Блакитно-помаранчевий» | 7,6±0,01     | 43,66±0,18   | 47,25±0,18         |
| Льон олійний «Єврика»                | 7,7±0,03     | 40,77±0,02   | 44,17±0,02         |

Результати дослідження вмісту жирних кислот у різних сортах насіння льону наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Вміст жирних кислот у насінні льону С, %

| №  | Жирна кислота   | “Блакитно-помаранчевий” | “Еврика” | “Оригінал” | “Вручий” |
|----|-----------------|-------------------------|----------|------------|----------|
| 1  | Капринова       | 0,009                   | 0,008    | 0,007      | 0,006    |
| 2  | Ундецилова      | 0,015                   | 0,015    | 0,021      | 0,027    |
| 3  | Лауринова       | 0,008                   | 0,011    | 0,007      | 0,009    |
| 4  | Міристинова     | 0,061                   | 0,072    | 0,057      | 0,055    |
| 5  | Пентадеканова   | 0,031                   | 0,021    | 0,033      | 0,032    |
| 6  | Ізопальмітинова | 0,011                   | 0,007    | 0,009      | 0,003    |
| 7  | Пальмітинова    | 8,230                   | 8,984    | 7,674      | 8,232    |
| 8  | Пальмітолеїнова | 0,159                   | 0,172    | 0,152      | 0,139    |
| 9  | Маргарінова     | 0,089                   | 0,089    | 0,075      | 0,072    |
| 10 | Гептадецендова  | 0,055                   | 0,052    | 0,052      | 0,064    |
| 11 | Стеаринова      | 5,453                   | 6,89     | 5,689      | 6,394    |
| 12 | Олеїнова        | 27,455                  | 26,69    | 27,079     | 27,459   |
| 13 | Лінолева        | 18,623                  | 16,97    | 21,026     | 22,109   |
| 14 | Ліноленова      | 37,388                  | 37,56    | 35,749     | 33,29    |
| 15 | Арахідова       | 0,442                   | 0,392    | 0,387      | 0,276    |
| 16 | Гондова         | 0,357                   | 0,320    | 0,322      | 0,209    |
| 17 | Ейкозандиснова  | 0,120                   | 0,090    | 0,101      | 0,049    |
| 18 | Генеїкозанава   | 0,099                   | 0,103    | 0,117      | 0,084    |
| 19 | Арахідонова     | 0,398                   | 0,476    | 0,376      | 0,439    |
| 20 | Бегенова        | 0,179                   | 0,253    | 0,198      | 0,213    |
| 21 | Ерукова         | 0,063                   | 0,064    | 0,081      | 0,082    |
| 22 | Докозандиснова  | 0,069                   | 0,063    | 0,059      | 0,062    |
| 23 | Докозатриснова  | 0,201                   | 0,160    | 0,198      | 0,161    |
| 24 | Лігноперинова   | 0,116                   | 0,137    | 0,139      | 0,149    |
| 25 | Нервонова       | 0,335                   | 0,384    | 0,353      | 0,352    |
| 26 | Тридеканова     | 0,005                   | 0,003    | 0,007      | 0,006    |
| 27 | Ізоміристинова  | 0,004                   | 0,002    | 0,001      | 0,002    |
| 28 | Пентадецендова  | 0,029                   | 0,012    | 0,02       | 0,01     |
| 29 | Не ідентиф.     | 0,0150                  | 0,007    | 0,02       | 0,014    |

Серед триацилгліцеролів олії з насіння льону найбільшою є частка поліненасичених жирних кислот, сумарний вміст яких сягає 50—65%. Серед них переважає  $\alpha$ -ліноленова, яка належить до родини  $\omega$ -3. Далі в порядку зменшення за вмістом у жирнокислотному складі трицилгліцеролів розташовуються мононенасичена олеїнова кислота, яка належить до групи  $\omega$ -9, та поліненасичена лінолева кислота родини  $\omega$ -6

У складі ліпідів особливе місце займають токоферолі (вітамін Е), які є природними антиоксидантами. У насінні олійних культур вони зустрічаються в чотирьох формах —  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  і  $\delta$ , які розрізняються за біологічною та антиоксидантною активністю [8]. Результати визначення фракційного складу токоферолів насіння льону різних сортів представлені в табл. 3.

Таблиця 3. Фракційний склад токоферолів лляної олії, мг/100 г

| Сорт                    | $\alpha$ -токоферол | $\lambda$ -токоферол | $\delta$ -токоферол |
|-------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| «Еврика»                | 4,55 $\pm$ 0,01     | 37,32 $\pm$ 0,05     | 0,48 $\pm$ 0,03     |
| «Блакитно-помаранчевий» | 5,34 $\pm$ 0,02     | 28,10 $\pm$ 0,07     | 0,56 $\pm$ 0,03     |
| «Оригінал»              | 8,68 $\pm$ 0,07     | 36,35 $\pm$ 0,05     | 0,36 $\pm$ 0,02     |
| «Вручий»                | 11,05 $\pm$ 0,05    | 45,22 $\pm$ 0,02     | 0,49 $\pm$ 0,06     |

Встановлено, що в складі ліпідів усіх досліджених сортів переважають  $\alpha$ -токоферолі, а  $\beta$ -токоферолі практично відсутні. За загальним вмістом вітаміну Е сорти насіння льону можна розташувати в такий ряд: «Вручий», «Оригінал», «Єврика», «Блакитно-помаранчевий». Вміст  $\alpha$ -токоферолів, що характеризуються найвищою антиоксидантною здатністю, є найбільшим для сорту «Вручий», що дає підстави очікувати меншого окиснювання олії при зберіганні (порівняно з іншими сортами).

Ступінь окиснення ліпідів характеризується перекисним числом, яке ми визначали для всіх досліджуваних сортів льону протягом трьох місяців зберігання. Зміни перекисного числа лляної олії представлено в табл. 4.

**Таблиця 4. Перекисне число олій різних сортів насіння льону залежно від тривалості зберігання**

| Термін зберігання, дб | Перекисне число олій, ммоль активного $O_2$ на кг |                         |            |          |
|-----------------------|---------------------------------------------------|-------------------------|------------|----------|
|                       | «Єврика»                                          | «Блакитно-помаранчевий» | «Оригінал» | «Вручий» |
| контроль              | 2,2                                               | 2,2                     | 2,1        | 2,1      |
| 30                    | 2,5                                               | 2,5                     | 2,4        | 2,3      |
| 60                    | 2,8                                               | 2,8                     | 2,5        | 2,3      |
| 90                    | 3,1                                               | 3,2                     | 2,8        | 2,4      |
| 120                   | 3,4                                               | 3,4                     | 3,1        | 2,5      |
| 150                   | 3,6                                               | 3,7                     | 3,3        | 2,6      |
| 180                   | 3,8                                               | 4,0                     | 3,5        | 2,7      |

На 180 добу від початку зберігання прирощення перекисного числа олії з насіння сортів «Оригінал» було на 29,6%, «Єврика» — на 40,7%, «Блакитно-помаранчевий» — на 48,1% більше, ніж відповідний показник сорту «Вручий». Отримані результати підтверджують теоретичні припущення про те, що перекисне число олій сортів «Єврика», «Блакитно-помаранчевий» та «Оригінал» зростає більш інтенсивно, ніж сорту «Вручий». Це пояснюється зазначеними вище відмінностями у фракційному складі токоферолів.

Акуальним є розроблення нових технологій перероблення зернових з отриманням продуктів на основі цільного зерна, яке є джерелом цінних нутрієнтів. Продукти такого типу необхідні для створення збалансованих харчових раціонів оздоровчого спрямування. Пророщування льону дає змогу використовувати насіння в цілому, а також підвищити вміст вітаміну Е вдвічі та накопичити вітамін С, якого не було на початку. Ми визначили приріст кількості вітамінів Е та С у попередніх дослідженнях для насіння льону обраних сортів [9]. На даному етапі роботи провели порівняльний аналіз жирнокислотного складу льону сорту «Вручий» у процесі пророщування (табл. 5).

**Таблиця 5. Жирнокислотний склад олії насіння льону сорту «Вручий» до та після пророщування С, %**

|                 | Цільне насіння | Пророщене насіння |
|-----------------|----------------|-------------------|
| Лінолева        | 22,1           | 19,96             |
| Ліноленова      | 33,29          | 27,12             |
| Олеїнова        | 27,46          | 24,08             |
| Пальмітинова    | 8,23           | 13,84             |
| Стеаринова      | 6,39           | 10,8              |
| Пальмітолеїнова | 0,14           | 0,27              |

Протягом 3 днів пророщування концентрація жирних кислот дещо змінюється: вміст лінолевої, ліноленової та олеїнової зменшився на 2,14%, 6,17% та 3,38% відповідно від загального вмісту жирних кислот, а вміст пальмітинової, стеаринової та пальмітолеїнової, навпаки, зріс на 5,61%, 4,41% та 0,13% відповідно від загального вмісту жирних кислот. Така зміна жирнокислотного складу насіння льону сорту «Вручий» може пояснюватись частковим перетворенням однієї жирної кислоти в іншу в процесі пророщування.

За літературними даними, співвідношення ПНЖК  $\omega$ -6: $\omega$ -3 у раціоні здорової людини має бути 10:1, а для лікувально-профілактичного харчування — від 3:1 до 5:1 [10]. За розрахунками А. П. Левицького [11], на сьогодні змішаний раціон пересічного українця має співвідношення 43,6:1, тобто перевищує допустимий рівень  $\omega$ -6 ПНЖК у 8,7 разів. Співвідношення ПНЖК  $\omega$ -6: $\omega$ -3 у насінні льону сорту «Вручий» складає 1:1,5, а у пророщеному 1:1,35, що свідчить про незначну зміну жирнокислотного складу під час пророщування. Використання насіння льону в продуктах харчування населення України дасть змогу поліпшити збалансованість раціонів за жирокислотним складом.

**Висновок.** Порівняння складу олій досліджених сортів льону свідчить, що насіння сорту «Вручий» містить на 1,35% менше ПНЖК, ніж сорт «Єврика», та на 0,6% менше, ніж «Блакитно-помаранчевий». Проте в його складі суттєво більше  $\alpha$ -токоферолів, що позитивно впливає на зміну перекисного числа під час зберігання. Окислювальні процеси в олії насіння льону сорту «Вручий» при зберіганні найменш інтенсивні, тому насіння саме цього сорту доцільно використовувати в подальших дослідженнях і при розробленні технологій харчових продуктів оздоровчої дії.

Пророщування льону дає змогу підвищити вміст вітамінів (Е та С), а також використовувати всі анатомічні частини насінини у технологіях продуктів оздоровчого призначення. Використання насіння льону в продуктах харчування населення України забезпечить збалансованість раціонів за жирокислотним складом.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Goyal, A. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food / A. Goyal, V. Sharma, N. Upadhyay // Journal of Food Science and Technology. — 2014. — № 51. — P. 1633.
2. Кричковська, Л. Функціональні компоненти в купажованих рослинних оліях із каротином / Л. Кричковська, А. Белінська // Товари і ринки. — 2010. — №2. — С. 97—103.
3. Смоляр, В.І. Концепція ідеального жирового харчування / В.І. Смоляр // Проблеми харчування. — 2006. — № 4. — С. 14—24.
4. Berrin Bozan. Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. Bioresource Technology. — September, 2008. — Volume 99, Issue 14. — P. 6354—6359.
5. Кулешева, Н.И. Новый функциональный продукт на основе семени льна: получение, оценка качества / Н.И. Кулешева, Ю.А. Кошелев // Ползуновский вестник. — 2011. — № 3/2. — С. 145—149.
6. Зубцов, В.А. Льняное семя, его состав и свойства / В.А. Зубцов, Л.Л. Осипова, Т.И. Лебедева // Российский химический журнал. — 2002. — Т. XLVI. — №2. — С. 14—16.
7. Щербаков, В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья: Учебник. / В.Г. Щербаков, В.Г. Лобанов. — М.: Колос, 2003. — 360 с.
8. Шадыро, О.И. Окислительная устойчивость льняного масла при хранении / О.И. Шадыро, А.А. Сосновская, И.П. Едимечева, Н.И. Островская // Масложировая промышленность. — 2010. — № 5. — С. 26—28.
9. Краєвська, С.П. Порівняльний аналіз біохімічного складу деяких сортів насіння льону до та після пророщування / С.П. Краєвська, Н.О. Стеценко // IV Міжнародна

науково-практична конференція / Полтавський національно-технічний університет. — П., 2015. — С223—225.

10. Рыженков, В.Е. Особенности влияния насыщенных и ненасыщенных жирных кислот на обмен липидов, липопротеидов и развитие ишемической болезни сердца / В.Е. Рыженков // Вопросы питания. — 2002. — № 3. — С. 40—45.

11. Левицкий А.П. Идеальная формула жирового питания / А.П. Левицкий. — Одесса : НПА «Одесская Биотехнология», 2002. — 62 с.

## **ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА СЕМЯН ЛЬНА ВО ВРЕМЯ ХРАНЕНИЯ И ПРОРАЩИВАНИЯ**

**С.П. Краевская, Н.О. Стеценко**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье проведено сравнение жирнокислотного состава семян льна различных сортов до и после проращивания, а также изменения показателей качества масла при хранении. Результаты свидетельствуют о целесообразности использования пророщенных семян льна для создания продуктов оздоровительного и профилактического назначения.*

**Ключевые слова:** лен, токоферолы, проращивание.

УДК 664.66.016:664.683

## THE EXPLORATION TECHNOLOGY OF MUFFINS AS A LARGE TECHNOLOGICAL SYSTEM

**A. Dorohovich, O. Horzei***National University of Food Technologies***Key words:**

muffin,  
sucrose,  
fructose,  
glucose,  
viscosity,  
technological system.

**Article history:**

Received 05.04.2017

Received in revised form  
25.04.2017

Accepted 10.05.2017

**Corresponding author:**

[pasichnyck\\_olena@mail.ru](mailto:pasichnyck_olena@mail.ru)

**ABSTRACT**

Recently muffins enjoy wide popularity at consumers, thanks to simple preparation and use of various stuffings that diversify taste. Sucrose which has a high glycemic index that doesn't allow to use to people, sick diabetes usually is a part of compoundings of muffins. For providing to muffins with a status "the dietary product" in compoundings of muffins and stuffings, sucrose is replaced with fructose. For the production of muffins for children's nutrition in compoundings of muffins and stuffings, sucrose is replaced with glucose. The article regarded technology of muffins with fillings as a kind of big technological system. A detailed analysis of the subsystem for the preparation recipeis has been conducted. The influence of sugar, glucose and fructose on reological characteristics of the recipe and the filling has been determined. An optimum ratio of recipe components and their influence on organoleptic and physicochemical properties of the recipe has been defined.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МАФІНІВ ЯК ВЕЛИКОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ

**А.М. Дорохович****О.В. Горзей***Національний університет харчових технологій*

*У статті розглянуто технологію мафінів з начинкою як велику технологічну систему. Проведено детальний аналіз підсистеми приготування рецептурної суміші. З'ясовано, що сахароза, глюкоза та фруктоза мають суттєвий вплив на реологічні показники рецептурної суміші і начинки. Визначено оптимальне співвідношення рецептурних компонентів та їх вплив на органолептичні й фізико-хімічні властивості рецептурної суміші.*

**Ключові слова:** мафін, сахароза, фруктоза, глюкоза, в'язкість, системний підхід.

**Постановка проблеми.** В останні роки на ринку України з'явився новий вид борошняних кондитерських виробів — мафіни, який завойовує популярність у всіх верств населення, особливо у дітей і підлітків.

Дуже часто мафін ототожнюють з кексом, але це різні групи борошняних кондитерських виробів. Мафіни та кекси мають схожий зовнішній вигляд, але за своїм рецептурним складом суттєво відрізняються. До рецептури кексів типу «Столичний» не входить рідка складова. Структурно-механічні властивості кексового тіста і самого кексу визначає як ліпідна складова (маргарин або

вершкове масло), так і меланж, цукор білий кристалічний, борошно пшеничне. До складу мафінів входить рідка складова, яка в різних рецептурах може бути представлена у вигляді молока, кефіру, йогурту або води в необхідній кількості. Як ліпідну складову в рецептурах мафінів використовують рослинну олію, що має суттєві переваги порівняно з маргарином або вершковим маслом. До складу маргарину входять насичені жирні кислоти і транс-ізомери жирних кислот. До складу рослинних олій входять поліненасичені жирні кислоти, що дає змогу віднести мафін до продуктів оздоровчого харчування. Однак використання рослинних олій при виробництві мафінів сприяє швидкому окисленню жирних кислот, що впливає на термін зберігання виробів [1; 2]. Тому при виробництві мафінів потрібно використовувати сировину, багату на антиоксиданти, або самі антиоксиданти, але не синтетичні, а природного походження, тому що мафіни користуються великим попитом у дітей.

Мафіни виробляють із начинкою і без начинки. Особливим попитом користуються мафіни з фруктовো-ягідними начинками на основі яблучного, абрикосового, сливового, вишневого та інших видів пюре.

Технологія мафінів спеціального призначення потребує особливого підходу до розроблення рецептурного складу, який повинен задовольняти вимоги нутриціології щодо потреб різних груп населення з урахуванням віку та стану здоров'я. До складу звичайних фруктово-ягідних начинок для мафінів входить цукор білий кристалічний та яблучне пюре. Оскільки мафіни користуються великим попитом у дітей, доцільно при виробництві мафінів спеціального призначення, які враховують потреби дитячого організму, замінити цукор білий кристалічний на глюкозу, яка краще засвоюється дитячим організмом.

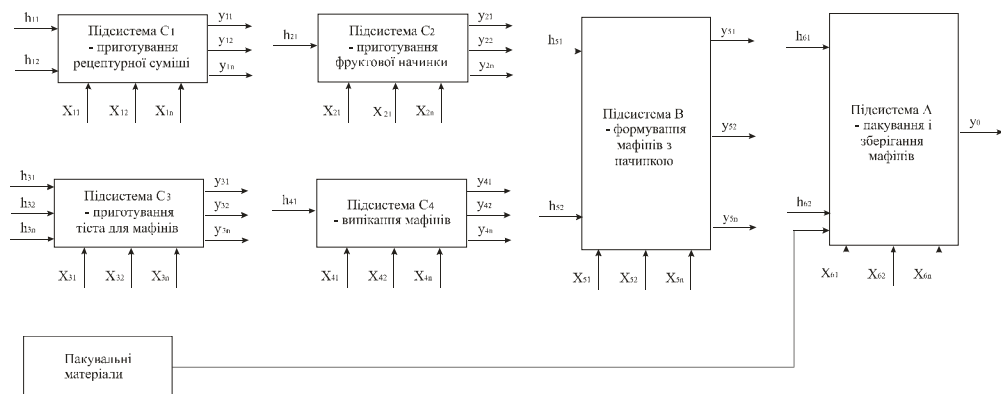
Згідно зі статистичними даними на сьогодні число хворих на цукровий діабет у світі становить вже понад 366 млн, а за прогнозами експертів Міжнародної діабетичної федерації (МДФ) і ВООЗ до 2030 р. очікується збільшення до 552 млн. В Україні кількість хворих, поставлених на диспансерний облік, досягла в 2015 р. 1,3 млн, в 2030 р. число хворих збільшиться до 2,4 млн осіб, тобто більш ніж на 80%. Хворим на цукровий діабет не можна споживати продукти, які мають високий глікемічний індекс (ГІ). Глікемічний індекс глюкози дорівнює 100%, сахарози — 68%, фруктози — 20%. Тому при розробленні технології мафінів з начинкою, які можна споживати хворим на цукровий діабет, доцільно використовувати фруктозу.

**Метою дослідження** є розроблення технології мафінів з фруктово-ягідною начинкою для дітей на основі глюкози та яблучного пюре, мафінів дієтичного призначення для хворих на цукровий діабет на основі фруктози та яблучного пюре.

**Матеріали і методи.** При розробленні технології мафінів з начинками було використано основні положення системного підходу до аналізу технологічних факторів з метою їх оптимізації [3]. Показник якості фруктово-ягідного пюре — вміст сухих речовин, визначався рефрактометричним методом на рефрактометрі РПЛ-3 згідно з методикою, наведеною в ДСТУ 4910:2008. Титровану і активну кислотність визначали згідно з ГОСТ 5900-73 [4]. Реологічні властивості рецептурної суміші і начинки (ефективна в'язкість непорушеної, порушеної, відновленої структури) визначали за допомогою ротаційного віскозиметра Реотест-2. Вміст вільної та зв'язаної вологи визначали на дериватографі Q-1500 [5].

Об'єктами дослідження є рецептурні суміші та начинки для мафінів, які виготовлені на основі сахарози, глюкози, фруктози та яблучного пюре.

**Результати досліджень.** Для розроблення раціональної технології мафінів з начинкою зі встановленням оптимальних технологічних факторів на різних етапах виробництва потрібно використовувати системний підхід, тобто розглядати виробництво мафінів з начинкою як велику технологічну систему, яка поділяється на підсистеми. Для кожної підсистеми визначається параметр оптимізації, який повинен мати найбільший вплив на дію наступної підсистеми і відповідати загальному критерію ефективності функціонування великої системи. На рис. 1 наведено велику технологічну систему виробництва мафінів з начинкою.



**Рис. 1. Виробництво мафінів з начинкою — велика технологічна система**

Виробництво мафінів з начинкою відноситься до системи I класу 4 типу. Клас системи визначається кількістю центральних (головних) підсистем. При виробництві мафінів з начинкою за головну підсистему нами прийнято підсистему В — формування мафінів з начинкою. Кількість підсистем  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$  визначає тип великої технологічної системи.

Велика технологічна система виробництва мафінів з начинкою складається з таких підсистем: підсистема  $C_1$  — приготування рецептурної цукрово-фруктової суміші для начинки, підсистема  $C_2$  — приготування начинки,  $C_3$  — приготування тіста для мафінів,  $C_4$  — випікання мафінів, підсистема В — формування мафінів з начинкою, підсистема А — пакування мафінів.

Кожна підсистема розглядається у вигляді параметричної моделі, де є вхідні фактори процесу — керовані і некеровані, і вихідні параметри процесу, які визначають наслідок дії керованих і некерованих факторів.

У підсистемі  $C_1$  — приготування рецептурної суміші некерованими факторами є:  $h_{11}$  — якість цукрів (сахарози, глюкози, фруктози) та  $h_{12}$  — якість яблучного пюре. Сировина, що пройшла контроль у центральній лабораторії і рекомендована до виробництва, в цехах, контролюється лише за органолептичними показниками. Змінити фізико-хімічні показники якості даної сировини неможливо, тому вхідні параметри ( $h_i$ ) називаються некерованими факторами. Безумовно, показники групи  $h_i$  впливають на параметри процесу і якість продукції, але змінити їх неможливо. Якщо сировина відповідає вимогам ДСТУ, ТУ і прийнята на виробництво, то в цеху потрібно використовувати її в такому вигляді, в якому вона надійшла на виробництво. Тому вхідний контроль сировини має дуже велике значення. Якщо якість сировини за одним із показників не відповідає вимогам рецептури, але відповідає вимогам нормативної документа-

ції, то за допомогою керованих факторів ( $x$ ) проводять корегування. Так, згідно з рецептурою, вміст сухих речовин у яблучному пюре дорівнює 10%, на виробництво надійшло пюре з вмістом сухих речовин 8% або 12%, тоді фактором  $x_{12}$  регулюється кількість яблучного пюре таким чином, щоб вміст сухих речовин на завантаженні був однаковим: якщо вміст сухих речовин 8%, то кількість яблучного пюре ( $x_{12}$ ) збільшується, якщо 12%, то кількість пюре зменшується.

Шляхом взаємодії некерованих ( $h_{11}, h_{12}$ ) і керованих ( $x_{11}, x_{12}$ ) факторів відбувається той чи інший процес, який обумовлює значення вихідного параметра ( $y$ ).

У підсистемі приготування рецептурної суміші ( $C_1$ ) вихідними параметрами є: вологість рецептурної суміші ( $y_{11}$ ); в'язкість рецептурної суміші ( $y_{12}$ ); pH рецептурної суміші ( $y_{13}$ ). Безумовно, всі вихідні параметри характеризують якість рецептурної суміші, однак із багатьох вихідних параметрів обираємо один, за яким оптимізуємо технологічний процес. Підсистему  $C_1$  доцільно оптимізувати за параметром  $y_{12}$  – в'язкість рецептурної суміші, його розрахунок проводять за такою формулою:

$$Y_{12} = f(h_{11}, h_{12}, X_{11}, X_{12}) \rightarrow \text{opt}.$$

У запропонованому дослідженні на макро- і мікрорівні розглянуто підсистему  $C_1$  — приготування рецептурної суміші на основі цукрів (сахароза, глюкоза, фруктоза) і яблучного пюре з вмістом сухих речовин 10%. При приготуванні суміші цукри (сахароза, глюкоза, фруктоза) і яблучне пюре використовували в співвідношенні 1:1,3. Дозування цукрів проводили з розрахунку однакової кількості сухих речовин: в 100 г цукрі білого кристалічного вміст вологи складає 0,15 г, в 100 г фруктози — 2 %, в 100 г глюкози — 9 г. З урахуванням вмісту сухих речовин цукрів (сахарози, глюкози, фруктози) визначено склад рецептурної суміші:

- сахароза — 62,6 г, пюре яблучне — 81,6 г;
- фруктоза — 63,2 г, пюре яблучне — 81,6 г;
- глюкоза — 68,68 г, пюре яблучне — 81,6 г.

На основі рецептурної суміші готували начинку, яку охолоджували до температури 20° С (293К). У результаті встановлено, що в начинці на глюкозі відбувається кристалізація. При вистоюванні начинки кількість кристалів поступово збільшувалась і за 5 діб начинка повністю кристалізувалась. У начинках, виготовлених на основі яблучного пюре, сахарози та фруктози кристалізація, не відбувалась. Процес кристалізації пояснюється різною розчинністю цукрів (табл. 1).

Таблиця 1. Розчинність сахарози, глюкози, фруктози

| Назва цукрів | Розчинність залежно від температури, % |               |               |               |               |
|--------------|----------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|              | 293 К (20 °С)                          | 303 К (30 °С) | 313 К (40 °С) | 323 К (50 °С) | 333 К (60 °С) |
| Сахароза     | 67,09                                  | 68,7          | 70,42         | 72,65         | 74,18         |
| Глюкоза      | 47,72                                  | 54,61         | 61,83         | 70,91         | 74,73         |
| Фруктоза     | 78,94                                  | 81,64         | 84,34         | 86,90         | 89,10         |

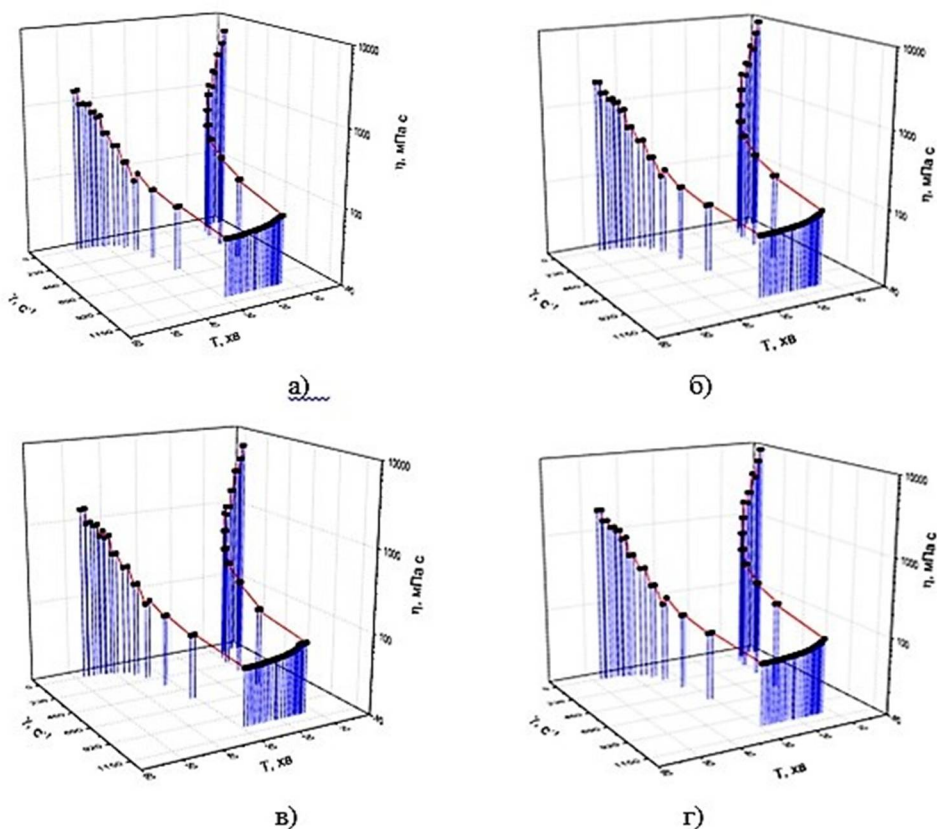
Аналіз отриманих даних свідчить, що розчинність глюкози при  $t = 293$  К, (20 °С) в 1,4 раза менша, ніж розчинність сахарози, та в 1,7 раза менша за розчинність фруктози. Однак при температурі 323 К (50 °С) розчинність глю-

кози наближається до розчинності сахарози, а при 333 К (60 °С) розчинність глюкози дорівнює розчинності сахарози.

Таким чином, поки температура фруктової начинки на глюкозі перевищувала 323 К (50 °С), глюкоза знаходилась в розчинному стані. При зниженні температури начинки починається кристалізація глюкози і при охолодженні до 293 К (20 °С) глюкоза кристалізується дуже швидко.

Для запобігання кристалізації глюкози було прийнято рішення щодо зменшення її кількості. Проведено комплекс досліджень, які показали доцільність зменшення кількості глюкози в рецептурній суміші на 30%, що забезпечило запобігання кристалізації в начинці у процесі вистоювання. При цьому співвідношення між яблучним пюре і глюкозою — 2:1, а між яблучним пюре та сахарозою і фруктозою — 1,3:1.

Доцільно також з'ясувати, як різна кількість цукрів (з урахуванням однакового вмісту сухих речовин) буде впливати на ефективну в'язкість рецептурної суміші. На рис. 2 показано результати досліджень зміни ефективної в'язкості від градієнта швидкості зсуву, отриманої на приладі Реотест-2.



**Рис. 2** Залежність ефективної в'язкості, мПа·с від швидкості зсуву, с<sup>-1</sup>:  
а — рецептурна суміш на сахарозі; б — рецептурна суміш на фруктозі; в — рецептурна суміш на глюкозі; г — рецептурна суміш на глюкозі зі зменшеним її вмістом на 30%

Результати досліджен реологічних властивостей рецептурних сумішей подано в табл. 2.

Таблиця 2. Реологічні характеристики рецептурних сумішей

| Рецептурна суміш на                     | Значення реологічних характеристик, мПа·с  |                                          |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|
|                                         | $\eta_1$ — в'язкість непорушеної структури | $\eta_2$ — в'язкість порушеної структури |
| сахарозі                                | 6078                                       | 78,67                                    |
| фруктозі                                | 8650                                       | 94,33                                    |
| глюкозі                                 | 8697                                       | 94,41                                    |
| глюкозі зі зменшенням на 30% дозуванням | 6044                                       | 74,76                                    |

Аналіз отриманих даних показав, що в'язкість рецептурної суміші на основі фруктози і глюкози на 42,3 % і 43,2% відповідно більша, ніж в'язкість рецептурної суміші на сахарозі. Підвищення ефективної в'язкості рецептурної суміші, отриманої на моносахаридах глюкозі та фруктозі відносно сахарози, пояснюємо різницею молекулярної маси цукрів: сахарози — 342, глюкози та фруктози — 180. Це свідчить про те, що кількість молекул глюкози та фруктози в рецептурній суміші буде в 1,9 раза більше відносно кількості молекул сахарози, тому і число водневих зв'язків з молекулами пектину яблучного пюре буде більшим, що сприяє збільшенню в'язкості рецептурної суміші.

Зменшення кількості глюкози безумовно впливає на зміну в'язкості, тому були проведені дослідження з визначення залежності ефективної в'язкості від напруги зсуву, що наведено на рис. 2 та в табл. 2. Аналіз отриманих даних показав, що ефективна в'язкість непорушеної структури фруктово-цукрової суміші зі зменшенням на 30% дозуванням глюкози практично дорівнює в'язкості рецептурної суміші на сахарозі.

Вміст вільної та зв'язаної води впливає на в'язкість і тривалість приготування начинки. На дериватографі було досліджено рецептурні суміші: яблучне пюре та сахароза, яблучне пюре та фруктоза, яблучне пюре та глюкоза при співвідношенні 1,3:1 (табл. 3). Зроблено припущення, що вода до температури кипіння вважається вільною, а при температурі більшій від температури кипіння — зв'язаною. Температура кипіння розчинів залежить від їх концентрації. В нашій системі концентрація цукрів становить 43—44%, тому температура кипіння розчину при концентрації 45% для сахарози — 101,8 °С, фруктози — 101,3 °С, глюкози — 102 °С. Воду, яка відділяється при прогріванні зразків до температури 102 °С, ми пропонуємо розглядати як вільну воду, а після 102 °С — як зв'язану. В табл. 3 наведено дані дериватографічних досліджень.

Таблиця 3. Вміст загальної, вільної і зв'язаної води в рецептурних сумішах

| Рецептурна фруктова суміш на яблучному пюре і на | Загальний вміст води, % | Вміст води у % від загальної кількості |          |
|--------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------|----------|
|                                                  |                         | вільна                                 | зв'язана |
| сахарозі                                         | 51,0                    | 50,0                                   | 50,0     |
| фруктозі                                         | 51,5                    | 58,0                                   | 42,0     |
| глюкозі                                          | 53,0                    | 44,0                                   | 56,0     |
| зменшене на 30% дозування глюкози                | 60,0                    | 48,0                                   | 52,0     |

Низький вміст вільної води в рецептурних сумішах на глюкозі негативно впливає на якість начинки, увареної до вологості 30%.

**Висновок.** Проведене дослідження довело можливість і доцільність аналізу технології мафінів з начинками з позиції системного підходу. Детальний розгляд підсистеми  $C_1$  — приготування рецептурної суміші на яблучному пюре з використання цукрів (сахарози, глюкози, фруктози) дав змогу визначити оптимальне співвідношення рецептурних компонентів та їх вплив на органолептичні й фізико-хімічні властивості рецептурної суміші.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Дорохович, А.Н. Маффины функционального и диетического назначения / А.М. Дорохович, Н.П. Лазоренко // Научни трудове на УХТ. — 2012. — № LIX, том 59. — С. 108—112.
2. Лазоренко, Н.П. Дослідження процесу окислення жирів при зберіганні мафінів / Н.П. Лазоренко, Ю.В. Слінченко// Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 77-а наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 11—12 квітня 2011 р.: матеріали конф. — К. : НУХТ, 2011. — Ч. I. — С. 64—65.
3. Дерканосова, Н.М. Моделирование и оптимизация технологических процессов пищевых производств. Практикум: учебное пособие / Н.М. Дерканосова, А.А. Журавлев, И.А. Сорокина; Воронеж. гос. технол. акад. — Воронеж: ВГТА, 2011. — 195 с.
4. ДСТУ 4910:2008 Вироби кондитерські. Методи визначення масових часток вологи та сухих речовин.
5. Кузнецов, О.А., Волошин, Е.В., Сагитов, Р.Ф. Реология пищевых масс [Текст]: Учебное пособие. — Оренбург : ГОУ ОГУ, 2005. — 106 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МАФФИНОВ КАК БОЛЬШОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

**А.Н. Дорохович, Е.В. Горзей**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассмотрено технологию маффинов с начинкой как большую технологическую систему. Проведен детальный анализ подсистемы приготовления рецептурной смеси. Установлено, что сахароза, глюкоза и фруктоза имеют существенное влияние на реологические показатели рецептурной смеси и начинки. Определено оптимальное соотношение рецептурных компонентов и их влияние на органолептические и физико-химические свойства рецептурной смеси.*

**Ключевые слова:** маффин, сахароза, фруктоза, глюкоза, вязкость, системный подход.

УДК 664.682.9

## DEVELOPMENT OF THE RECIPE OF KISSEL CONCENTRATE ON THE BASIS OF HIBISCUS

O. Lysyj, O. Hrabovska, O. Bortnichuk

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

food concentrates,  
modified starch,  
extract,  
carcade (hibiscus),  
kissel.

**Article history:**

Received 04.04.2017

Received in revised form  
14.04.2017

Accepted 5.05.2017

**Corresponding author:**

helengrabovski@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article is devoted to the development of a recipe for quick-cooking instant edible fast food concentrate with increased biological value. To expand the assortment of kissels of functional purpose and enrichment with biologically active substances, extract of Sudanese rose (*Hibiscus Sabdariffa*) — carcade was used. The questions of obtaining a dry extract of carcade with the use of modified swelling starch are considered. The dry extract of carcade is a semi-finished product that can be used as a thickener, acidulant and colorant in food concentrate formulations due to the presence of organic acids and anthocyanins in the extract. The rheological properties of sticky starch paste, dry extract of carcade and finished jelly were investigated. A recipe for instant cooking based on a dry extract of carcade has been developed.

---

## РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ КОНЦЕНТРАТУ КИСЕЛЮ НА ОСНОВІ КАРКАДЕ

О.В. Лисий, к.т.н.

О.В. Грабовська, д.т.н.

О.В. Бортнічук, асистент

Національний університет харчових технологій

У статті описано технологію отримання сухого екстракту каркаде на основі модифікованого набухаючого крохмалю. Представлено хімічний склад отриманого напівфабрикату. Розроблено рецептуру киселю швидкого приготування із сухим екстрактом каркаде. Визначено структурно-механічні властивості напівфабрикатів і готового десерту.

**Ключові слова:** харчові концентрати, модифікований крохмаль, екстракт, каркаде (гібіскус), кисіль.

**Постановка проблеми.** У сучасному світі особливо гостро стоїть питання про забезпечення населення якісною та здоровою їжею. У зв'язку із швидким темпом життя зростає попит на продукцію харчоконцентратної промисловості. Це пов'язано з легкістю приготування страв з харчових концентратів, а також тривалим терміном їх зберігання, малою питомою вагою і зручністю транспортування.

У виробництві харчових концентратів традиційно використовують порошки, отримані з рослинної сировини (овочів і фруктів), які змішують з крохмалем та іншими інгредієнтами. З метою здешевлення та нарощування обсягів вироб-

ництва часто в складі харчових концентратів, наприклад, киселів, замість натуральних компонентів (фруктово-ягідних екстрактів або порошків) використовуються барвники і хімічні смакові добавки. Крім того, представлені на ринку харчоконцентрати десертних страв (киселі, муси, пудинги тощо) для приготування з них готового продукту вимагають додаткових витрат праці та часу на розчинення, варіння, охолодження. При цьому термічна обробка суміші (кип'ятіння) негативно впливає на термолабільні біологічно активні сполуки (вітаміни тощо) і призводить до їх часткового або повного руйнування.

**Мета дослідження:** розробка рецептури киселю швидкого приготування, збагаченого біологічно активними речовинами.

**Матеріали і методи.** Реологічні властивості клейстерів модифікованого набухаючого крохмалю, напівфабрикату харчоконцентрату і готового десерту досліджували за допомогою роторного віскозиметра «Реотест-2». Ротаційний метод ґрунтується на вимірюванні в'язкості матеріалу, який поміщають між двома співвісними поверхнями і піддають деформації зсуву. Готували зразки суспензій досліджуваного крохмалю або напівфабрикату у воді ( $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) об'ємом  $100\text{ см}^3$  та концентрацією 5% і після ретельного перемішування піддавали дослідженню на роторному віскозиметрі.

**Результати досліджень.** Для скорочення часу приготування страви з концентрату до рецептурного складу було введено модифікований набухаючий крохмаль. Особливістю даного виду крохмалю є підвищена здатність до набухання і розчинення в холодній воді з утворенням однорідного клейстеру. Основна перевага використання набухаючого крохмалю в тому, що в процесі приготування киселю не потрібно проводити термічне оброблення або використовувати киплячу воду, досить додати теплу або холодну воду для відновлення суміші харчоконцентрату. При цьому утворюється пастоподібна структура, що має покращені органолептичні показники (ніжна текстура, відсутність присмаку і запаху сирого крохмалю) порівняно з показниками клейстеру нативного крохмалю [1; 2].

Для розширення асортименту киселів функціонального призначення і збагачення біологічно активними речовинами як смако-ароматичну добавку використовували екстракт суданської троянди (*Hibiscus Sabdariffa*), з якої готують відомий напій каркаде.

Застосування екстракту суданської троянди дає змогу підвищити харчову цінність продукції, виготовленої на його основі. Це відбувається завдяки вмісту в екстракті цілого комплексу антоціанів, флавоноїдів, органічних кислот, амінокислот, мінеральних речовин, вітамінів. Антоціани є природними барвниками, які в кислому середовищі дають червоне забарвлення. Вони є сильними антиоксидантами і проявляють Р-вітамінну активність. Антоціани позитивно впливають на організм людини, покращують стан здоров'я при серцево-судинних захворюваннях, підвищеному тиску, високому вмісту холестерину. Їх доречно застосовувати при атеросклерозі, артриті, хронічних запальних процесах. Адаптаційні і біостимулюючі властивості антоціанів обумовлюють їх застосування в препаратах, призначених для лікування ангіни і грипу, профілактики онкологічних захворювань, при погіршенні пам'яті і вікових ускладненнях [4].

Спосіб отримання сухого екстракту каркаде полягає в приготуванні рідкого водно-спиртового екстракту-концентрату, перемішуванні його з твердим носієм, яким є набухаючий крохмаль, висушуванні і просіюванні сухого порошкоподібного напівфабрикату.

Використання сухого екстракту каркаде в продуктах харчування дає змогу відмовитися від барвників, оскільки наявні в ньому антоціани забезпечують насичений червоний колір. Це ж стосується і стабілізаторів кислотності (підкислювачів), оскільки екстракт каркаде містить у своєму складі лимонну, бурштинову, яблучну і винну кислоти.

Внесення модифікованого набухаючого крохмалю до складу напівфабрикату має велике значення, оскільки цей крохмаль є прекрасним твердим носієм. При змішуванні з водно-спиртовим екстрактом крохмаль не розчиняється і за рахунок сорбції води швидко підсушує продукт до необхідної вологості. Також крохмаль є структуроутворювачем і згущувачем. Особливістю даного виду крохмалю є підвищена гідратаційна здатність і часткова розчинність у холодній воді з утворенням гомогенної маси. Такий ефект досягається внаслідок вологотермічного оброблення суспензії нативного крохмалю, яке проводять на вальцювих сушарках для отримання набухаючого крохмалю.

Екстракт каркаде отримували двома шляхами: спиртової та водно-спиртової екстракції. Отримані екстракти концентрували і змішували з набухаючим крохмалем. На основі одного з них розроблена і виготовлена рецептурна суха суміш киселю (табл. 1) [5].

Таблиця 1. Рецептура киселю на основі сухого екстракту каркаде

| Назва сировини           | Вміст, % |
|--------------------------|----------|
| Фруктоза                 | 67,0     |
| Сухий екстракт «Каркаде» | 29,7     |
| Пектин яблучний          | 3,0      |
| Кислота аскорбінова      | 0,3      |

Були досліджені реологічні властивості напівфабрикатів на основі каркаде, а також готового киселю. Як зразок для порівняння був обраний набухаючий картопляний крохмаль.

Після обробки даних, отриманих при вимірюванні на роторному віскозиметрі, були побудовані повні реологічні криві плинності (рис. 1) і в'язкості (рис. 2) досліджуваних систем.

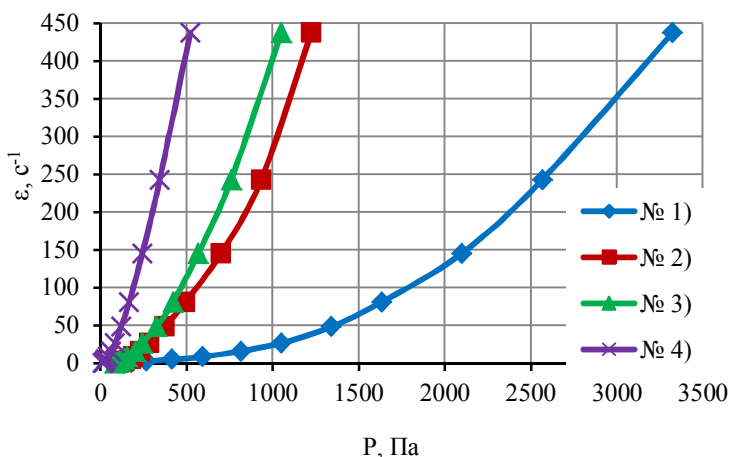
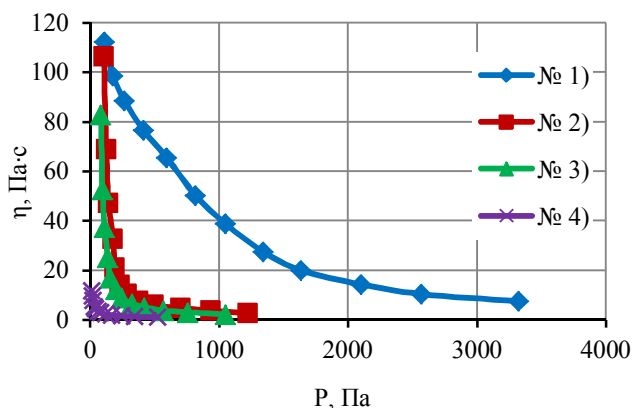


Рис. 1. Повні реологічні криві плинності клейстерів:

- 1) крохмалю набухаючого картопляного; 2) сухого екстракту каркаде (спиртовий);
- 3) сухого екстракту каркаде (водно-спиртовий); 4) киселю «Каркаде»



**Рис. 2. Повні реологічні криві в'язкості клейстерів:**

- 1) крохмалю набухаючого картопляного; 2) сухого екстракту каркаде (спиртовий);  
3) сухого екстракту каркаде (водно-спиртовий); 4) киселю «Каркаде»

Візуальне вивчення реологічних кривих вказує на те, що найбільш стійким до збільшення напруження зсуву є картопляний набухаючий крохмаль (рис. 1, 2; № 1). Цей зразок є найменш плинним і має найвищу в'язкість. Реологічні показники зразку сухого екстракту, що був отриманий на основі екстракту каркаде спиртової екстракції (рис. 1, 2; № 2), мають майже втричі менші значення плинності і в'язкості, ніж показники чистого набухаючого крохмалю. Третій зразок, у складі якого був водно-спиртовий екстракт каркаде, має ще менші значення реологічних показників плинності і в'язкості за попередній (рис. 1, 2; № 3). Такі значення реологічних показників пояснюються тим, що в складі екстракту каркаде є органічні кислоти, які при розчиненні сухого напівфабрикату у воді створюють кисле середовище, що перешкоджає утворенню міцної структури крохмального клейстеру. Останній зразок – готовий кисіль (рис. 1, 2; № 4) виявився найбільш плинним і найменш в'язким, оскільки містить у своєму складі, крім сухого екстракту каркаде, фруктозу і аскорбінову кислоту. Висока гідратаційна здатність фруктози перешкоджає набухання крохмалю. Наявність аскорбінової кислоти зменшує іонізацію полісахаридних ланцюгів крохмалю і здатність до структуроутворення.

Для поглибленого аналізу реологічних властивостей досліджуваних зразків на основі побудованих кривих плинності і в'язкості було розраховано цілий комплекс реологічних параметрів (табл. 2):

$\eta_0, \eta_m$  — відповідно, найбільша і найменша в'язкість системи, Па·с;

$\eta_0 - \eta_m$  — величина аномалії в'язкості, характеризує міцність коагуляційної структури, що утворюється в системі, Па·с;

$P_{K1}$  — умовна статична межа здатності системи до течії; відповідає напруженню, при якій починається течія, Па;

$P_{K2}$  — умовна динамічна межа здатності системи до течії, Па;

$P_m$  — верхня межа плинності, Па (напруження практично зруйнованої структури, характеризує міцність утвореного структурного каркасу);

$P_r$  — напруження практично не зруйнованої структури, Па;

$P_{K1}/P_{K2}$  — характеризує міцність структурних зв'язків;

$P_m/P_{K1}$  — відношення межі міцності, характеризує діапазон напружень, в якому проходить руйнування структури;

$P_{K1}/\eta_0$  — відношення умовної статичної межі плинності до постійної в'язкості; це відношення є мірою здатності системи до пластичних деформацій (чим воно вище, тим пластичніша система при руйнуванні структури);

$P_{K1}/\eta_m$  — відношення умовної динамічної границі плинності до постійної в'язкості (чим воно вище, тим різкіше виражена здатність до миттєвого розриву системи).

Таблиця 2. Характеристика реологічних параметрів досліджуваних зразків

| Показник               | Зразки                          |                                         |                                               |                  |
|------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------|
|                        | Набухаючий картопляний крохмаль | Напівфабрикат каркаде (спирт. екстракт) | Напівфабрикат каркаде (водно-спирт. екстракт) | Кисіль «Каркаде» |
| $\eta_0$ , Па·с        | 112,29                          | 106,38                                  | 82,74                                         | 11,82            |
| $\eta_m$ , Па·с        | 7,60                            | 2,80                                    | 2,40                                          | 1,19             |
| $\eta_0-\eta_m$ , Па·с | 104,69                          | 103,58                                  | 80,34                                         | 10,63            |
| $P_{K1}$ , Па          | 40                              | 92                                      | 70                                            | 6                |
| $P_{K2}$ , Па          | 1620                            | 580                                     | 400                                           | 120              |
| $P_m$ , Па             | 2520                            | 940                                     | 960                                           | 280              |
| $P_r$ , Па             | 350                             | 175                                     | 115                                           | 22               |
| $P_{K1}/P_{K2}$        | 0,02                            | 0,16                                    | 0,18                                          | 0,05             |
| $P_m/P_{K1}$           | 63,00                           | 10,22                                   | 13,71                                         | 46,67            |
| $P_{K1}/\eta_0$        | 0,36                            | 0,86                                    | 0,85                                          | 0,51             |
| $P_{K1}/\eta_m$        | 5,26                            | 32,87                                   | 29,18                                         | 5,05             |

З усіх розрахованих реологічних показників, наведених у табл. 2, найбільш показово характеризують отримані структури крохмалю, напівфабрикатів і киселю параметри  $P_m$ ,  $P_r$  і  $\eta_0-\eta_m$ .

На діаграмі (рис. 3) представлено результати порівняння показників аномалії в'язкості досліджуваних зразків. Як бачимо, перший і другий зразки мають однакову міцність коагуляційних структур. Наявність спиртового екстракту в другому зразку не впливає на цей параметр. У третього зразку, отриманому на основі водно-спиртового екстракту каркаде, аномалія в'язкості зменшилася на 24%, що є наслідком впливу кислот, які переходять в екстракт за таких умов екстрагування. Четвертий зразок є рецептурною сумішшю киселю і, внаслідок впливу кислого середовища і наявності фруктози, має найменшу міцність коагуляційної структури.

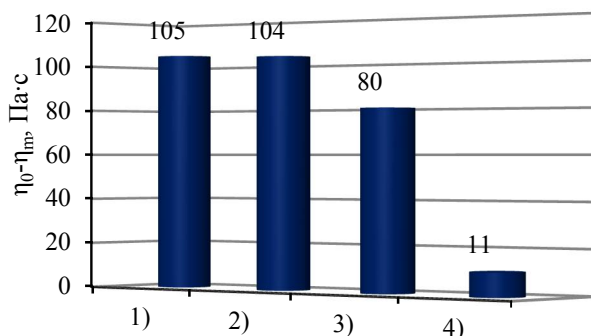
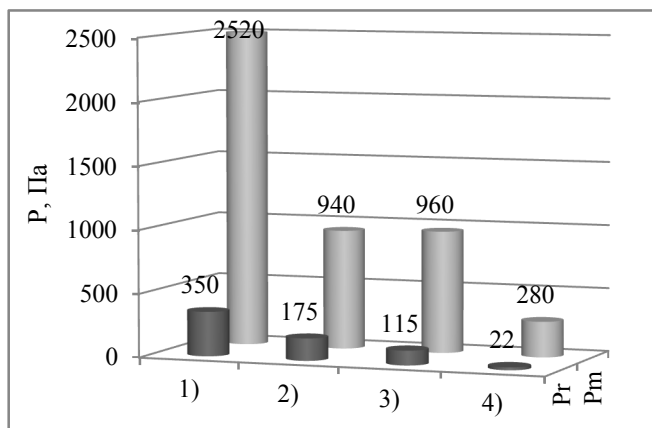


Рис. 3. Величина аномалії в'язкості клейстеру крохмалю ( $\eta_0-\eta_m$ ), Па·с:

- 1) крохмалю набухаючого картопляного; 2) сухого екстракту каркаде (спиртовий);
- 3) сухого екстракту каркаде (водно-спиртовий); 4) киселю «Каркаде»

На рис. 4 наведено значення напруження практично зруйнованої і незруйнованої структури досліджуваних зразків, які підтверджують попередні результати. Найвищі значення міцності утвореного структурного каркасу має картопляний набухаючий крохмаль. Додавання екстрактів та інших інгредієнтів зменшує значення напруження, за якої структура повністю руйнується. При наявності екстракту в другому і третьому зразках показник  $P_m$  падає більш ніж на 60%, а в готовому киселі (№ 4) — на 89%.



**Рис. 4. Напруження практично зруйнованої ( $P_m$ ), і практично не зруйнованої ( $P_r$ ) структури зразків: 1) крохмалю набухаючого картопляного; 2) сухого екстракту каркаде (спиртовий); 3) сухого екстракту каркаде (водно-спиртовий); 4) киселю «Каркаде»**

Аналогічна залежність спостерігається і для реологічного параметра  $P_r$ . Крохмалю зі спиртовим екстрактом відповідає значення напруження практично незруйнованої структури менше на 50%, а з водно-спиртовим — на 67%, порівняно з показником для першого зразка — набухаючого крохмалю. Для зразка киселю (№ 4) значення напруження практично не зруйнованої структури менше на 93%.

Слід відмітити, що використання водно-спиртового екстракту каркаде для отримання сухого напівфабрикату киселю призводить до незначного погіршення реологічних показників системи порівняно із спиртовим екстрактом, проте покращує функціональні властивості через більший вміст антоціанів і органічних кислот.

**Висновки.** Розроблено спосіб отримання сухого напівфабрикату «Каркаде» на основі набухаючого картопляного крохмалю. Досліджено реологічні властивості отриманого напівфабрикату і киселю на його основі.

Сухий екстракт каркаде є напівфабрикатом, який може бути застосований як згущувач, підкислювач і барвник у рецептурах харчових концентратів десертних страв завдяки використанню модифікованого набухаючого крохмалю, а також наявності в екстракті органічних кислот і антоціанів.

Застосування напівфабрикату «Каркаде» дає можливість розширити асортимент харчоконцентратної продукції, а також збагатити її біологічно активними речовинами.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Справочник по гидроколлоидам / Г.О. Филлипс, П.А. Вильямс (ред.). Пер. с англ. под ред. А.А. Кочетковой и Л.А. Сарафановой. — СПб. : ГИОРД, 2006. — 536с.: ил.

2. Жушман, А.Н. Модифицированные крахмалы. — М. : Пищепромиздат, 2007. — 236 с.

3. Дослідження основних фізико-хімічних властивостей набухаючих видів крохмалю / О.В. Лисий, В.Я. Пічкур, О.В.Грабовська, В.М.Ковбаса // Наукові праці ОНАХТ. — Одеса: 2014. — Випуск 46. — Том 2. — С. 148—152.

4. Wikipedia [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%B0%D0%B4%D0%B5>.

5. Патент 113725 UA, МПК A23L 27/10 Спосіб отримання сухого екстракту каркаде / Грабовська О.В., Лисий О.В.; заявник Національний університет харчових технологій. — № 2016 08521; заявл. 02.08.2016; Опубл. 10.02.2017. Бюл. № 3.

## РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ КОНЦЕНТРАТА КИСЕЛЯ НА ОСНОВЕ КАРКАДЕ

**А.В. Лысый, Е.В. Грабовская, О.В. Бортничук**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье описана технология получения сухого экстракта каркаде на основе модифицированного набухающего крахмала. Представлен химический состав полученного полуфабриката. Разработана рецептура киселя быстрого приготовления на основе сухого экстракта каркаде. Определены структурно-механические свойства полуфабриката и готового киселя «Каркаде».*

**Ключевые слова:** *пищевые концентраты, модифицированный крахмал, экстракт, каркаде (гибискус), кисель.*

УДК 637.352

## DESIGNING THE SPECIALIZED FOODSTUFFS FOR EXTREME LIFE CONDITIONS

A. Ukrayinets, N. Stetsenko, G. Simakhina

National University of Food Technologies

### Key words:

athletes,  
military personnel,  
specialized foodstuffs,  
modeling,  
curds pudding.

### Article history:

Received 19.04.2017  
Received in revised form  
27.04.2017  
Accepted 11.05.2017

### Corresponding author:

top\_nuft@ukr.net

### ABSTRACT

The article represents the medical and biological principles to consider in production of specialized foodstuffs for separate population groups exposed to extreme levels of physical strengthening (military personnel, athletes, etc.). Based on literary data and results of our own researches, we proved the selection of natural sources of recipe components (dates, cinnamon, honey, sesame seeds) and designed the new milk-based food product for diets to special contingents, outstanding with its increased biological value. It is expected to be good for functioning of an organism in extreme life conditions. Implementation of such additives would significantly improve the amino acid content of obtained specimens of curds pudding. Thanks to them, the proteins of curds get closer to the reference content. There are presented the results of determination of biological value of protein and also estimated the nutritive and energetic value of a designed product.

## РОЗРОБЛЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ДЛЯ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

А.І. Українець, д-р техн. наук,  
Н.О. Стеценко, канд. хім. наук,  
Г.О. Сімахіна, д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано медико-біологічні принципи, які необхідно враховувати при виробництві спеціалізованих харчових продуктів для окремих груп населення з підвищеним рівнем фізичного навантаження — військовослужбовців, спортсменів тощо. Обґрунтовано вибір харчового середовища та джерел функціональних інгредієнтів для забезпечення оздоровчої спрямованості сирної запіканки для спецконтингентів. Наведено результати визначення показників біологічної цінності білка та харчової і біологічної цінності розробленого продукту.

**Ключові слова:** спортсмени, військовослужбовці, спеціалізовані харчові продукти, моделювання, сирна запіканка.

**Постановка проблеми.** Особливості умов життєдіяльності осіб певних видів діяльності — військових, спортсменів, пов'язані з виконанням великих обсягів фізичної роботи та з підвищеними психоемоційними навантаженнями.

Це зумовлює необхідність та актуальність розроблення спеціалізованих харчових продуктів з цілеспрямовано зміненим складом і таким підбором нутрієнтів, які нададуть можливість не тільки компенсувати значні витрати енергії, але й поліпшити функціонування окремих органів, систем та організму в цілому.

Факторами ризику для здоров'я військових є ступінь інтенсивності військово-професійної діяльності, складність і напруженість трудового процесу, імпульсний шум, якісна неадекватність харчування, його незбалансованість за основними макро- і мікронутрієнтами. Оптимізація раціону харчування військових шляхом використання спеціалізованих харчових продуктів дасть змогу покращити функціональний стан і неспецифічну резистентність організму. Правильна організація харчування сприятиме підтриманню працездатності, швидкому відновленню після навантажень, адаптації до екстремальних умов, зміни біологічних ритмів, підтриманню оптимального гідратаційного режиму і мінерального обміну в організмі [4; 7].

Сучасний спорт також характеризується інтенсивними фізичними, психічними та емоційними навантаженнями. Процес підготовки до змагань включає, як правило, дво- або навіть триразові щоденні тренування, залишаючи все менше часу для відпочинку і відновлення працездатності. Одним із перших і основних засобів відновлення є харчування, адже саме воно здатне розширити межі адаптації організму спортсмена до екстремальних фізичних навантажень, підвищити працездатність, віддалити час настання втоми і прискорити процеси відновлення після фізичного навантаження [8].

**Метою досліджень**, виконаних на кафедрі технології оздоровчих продуктів, є вивчення доцільності використання нових оздоровчих продуктів з підвищеним вмістом функціональних інгредієнтів у раціонах харчування спецконтингентів.

**Матеріали і методи.** Аналіз літературних джерел, результати власних досліджень, методологічні підходи. Предмети досліджень: кисломолочний сир, фініки, кориця, мед, насіння кунжуту.

**Результати досліджень.** При виробництві спеціалізованих харчових продуктів для спецконтингентів необхідно керуватися основними медико-біологічними принципами, сформульованими таким чином:

- принцип енергетичної збалансованості — відповідність енергетичним потребам військовиків і спортсменів. Харчування має не тільки поновлювати витрачену кількість енергії, а й сприяти підвищенню працездатності;
- системність харчування — поживні та есенціальні речовини найкращим чином функціонують тільки у взаємодії;
- адекватність харчування — наслідок принципу системності, суть якого полягає в тому, що при недостатній кількості навіть одного життєво важливого нутрієнта в організмі інші не зможуть правильно функціонувати;
- облік динаміки способу життя — підбір адекватних форм харчування залежно від особливостей професійної діяльності представників спецконтингентів;
- точність дозування фізіологічно функціональних інгредієнтів — існує досить вузький діапазон необхідного споживання кожного нутрієнта, що є основою оптимального функціонування організму;
- дотримання принципів збалансованого харчування залежно від виду діяльності і специфіки фізичних навантажень [7; 9].

Аналіз наведених медико-біологічних принципів свідчить про те, що для забезпечення адекватного харчування військовослужбовців та спортсменів

необхідно розробляти спеціалізовані харчові продукти, які характеризуються вузькою спрямованістю на корегування певних функцій організму. Під спеціалізованими продуктами для харчування спецконтингентів розуміють клас натуральних продуктів невеликого об'єму, високої питомої калорійності, легкої засвоюваності, що дає змогу (завдяки певній спрямованості їх біохімічного складу) оперативно вносити корегування в харчування спецконтингентів, забезпечувати організм енергією і харчовими речовинами адекватно енерговитратам, сприяючи збереженню високої працездатності і готовності до виконання чергового фізичного навантаження в умовах багаторазових (протягом одного дня) тренувань або специфічних навантажень [5].

У даний час відома велика кількість різноманітних спеціалізованих продуктів для спортсменів різної спрямованості: білкові, вуглеводні, вуглеводно-мінеральні, збагачені вітамінами і мікроелементами тощо [6]. При створенні нових харчових продуктів і раціонів для спецконтингентів актуальними за призначенням можуть бути продукти для загального зміцнення організму та прискорення відновлення. З точки зору складу таких продуктів, вони може бути різноманітним, та особливу увагу привертають гейнери (англ. to gain — збільшувати, підсилювати), тобто білково-вуглеводні продукти, додатково збагачені вітамінами та мінералами. Частка білків у них складає 15—30%, вуглеводів — 50—80%, вони мають високу калорійність і вживаються спортсменами при великих витратах енергії в процесі тренувань і змагань. Завдяки вмісту вуглеводів, білки з гейнерів засвоюються більш інтенсивно, ніж із простих протеїнових сумішей. Зумовлено це тим, що вуглеводи викликають вироблення інсуліну в організмі, який, у свою чергу, ніби відкриває клітини м'язових волокон для засвоєння корисних речовин [2; 5].

Враховуючи бажану білково-вуглеводну спрямованість харчового продукту для спецконтингентів, як білкову основу обрано кисломолочний сир. Це продукт, який виготовляють сквашуванням молока заквашувальними препаратами із застосуванням способів кислотної, кислотно-сичужної або термокислотної коагуляції білка. Сир кисломолочний є продуктом універсального призначення, що вирізняється високою засвоюваністю компонентів. Основною ознакою, яка характеризує сир кисломолочний і зумовлює його харчову та біологічну цінність, є підвищений вміст білка (10—16%) порівняно з незбираним молоком ( $3,2 \pm 0,5$ ) [3].

Оскільки молочний білок не є ідеальним порівняно зі складом білка ФАО/ВООЗ, вважаємо за необхідне провести корегування його амінокислотного складу для досягнення необхідних параметрів збалансованості і ступеня засвоюваності. Одним із актуальних напрямів розвитку асортименту функціональних продуктів на сучасному етапі є використання в рецептурах на основі тваринної сировини рослинних компонентів з вираженими функціональними властивостями. Поєднання з ними молочної сировини дасть змогу отримати спектр продуктів, що перевершують вихідну сировину за біологічною цінністю. В статті запропоновано рецептуру сирної запіканки, до складу якої входять фініки, насіння кунжуту, мед, порошок кориці та L-карнітин.

На сьогодні у раціоні більшості населення, в тому числі й спецконтингентів, має місце дефіцит харчових волокон. Їх постійне надходження в організм людини знижує ймовірність захворювання на атеросклероз, рак, а також поліпшує функцію шлунково-кишкового тракту. Тому ми обрали сировину, багату на харчові волокна, і визначили їх кількісний вміст, який наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Загальний вміст харчових волокон у рослинній сировині, %

| Сировина        | Харчові волокна |
|-----------------|-----------------|
| Фініки          | 6,20±0,02       |
| Насіння кунжуту | 5,83±0,03       |
| Порошок кориці  | 53,12±0,23      |

Підвищені фізичні навантаження призводять до зниження захисних сил організму і активності антиоксидантної системи. В результаті порушується робота центральної нервової та імунної систем, посилюються запальні процеси в організмі, відбувається утворення атеросклеротичних «бляшок» у коронарних і мозкових судинах, прискорюються процеси старіння. Для уповільнення цих процесів як збагачувач харчових середовищ доцільно використовувати сировину з антиоксидантними властивостями. Як відомо, фенольні сполуки мають антиоксидантну й мембраностабілізуючу дію, здатні запобігати утворенню тромбів і нормалізувати ліпідний обмін [1]. Нами було визначено вміст фенольних сполук у складі фініків і порошку кориці (табл. 2).

Таблиця 2. Загальний вміст фенольних сполук у фініках і кориці

| Сировина       | Фенольні сполуки, мг/дм <sup>3</sup><br>таніну | Фенольні сполуки,<br>г/100 г продукту |
|----------------|------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Фініки         | 0,46±0,01                                      | 0,23±0,01                             |
| Порошок кориці | 2,45±0,03                                      | 1,23±0,02                             |

З отриманих результатів можна зробити висновок, що використання таких джерел функціональних інгредієнтів, як фініки та порошок кориці для отримання сирної запіканки, є перспективним.

Також були визначені функціонально-технологічні властивості джерел функціональних інгредієнтів, які визначають поведінку збагачувачів під час виробництва готових харчових продуктів, їх вплив на структуру, технологічні та споживчі властивості (табл. 3).

Таблиця 3. Функціонально-технологічні властивості сировини, %

| Вид сировини    | Вологоутримуюча здатність | Жирутримуюча здатність |
|-----------------|---------------------------|------------------------|
| Насіння кунжуту | 111±2                     | 81±0,8                 |
| Порошок кориці  | 225±3                     | 42±0,5                 |
| Фініки          | 52±0,5                    | 28±0,3                 |

Отримані результати показали високу здатність білків кунжуту до зв'язування як води, так і жиру, а також високу вологоутримуючу здатність порошку кориці, що свідчить про можливість отримання готового продукту однорідної текстури.

На наступному етапі досліджень визначали харчову і біологічну цінність збагаченого продукту. Харчова цінність визначається наявністю незамінних факторів харчування та компонентів їжі, дефіцит яких притаманний раціоном населення України. Окрім того, важливим показником, що характеризує харчову цінність, є інтегральний скор, який вказує на ступінь забезпечення організму людини в певному нутрієнті відповідно до рекомендованих фізіологічних показників. Харчова цінність готової запіканки, а також інтегральний скор окремих нутрієнтів, представлені в табл. 4—6. Інтегральний скор розраховано як для 100 г готового продукту, так і для 300 г, тобто для рекомендованої дози його споживання.

Таблиця 4. Харчова цінність сирної запіканки для спецконтингентів

| Показник                      | Білок | Жири | Вуглеводи |
|-------------------------------|-------|------|-----------|
| Вміст нутрієнту в продукті, % | 11,9  | 15,2 | 21,0      |
| Інтегральний скор, %          | 11,1  | 14,2 | 3,4       |
| Інтегральний скор (300 г), %  | 33,3  | 42,7 | 10,1      |

Таблиця 5. Вміст та інтегральний скор мінеральних речовин сирної запіканки

| Показник                       | Мінеральні речовини |       |       |      |       |      |
|--------------------------------|---------------------|-------|-------|------|-------|------|
|                                | Na                  | K     | Ca    | Mg   | P     | Fe   |
| Вміст нутрієнту в продукті, мг | 60,4                | 154,9 | 181,7 | 49,4 | 208,1 | 1,6  |
| Інтегральний скор, %           | 3,5                 | 4,4   | 15,1  | 12,4 | 17,3  | 10,7 |
| Інтегральний скор (300 г), %   | 10,4                | 13,3  | 45,4  | 37,1 | 49,8  | 32,0 |

Таблиця 6. Вміст та інтегральний скор вітамінів сирної запіканки

| Показник                     | Вітаміни       |                |       |       |
|------------------------------|----------------|----------------|-------|-------|
|                              | B <sub>1</sub> | B <sub>2</sub> | PP    | E     |
| Вміст нутрієнту в продукті   | 0,11           | 0,28           | 3,21  | 0,52  |
| Інтегральний скор, %         | 6,63           | 14,0           | 14,61 | 3,46  |
| Інтегральний скор (300 г), % | 19,90          | 42,01          | 43,82 | 10,38 |

Для військовослужбовців та спортсменів, які знаходяться під впливом як фізичних, так і психоемоційних навантажень, усі метаболічні процеси проходять інтенсивніше, тобто організм потребує більше енергії і поживних речовин. Збільшена потреба у білках зумовлюється їх підвищеним розпадом під час фізичних навантажень. З отриманих результатів видно, що ступінь забезпечення добової потреби в білках при вживанні 300 г сирної запіканки складає 33,3%, тобто продукт є функціональним за вмістом даних речовин. Вміст вуглеводів у сирній запіканці складає 21 г, що в 7,5 раза більше, ніж у сирі кисломолочному. Рівень забезпеченості добової потреби у вуглеводах при споживанні 300 г сиру кисломолочного складає 1,35%, а при споживанні 300 г сирної запіканки — 10,1%.

Серед мінеральних речовин важливими для військовослужбовців та спортсменів є кальцій (Ca) і фосфор (P), оскільки кальцій є основним структурним елементом кісток, а фосфор бере участь у продукуванні і перенесенні енергії. Ступінь забезпечення добової потреби в Ca при вживанні 300 г сирної запіканки складає 45,4%, а фосфору — 49,8%.

Активна діяльність потребує збільшеної кількості вітамінів. Наприклад, вітамін B<sub>1</sub> сприяє підвищенню працездатності і покращенню витривалості під час виконання фізичних навантажень. Ступінь забезпечення добової потреби в цьому вітаміні при вживанні 300 г сирної запіканки складає 19,90%. Порівняльний аналіз рівня забезпеченості добової потреби в певних нутрієнтах (інтегральний скор, %) при споживанні 300 г сирної запіканки та тієї ж кількості сиру кисломолочного зображений на рис. 1.

На наступному етапі оцінили біологічну цінність білка сирної запіканки та порівняли з відповідними показниками сиру (табл. 7 та 8).

З отриманих результатів видно, що амінокислотний склад сирної запіканки характеризується високими показниками збалансованості білкового складу. Зокрема, тільки одна незамінна амінокислота метіонін+цистин відноситься до лімітованих, її амінокислотний СКОР складає 93%. Коефіцієнт утилітарності,

який характеризує рівень засвоюваності білка, дорівнює 81,0%, що на 13% більше, ніж у сирі кисломолочному. Коефіцієнт надлишковості, тобто масова частка НАК, що використовується нерационально, зменшується на 5,1%.

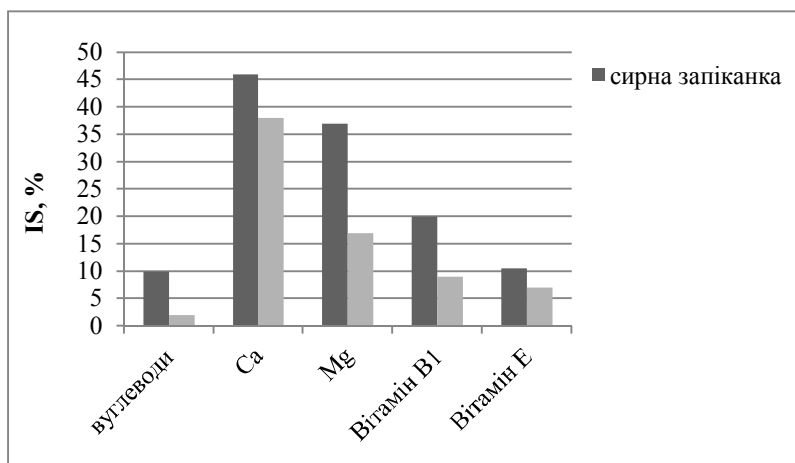


Рис. 1. Рівень забезпеченості добової потреби спецконтингентів у певних нутрієнтах при споживанні 300 г продукту

Таблиця 7. Амінокислотний склад і СКОР (АС) білка запіканки та сиру

| Показник                 | Незамінні амінокислоти (НАК) |           |           |       |           |         |       |           |
|--------------------------|------------------------------|-----------|-----------|-------|-----------|---------|-------|-----------|
|                          | Лейцин                       | Ізолейцин | Мет.+Цис. | Лізин | Тир.+Фен. | Треонін | Валін | Триптофан |
| Сирна запіканка          |                              |           |           |       |           |         |       |           |
| Вміст НАК, г/100 г білка | 8,64                         | 4,84      | 3,25      | 6,69  | 6,27      | 4,47    | 5,91  | 1,49      |
| АС, %                    | 123                          | 121       | 93        | 122   | 105       | 112     | 118   | 149       |
| Сир кисломолочний        |                              |           |           |       |           |         |       |           |
| Вміст НАК, г/100 г білка | 9,16                         | 4,93      | 2,74      | 7,20  | 5,44      | 4,64    | 5,99  | 1,51      |
| АС, %                    | 131                          | 123       | 078       | 131   | 91        | 116     | 120   | 151       |

Таблиця 8. Показники збалансованості білкового складу запіканки та сиру

| Продукт           | Скор першої лімітованої НАК, Cmin, % | Коефіцієнт утилітарності, U, % | Коефіцієнт надлишковості НАК, δ над, % |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|
| Сирна запіканка   | 93                                   | 81                             | 8,12                                   |
| Сир кисломолочний | 78                                   | 68                             | 13,60                                  |

**Висновок.** Використання таких джерел функціональних інгредієнтів, як фініки, насіння кунжуту, мед і порошок кориці дає змогу створити сирну запіканку для спецконтингентів з високою харчовою та біологічною цінністю, збагачену нутрієнтами, необхідними для функціонування організму в екстремальних умовах життєдіяльності. При споживанні 300 г запіканки інтегральний СКОР нутрієнтів становить, %: білки — 33,4; жири — 42,7; вуглеводи — 10,1; калій — 13,3; кальцій — 45,4; магній — 37,1; залізо — 32,0; вітаміни B<sub>1</sub> — 19,9; B<sub>2</sub> — 42,2; PP — 43,8; E — 10,3. Наведені показники надають можливість віднести розроблений продукт до категорії функціональних.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. *Українець, А.І.* Наукові аспекти розроблення харчових раціонів для військовослужбовців / А.І. Українець, Г.О. Сімахіна // Наукові праці НУХТ. — 2015. — № 3. — С. 209—216.
2. *Колеман, Э.* Питание для выносливости: [пер. с англ.] / Э. Колеман. — Мурманск : Тулома, 2005. — 192 с.
3. *Машкін, М.І.* Технологія молока і молочних продуктів: Навчальне видання / М.І. Машкін, Н.М. Париш. — К. : Вища освіта, 2006. — 351 с.
4. *Разгулин, С.А.* Современные подходы к оценке состояния здоровья работников профессиональных групп с высоким уровнем физической активности / С.А. Разгулин, Д.Ю. Пискарев, В.Г. Багрий, С.А. Трофимов // Медицинский альманах. — 2011. — № 4. — С. 16—18.
5. *Розенблюм, А.* Питание спортсменов. Руководство для профессиональной работы с физически подготовленными людьми / А. Розенблюм. — К : Олимпийская литература, 2005. — 535 с.
6. *Гойко, І.Ю.* Профілактика білкової недостатності у раціонах харчування військовослужбовців / І.Ю. Гойко, Г.О. Сімахіна, Н.О. Стеценко // Наукові праці НУХТ. — 2015. — № 6. — С. 197—203.
7. *Тарасов, А.В.* Об оптимизации процесса адаптации к новой среде обитания с учетом влияния климатопогодных условий / А.В. Тарасов, И.Н. Колдунов, Р.С. Рахманов // Гигиена и санитария. — 2014. — № 1. — С. 58—60.
8. *Токаев, Э.С.* Технология продуктов спортивного питания : учеб. пособие / Э.С. Токаев, Р.Ю. Миредов, Е.А. Некрасов, А.А. Хасанов. — М. : МГУПБ, 2010. — 108 с.
9. *Харгривс, М.* Метаболизм в процессе физической деятельности / М. Харгривс. — К. : Олимпийская литература, 1998. — 285 с.

## **РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**А.И. Украинец, Н.А. Стеценко, Г.А. Симахина**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье проанализированы медико-биологические принципы, которые необходимо учитывать при производстве специализированных пищевых продуктов для отдельных групп населения с повышенным уровнем физической нагрузки (военнослужащих, спортсменов и т.д.). Обоснован выбор пищевой основы и источников функциональных ингредиентов для обеспечения оздоровительной направленности творожной запеканки для спецконтингентов. Приведены результаты определения показателей биологической ценности белка, а также пищевой и биологической ценности разработанного продукта. **Ключевые слова:** спортсмены, военнослужащие, специализированные пищевые продукты, моделирование, творожная запеканка.*

УДК 663.253.3

## TECHNOLOGY IMPROVEMENT OF RED TABLE WINES OF INCREASED BIOLOGICAL VALUE

**M. Bil'ko, E. Tsygankova***National University of Food Technologies***Key words:**

red table wines,  
Syrah,  
Sangiovese,  
Petit Verdot,  
phenolic compounds,  
biological value.

**Article history:**

Received 18.03.2017  
Received in revised form  
14.04.2017  
Accepted 29.04.2017

**Corresponding author:**

aromat@ukr.net

**ABSTRACT**

The article presents the results of the study of the phenolic complex of dry red table wines, made using different technological schemes of grapes Syrah, Sangiovese, Petit Verdot processing. It was suggested to add the dripped-off pulp, resulting from a white method grapes processing, to the bulk of the pulp to increase the mass concentration of phenolic compounds in wine materials. A comparative analysis of physicochemical parameters and technologic stock of grapes phenolic compounds as well as quantitative and qualitative composition of the phenolic complex of varietal and blended wines, produced by the dripped-off pulp using was carried out. The possibility to increase table wines biological value at the expense of using additional dripped-off pulp and mixing wine stocks of different varieties that are of great biological potential was defined.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЧЕРВОНИХ СТОЛОВИХ ВИН ПІДВИЩЕНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ

**М.В. Білько, к-т техн. наук****О.В. Циганкова, асп.***Національний університет харчових технологій*

У статті представлено результати дослідження фенольного комплексу червоних сухих столових вин, виготовлених з використанням різних технологічних схем переробки винограду сортів Сіра, Санджовезе, Пті Вердо. Проведено порівняльний аналіз фізико-хімічних показників і технологічного запасу фенольних сполук винограду; кількісного та якісного складу сполук фенольного комплексу в сортових і купажних винах, виготовлених за схемами з використанням збідненої м'язги. Встановлено можливість підвищення біологічної цінності столових вин завдяки використанню додаткової збідненої м'язги та купажуванню виноматеріалів різних сортів з більшим біологічним потенціалом.  
**Ключові слова:** червоні столові вина, Сіра, Санджовезе, Пті Вердо, фенольні сполуки, біологічна цінність.

**Постановка проблеми.** Цінність червоних столових вин обумовлена наявністю цілого ряду біологічно активних речовин, у тому числі поліфенолів винограду, які мають антиоксидантну, антимуtagenну, антибактеріальну, Р-вітамінну активність [1].

Кількісний вміст і якісний склад фенольного комплексу вина залежить від сорту винограду, зони його культивування, кліматичних умов року, ступеня

трансформації компонентів у технологічному процесі [2]. Для підвищення ефективності екстрагування фенольних компонентів ягоди в сусло під час переробки винограду застосовують різні технологічні прийоми, спрямовані на збільшення ступеня вилучення фенольних сполук (ФС), які зосереджені переважно у шкірці та інших твердих структурних елементах грона [3].

Використання збідненої м'язги цінних сортів винограду після відділення сусла-самопливу, з метою поліпшення якості вин, застосовується в багатьох виноробних країнах [4; 5].

**Мета дослідження** полягає в підборі схем переробки винограду для збільшення вмісту ФС у сортових і купажних червоних столових винах із сортів винограду Сіра, Санджовезе, Пті Вердо, які є перспективними для культивування й технічного використання в Україні. Схеми переробки передбачають використання збідненої м'язги, отриманої після отримання сусла в схемі переробки винограду білим способом.

**Матеріали і методи.** Матеріалами дослідження були виноград сортів Сіра, Санджовезе, Пті Вердо та червоні столові сухі виноматеріали, які вироблені з них за трьома технологічними схемами і трьома підсхемами в сезони виноробства 2015—2016 років.

Схеми включали переробку винограду з використанням різних технологічних прийомів (схеми 1—3) (рис. 1). Підсхема А передбачала додавання до основної маси м'язги збідненої м'язги (50% від основної маси м'язги), яка залишається після переробки винограду білим способом під час виробництва рожевих вин (схема 0).

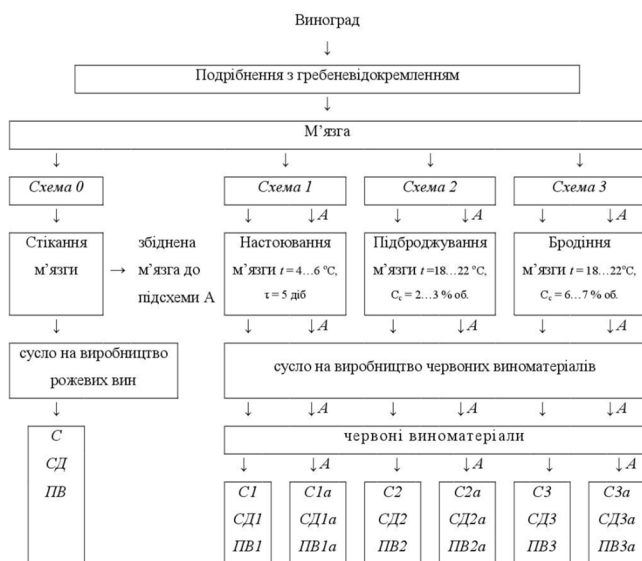


Рис. 1. Схеми переробки винограду

**Примітка:** С — Сіра, СД — Санджовезе, ПВ — Пті Вердо.

М'язгу сульфитували з розрахунку масової концентрації діоксиду сірки 75 мг/дм<sup>3</sup>. Бродіння проводили на расі активних сухих дріжджів ЄС 1118 (Lallemand, Франція) з використанням комплексного живлення для дріжджів Вітамол Комбі (Erbsloeh Geisenheim, Німеччина). Після освітлення і зняття з дріжджів, у виноматеріалах підтримували масову концентрацію вільного діоксиду сірки на рівні 25—30 мг/дм<sup>3</sup>.

У винограді визначали технологічні запаси ФС та барвних речовин і ступінь переходу їх у сусло [6], кондиції та рН [7], в отриманих виноматеріалах — фізико-хімічні показники визначали за загальноприйнятими методиками [7], фенольний комплекс — хроматографічним методом [8].

Із сортових червоних виноматеріалів були виготовлені два купажних виноматеріали у співвідношеннях: купаж І (1:1:1): 1КС1а (С1а+СД1а+ПВ1а); 1КС2а (С2а+СД2а+ПВ2а); 1КС3а (С3а+СД3а+ПВ3а); купаж ІІ (1:1:2): 2КС1а (С1а+СД1а+ПВ1а); 2КС2а (С2а+СД2а+ПВ2а); 2КС3а (С3а+СД3а+ПВ3а).

Органолептичні показники сортових і купажних виноматеріалів визначали за 100-бальною системою [9].

**Результати дослідження.** Аналіз значень технологічного запасу ФС (табл. 1) дав змогу встановити, що зі збільшенням вмісту цукрів у винограді підвищується й ТЗ ФС і барвних речовин, причому у винограді сорту Пті Вердо значення ТЗ залежать від ступеня визрівання винограду. Так, вміст антоціанів збільшується у 1,6 раза, а ФС — більше ніж у 3 рази на відміну від винограду сортів Сіра і Санджовезе, де було зафіксовано збільшення показників на 8%, 2% і 45%, 25% відповідно.

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники винограду

| Показники                                 | Сорти винограду |       |       |                |       |       | ДСТУ 2366  |
|-------------------------------------------|-----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|------------|
|                                           | сезон 2015 рік  |       |       | сезон 2016 рік |       |       |            |
|                                           | С               | СД    | ПВ    | С              | СД    | ПВ    |            |
| Масова концентрація, г/дм <sup>3</sup> :  |                 |       |       |                |       |       |            |
| - цукрів                                  | 175,0           | 188,0 | 193,0 | 219,0          | 230,0 | 220,0 | ≥170,0     |
| - титрованих кислот                       | 7,83            | 8,20  | 9,98  | 7,52           | 7,05  | 9,60  | 7,0-10,0   |
| рН                                        | 3,10            | 3,20  | 3,05  | 3,00           | 3,10  | 3,15  | 3,0-3,3    |
| Технологічний запас, мг/дм <sup>3</sup> : |                 |       |       |                |       |       |            |
| - фенольних сполук                        | 1850            | 1840  | 1030  | 1890           | 2300  | 3440  | не         |
| - антоціанів                              | 252             | 198   | 248   | 273            | 287   | 406   | нормується |

**Примітка:** С — Сіра, СД — Санджовезе, ПВ — Пті Вердо.

Слід відмітити, що сорти винограду різняться за показниками ТЗ ФС і барвних речовин. Найбільшим ТЗ ФС характеризується виноград Пті Вердо, а Санджовезе та Сіра у сезоні 2015 р. мали майже однакові значення ТЗ, 2016 р. — у винограді Санджовезе вміст ФС був трохи більший за значення показників ТЗ у Сіра (рис. 2).

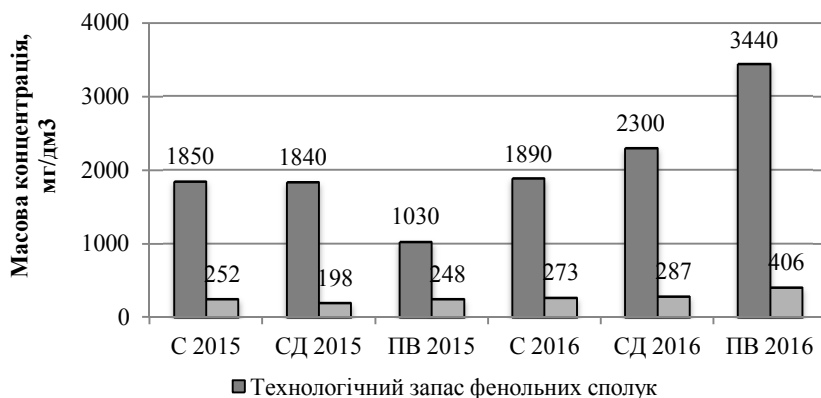


Рис. 2. Технологічний запас фенольних сполук і антоціанів у винограді

Однак сорти винограду мають різний ступінь віддачі цих речовин у сусло при їх переробці (рис. 3).

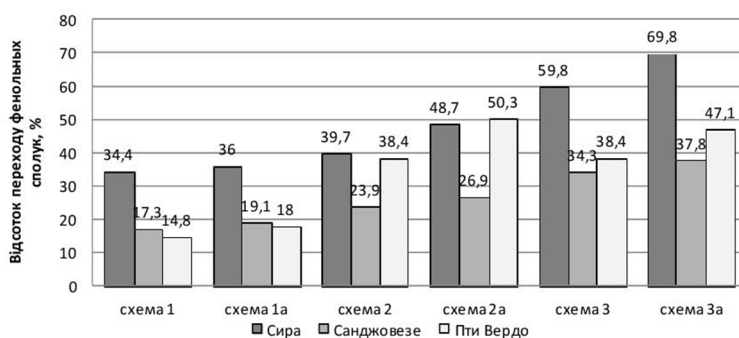


Рис. 3. Відсоток переходу ФС у сусло залежно від схеми переробки винограду

Зіставлення результатів досліджень загального вмісту ФС у виноматеріалах дав змогу встановити суттєві відмінності у значеннях цього показника залежно від схеми переробки винограду, а результати хроматографічного аналізу фенольного комплексу показали різницю між якісним складом і кількісним вмістом ФС, які мають антиоксидантну активність (рис. 4).

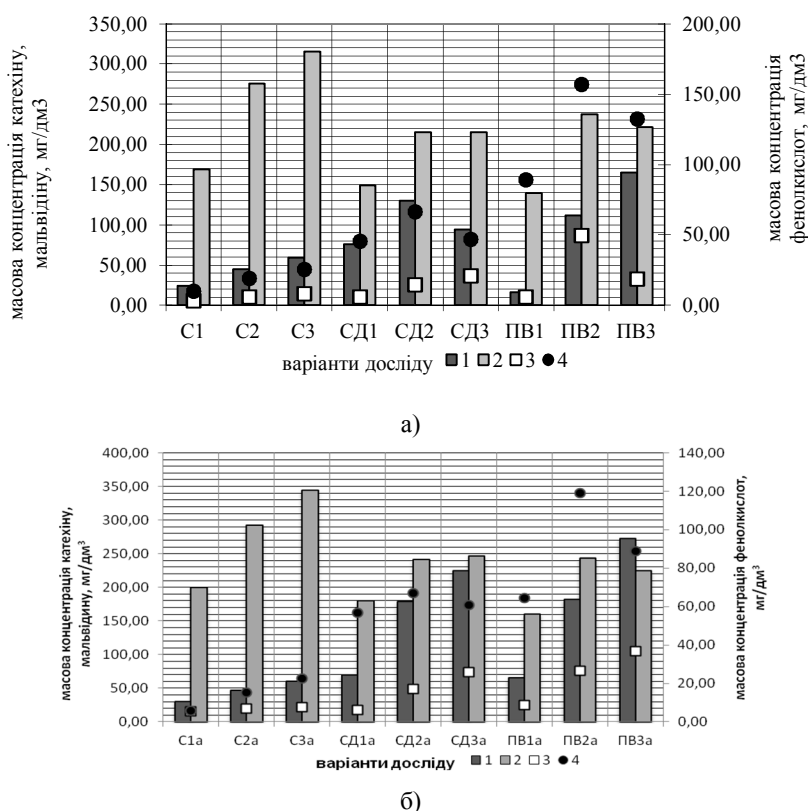


Рис. 4 Масова концентрація фенольних сполук у виноматеріалах без використання збідненої м'язги (а), з використанням збідненої м'язги (б)

**Примітка:** 1 — сума катехіну, кверцетину та їхніх похідних, 2 — сума моноглікозиду мальвідину та його похідних, 3 — фенолкарбонові кислоти (галова+бузкова), 4 — оксикоричні кислоти (кафтарова, каутарова).

З числа мономерних флавоноїдів у виноматеріалах виявлені (+) — D-катехін і (–) — епікатехін. Мономерні флавоноїди антоціанової групи в усіх виноматеріалах були представлені в основному мальвідин-3-О-глікозидом і його похідними. Серед нефлавоноїдних поліфенолів винограду в зразках ідентифікували фенолкарбонові (галола, бузкова) та оксикоричні кислоти (каутарова, кафтарова).

Найбільша кількість ФС міститься у виноматеріалах всіх досліджуваних сортів в схемах 2 і 3 з використанням збідненої м'язги.

Максимальна концентрація мальвідину та його похідних спостерігається у виноматеріалі із Сіра — 292,0 мг/дм<sup>3</sup> та 343,7 мг/дм<sup>3</sup> у схемах 2 і 3 відповідно, мінімальна — у виноматеріалі із Пті Вердо — 140,0 мг/дм<sup>3</sup> (схема 1).

Найбільший вміст катехину, кверцитину та їхніх похідних був у виноматеріалах із Санджовезе — 130,9 мг/дм<sup>3</sup> (схема 2) і Пті Вердо — 165,0 мг/дм<sup>3</sup> (схема 3), найменший — у виноматеріалі із Пті Вердо — 18,5 (схема 1). Галола і бузкова кислоти переважали у виноматеріалі із Пті Вердо — 5,2,1 мг/дм<sup>3</sup> (схема 2), а виноматеріал із Сіра характеризувався найменшим їхнім вмістом — 7,0 мг/дм<sup>3</sup> (схема 1). Максимальна концентрація кафтарової і каутарової кислот у виноматеріалі сорту Пті Вердо — 158,2 мг/дм<sup>3</sup> (схема 2), мінімальна — 40,3 мг/дм<sup>3</sup> у виноматеріалі сорту Сіра (схема 1).

Органолептичний аналіз отриманих зразків виноматеріалів дав змогу встановити, що вони розрізнялися кольором, мали цікаву ароматику та гармонійний танінний смак. Виноматеріали Сіра мали насичений червоний колір з рубіновим і гранатовим відтінками; аромат стиглих ягід чорної смородини, агрусу, чорниці, з тонами свіжого мигдалю, легкий аромат шкіри, сиру; смак чистий, гармонійний, повний, ягідний. Виноматеріали Санджовезе мали рубіново-гранатовий колір; аромат фруктів, прянощів, вершків, шкіри, сиру, пасльону; смак чистий, гармонійний, повний, з приємною танінністю. Виноматеріали Пті Вердо мали рубіновий колір; аромат із саф'яновими та карамельними тонами; смак ягідно-карамельний, танінний і гармонійний.

Оцінювання виноматеріалів проводили за 100-бальною шкалою [9—10].

Дегустаційний бал виноматеріалів був вищим у зразках, виготовлених з додаванням збідненої м'язги, та зростав від першої до третьої схеми. Середні показники органолептичної оцінки зразків виноматеріалів, виготовлених з додаванням збідненої м'язги, представлені у табл. 2.

Таблиця 2. Показники органолептичної оцінки виноматеріалів

| Елементи якості     |                 | Виноматеріали сортів |         |         |          |          |          |          |          |          |
|---------------------|-----------------|----------------------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                     |                 | С<br>1а              | С<br>2а | С<br>3а | СД<br>1а | СД<br>2а | СД<br>3а | ПВ<br>1а | ПВ<br>2а | ПВ<br>3а |
| І                   |                 | 2                    | 3       | 4       | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       |
| Зовнішній<br>вигляд | прозорість      | 4,0                  | 4,0     | 4,2     | 3,9      | 4,0      | 4,0      | 3,9      | 4,0      | 4,0      |
|                     | колір           | 4,5                  | 4,3     | 4,4     | 4,5      | 4,4      | 4,4      | 4,3      | 4,2      | 4,1      |
|                     | інтенсивність   | 4,0                  | 4,5     | 5,0     | 4,0      | 4,3      | 5,0      | 4,0      | 4,2      | 4,4      |
| Аромат              | чистота         | 5,0                  | 4,9     | 4,9     | 5,2      | 5,0      | 5,1      | 4,8      | 4,9      | 4,9      |
|                     | інтенсивність   | 5,7                  | 5,8     | 5,9     | 5,7      | 5,9      | 5,9      | 5,8      | 5,9      | 6,0      |
|                     | вишуканість     | 6,5                  | 6,3     | 6,2     | 6,5      | 6,3      | 6,4      | 6,0      | 6,0      | 5,8      |
|                     | гармонійність   | 5,8                  | 6,0     | 6,2     | 5,8      | 6,0      | 6,1      | 5,7      | 5,9      | 6,0      |
| Смак                | чистота         | 5,0                  | 5,0     | 5,1     | 4,8      | 5,0      | 4,9      | 4,0      | 4,0      | 4,3      |
|                     | інтенсивність   | 6,0                  | 6,3     | 6,5     | 6,0      | 6,3      | 6,5      | 6,1      | 6,5      | 6,8      |
|                     | екстрактивність | 6,1                  | 6,5     | 7,0     | 6,2      | 6,8      | 6,8      | 6,5      | 6,9      | 7,2      |
|                     | гармонійність   | 6,8                  | 7,2     | 7,4     | 6,7      | 7,0      | 6,9      | 6,5      | 6,9      | 6,9      |

Продовження табл. 2

| 1                 |           | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|-------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Смак              | тіло      | 6,0  | 6,3  | 6,7  | 6,0  | 6,5  | 6,8  | 6,2  | 6,9  | 7,0  |
|                   | післясмак | 4,8  | 4,9  | 5,0  | 4,8  | 5,0  | 5,1  | 4,1  | 4,2  | 4,4  |
| Загальне враження |           | 6,0  | 6,5  | 7,0  | 6,0  | 6,8  | 6,9  | 6,0  | 6,3  | 6,5  |
| Загальний бал     |           | 76,2 | 78,5 | 81,5 | 76,1 | 79,3 | 80,8 | 73,9 | 76,8 | 78,3 |

Зразки сорту Пті Вердо, порівняно із Сіра та Санджовезе, мали трохи відчутнішу кислотність і надмірну повноту смаку, що пояснюється особливостями сорту, який характеризується нерівномірним визріванням грона і невеликим розміром ягід. Однак сорт Пті Вердо мав найбільший запас катехинів, Сіра — антоціанів, Санджовезе — фенолкарбонових кислот (галова, бузкова) та оксикоричних кислот (каутарова, кафтарова).

Для збалансування складу фенольних сполук і підвищення біологічної цінності виноматеріалів із перспективних сортів винограду та для поліпшення органолептичних показників були складені купажі виноматеріалів: 1КC1a, 1КC2a, 1КC3a, 2КC1a, 2КC2a, 2КC3a.

Максимальна кількість мономерних флавоноїдів: катехіну, кверцетину та їхніх похідних — 206,8 мг/дм<sup>3</sup>; моноглікозиду мальвідину та його похідних — 271,4 мг/дм<sup>3</sup> міститься в купажах виноматеріалів, виготовлених за схемами 2КC3a і 1КC3a відповідно (рис. 5).

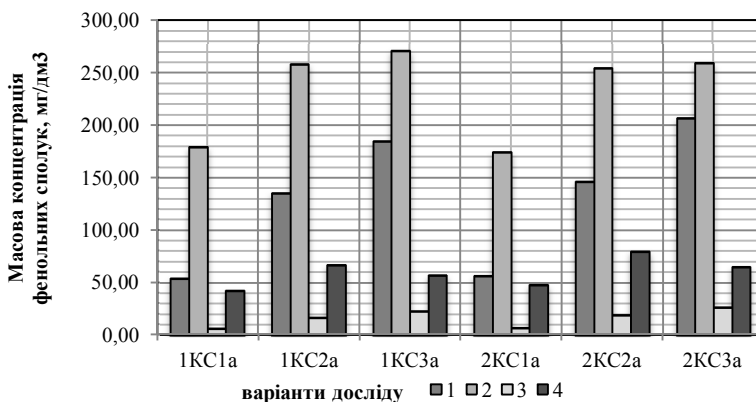


Рис. 5. Масова концентрація ФС у купажах виноматеріалів

**Примітка:** 1 — сума катехіну, кверцетину та їхніх похідних, 2 — сума моноглікозиду мальвідину та його похідних, 3 — фенолкарбонові кислоти (галова+бузкова), 4 — оксикоричні кислоти (кафтарова, каттарова).

Показники органолептичної оцінки та їх бали представлені у табл. 3.

Таблиця 3. Показники органолептичної оцінки виноматеріалів

| Елементи якості  |               | Виноматеріали купажні |       |       |       |       |       |
|------------------|---------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  |               | 1КC1a                 | 1КC2a | 1КC3a | 2КC1a | 2КC2a | 2КC3a |
| 1                |               | 2                     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| Зовнішній вигляд | прозорість    | 4,0                   | 4,2   | 4,0   | 4,0   | 4,0   | 4,0   |
|                  | колір         | 4,5                   | 4,4   | 4,5   | 4,4   | 4,4   | 4,5   |
|                  | інтенсивність | 4,0                   | 5,0   | 4,5   | 5,0   | 4,3   | 4,0   |

Продовження табл. 3

| 1                 |                 | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
|-------------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|
| Аромат            | чистота         | 5,0  | 5,1  | 5,2  | 5,1  | 5,0  | 5,2  |
|                   | інтенсивність   | 5,7  | 5,9  | 5,8  | 5,9  | 5,9  | 5,7  |
|                   | вишуканість     | 6,5  | 6,2  | 6,3  | 6,4  | 6,3  | 6,5  |
|                   | гармонійність   | 5,8  | 6,2  | 6,0  | 6,1  | 6,0  | 5,8  |
| Смак              | чистота         | 5,0  | 5,1  | 5,1  | 4,9  | 5,0  | 5,1  |
|                   | інтенсивність   | 6,2  | 6,5  | 6,5  | 6,5  | 6,3  | 6,4  |
|                   | екстрактивність | 6,3  | 7,0  | 6,7  | 6,8  | 6,8  | 6,9  |
|                   | гармонійність   | 6,8  | 7,4  | 6,9  | 6,9  | 7,0  | 7,2  |
|                   | тіло            | 6,2  | 6,7  | 6,5  | 6,8  | 6,5  | 6,6  |
|                   | післясмак       | 4,8  | 5,0  | 5,0  | 5,1  | 5,0  | 5,2  |
| Загальне враження |                 | 6,3  | 7,0  | 6,8  | 6,9  | 6,8  | 6,9  |
| Загальний бал     |                 | 77,1 | 81,7 | 79,8 | 80,8 | 79,3 | 80,0 |

Купажні виноматеріали мали більш збалансований гармонійний смак, приємну танінність. Переробку винограду за схемою 3а найкраще використовувати для сортових Сіра і Санджовезе. Сорт Пті Вердо більш сбалансований у купажах при використанні схем 2а і 1а.

**Висновки.** Сорти винограду Сіра, Санджовезе, Пті Вердо мають кондиції, що дають змогу переробляти їх на столові вина. Технологічний запас ФС і антоціанів росте в міру збільшення вмісту цукрів у винограді. Відсоток переходу (ФС) у сусло залежить від схеми переробки винограду.

Для збільшення кількісного і якісного складу (ФС), а отже, і біологічної цінності столових вин, запропонована схема використання збідненої м'язги, отриманої після переробки винограду білим способом.

Максимальна кількість ФС у виноматеріалах була в схемах підброджування та бродіння м'язги для всіх досліджуваних сортів.

Для збалансування складу фенольних сполук, а також поліпшення органолептичних показників доцільно використовувати виноматеріали сортів Сіра, Санджовезе, Пті Вердо в купажах.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Авидзба, А.М. Гигиенические и лечебные свойства природных соединений винограда и перспективы их целенаправленного использования при разработке новых биологически ценных продуктов питания / В.А. Загоруйко Ю.А. Огай // Матер. межд. науч. конф. Биологически активные природные соединения винограда: применение в медицине продуктов с высоким содержанием полифенолов винограда. — Симферополь, 2003. — С. 73—85.
2. Vinci, G., Restuccia Influence of environmental and technological parameters on phenolic composition in red wine / G. Vinci, Sara Letizia Maria Eramo, I.D. Nicoletti // J. commodity sci. technol. quality. — 2008. — 47 (I—IV). — P. 245—266.
3. Маркосов, В.А. Теоретическое обоснование и совершенствование технологии красных вин путем регулирования состава фенольных веществ физико-химическими и биохимическими приемами: дис. ... докт.техн.наук: 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства»/ В.А. Маркосов. — Краснодар, 2010. — 355 с.
4. Щольц-Куликов, Е.П. Виноделие по-новому / Е. П. Щольц-Куликов; под ред. Г.Г. Валушко. — Симферополь : Таврида, 2009. — 320 с.
5. Antioxidant Activity of Phenolic Compounds from Different Grape Wastes/ S.E. Gengaihi, F.M.A. Ella, M.H. Emad [et al.]. // Food Process Technol. — 2014. Режим доступу : <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7110.1000296>.

6. РД 0033483.042-2005. Методика оценки сортов винограда по физико-химическим и биохимическим показателям. — Ялта, ИВиВ «Магарач», 2005. — 22 с.

7. Гержикова, В.Г. Методы технохимического контроля в виноделии / В.Г. Гержикова. — Симферополь : Таврида, 2009. — 304 с.

8. Ульянова, Е.В. Высокоэффективная жидкостная хроматография в исследовании антиоксидантных свойств вин / Е.В. Ульянова, О.Г. Ларионов, А.А. Ревина // Сорбционные и хроматографические процессы. — 2010. — Т. 10. — С. 522—532.

9. Sensory analysis. General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors: ISO 8586-2012. — [Introduced 2012-12-14]. — International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2012. — 28 p.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КРАСНЫХ СТОЛОВЫХ ВИН ПОВЫШЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ

**М.В. Билько, к-т. техн. наук**

**Е.В. Цыганкова, асп.**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье представлены результаты исследования фенольного комплекса красных сухих столовых вин, приготовленных с использованием различных технологических схем переработки винограда Сира, Санджовезе, Пти Вердо. Проведен сравнительный анализ физико-химических показателей и технологического запаса фенольных соединений винограда; количественного и качественного состава фенольного комплекса в сортовых и купажных винах, приготовленных по схемам с использованием стекшей мезги. Установлена возможность повышения биологической ценности столовых вин за счет использованием дополнительной стекшей мезги и купаживания виноматериалов разных сортов с большим биологическим потенциалом.*

**Ключевые слова:** красные столовые вина, Сира, Санджовезе, Пти Вердо, фенольные соединения, биологическая ценность.

УДК 637.5

## DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF MEAT LOAFS WITH USING OF SPYCE OLEORESINS

V. Pasichnyi, Y. Khomenko

National University of Food Technologies

| Key words:                                                                                                   | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| oleoresins,<br>carrier,<br>meat bread,<br>silicon dioxide.                                                   | The article contains possible variants of spicy oleoresins usage for meat loafs production. The rational oleoresins concentration on carriers mixture has been chosen to be 0,1—0,2%; such concentration provides the best tasty qualities of the finished product. In the article there are also adduced the experimental data for oleoresins of black pepper, nutmeg, mace and compliant natural species, using which the meat loaf model formulations have been developed. Adduced results allow to compare the efficiency of natural species and encapsulated oleoresins application in meat loaf with broiler meat production technology. |
| <b>Article history:</b><br>Received 06.04.2017<br>Received in revised form 23.04.2017<br>Accepted 16.05.2017 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Corresponding author:</b><br>pasww1@ukr.net                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСНИХ ХЛІБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ОЛЕОРЕЗИНІВ СПЕЦІЙ

В.М. Пасічний, д.т.н., професор

Ю.О. Хоменко, аспірант

Національний університет харчових технологій

У статті наведено можливі варіанти використання олеорезинів спецій для виготовлення м'ясних хлібів. Вибрано раціональну концентрацію олеорезинів на суміші носіїв (0,1—0,2%), що забезпечує формування найкращих смакових якостей у готовому продукті. Наведено дослідні дані для олеорезинів чорного перцю, мускатного горіху, мацису та відповідних їм натуральних спецій, з використанням яких розроблено модельні рецептури м'ясних хлібів. Наведені результати дають змогу порівняти ефективність використання натуральних спецій та інкапсульованих олеорезинів у технології виробництва м'ясних хлібів з м'ясом курчат-бройлерів.

**Ключові слова:** олеорезин, носій, м'ясний хліб, кремнезем, натуральні спеції.

**Постановка проблеми.** М'ясний хліб — це виріб з ковбасного фаршу без оболонки, запечений у металевій формі [7]. Смак м'ясного хліба схожий зі смаком вареної ковбаси, але при цьому має особливим присмак, обумовлений термічним процесом запікання. Поверхня виробу рівномірно обсмажена, має більш темніший колір порівняно з виглядом на розрізі та захищає виріб від висихання й псування. М'ясні хліби порівняно з вареними ковбасами містять менше води, мають більш щільну консистенцію та приємний особливий присмак. Продукт є джерелом повноцінних білків, мікроелементів та вітамінів і при цьому гармонійно поєднує в собі форму, смак, аромат та колір. З урахуванням

вищенаведених характеристик даний виріб набуває все більшого попиту серед населення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Останнім часом у зв'язку зі здешевленням виробництва зростає частка використання у рецептурах м'яса птиці замість сировини, отриманої від забою сільськогосподарських тварин, а також різноманітних наповнювачів рослинного й тваринного походження, що відповідним чином впливає на смакові якості готового продукту. Одним із напрямків покращення органолептичних показників, а саме: смаку й аромату, м'ясних хлібів, виготовлених з використанням м'яса птиці та наповнювачів, є застосування олеорезинів та екстрактів спецій як альтернативних аналогів натуральних спецій і прянощів [1; 2; 4]. Крім того, більшість натуральних мелених спецій і прянощів, отриманих з тропічної та субтропічної сировини, хоча й мають антиокислювальні властивості [4; 6], проте самі є джерелом мікробіологічного забруднення внаслідок ураження грибком, пліснявою, пошкодження гризунами, комахами. Для досягнення стерильності необхідно проводити попереднє теплове оброблення, що може призвести до втрати близько 20% ароматичних речовин, що, у свою чергу, призводить до зростання виробничих витрат на підготовку спецій і прянощів.

Носій повинен не виявляти реакційної здатності з основою, добре розчинятися у воді, мати низьку в'язкість при високій концентрації, сприяти повному вивільненню основи в будь-яких процесах, що потребують розчинення, характеризуватися високими емульгуючими, стабілізуючими та плівкоутворюючими властивостями, забезпечувати ефективне розподілення в об'ємі продукту для вивільнення аромату при заданих параметрах часу та місця. Як носії зазвичай використовують такі вуглеводи, як крохмалі, мальтодекстрини, тверді цукрові сиропи. Здатність цих носіїв зв'язувати леткі речовини доповнюється їх низькою ціною та поширеністю використання в харчових процесах. Вуглеводи володіють високою розчинністю і проявляють низьку в'язкість за високих концентрацій твердих речовин, але для більшості з них характерна відсутність міжфазових властивостей, необхідних для збільшення ефективності інкапсуляції. Разом з тим вони мають свої недоліки, що полягають у фактичній відсутності емульгуючих властивостей і невисокому рівні утримання летких компонентів.

**Метою дослідження** є визначення ефективного носія для олеорезинів вивчення можливості їх використання у технології м'ясних хлібів.

**Матеріали і методи.** Оскільки один компонент не відповідає вимогам усіх критеріїв до носія, то для досягнення ефективності вуглеводи використовують у суміші з іншими речовинами. Зважаючи на це, як ефективний носій обрано систему на основі мальтодекстрину та пірогенного кремнезему марки А 300. Останній в системах з мальтодекстрином виконує роль модифікатора поверхні в матриці олеорезин–носій [3; 5]. Як основну сировину в рецептурах м'ясних хлібів використовували філе куряче і червоне м'ясо курчат-бройлерів, концентрат соєвого білка.

Як смакові інгредієнти використовували олеорезини компанії “Essence Sp. z o.o.” Олеорезин 1 — олеорезин чорного перцю 40/20 (вміст піперину — 40%, ефірної олії — 20%) [1], олеорезин 2 — олеорезин мускатного горіху (вміст ефірної олії — 40%), олеорезин 3 — олеорезин мацису (вміст ефірної олії —

50%). Як суміш носіїв (СН) застосовували мальтодекстрин з показником еквіваленту декстрази (ДЕ) від 10 до 20 та пірогенний кремнезем марки А300 (ОРІСІЛ 300) з розміром частинок до 20 нм (60%).

У дослідженнях використовували стандартні методи відповідно до вимог чинних стандартів [7].

**Результати досліджень.** Виготовлення м'ясного хліба передбачає підготовку м'ясної сировини, смакових інгредієнтів, води питної, підготування форм, подрібнення та соління м'ясної сировини, витримування, приготування фаршу в кутері з додавання води, солі, смакових інгредієнтів, наповнення форм фаршем, запікання та охолодження. В даному дослідженні як смакові інгредієнти використовували натуральні спеції й прянощі та олеорезини відповідних спецій, нанесені на обрану суміш носіїв.

Згідно з поставленою метою та завданням, на початковій стадії були підібрані рецептурні компоненти м'ясних хлібів з акцентом на використання м'яса птиці. Для підвищення смакових якостей даного продукту вивчалась зміна смакових властивостей модельних м'ясних хлібів при варіації концентрацій різних олеорезинів на комбінованому носії. В ході попередніх лабораторних досліджень нами було встановлено раціональний склад суміші носіїв для інкапсуляції олеорезинів у системі «мальтодекстрин : діоксид кремнію» у співвідношенні 95:5. На дану суміш носіїв (СН) інкапсулювали олеорезини у співвідношенні 1:20 (олеорезин:СН) за загальною рекомендацією від виробника олеорезинів.

У процесі досліджень проведено порівняльний аналіз смакових якостей м'ясних хлібів при використанні олеорезинів і натуральних спецій. За допомогою факторного експерименту варіювали концентрації сухих речовин, води та олеорезинів на СН.

У табл. 1 наведено рецептурний склад модельних м'ясних хлібів з використанням натуральних спецій та олеорезинів спецій.

*Таблиця 1. Склад модельних м'ясних хлібів з використанням натуральних спецій та олеорезинів спецій*

| Складова рецептури       | Склад за варіантами рецептур, % |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
|--------------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|                          | 1                               | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12   |
| Філе куряче              | 30                              | 30  | 30  | 30  | 30  | 30  | 30  | 30  | 30  | 30  | 30  | 30   |
| М'ясо курчат обвалене    | 70                              | 70  | 70  | 70  | 70  | 70  | 70  | 70  | 70  | 70  | 70  | 70   |
| Концентрат соєвого білка | 2                               | 4   | 6   | 3   | 2   | 4   | 6   | 3   | 2   | 4   | 6   | 3    |
| Сіль кухонна             | 2,0                             | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0  |
| Олеорезин 1 на СН        | 0,1                             | 0,2 | 0,3 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| Перець чорний мелений    |                                 |     |     | 0,1 |     |     |     |     |     |     |     |      |
| Олеорезин 2 на СН        |                                 |     |     |     | 0,1 | 0,2 | 0,3 |     |     |     |     |      |
| Мускатний горіх мелений  |                                 |     |     |     |     |     |     | 0,1 |     |     |     |      |
| Олеорезин 3 на СН        |                                 |     |     |     |     |     |     |     | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,15 |
| Вода                     | 30                              | 40  | 50  | 30  | 30  | 40  | 50  | 30  | 30  | 40  | 50  | 30   |

Фарш готували на модельному лабораторному міксері з подрібненням до однорідної маси. Попередньо змащені жиром форми з нержавіючої сталі

наповнювали вручну за допомогою лабораторного шприца. Поверхню фаршу у формі розгладжували і робили товарну відмітку відповідно до нумерації зразків (1—12). Після цього форми з фаршем запікали в лабораторній сушильній шафі при температурі 120 °С до досягнення температури в центрі хліба 72 °С. Готовий м'ясний хліб охолоджували до температури в середині хліба (0—15 °С) та проводили подальші дослідження.

У табл. 2, 3 представлено зміну пластичності і хіміко-фізичних показників модельних фаршевих систем до та після запікання.

**Таблиця 2. Функціонально-технологічні властивості змодельованих м'ясних хлібів до запікання**

| Показники   | До запікання |               |                                      |         |
|-------------|--------------|---------------|--------------------------------------|---------|
|             | pH           | Вміст води, % | Пластичність, см <sup>2</sup> * г/кг | ВЗЗа, % |
| Зразок № 1  | 6,60         | 63,7          | 19,7                                 | 96,5    |
| Зразок № 2  | 6,70         | 61,8          | 26,5                                 | 95,5    |
| Зразок № 3  | 6,90         | 65,6          | 23,40                                | 94,9    |
| Зразок № 4  | 6,60         | 63,2          | 19,6                                 | 96,0    |
| Зразок № 5  | 6,40         | 75,3          | 36,6                                 | 98,0    |
| Зразок № 6  | 6,90         | 74,9          | 27,5                                 | 92,5    |
| Зразок № 7  | 7,10         | 75,5          | 21,6                                 | 94,3    |
| Зразок № 8  | 6,70         | 74,6          | 19,2                                 | 94,5    |
| Зразок № 9  | 6,61         | 63,7          | 19,7                                 | 96,5    |
| Зразок № 10 | 6,65         | 64,8          | 26,5                                 | 95,5    |
| Зразок № 11 | 6,50         | 65,6          | 23,4                                 | 94,9    |
| Зразок № 12 | 6,60         | 67,8          | 26,5                                 | 94,4    |

З даних табл. 2 і 3 видно, що збільшення частки внесеної води при раціональному внесенні сухих речовин призводить до збільшення пластичності. Практично за всіма варіантами досягаються високі показники ВЗЗа.

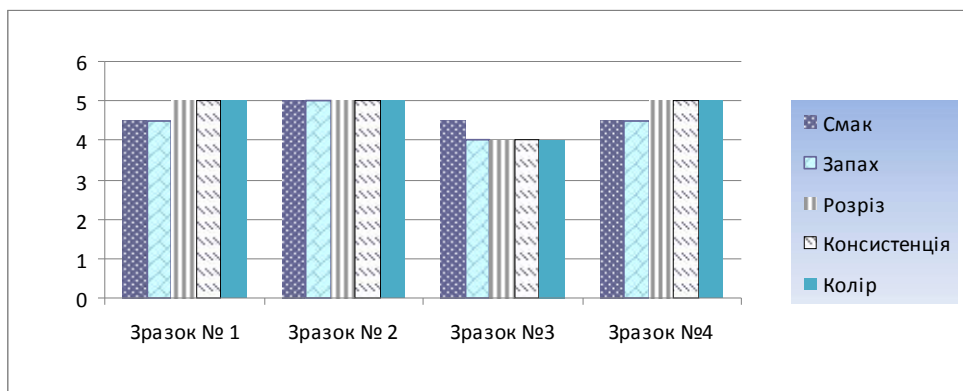
При оцінці смакових якостей визначали типівість смаку для даного продукту, встановлювали наявність специфічних нехарактерних смакових властивостей та інших сторонніх присмаків.

**Таблиця 3. Функціонально-технологічні властивості змодельованих м'ясних хлібів після запікання**

| Показники   | Після запікання |                                      |         |                   |          |
|-------------|-----------------|--------------------------------------|---------|-------------------|----------|
|             | pH              | Пластичність, см <sup>2</sup> * г/кг | ВЗЗа, % | Вміст бульйону, % | Вихід, % |
| Зразок № 1  | 6,80            | 5,27                                 | 84,3    | 0,57              | 113      |
| Зразок № 2  | 6,50            | 7,7                                  | 73,5    | 7,5               | 120      |
| Зразок № 3  | 6,80            | 7                                    | 83,7    | 8,3               | 127      |
| Зразок № 4  | 6,70            | 6,7                                  | 82,6    | 7,0               | 115      |
| Зразок № 5  | 6,75            | 3,5                                  | 73,5    | 0,9               | 124      |
| Зразок № 6  | 6,50            | 6,6                                  | 79,3    | 1,9               | 129      |
| Зразок № 7  | 6,80            | 6,8                                  | 73,8    | 2,8               | 129      |
| Зразок № 8  | 6,75            | 5,2                                  | 78,1    | 1,3               | 132      |
| Зразок № 9  | 6,60            | 5,3                                  | 83,3    | 0,7               | 113      |
| Зразок № 10 | 6,56            | 7,6                                  | 75,2    | 7,7               | 120      |
| Зразок № 11 | 6,63            | 7,1                                  | 78,3    | 8,4               | 127      |
| Зразок № 12 | 6,65            | 5,4                                  | 81,5    | 1,5               | 117      |

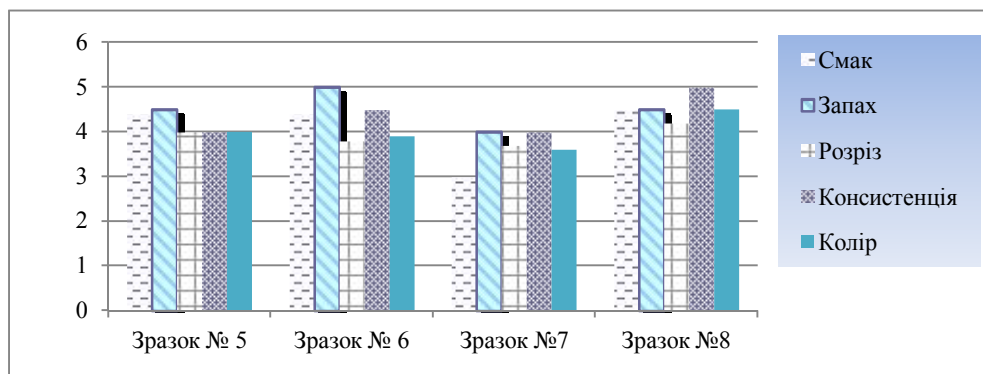
Якісне визначення смаку проводили не лише за основними смаковими відчуттями (солоного, кислого, гіркого), але і їх гармонійним поєднанням з гостротою смаку, пекучістю, обумовленими додаванням до рецептур олеорезинів чи натуральних спецій.

Насамкінець порівнювали зовнішній вигляд, смак, запах, вигляд на розрізі, консистенцію і колір зразків хлібів. Оцінювання проводили за 5-бальною шкалою.



**Рис. 1. Органолептичні показники м'ясних хлібів з використання олеорезину чорного перцю та чорного перцю меленого**

Результати проведення органолептичної оцінки м'ясних хлібів наведено на рис. 1—3. Зразки № 4, 8, 12 було обрано як контрольні для проведення порівняльного аналізу.



**Рис. 2. Органолептичні показники м'ясних хлібів з використання олеорезину мускатного горіху та мускатного горіху меленого**

Отримані результати (рис. 1—3) підтверджують ефективність отриманих смакових показників м'ясних хлібів при використанні олеорезинів спецій, інкапсульованих на запропонованій модельній суміші носіїв, в кількості від 0,1 до 0,2% до маси сировини. Контрольні зразки мали високі органолептичні показники, проте олеорезини спецій у концентрації 0,1—0,2% до маси основної сировини також досягнули відповідних показників смаку й аромату.

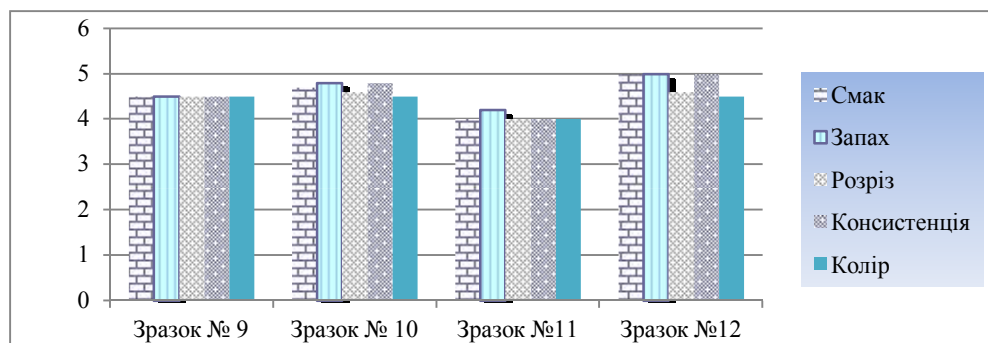


Рис. 3. Органолептичні показники м'ясних хлібів з використанням олеорезину маїсу (мускатного цвіту)

Експериментально встановлено, що збільшення концентрації олеорезинів не покращуватиме смакові властивості м'ясних хлібів. Дослідження змін смакових властивостей модельних м'ясних хлібів виявили, що олеорезини перцю чорного та мускатного цвіту надають готовому продукту кращі органолептичні показники порівняно з олеорезином мускатного горіху.

**Висновки.** Підтверджена можливість використання олеорезинів спецій в інкапсульованій формі у виробництві м'ясних хлібів.

Визначено, що використання олеорезинів на носії в концентрації 0,1—0,2% є оптимальним для забезпечення високих смакових показників м'ясних хлібів, що виробляються за традиційною технологією.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Shaikh, J., Rajesh, B., & Rekha, S. Microencapsulation of black pepper oleoresin // Food chemistry. — 2006. — Vol 94. — P. 105—110.
2. Herbs, spices and essential oils. Post-harvest operations in developing countries / S. Pikus // © UNIDO and FAO 2005 — First published 2005.
3. Zuidam, N.J. and Nedović, V.A. (eds.) / Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing // Springer Science+Business Media, LLC 2010. — P. 148.
4. Ukrainets, A. Oleoresins effect on cooked poultry sausages microbiological stability / A.I. Ukrainets, V. Pasichnyi, Yu. Zheludenko, S. Zadkova // Ukrainian Food Journal. — 2016. — Volume 5. — Issue 1. — C.124—134.
5. Kanakdande, D., Bhosale, R. & Singhal, R.S. Stability of cumin oleoresin microencapsulated in different combination of gum arabic, maltodextrin and modified starch // Carbohydrate Polymers. — 2007. — Vol 67. — P. 536—541.
6. Пасічний, В.М. Перспектива натуральних антиоксидантів для використання в м'ясопереробній галузі / В.М. Пасічний, Ю.В. Желуденко // Збірник наукових праць ХДУХТ. — Харків : ХДУХТ, 2014. — С. 264—276.
7. ДСТУ 4436:2005. Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні. — Київ : Держспоживстандарт України, 2006.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЯСНЫХ ХЛЕБОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЛЕОРЕЗИНОВ СПЕЦИЙ

В.Н. Пасичный, Ю.А. Хоменко

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены возможные варианты использования олеорезинов специй для производства мясных хлебов. Выбрано рациональную концентрацию оле-

резинов на смеси носителей (0,1—0,2%), которая обеспечивает формирование наилучших вкусовых качеств в готовом продукте. Приведены опытные данные для олеорезинов черного перца, мускатного ореха, мациса и соответствующих им натуральных специй, с использованием которых разработаны модельные рецептуры мясных хлебов. Приведенные результаты позволяют сравнить эффективность использования натуральных специй и инкапсулированных олеорезинов в технологии производства мясных хлебов с мясом цыплят-бройлеров.

**Ключевые слова:** олеорезин, носитель, мясной хлеб, диоксид кремния, натуральные специи.

УДК 637.513.8

## IMPACT ON QUALITY INDICATORS CHOPPED SEMI-FINISHED PRODUCTS SUBSTANCES OF CRIOPROTECTIVE ACTION

I. Kyshenko, O. Skochko

National University of Food Technologies

### Key words:

composition of  
cryoprotective actions,  
chopped semi-finished,  
crystallization centers,  
deep freeze,  
water activity

### Article history:

Received 07.04.2017  
Received in revised form  
25.04.2017  
Accepted 12.05.2017

### Corresponding author:

irinanuht@ukr.net

### ABSTRACT

Recipe of chopped semi-finished have been improved. We have developed composition cryoprotective action to chopped semi-finished products with deep freezing and extended shelf life at temperatures below  $-18^{\circ}\text{C}$ . Mechanism of cryoprotective action, which we have developed, is associated with decreased activity of water, with the formation of the amorphous structure in the product, with the decrease in the number of crystallization centers. We have proved why is expedient to use globin protein composition of blood Vepro 95 NV and carrot fiber as substances that stabilize the structure and operation of meat protein supplement. As a result of study it was determined that by using cryoprotective composition in chopped semi-finished technology we can keep a tight structure semi-finished after 30 days of storage at frozen and helps to ensure high quality products.

## ОЦІНКА ВПЛИВУ РЕЧОВИН КРІОПРОТЕКТОРНОЇ ДІЇ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПОСІЧЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

І.І. Кишенько, д.т.н., професор

О.І. Скочко, аспірант

Національний університет харчових технологій

У статті удосконалено рецептуру посічених напівфабрикатів шляхом розроблення композиції кріопротекторної дії для виробництва посічених напівфабрикатів глибокого заморожування і тривалого зберігання при температурі нижче мінус  $18^{\circ}\text{C}$ . За результатами проведених досліджень встановлено, що використання кріопротекторної композиції білка-глобіну крові Vepro 95 NV та морквяної клітковини у технології посічених напівфабрикатів дає змогу зберегти щільну структуру напівфабрикатів після 30 діб зберігання в замороженому стані і сприяє отриманню продуктів високої якості.

**Ключові слова:** композиція кріопротекторної дії, посічені напівфабрикати, центри кристалізації, глибоке заморожування, активність води.

**Постановка проблеми.** Сьогодні, у зв'язку з прискореним темпом життя населення, на українському продовольчому ринку все більше підвищується попит на заморожені харчові продукти. Зростання їх популярності обумовлено, по-перше, мінімальними витратами часу та зусиль на їх приготування, що робить їх затребуваними серед працюючої частини населення молодого та середнього віку, по-друге, появою нових ніш на ринку для розширення асортименту продукції [1; 2].

Сучасні технології заморожування м'ясної сировини і продуктів спрямовані на створення таких умов низькотемпературного оброблення та зберігання, при яких споживчі властивості цих продуктів будуть максимально наближеними до нативних і не змінюватимуться протягом тривалого терміну зберігання у замороженому стані.

На органолептичні і фізико-хімічні та структурно-механічні показники якості харчових продуктів, що підлягають зберіганню при температурі мінус 18 °С, значно впливає зміна стану клітинної структури під дією умов холодительної обробки [3].

Одним із технологічних шляхів вирішення існуючої проблеми при виробництві посічених напівфабрикатів, пов'язаної з погіршенням їх якості, є використання речовин кріопротекторної дії, функціональний вплив яких спрямований на утворення аморфної структури всередині продукту, зменшення кількості центрів кристалізації і зниження активності води [4; 5].

**Мета статті:** дослідити кріопротекторні властивості білка-глобіну крові Verpro 95 HV та морквяної клітковини у складі модельних фаршевих систем і посічених напівфабрикатів, що дасть змогу знизити кріоскопічну температуру, запобігти значному кристалоутворенню та уповільнити перебіг процесу заморожування.

Згідно з поставленою метою було вивчено кріопротекторний вплив обраних харчових речовин на зміну функціонально-технологічних і структурно-механічних властивостей м'ясних фаршевих систем у процесі їх заморожування, зберігання протягом 30 діб при температурі мінус 18 °С з подальшим розморожуванням і доведенням до стану кулінарної готовності.

**Матеріали і методи.** Обраний як кріопротектор білок-глобін крові Verpro 95 є термостабільним функціональним білком, що використовується як при мінусових температурах, так і в режимах пастеризації.

Висока здатність морквяної клітковини адсорбувати воду робить її корисною для багатьох м'ясних продуктів, але як і для більшості волокон, що містять суміш розчинних і нерозчинних фракцій, здатність адсорбувати жир знаходиться на середньому рівні.

При визначенні органолептичних, фізико-хімічних показників модельних фаршевих м'ясних систем і посічених напівфабрикатів використовували стандартні методи досліджень.

Структурно-механічні показники визначали на пенетрометрі Ulab3-31M. Пенітрацію посічених напівфабрикатів визначали за глибиною занурення індентора у дослідний зразок за температури 20 °С. Проводили три вимірювання на відкритій поверхні зразка на відстані не менше 10 мм від краю виробу і на максимальній відстані від точок інших вимірювань, щоб деформована частина поверхні не увійшла в зону вимірювання, після чого проводили перерахунок значення пенетрації у значення пенетраційної напруги.

Показник активності води  $a_w$  модельних фаршевих систем та м'ясних посічених напівфабрикатів визначали за допомогою аналізатора rotronic Hygro Palm-23.

Вимірювання кріоскопічної температури модельних фаршевих систем та м'ясних посічених напівфабрикатів проводили методом термічного аналізу, що базується на побудові кривих зміни температури у часі.

Зразки фаршевих модельних м'ясних систем готували таким чином: фарш для контрольного зразка виготовляли за рецептурою котлет «По-домашньому»

(ДСТУ 4437:2005), у дослідні зразки додавали білок-глобін крові Верго 95 HV та додатково вводили морквяну клітковину. Отримані зразки фаршу піддавали перемішуванню за температури 12 °С протягом 15 хв, формували та заморожували за температури мінус 18 °С. Тривалість зберігання при зазначеній температурі становила 30 діб.

У всіх зразках до заморожування та після розморожування й термічного оброблення визначали органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні показники, також показник активності води  $a_w$  та значення криоскопічної температури.

**Результати досліджень.** Розробку раціонального складу посічених напівфабрикатів здійснювали методом комп'ютерної оптимізації на основі хімічного складу інгредієнтів, що рекомендуються, та результатів досліджень їх функціонально-технологічних властивостей (ФТВ) (табл. 1). Як функцію цілі було обрано вологоутримуючу (ВУЗ) і жирутримуючу здатність (ЖУЗ), які є критерієм стабільності утримання вологи та жиру в м'ясних системах.

Таблиця 1. Рецептурний склад модельних фаршевих систем

| Рецептурний склад<br>(кг на 100 кг сировини)                                  | Контроль | Зразок №1 | Зразок №2 |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|
| Яловичина 2 сорту                                                             | 29,00    | 28,50     | 27,00     |
| Свинина напівжирна                                                            | 26,00    | 26,00     | 26,00     |
| Білок-глобін крові Верго 95                                                   | -        | 0,50      | 0,50      |
| Морквяна клітковина                                                           | -        | -         | 0,50      |
| Вода на гідратацію білка-глобіну<br>крові Верго 95 та морквяної<br>клітковини | -        | 3,50      | 7,00      |
| Хліб                                                                          | 11,00    | 11,00     | 11,00     |
| Сухарі панірувальні                                                           | 4,00     | 4,00      | 4,00      |
| Сіль                                                                          | 1,20     | 1,20      | 1,20      |
| Перець чорний                                                                 | 0,15     | 0,15      | 0,15      |
| Перець духмянний                                                              | 0,15     | 0,15      | 0,15      |
| Крохмаль                                                                      | 2,00     | -         | -         |
| Вода                                                                          | 26,50    | 25,00     | 22,50     |

З метою розроблення рекомендацій щодо застосування білка-глобіну крові Верго 95 та морквяної клітковини як речовину кріопротекторної дії у виробництві посічених напівфабрикатів було досліджено хімічний склад і функціонально-технологічні властивості (ФТВ) модельних фаршевих систем з їх використанням (табл. 2). Результати дослідження зазначених показників дають повну уяву про м'ясну систему, її структуру, здатність поглинати та утримувати вологу під час теплової обробки. Знання ФТВ забезпечує раціональне використання м'ясної сировини, можливість прогнозувати та регулювати якісні характеристики готових виробів.

Проведені дослідження функціонально-технологічні властивості (ФТВ) модельних фаршевих систем підтвердили, що введення як кріопротекторів у м'ясні фаршеві системи білка-глобіну крові Верго 95 та морквяної клітковини позитивно вплинуло на збільшення вологоутримуючої здатності на 6,6—8,8% та жирутримуючої здатності на 10,4...11,78%, що безумовно сприяло покращенню структури дослідних зразків котлет (табл. 2).

Таблиця 2. Хімічний склад і функціонально-технологічні властивості модельних фаршевих систем

| Показники                | Контроль   | Зразок № 1 | Зразок № 2 |
|--------------------------|------------|------------|------------|
| Масова частка води, %    | 69,95±3,24 | 71,47±3,59 | 72,10±3,59 |
| Масова частка білка, %   | 9,89±1,14  | 12,61±1,14 | 12,53±1,14 |
| Масова частка жиру, %    | 19,46±1,09 | 15,19±0,12 | 14,64±0,12 |
| Масова частка золи, %    | 0,70±0,04  | 0,73±0,09  | 0,73±0,09  |
| pH                       | 6,0±0,1    | 6,28±0,2   | 6,17±0,1   |
| ВЗЗ, %                   | 78,20±4,10 | 83,10±5,40 | 85,80±5,40 |
| Вуглеводи, %             | 0,65±0,04  | 0,68±0,04  | 0,11±0,04  |
| ВУЗ, %                   | 67,90±4,19 | 74,50±5,38 | 76,70±5,38 |
| Стабільність емульсії, % | 77,30±3,33 | 89,40±4,21 | 90,40±4,21 |
| ЖУЗ, %                   | 68,00±4,14 | 78,40±5,03 | 79,78±5,03 |
| Емульгуюча здатність, %  | 69,80±4,24 | 79,90±4,31 | 81,30±4,31 |

Одним із найбільш важливих показників, що свідчить про якість напівфабрикатів, є також стабільність фаршевих систем. Цей показник характеризує зв'язану у фарші кількість води і жиру [4]. Потрібно констатувати, що стабільність фаршу дослідних зразків на 12,1—13,1% вища, ніж контрольного зразка.

Таблиця 3. Структурно-механічні характеристики дослідних зразків посічених напівфабрикатів після термічного оброблення

| № зразка | Пенетрація (глибина занурення голкового індентора, мм) | Пенетраційна напруга, Па |
|----------|--------------------------------------------------------|--------------------------|
| Контроль | 28,4±0,15                                              | 17,25±0,09               |
| № 1      | 19,7±0,1                                               | 24,87±0,12               |
| № 2      | 17,9±0,09                                              | 27,37±0,14               |

При заморожуванні, зберіганні, розморожуванні й термічному обробленні у посічених напівфабрикатах спостерігалось незначне зниження величини pH на 0,02—0,04 відносно початкового рівня pH унаслідок розпаду глікогену, що залишився у м'ясі до заморожування й утворення молочної кислоти.

Внесення вищезазначених речовин як кріопротекторів у модельні фаршеві системи позитивно вплинуло і на зниження показника активності води  $a_w$  на 0,027—0,034 (рис. 1).

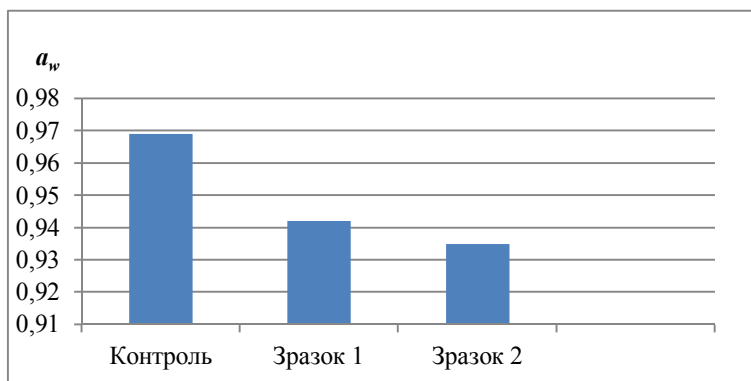


Рис. 1. Динаміка зміни показника активності води термооброблених зразків посічених напівфабрикатів після 30 діб зберігання

Результати дослідження впливу кріопротекторів на зміну критерію активності води  $a_w$  посічених напівфабрикатів свідчать про збільшення значення цього показника порівняно зі значеннями до заморожування у дослідних зразках — на 0,002, а у контрольному — на 0,005, що пояснюється частковим руйнуванням клітинних стінок і виділенням м'ясного соку, що є більш суттєвим для контрольного зразка, який не містить кріопротекторних речовин. Зниження активності води в дослідних зразках можна пояснити підвищенням концентрації розчинних речовин у м'ясному соку, що обумовило зниження температури початку кристалізації води у м'ясних фаршевих системах і, відповідно, зміну характеру зростання кристалів льоду у клітинній структурі м'язової тканини [5].

Значення кріоскопічної температури для дослідних зразків становило: для контрольного — ( $-2,75$  °C), для зразка № 1 — ( $-3,84$  °C), для зразка № 2 — ( $-4,56$  °C).

Механізм кріопротекторної дії розробленої композиції пов'язаний зі зниженням активності води, температури початку кристалізації води і, відповідно, зменшенням кількості центрів її кристалізації.

Серед усіх дослідних зразків термооброблених м'ясних посічених напівфабрикатів найбільші зміни органолептичних показників якості (після заморожування, зберігання протягом 30 діб і розморожування) спостерігались у контрольних зразках, що характеризувалися недостатньою соковитістю, крихкістю структури та меншим виходом та більш високими на 2,9—3,1% втратами при термообробленні. Проте дослідні зразки котлет мали підвищену соковитість і більш щільну консистенцію.

**Висновки.** Результати проведених досліджень свідчать про те, що функціонально-технологічні, структурно-механічні та органолептичні властивості посічених напівфабрикатів після заморожування знаходяться у прямій залежності від вмісту таких компонентів, як білок-глобін крові Верго 95 та морквяна клітковина.

Отриманні результати дозволяють зробити висновок про те, що обрана композиція речовин володіє високими кріопротекторними властивостями і впливає на зниження кріоскопічної температури при низькотемпературному обробленні та зберігання при температурі мінус 18 °C. Проте підвищення ефективності її використання потребує додаткового удосконалення технології.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Семенова, А.А., Трифонов, М.П., Холодов, Ф.В. Новый взгляд на производство замороженных полуфабрикатов // Все о мясе. — 2008. — № 1.
2. Масліков, М.М. Технологія холодильного оброблення м'яса та м'ясопродуктів // Мясное дело. — 2010. — № 6. — С. 20—22.
3. Шарпе, А.А. Влияние замораживания на функционально-технологические свойства мясных систем / А.А. Шарпе, Н.Г. Азарова, Е.Д. Янковая, А.А. Близнюк // Харчова наука і технологія. — 2009. — №2(7). — С. 12—14.
4. Винникова, Л.Г. Оценка качества быстрозамороженных мясных полуфабрикатов с криопротекторными добавками / Л.Г. Винникова, О.А. Глушков, Е.Д. Янковая // Харчова наука і технологія. — 2010. — №2(11). — С. 47—48.
5. Пак, А.О. Вплив композиції кріопротекторної дії на кількість вимороженої води у м'ясних січених напівфабрикатів / А.О. Пак, М.О. Янчева, Ю.В. Яковлева // Тематичний збірник наукових праць Донецьк. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. — 2011. — Вип. 27. — С. 281—286.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК КРИОПРОТЕКТОРНОГО ДЕЙСТВИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

**И.И. Кишенько, А.И. Скочко**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье усовершенствовано рецептуру рубленых полуфабрикатов с помощью разработки композиции криопротекторного действия для производства рубленых полуфабрикатов глубокой заморозки и длительного хранения при температуре ниже минус 18 °С. По результатам проведенных исследований установлено, что использование композиции белка-глобина крови Verpro 95 HV и морковной клетчатки в качестве криопротекторов в технологии рубленых полуфабрикатов позволяет сохранить плотную структуру полуфабрикатов после 30 дней хранения в замороженном состоянии и способствует получению продуктов высокого качества.*

**Ключевые слова:** *композиция криопротекторного действия, рубленые полуфабрикаты, центры кристаллизации, глубокая заморозка, активность воды.*

УДК 637.1

## USE OF PHYSICAL AND CHEMICAL ANALYSIS IN COMBINATION WITH CHEMOMETRIC TOOLS FOR QUALITATIVE EVALUATION OF DIFFERENT TYPES OF MILK

V. Ischenko, O. Kochubei-Lytvynenko, A. Marynin, N. Sukhodolsha

National University of Food Technologies

M. Ischenko

Taras Shevchenko National University of Kyiv

**Key words:**milk,  
ultrasound analysis,  
principal component  
analysis,  
validation**Article history:**

Received 29.03.2017

Received in revised form

19.04.2017

Accepted 17.05.2017

**Corresponding author:**

chitanya@ukr.net

**ABSTRACT**

The article provides the analysis of the main kinds of milk falsification and the methods for their determining. The assessment of possibility to combine ultrasound method of analysis with the chemometric methods with their further use for dairy products classification is characterized. The validation of the method for determining the milk quality indicators using the ultrasound milk analyzer "Ecomilk-Bond" was carried out. The application of the method of principal components for processing an array of the obtained data made it possible to carry out a partial clustering of milk samples. According to the gained results, combination of ultrasound method of milk analysis with other instrumental methods and the use of chemometric procedures to develop simple and cheap way to determine the adulteration are envisaged in further research.

## ВИКОРИСТАННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ В ПОЄДНАННІ З ХЕМОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ ОБРОБКИ ДАНИХ ДЛЯ ЯКІСНОЇ ОЦІНКИ РІЗНИХ ВИДІВ МОЛОКА

Н.П. Суходольська, аспірант

В.М. Іщенко, канд. хім. наук

О.В. Кочубей-Литвиненко

А.І. Маринін, канд. тех. наук,

Національний університет харчових технологій

М.В. Іщенко, канд. хім. наук,

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У статті оцінено можливість поєднання ультразвукового методу аналізу молока з хемометричними методами з подальшим їх застосуванням для класифікації молочних продуктів. Проведено валідацію методики визначення показників якості молока із використанням ультразвукового аналізатора молока «Екомілк-Бонд». Встановлено, що прецизійність визначення показників якості молока цим методом є достатньою для вирішення поставлених завдань.

**Ключові слова:** молоко, ультразвуковий аналіз, метод головних компонент, валідація.

**Постановка проблеми.** Молоко займає одне з головних місць серед продуктів харчування. Відповідно до статистичних даних [1], коров'яче молоко є одним із 20 найважливіших сільськогосподарських і харчових продуктів у світі. Проте нові економічні відносини, що склались наразі, призвели до відкритості ринку, що, у свою чергу, збільшило у сфері збуту кількість фальсифікованих харчових продуктів. Молочні продукти, на жаль, не стали винятком. Наразі найбільш поширеними видами фальсифікації молочної продукції є асортиментна та якісна.

При асортиментній фальсифікації підробка здійснюється шляхом повної заміни його продуктами іншого гатунку, виду або найменування із збереженням схожості однієї або кількох ознак. До асортиментної фальсифікації, зокрема, відносять пересортицю молока (заміну вищих гатунків незбираного молока нижчими, заміну вершкового масла молочно-жировими продуктами, виробленими із частковою або повною заміною молочного жиру). Якісна фальсифікація — підробка натурального молока за допомогою різного роду харчових або нехарчових добавок чи порушень рецептур для зміни органолептичних показників та інших властивостей продукту.

При визначенні якості молока згідно з чинними стандартами регламентуються такі фізико-хімічні показники: вміст основних складових компонентів молока (жиру, сухих речовин, білка), густина, кислотність, група чистоти. Для встановлення можливої фальсифікації молока шляхом розведення водою визначають показник рефракції, температуру замерзання, електропровідність [2; 3]. Проте аналіз молока за вимогами ДСТУ не завжди дає реальну інформацію про якість та автентичність продукції, оскільки методика визначення, наприклад, білка, що перевіряється, базується на визначенні лише загального вмісту Нітрогену, а молочний жир може бути замінено рослинним.

Наразі основними методами аналізу молока на виявлення фальсифікації стали високоефективна рідинна хроматографія (ВЕРХ), спектроскопія ближнього та середнього ІЧ-діапазону, мас-спектрометрія, ЯМР [4; 5]. Особливістю цих та інших фізико-хімічних методів аналізу є те, що досліднику досить часто доводиться мати справу з обробкою масиву багатовимірних експериментальних даних, одержаних у результаті дослідження. При обробці таких даних немінучим стає застосування хемометричних інструментів, зокрема методу головних компонент (МГК) [6]. Хемометричні методи у поєднанні з фізико-хімічними методами аналізу знайшли застосування для виявлення підробок харчової продукції, зокрема молочної [7].

Одним із способів фальсифікації молока, який зустрічається серед українських виробників, є підміна натурального молока його відновленим аналогом, тобто «молоком», одержаним із сухих молочних сумішей або змішування пастеризованого молока з відновленим. Надійний висновок про цей спосіб фальсифікації молока можна зробити тільки за допомогою методів ВЕРХ, спектроскопією ближнього ІЧ діапазону, ізотопного аналізу. Але ці методи передбачають використання сучасного аналітичного обладнання, підготовлених спеціалістів і є досить вартісними. Тому пошук і розроблення нових методів достовірної ідентифікації фальсифікованої продукції є актуальними.

**Мета статті** полягає в проведенні якісної оцінки різних видів молока за результатами традиційних фізико-хімічних досліджень з використанням хемометричних методів обробки даних і валідація методик.

**Матеріали і методи.** Для досліджень відібрані 30 зразків молока, які умовно були розділені на п'ять груп.

*Перша група зразків* — питні види молока (пастеризоване молоко, у статті умовно позначається П). Усі зразки питного молока були вітчизняного виробництва відомих торгових марок та придбані в супермаркетах м. Києва. Зразки мали приблизно однакову жирність — 2,5 і 2,6%.

*Друга група зразків* — натуральне незбиране (НН) молоко, яке було придбано в індивідуальних сільгосптоваровиробників Київщини. На його основі готували модельні зразки фальсифікованого продукту із додаванням 5, 10, 15 і 20% води (умовне позначення цих зразків *третьої групи* НН+Вод). *Четверта група зразків* — це відновлене молоко, яке готували із сухого незбираного молока жирністю 25 % розпилювального сушіння (були взяті продукти майже всіх українських виробників сухого молока), шляхом розчинення порошку у відповідному об'ємі підготовленої питної води за температури  $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Кількість води було розраховано для отримання продукту жирністю 2,6%. Одержану суміш піддавали гомогенізації на диспергаторі BANDELIN SONOPULSHD2070, після чого пастеризували за температури  $(88 \pm 2)^\circ\text{C}$  без витримки і охолоджували до  $(6 \pm 2)^\circ\text{C}$  (умовне позначення цього продукту — В + П). До *п'ятої групи* зразків було віднесено відновлене молоко, виготовлене за наведеною вище методикою, яке не піддавали пастеризації (умовне позначення В) .

Такі показники якісного складу молока, як вміст жиру, білка, сухого знежиреного молочного залишку (далі — СЗМЗ), лактози, води, густина, температуру замерзання визначали на ультразвуковому аналізаторі молока «Екомілк-Бонд» (Болгарія), який широко використовується на молокозаводах України та в пунктах прийому молока.

Окисно-відновний потенціал визначали за допомогою комірки, що складалась з платинового електроду та хлор-срібного електроду порівняння, з'єднаних сольовим містком.

Валідацію методики визначення показників якості молока із використанням ультразвукового аналізатора молока «Екомілк-Бонд» здійснювали згідно з рекомендаціями [8]. Оскільки визначення проводилось за стандартною методикою, що знаходиться в передбачуваній галузі поширення, в ході валідації перевіряли такі робочі характеристики, як прецизійність в умовах збіжності та внутрішньолaborаторної відтворюваності. Прецизійність не перевірялась через відсутність відповідних атестованих стандартних зразків. Протокол валідації включав проведення повторних вимірювань (умови збіжності) у три непослідовні дні (умови внутрішньолaborаторної відтворюваності) на шести зразках молока.

Протокол валідації методики визначення окисно-відновного потенціалу молока включав проведення паралельних вимірювань потенціалу на шести зразках молока у три різні дні.

**Результати досліджень.** Обробку результатів валідації здійснювали за методом дисперсійного аналізу [9]. Тест Кохрена на однорідність дисперсій не виявив статистично значущої ( $p = 0,05$ ) різниці у прецизійності визначення між різними зразками. Встановлено, що у дослідженому діапазоні значень показників якості складу молока сталим лишається абсолютне значення стандартного відхилення. Результати валідації наведено у табл. 1. Прецизійність визначення показників якості молока із застосуванням аналізатора «Екомілк-Бонд», виражена як відповідне стандартне відхилення, є достатньою для вирішення поставлених

завдань. Відносно невелика розбіжність результатів в умовах внутрішньолабораторної відтворюваності ( $\leq 5\%$ ) вказує також на стабільність показників якості молока при нетривалому зберіганні зразків.

У той же час прецизійність визначення окисно-відновного потенціалу є недостатньою. Розбіжність значень між пробами є того ж порядку, що і при паралельних вимірюваннях, що обмежує практичну цінність вимірюваних значень окисно-відновного потенціалу.

Таблиця 1. Результати валідації методики визначення показників якості молока

| Показник якості                  | Робочий діапазон | Прецизійність в умовах збіжності, $\sigma_t$ | Прецизійність в умовах внутрішньолабораторної відтворюваності, $\sigma_w$ |
|----------------------------------|------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Вміст СЗМЗ, (%)                  | 7—10             | 0,069                                        | 0,13                                                                      |
| Вміст білка (%)                  | 2—6              | 0,085                                        | 0,093                                                                     |
| Вміст жиру (%)                   | 1—10             | 0,066                                        | 0,13                                                                      |
| Вміст лактози (%)                | 3,0—7,0          | 0,041                                        | 0,073                                                                     |
| Ступінь розведення водою (%)     | 0—20             | 0,42                                         | 1,4                                                                       |
| Густина, (г/см <sup>3</sup> )    | 1,220—1,320      | 0,0026                                       | 0,0064                                                                    |
| Температура замерзання, (°C)     | -(0,42—0,61)     | 0,0044                                       | 0,010                                                                     |
| Окисно-відновний потенціал, (мВ) | 220—260          | 19                                           | 21                                                                        |

Обробку даних методом головних компонент проводили у програмному продукті Minitab 16. Метод головних компонент (МГК) є одним із методів розпізнавання образів і широко використовується для аналізу, класифікації та зменшення розмірності числових масивів даних. Дані нові змінні називають головними компонентами (ГК). МГК часто використовують для розвідувального аналізу даних з метою пошуку кластерів або груп зразків. Перед проведенням обробки даних експериментальні результати досліджень піддавали авто масштабному перетворенню за формулою:

$$x' = \frac{x_i - \bar{x}}{s},$$

де  $x'$  — значення змінної після автомасштабного перетворення для  $i$ -го зразка;  $x_i$  — вихідне значення змінної для  $i$ -го зразка;  $\bar{x}$  — середнє значення змінної в усіх зразках;  $s$  — стандартне відхилення значень змінної в зразках.

Встановлено, що перші три головні компоненти описують 93,7% відмінностей між зразками. На рис. 1а наведено графік рахунків (координат зразків у просторі головних компонент) для першої та другої, а на рис. 1б — для другої та третьої головних компонент. Видно, що зразки утворюють окремі групи. На рис. 1а чітко виділяється група, що включає натуральне незбиране молоко без додавання та з додаванням води, а також група, куди потрапили зразки молока, що пройшли термообробку (П, ВП). На рис. 1 б, наведено графік рахунків першої та третьої головних компонент, на якому також прослідковується декілька груп — група зразків натурального незбираного молока (НН, НН+В), група зразків відновленого (В, В+П) та група зразків пастеризованого молока (П). На жаль, досягнути повної кластеризації між зразками відновленого молока (В), відновленого

молока з термообробкою (В+П) та пастеризованого молока (П) не вдалось, оскільки деякі зразки потрапляють в інші групи. Загалом, кластеризація зразків подібна до наших попередніх досліджень [10], щоправда в даному випадку класифікація виявилась не такою повною. Ймовірною причиною цього є вибірка зразків, отриманих із сировини іншої пори року.

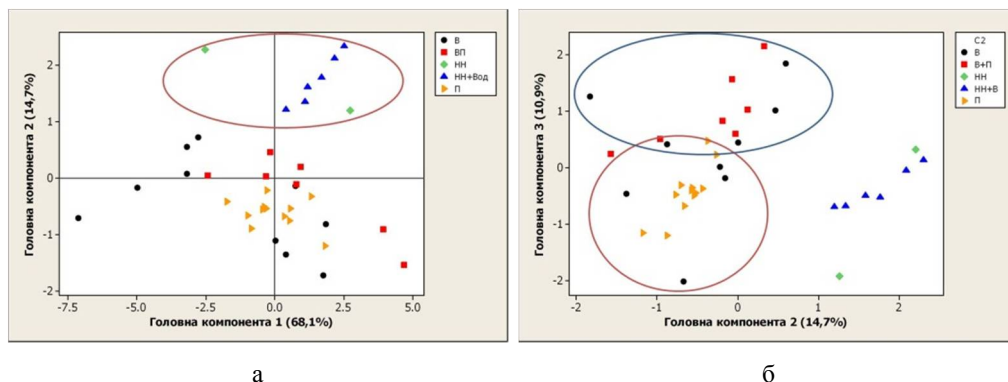


Рис.1. Графіки рахунків першої та другої (а) і другої та третьої (б) головних компонент

У табл. 2 наведено навантаження перших трьох головних компонент. Найбільших внесок у головні компоненти роблять такі показники, як СЗМЗ, вміст білка, лактози, жиру й температура замерзання. Окисно-відновний потенціал не дає суттєвого внеску у найбільш важливі першу та другу головні компоненти. Це може бути пов'язано саме з недостатньою прецизійністю визначення, що було з'ясовано в ході валідації методики.

Таблиця 2. Навантаження перших трьох головних компонент (ГК)

| Змінна                     | ГК1           | ГК2          | ГК3    |
|----------------------------|---------------|--------------|--------|
| Окисно-відновний потенціал | -0,143        | -0,409       | -0,883 |
| СЗМЗ                       | <b>0,423</b>  | 0,046        | -0,065 |
| Білок                      | 0,363         | -0,167       | -0,164 |
| Жир                        | 0,081         | <b>0,831</b> | -0,411 |
| Густина                    | 0,397         | -0,312       | 0,108  |
| Лактоза                    | <b>0,419</b>  | 0,112        | -0,093 |
| Температура замерзання     | <b>-0,424</b> | 0,036        | 0,019  |
| Ступінь розведення водою   | -0,386        | -0,018       | 0,005  |

**Висновки.** Проведена валідація методики визначення показників якості молока з використанням ультразвукового аналізатора молока «Екомілк-Бонд» показала, що зазначений метод придатний для даних цілей. Застосування методу головних компонент дало змогу провести кластеризацію зразків молока, проте вона виявилась неповною. Для пошуків маркерів для виявлення відновленого молока в пастеризованому необхідно, крім використання ультразвукового аналізатора молока «Екомілк-Бонд», долучити інші аналітичні методи.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Food and Agricultural Organization [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [www.fao.org](http://www.fao.org). — 2010.
2. Szabo, E. Elelmiszeralitikai korvizsgalatok II. Termoloi nyerstej idegen viztartalmana kmeghatározasa / E. Szabo // Elelmiszervizsg. kozl. — 1985. — 31. — № 1. — С.20—25.

3. *Harding, F.* Milk adulteration freezing point depression / F. Harding // *Hi. Soc. Dairy Technol.* — 1990. — 43. — № 3. — P. 61.

4. *Handbook of Dairy Foods Analysis.* / Edited by Leo M.L., Nollet Fidel Toldrá // U.S. : CRC Press, — 2010. — P. 920.

5. *Posudin, Y.I.* Non-destructive detection of food adulteration to guarantee human health and safety / Yuriy I. Posudin, Kamaranga S. Peiris, Stanley J. Kays // *Ukrainian Food Journal.* — 2015. — Vol. 4, № 2. — P. 207—260.

6. *Эсбенсен, К.* Анализ многомерных данных. Избранные главы / К. Эсбенсен // Черногловка: Изд-во ИПХФ РАН. — 2005. — С. 160

7. *Kamal, M.* Analytical methods coupled with chemometric tools for determining the authenticity and detecting the adulteration of dairy products: A review/M. Kamal, R. Karoui// *Trends in Food Science & Technology.* — 2015. — Vol.46. — P. 27 — 48.

8. *Magnusson, B. and Örnemark, U.* (eds.) Eurachem Guide: The Fitness for Purpose of Analytical Methods — A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics, (2nd ed. 2014). ISBN 978-91-87461-59-0. Available from [[http:// www.eurachem.org](http://www.eurachem.org)].

9. ДСТУ ГОСТ ІСО 5725-3:2005 Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 3. Проміжні показники прецизійності стандартного методу вимірювання.

10. *Ищенко, В.М.* Ідентифікація різних видів молока з використанням інструментальних і хеометричних методів / В.М. Іщенко, О.В. Кочубей-Литвиненко, Н.П. Суходольська, М.В. Іщенко // *Наукові праці НУХТ.* — 2016 — Том 2, № 2. — С. 230—235.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В СОЧЕТАНИИ С ХЕОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МОЛОКА

**В.Н. Ищенко, О.В. Кочубей-Литвиненко, А.И. Маринин, Н.П. Суходольская**

*Национальный университет пищевых технологий*

**Н.В. Ищенко**

*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко*

*В статье оценена возможность сочетания ультразвукового метода анализа молока с хеометрическими методами с последующим их применением для классификации молочных продуктов. Проведена валидация методики определения показателей качества молока с использованием ультразвукового анализатора молока «Экомилк-Бонд». Установлено, что прецизионность определения показателей качества молока этим методом является достаточной для решения поставленных задач. Применение метода главных компонент для обработки массива полученных данных позволило провести частичную кластеризацию образцов молока.*

**Ключевые слова:** молоко, ультразвуковой анализ, метод главных компонент, валидация.

УДК 633.864

## RESEARCH OF EXTRACTION NATURAL PIGMENT CHLOROPHYLL

**L. Saleba, D. Saribeykova, O. Condy***Kherson National Technical University***Key words:**

derivatives of chlorophyll,  
extraction,  
organic solvents,  
parsley leaf,  
food dye.

**Article history:**

Received 23.03.2017

Received in revised form  
10.04.2017

Accepted 06.05.2017

**Corresponding author:**

saleba@mail.ru

**ABSTRACT**

The extraction process of polar solvents derivative of chlorophyll from natural raw materials is research on article. The spectral characteristics of extractions are built and the amount of derivatives of chlorophyll is expected depending on the state of raw material and type of organic solvent. The state of raw material (green or dried) is influence on efficiency of extraction of derivatives of chlorophyll. The nature of the spectra obtained by extraction of fresh raw materials is identical irrespective of the solvent, and the absorption intensity in the "methanol-ethanol-acetone" series increases. The amount of extracted chlorophyll from the dry raw material is 4 times larger and depends little on the solvent used. The results of TLC are confirm identical selectivity of the chosen extractants in relation to extractive natural dyes.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ ПРИРОДНОГО ПІГМЕНТУ ХЛОРОФІЛУ І ЙОГО ПОХІДНИХ

**Л.В. Салєба, канд.техн.наук****Д.Г. Сарібекова, д-р.техн.наук****О.С. Кондя, студ.***Херсонський національний технічний університет*

У статті досліджено процес екстрагування полярними розчинниками хлорофілу і його похідних з рослинної сировини. Визначено, що стан сировини (суха чи свіжа) впливає на ефективність вилучення хлорофілу. Характер спектрів, отриманих при екстракції свіжої сировини, ідентичний незалежно від розчинника, а інтенсивність поглинання у ряді «метанол–етанол–ацетон» зростає. Кількість екстрагованого хлорофілу із сухої сировини більша в 4 рази і мало залежить від використаного розчинника. Результатами тонкошарової хроматографії підтверджена однакова селективність обраних екстрагентів щодо барвників, які містяться у сировині.

**Ключові слова:** похідні хлорофілу, екстракція, органічні розчинники, петрушка городня, харчовий барвник.

**Постановка проблеми.** В умовах сучасних харчових технологій, які включають різні види термічної обробки, а також при зберіганні продукти втрачають первісне забарвлення. Для відновлення їх органолептичних якостей використовують синтетичні і натуральні барвники. Останні вигідно відрізняються своєю безпекою. Серед природних барвників найбільш відомими є антоціани, хлорофіли і каротиноїди.

Як зелений барвник використовують хлорофіл і його похідні Е 140—141 (і — ii) для надання оливкового відтінку продуктам при виробництві кремів, морозива, молочних десертів, майонезу і різних соусів. Згідно з нормативною документацією, даний барвник не має обмежень застосування і вноситься у кількості за технологічною необхідністю [1].

Крім можливості забарвлювати харчові продукти і косметичні вироби, ці пігменти проявляють бактерицидну й антиоксидантну дію і використовуються в медицині і ветеринарії для фотодинамічної терапії онкологічних захворювань [2; 3].

На даний момент відомо близько десяти хлорофілів. Вони відрізняються за хімічною будовою, забарвленням, поширенням серед живих організмів. Хлорофіл *a* і хлорофіл *b* — найбільш розповсюджені природні хлорофіли. У всіх вищих рослинах містяться хлорофіли *a* і *b*. Хлорофіл *c* виявлено у діатомових водоростях, хлорофіл *d* — у червоних водоростях. Крім того, відомі види бактеріохлорофілів, які містяться в клітинах фотосинтезуючих бактерій. У клітинах зелених бактерій є бактеріохлорофіли *c* і *d*, у клітинах пурпурних бактерій — бактеріохлорофіли *a* і *b*. Основними пігментами, без яких неможливий фотосинтез, є хлорофіл *a* для зелених рослин і бактеріохлорофіли для бактерій [4].

Хлорофіл міститься у всіх зелених рослинах із співвідношенням видів *a*:*b* приблизно 3:1. Вміст хлорофілів становить: у кропиві — 0,6 — 0,7% на суху масу, люцерні — 0,2 — 0,4%, злаках — 0,7% тощо [1].

За хімічною будовою хлорофіл є магнієвим комплексом похідного порфіна (тетрапірольного протопорфіну), молекула якого містить циклопентенове кільце при пірольному ядрі С в структурі макроциклу. Залежно від природи замісника *R* у пірольному циклі В розрізняють хлорофіл *a* і хлорофіл *b*. Молекула хлорофілу полярна, порфіринове ядро володіє гідрофільними властивостями, а фітольний кінець — гідрофобними. Ця властивість молекули хлорофілу обумовлює певне розташування в мембранах хлоропластів (рис. 1) [1].

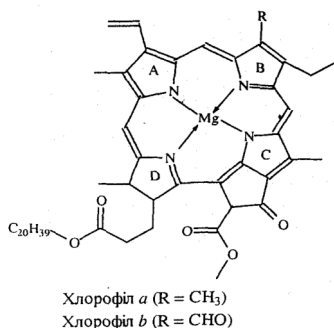


Рис. 1. Структурна формула хлорофілів *a* і *b*

Синтез хлорофілу в лабораторних умовах не вигідний через складність процесу, тому його основним джерелом є рослинна сировина, з якої барвник отримують шляхом екстракції.

Як екстрагент для вилучення жиророзчинних (ліпофільних) речовин використовують дозволені органічні розчинники (ацетон, етилметилкетон, дихлорметан, метанол, етанол, гексан, «надкритичний» діоксид вуглецю) і рослинні олії. Відомі дослідження використання двофазної системи розчинників, які не змішуються, що сприяє вилученню як ліпофільних, так і гідрофільних біологічно-активних речовин, що особливо важливо при роботі з лікарськими травами [10; 11].

Процес екстрагування харчових барвників, як відомо, є складним багато-стадійним технологічним процесом, в основі якого лежить масообмін. Масообмін у системі тверде тіло–рідина визначається в основному опором, що утворюється граничним шаром і пов'язаний з дією сил тертя між контактуючими фазами й поверхневим натягом. Природна масовіддача за відсутності руху потоку відбувається внаслідок різниці хімічного потенціалу в різних точках системи і є тривалим процесом [5]. Ефективність процесу екстрагування залежить від великої кількості параметрів, серед яких: гідродинамічні умови, поверхня розділу фаз, тривалість екстрагування, в'язкість екстрагента, температура, введення поверхнево-активних речовин, пористість сировини.

До властивостей, що характеризують розчинники і які беруть до уваги при їх виборі, відносяться: селективність, розчинність, в'язкість, діелектрична проникність, дипольний момент, реакційна здатність, токсичність, вартість тощо. В групу високополярних розчинників входять вода, пропіленкарбонат, гідразин, формамід, сірчана кислота; середньополярних розчинників — спирти, ацетон, нітрометан, нітробензол, ацетонітрил; неполярних розчинників — вуглеводні, хлороформ, дихлоретан, хлорбензол [6].

**Мета статті:** дослідження процесу екстракції біологічно-активних речовин, що дасть змогу вибрати оптимальну систему екстрагентів для більш ефективного вилучення хлорофілу і його похідних (ПХ) з петрушки городньої та використання їх як натурального харчового барвника.

**Матеріали і методи.** Для визначення ефективності дії розчинників та впливу стану сировини було проведено вилучення барвних речовин зі свіжої і сухої сировини (наземна частина петрушки огородньої листового виду) полярними екстрагентами (етиловий спирт, метиловий спирт, ацетон) при модулі 5 протягом 1,5 години при температурі 20 °С.

Після отримання екстрактів провели визначення електронних спектрів поглинання за допомогою прибору Spekol-11, використовуючи кювети з кришками, відстань між гранями — 10 мм. Для кількісної оцінки вмісту хлорофілу використовували фотометричний метод Гетрі. Склад екстрагованих речовин досліджували хроматографічним методом (ТШХ).

**Результати досліджень.** Спектри поглинання екстрактів для свіжої сировини наведені на рис. 2, дані для сухої сировини наведені на рис. 3.

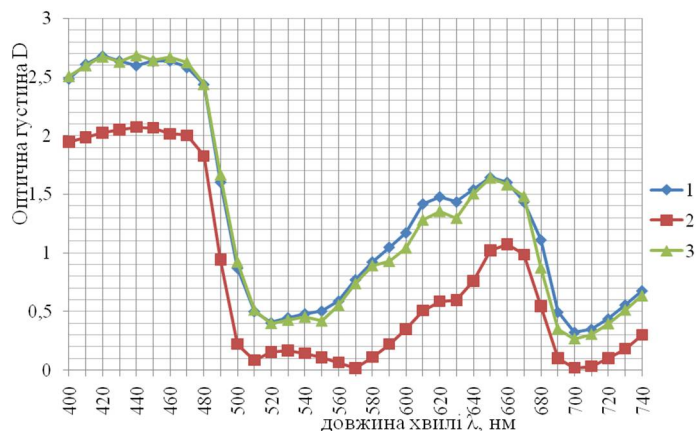
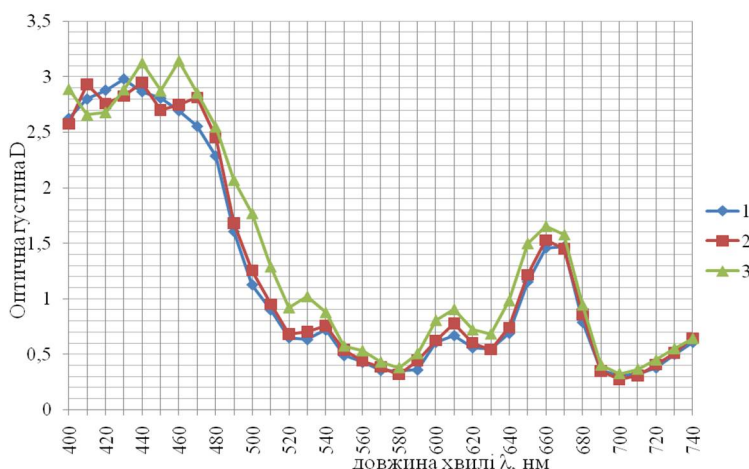


Рис. 2. Спектри поглинання екстрактів зі свіжої сировини полярними розчинниками: 1 — етанол, 2 — метанол, 3 — ацетон



**Рис. 3. Спектри поглинання екстрактів із сухої сировини полярними розчинниками:**  
1 — етанол, 2 — метанол, 3 — ацетон

Відомо, що хлорофіли мають два максимуми поглинання — в ділянці синього світла (хлорофіл *a* — 420 нм та хлорофіл *b* — 455 нм) і червоного світла (хлорофіл *a* — 662 нм та хлорофіл *b* — 644 нм) [12].

Характер отриманих нами спектральних кривих є ідентичним незалежно від розчинника, але інтенсивність поглинання дещо нижча при екстрагуванні похідних хлорофілу метанолом зі свіжої сировини. Можна помітити різницю при максимумі поглинання 620 нм, який виражений нечітко, що свідчить про недостатню чистоту колірного тону.

При екстрагуванні ПХ із сухої сировини інтенсивність оптичної густини екстрактів незалежно від обраного розчинника однакова. Порівняно з попередніми графіками слід відмітити наявність чітких максимумів при 530 — 540 нм, 610 нм та 660 нм.

Для грубої кількісної оцінки вмісту хлорофілу при вилученні з листової петрушки використовували фотометричний метод, в основі якого лежить зіставлення оптичної густини досліджуваних розчинів із серією забарвлених розчинів Гетрі з відомою концентрацією, що імітують природний діапазон вмісту хлорофілу в рослинах. Стандартний розчин Гетрі готували за таким складом: 2-процентний розчин біхромату — 50 мл; 1-процентний розчин сульфату міді — 28,5 мл; 2 н розчин гідроксиду амонію — 10 мл; вода дистильована — до 100 мл. 1 мл отриманого розчину відповідає за забарвленням 0,000085 г хлорофілу (85 мг/л) [7]. Оптичну густину досліджуваних розчинів визначали на КФК-2МП, використовуючи світло-червоний світлофільтр 670 нм і кювети з відстанню між гранями 10 мм. Як розчин порівняння використовували розчинник [8].

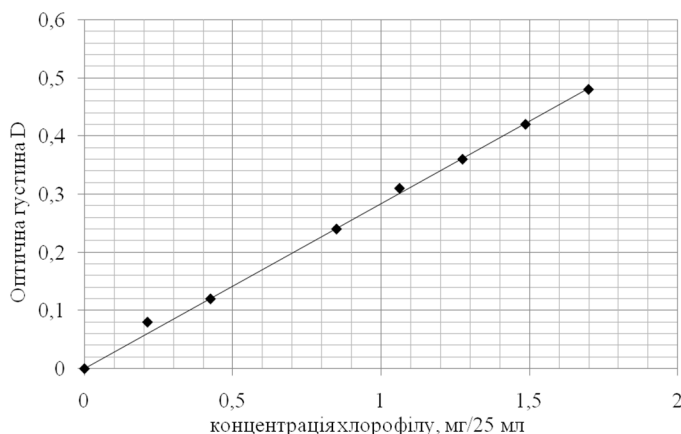
Вміст похідних хлорофілу в екстракті та в дослідному зразку розраховували за формулами (1), (2) та (3) відповідно:

$$C_{екс} (мг / л) = \frac{D}{b} \cdot 40; \quad (1)$$

$$C_{хл} (\%) = \frac{100DV}{1000 \cdot 1000mb} \cdot 40; \quad (2)$$

$$C_{xl} (мг / г) = \frac{DV}{1000mb} \cdot 40, \quad (3)$$

де  $D$  — оптична густина розчину;  $b$  — тангенс кута нахилу калібрувальної кривої;  $m$  — маса наважки, г;  $V$  — об'єм отриманої витяжки, %, 40 — коефіцієнт для переведення шкали калібрувального графіка.



**Рис. 4. Калібрувальний графік для визначення вмісту хлорофілу**

Результати розрахунків наведені в табл. 1 і 2.

**Таблиця 1. Результати екстракції полярними розчинниками зі свіжої сировини**

| Показник                                | Розчинник   |                |               |
|-----------------------------------------|-------------|----------------|---------------|
|                                         | етанол 96 % | метанол ч.д.а. | ацетон ч.д.а. |
| Концентрація ПХ в екстракті, мг/л       | 202,40      | 138,87         | 208,87        |
| Кількість вилучених ПХ з сировини, %    | 0,101       | 0,069          | 0,104         |
| Кількість вилучених ПХ з сировини, мг/г | 1,011       | 0,694          | 1,044         |

**Таблиця 2. Результати екстракції полярними розчинниками із сухої сировини**

| Показник                                | Розчинник   |                |               |
|-----------------------------------------|-------------|----------------|---------------|
|                                         | етанол 96 % | метанол ч.д.а. | ацетон ч.д.а. |
| Концентрація ПХ в екстракті, мг/л       | 828,73      | 815,77         | 889,58        |
| Кількість вилучених ПХ з сировини, %    | 0,414       | 0,407          | 0,444         |
| Кількість вилучених ПХ з сировини, мг/г | 4,143       | 4,078          | 4,447         |

Таким чином, визначено, що при вилученні ПХ зі свіжої сировини ефективність розчинників у ряді «метанол–етанол–ацетон» зростає.

Ефективність вилучення етанолом та ацетоном вища, ніж при використанні метанолу на 45,6% та 50,4% відповідно. Це можна пояснити різним рівнем впливу на приклітинний шар протоплазми (плазмоліз), оскільки ефективність вилучення залежить від здатності розчинника зруйнувати зв'язок між стінкою клітини і шаром протоплазми.

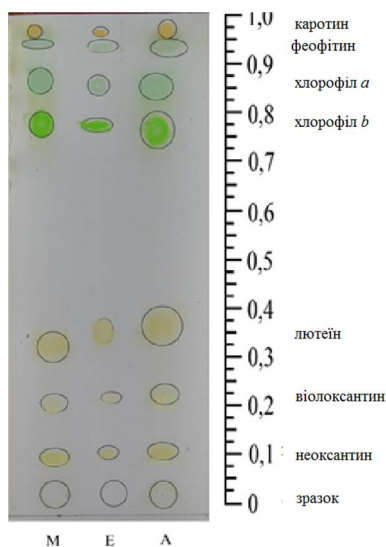
При вилученні ПХ із сухої сировини ефективність вилучення зростає у ряді розчинників «метанол–етанол–ацетон». Ефективність вилучення ацетоном вища, ніж при використанні метанолу та етанолу, на 7—9%. Такі результати можна пояснити тим, що під час теплового сушіння стінки рослинних клітин втрачають

приклітинний шар протоплазми, наявність якого надає стінці характер мембрани — напівпроникної перегородки. Без цього шару клітинна стінка набуває властивостей пористої перегородки і через неї вільно можуть дифундувати речовини.

Оскільки важливо було дослідити склад екстрагованих речовин залежно від використаного розчинника, для аналізу складної суміші було використано хроматографічний метод. У процесі хроматографії через те, що різні компоненти мають різні коефіцієнти розподілу, компоненти дослідної суміші захоплюються рухомим розчинником і переміщуються з різними швидкостями. Найбільша швидкість зафіксована у компонентів суміші, які мають більшу спорідненість до рухомої фази. При цьому компоненти суміші відокремлюються один від одного і розподіляються на різних ділянках у вигляді зон або плям. На процес проведення хроматографії впливають вологість, концентрація пігментів, температура. Розділення пігментів можна проводити різними методами: колонковою, площинною хроматографією тощо [13; 14].

Одним із розповсюджених методів для швидкого поділу малих кількостей пігментів, що знаходяться в суміші, на окремі компоненти є метод тонкошарової хроматографії (ТШХ). Він є більш доступним з матеріальної точки зору і в той же час експресним методом розділення та ідентифікації. До теперішнього часу запропоновано багато варіантів цієї хроматографії: висхідні та низхідні, одномірні, двомірні і кругові хроматограми із застосуванням різних розчинників. Важливою перевагою одновимірної висхідної хроматографії є велика швидкість поділу й отримання достатньої кількості окремих пігментів.

Для підтвердження якісного складу вилучених сполук і селективності дії екстрагентів була проведена тонкошарова хроматографія (ТШХ) на пластинках Silufol UV — 254 у системі розчинника бензол:ацетон (4:1). Результати ТШХ приведені нижче (рис. 5).



**Рис. 5. Хроматограма вилучень з петрушки городньої, отриманих при екстрагуванні:**  
М — метанол ч.д.а., Е — етанол 96 %, А — ацетон ч.д.а.

За результатами ТШХ підтверджена однакова селективність даних екстрагентів щодо барвників, що містяться у сировині. В кожному екстракті виявлено

7 компонентів: каротин, феофітин, хлорофіл *a*, хлорофіл *b*, лютеїн, віолоксантин, неоксантин.

Оскільки органічні розчинники, які застосовують для вилучення ліпофільних речовин, чинять токсичну дію на організм людини, є вогне- і вибухонебезпечними, при екстрагуванні харчових барвників перевагу надають таким, що легко видаляються з екстракту і є менш шкідливими. Таким чином, за результатами досліджень як екстрагент рекомендовано використовувати 96% етиловий спирт.

**Висновки.** Встановлено, що такі екстрагенти, як етиловий і метиловий спирти, ацетон екстрагують з рослинної сировини однакові групи барвників, про що свідчать спектральні криві, які характеризуються ідентичністю. Результати ТШХ підтверджують ці дані — в кожному екстракті було виявлено сім однакових компонентів: каротин, феофітин, хлорофіл *a*, хлорофіл *b*, лютеїн, віолоксантин, неоксантин.

У ході експерименту встановлено, що стан сировини (суха чи свіжа) впливає на ефективність вилучення хлорофілу та його похідних екстрагентами. У свіжій сировині міститься приклітинний шар протоплазми, пов'язаний з клітинною стінкою, що діє як мембрана. При вилученні полярними розчинниками зі свіжої сировини ефективність розчинників у ряді «метанол–етанол–ацетон» зростають. При цьому ефективність етанолу та ацетону вища, ніж метанолу на 45,7% та 50,4% відповідно, що свідчить про низьку ефективність руйнування метанолом зв'язку клітинна стінка–шар протоплазми. В той же час при екстракції з сухої сировини ефективність ацетону вища тільки на 9%, тому, враховуючи меншу шкідливість, як екстрагент рекомендовано використовувати 96% етиловий спирт.

У готовому продукті — харчовому барвнику хлорофілі (Е 140) не повинно бути домішок сторонніх речовин, тому подальші дослідження передбачають пошук ефективних способів видалення супутніх барвників, таких як каротиноїди та ксантофіли.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Ластухін, Ю.О. Харчові добавки. Е-коди. Будова. Одержання. Властивості: навч. посіб. / Ю.О. Ластухін. — Львів : Центр Європи, 2009. — 836 с.
2. Кардаш, О.В. Пігменти синьо-зелених водоростей та їх використання / О.В. Кардаш, А.В. Курейшевич, О.А. Васильченко // Проблеми екологічної біотехнології. — 2010. — № 2. — С. 16—29.
3. Макарова, Е.И. Прикладные аспекты применения микроводоростей — обитателей водных экосистем / Е.И. Макарова, И.П. Отурин, А.И. Сидякин // Экосистемы, их оптимизация и охрана. — 2009. — Вып. 20. — С. 120—133.
4. Андрианова, Ю.Е. Хлорофилл и продуктивность растений: учеб. для студ. / Ю.Е. Андрианова, И.А. Таврический. — М. : Наука, 2000. — 135 с.
5. Трейбал Р. Жидкостная экстракция: учебник / Р. Трейбал. — М. : Химия, 1966. — 724 с.
6. Райхардт К. Растворители и эффекты среды в органической химии: монография / К. Райхардт. — М. : Мир, 1991. — 763 с.
7. Гавриленко, В.Ф. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание: учеб. для студ. / В.Ф. Гавриленко, М.Е. Ладыгина, Л.М. Хандовина; под ред. Б.А. Рубина. — М. : Высшая школа, 1975. — 392 с.
8. Глаз, Н.В. Методические подходы к выбору условий пробоотбора и оценке содержания хлорофилла в листьях растений кукурузы / Н.В. Глаз, Н.И. Казакова, Л.В. Уфимцева // Вестник КрасГАУ. — 2015. — № 3. — С. 73—77.
9. Ефимов, А.А. Обоснование технологии получения хлорофилла из сине-зеленых водорослей как пищевой добавки / А.А. Ефимов // Российская академия естествознания. Фундаментальные исследования. — 2007. — № 11. — С. 82—84.

10. *Иванова, С.А.* Особенности массопереноса липофильных БАВ при экстрагировании сырья двухфазной системой экстрагентов / С.А. Иванова, В.А. Ванштейн, И.А. Каухова // Химико-фармацевтический журнал. — 2003. — Т. 37, № 8. — С. 30 — 33.

11. *Сорокин, В.В.* Изучение экстрагирующей способности одно- и двухфазных систем экстрагентов для извлечения флавоноидов из травы клевера лугового / В.В. Сорокин, В.А. Вайнштейн, И.Е. Карнаухова, Т.Х. Чибилев // Химико-фармацевтический журнал. — 2008. — Т. 42, № 8. — С. 23—25.

12. *Шлык, А.А.* О спектрофотометрическом определении хлорофиллов *a* и *b* / А.А. Шлык // Биохимия. — 1968. — Т. 33, вып. 2. — С. 275—285.

13. *Ахрем, А.А.* Тонкослойная хроматография: учеб. для студ. / А.А. Ахрем, А.И. Кузнецова. — М. : Наука, 1964. — 175 с.

14. *Физиология растений: лаб. пр-кум* / А.П. Кудряшов, Т.И. Дитченко, О. В. Молчан та ін. — Минск : БГУ, 2011. — 76 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ ПРИРОДНОГО ПИГМЕНТА ХЛОРОФИЛЛА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ

**Л.В. Салеба, Д.Г. Сарибекова, О.С. Кондя**

*Херсонский национальный технический университет*

*В статье исследован процесс экстракции полярными растворителями хлорофилла и его производных из растительного сырья. Состояние сырья (высушенное или сырое) влияет на эффективность извлечения хлорофилла. Характер спектров, полученных при экстракции свежего сырья, идентичен независимо от растворителя, а интенсивность поглощения в ряду «метанол–этанол–ацетон» растет. Количество экстрагированного хлорофилла из сухого сырья больше в 4 раза и мало зависит от применяемого растворителя. Результаты ТСХ подтверждена одинаковая селективность выбранных экстрагентов по отношению к извлекаемым природным красителям.*

**Ключевые слова:** производные хлорофилла, экстракция, органические растворители, петрушка листовая, пищевой краситель.

УДК: 637.5.03

## OPTIMIZATION OF SALTING MEAT IN BROILER CHICKENS

**T. Zmiiivska***National University of Food Technologies***N. Usatenko***Grigory Skovoroda's Perejaslav-Khmelnytsky State Pedagogical University***L. Borsolyuk***Institute of Food Resources of National academy of agrarian science of Ukraine*

---

**Key words:**

massaging,  
poultry,  
optimization,  
rheological,  
structural and mechanical  
indicators.

---

**Article history:**

Received 24.02.2017

Received in revised form  
10.04.2017

Accepted 12.05.2017

---

**Corresponding author:**

tanja\_sch@bk.ru

---

**ABSTRACT**

The article presents the results of the optimization of the duration of massaging and aging of raw meat in broiler chickens based on structural-mechanical and rheological indicators. The optimal technological parameters of salting meat in broiler chickens using statistical methods of planning experiments. It is shown that excessive mechanical action on the meat raw material leads to deterioration of functional properties of raw materials and the reduction of the structural indicators of finished products. It is established that the best results in terms of organoleptic and structural-mechanical characteristics were obtained by massaging raw train 2 hours in the vacuum masager and aging for 16 hours in the refrigerator at a temperature of 0 to 4 °C. For given parameters is high volucrisaquila, volegov apuvaline capacity of raw materials and the solidity of the texture, which is confirmed by the results of adhesive-cohesive properties and microstructural indicators.

---

## ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ПОСОЛУ М'ЯСА КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ

**Т.М. Змієвська, к.т.н.***Національний університет харчових технологій***Н.Ф. Усатенко, к.т.н.***ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет ім. Г.Сковороди***Л.М. Борсолюк***Інститут продовольчих ресурсів НААН*

У статті наведені результати оптимізації тривалості масування та визрівання м'ясної сировини з курчат-бройлерів на основі структурно-механічних і реологічних показників. Встановлено, що кращі результати за органолептичними та структурно-механічними показниками були отримані при масуванні сировини протягом 2 год у вакуумному масажері та визріванні протягом 16 год у холодильній камері за температури 0...4 °C. За наведених параметрів досягається висока волоутримувальна, вологозв'язувальна здатність сировини та монолітність текстури, що підтверджено результатами адгезійно-когезійних властивостей і мікроструктурними показниками.

**Ключові слова:** масування, м'ясо птиці, оптимізація, реологічні, структурно-механічні показники.

**Постановка проблеми.** В умовах посилення впливу економічних факторів на діяльність підприємств м'ясопереробної галузі одним із перспективних напрямків підвищення рентабельності і, як наслідок, зниження собівартості готової м'ясної продукції є розширення асортименту м'ясної продукції за рахунок раціонального перероблення птиці. Значної уваги в м'ясній та птахопереробній промисловості заслуговують реструктуровані формовані продукти. Виготовляють їх з окремих шматків подрібненої сировини, якій у кінцевому рахунку надають властивості монолітної структури. Однак невисокі функціональні властивості м'яса курчат-бройлерів унаслідок значного обводнення ускладнюють процес виготовлення з них м'ясних виробів з високими структурними показниками. Тому необхідно коригувати технології їх виробництва для підвищення якісних характеристик нового виду продуктів. Найважливішим етапом процесу виготовлення м'ясопродуктів є посол, у результаті якого формуються необхідні технологічні і споживчі властивості. Враховуючи важливість даного процесу, необхідно визначити раціональні параметри його перебігу для сучасного м'яса курчат-бройлерів.

**Мета дослідження:** визначити раціональні режими посолу м'яса курчат-бройлерів на основі структурно-механічних і реологічних показників.

**Матеріали і методи.** Вологозв'язуючу здатність (ВЗЗ) визначали методом пресування за Р. Грау та Р. Хамма в модифікації В.П. Воловинської та Б.Я. Кельмана [1]

Вологоутримуючу здатність (ВУЗ) визначали за кількісним вмістом води, що утримується дослідним зразком після термічної обробки [2]. Адгезійну здатність — на лабораторній установці важільного типу, що є прототипом адгезіометра А.В. Ніколаєва. Когезійну здатність — за допомогою електромеханічної універсальної випробувальної машини SANS CMT 2503.

Мікроструктурні дослідження здійснювали гістологічним методом за допомогою бінокулярного мікроскопа класу XSP-XY з фото/відеовиходом і цифровою мікроприставкою з адаптером «Canon Power Shot G6».

Для оптимізації режимів посолу використовували метод багатофакторного аналізу [3].

**Результати досліджень.** Для пошуку оптимальних технологічних параметрів вважається ефективним застосування статистичних методів планування експериментів [4; 5]. Для визначення оптимальних параметрів масування та визрівання м'яса курчат-бройлерів використовували метод повного факторного експерименту (ПФЕ)  $2^n$  (де  $2^n$  — кількість експериментів,  $n$  — кількість факторів) з подальшою обробкою даних у комп'ютерній програмі MathCad. Параметрами оптимізації були обрані функціональні (ВЗЗ, ВУЗ), структурні (зусилля зрізу, когезійна здатність), технологічні (вихід) та реологічні (адгезійна здатність) властивості сировини й готового продукту.

На першому етапі була спланована та проведена серія експериментів згідно з композиційним ортогональним планом другого порядку [5]. Такий план складається з ПФЕ  $2^n$  ( $n \leq 5$ ), до якого долучають експеримент у центрі плану та  $2n$  зіркових точках, розміщених на осях фіктивного простору.

Під час проведення експериментів використовували біле та червоне м'ясо курчат-бройлерів у рівних пропорціях, яке подрібнювали на вовчку з діаметром

отворів вихідної решітки 16...25 мм. Подрібнену м'ясну сировину поміщали у вакуумний масажер, додавали 30% розсолу і масували протягом 1...4 год при швидкості руху барабана 2 об./хв. Для надання готовому продукту характерних органолептичних і структурно-механічних характеристик до складу розсолу вводили 2,5% кухонної солі та 0,3% суміші фосфатних солей «Біофос-90». Після масування сировину направляли на визрівання у холодильну камеру з температурою 0...4 °С, де вона знаходилася протягом 4...24 год.

Межі варіювання факторів було обрано на основі значень, характерних для промислових умов, а також попередніх експериментальних досліджень [6; 7]. Їх значення наведені в табл. 1. Були прийняті такі позначення:  $x_1$  — безрозмірна тривалість масування,  $x_2$  — безрозмірна тривалість визрівання.

Таблиця 1. Межі варіювання факторів

| Фактор          | $\tau_1^*$ ,<br>год. | $x_1$ | $\tau_2^*$ ,<br>год. | $x_2$ |
|-----------------|----------------------|-------|----------------------|-------|
| Нижній рівень   | 1                    | —     | 4                    | —     |
| Нульовий рівень | 2,5                  | 0     | 14                   | 0     |
| Верхній рівень  | 4,0                  | +     | 24                   | +     |

**Примітка.** \* Натуральні величини відповідних параметрів.

Параметри відгуку:  $y_1$  — ВЗЗ, %;  $y_2$  — ВУЗ, %;  $y_3$  — адгезій на здатність, Н/м<sup>2</sup>;  $y_4$  — когезійна здатність;  $y_5$  — зусилля зрізу, кН/м<sup>2</sup>;  $y_6$  — вихід, %.

Обробка отриманих результатів проводилась згідно з методикою, наведеною в [3; 5]. Після перевірки коефіцієнтів на значимість, отримали рівняння, які адекватно описують експериментальні дані:

$$y_1 = 62,95 + 3,18 \cdot \tau_1 + 0,34 \cdot \tau_2 - 0,72 \cdot \tau_1^2 - 0,07 \cdot \tau_2^2 - 0,026 \cdot \tau_1 \cdot \tau_2; \quad (1)$$

$$y_2 = 59,14 + 3,21 \cdot \tau_1 + 0,32 \cdot \tau_2 - 0,72 \cdot \tau_1^2 - 0,0066 \cdot \tau_2^2 - 0,03 \cdot \tau_1 \cdot \tau_2; \quad (2)$$

$$y_3 = 446,9 + 101,5 \cdot \tau_1 + 7,8 \cdot \tau_2 - 21,9 \cdot \tau_1^2 - 0,23 \cdot \tau_2^2 - 0,77 \cdot \tau_1 \cdot \tau_2; \quad (3)$$

$$y_4 = 208,53 + 254,4 \cdot \tau_1 + 33,37 \cdot \tau_2 - 43,5 \cdot \tau_1^2 - 0,84 \cdot \tau_2^2 - 3,1 \cdot \tau_1 \cdot \tau_2; \quad (4)$$

$$y_5 = 21,97 - 5,07 \cdot \tau_1 - 0,13 \cdot \tau_2 + 1,16 \cdot \tau_1^2 + 0,0008 \cdot \tau_2^2 + 0,01 \cdot \tau_1 \cdot \tau_2; \quad (5)$$

$$y_6 = 103,26 + 6,42 \cdot \tau_1 - 0,075 \cdot \tau_2 - 1,4 \cdot \tau_1^2 + 0,0038 \cdot \tau_2^2 - 0,036 \cdot \tau_1 \cdot \tau_2, \quad (6)$$

де  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  — тривалість масування і тривалість визрівання відповідно, год.

Аналіз залежностей  $y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6 = f(\tau_1, \tau_2)$  дещо ускладнений, адже коефіцієнти зі знаком «+», що стоять біля змінних  $\tau_1$  та  $\tau_2$  першого степеня більші, ніж біля їх квадратичних аналогів зі знаком «-». Це вказує на те, що на перших етапах як масування, так і визрівання в сировині будуть відбуватися більш інтенсивні фізико-хімічні перетворення, що підвищуватимуть досліджувані показники (ВЗЗ, ВУЗ, адгезійну, когезійну здатність, зусилля зрізу, вихід). Збільшення тривалості оброблення буде призводити до уповільнення росту цих показників, і, можливо, навіть до їх зниження.

Для більш глибокого аналізу цього припущення були побудовані графіки (рис. 1, наведені результати для ВЗЗ), що показують величину впливу кожного з факторів залежно від тривалості оброблення сировини. Для цього по осі

ординат відображені значення, що описуються залежністю  $3,18\tau_1 - 0,72\tau_1^2$  (рис. 1 а) і  $0,34\tau_2 - 0,007\tau_2^2$  (рис. 1 б). Ці залежності взяті з рівняння (1) і в них входять лише змінна  $\tau_1$  або  $\tau_2$ , що дає змогу оцінити вплив кожного фактора на кінцевий результат, який можна розрахувати за даним рівнянням.

З рис. 1 видно, що тривалість масування  $\tau_1$  та визрівання  $\tau_2$  окремо впливають на зміну ВЗЗ. Графіки чітко показують, що при збільшенні тривалості масування більше ніж на 2 год досліджуваний показник починає зменшуватися. Тривалість визрівання лише підвищує зазначений параметр, стрімкий ріст якого сповільнюється через 16...20 год.

Наведені рівняння (1...6) можуть бути застосовані для оптимізації процесу посолу м'яса з курчат-бройлерів за умови, що  $\tau_1$  і  $\tau_2$  знаходяться в межах від 1 год до 4 год та від 4 год до 24 год відповідно.

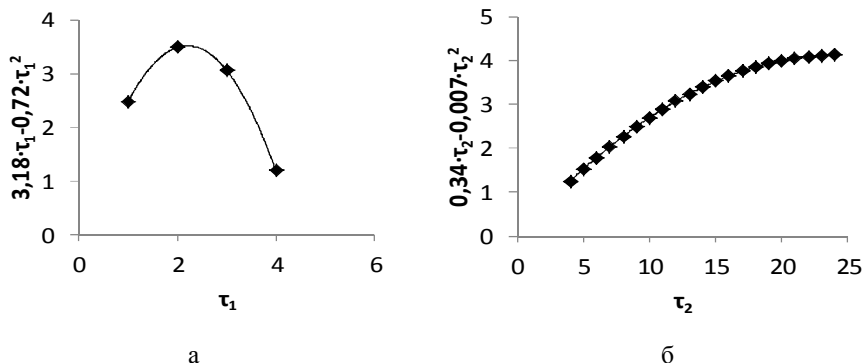


Рис. 1. Вплив факторів  $\tau_1$  (а) та  $\tau_2$  (б) на ВЗЗ (величини по осі ординат визначались згідно з рівнянням (14))

Для відтворення повної картини взаємозв'язку між вимірюваними показниками  $\tau_1$  та  $\tau_2$  для зазначених вище параметрів оптимізації були побудовані тривимірні графіки (рис. 2...5).

З рис. 2 та 3 видно, що найбільшу величину ВЗЗ (69%) та ВУЗ (67%) отримуємо при масуванні сировини протягом 2 год та визріванні не менше 16 год. Збільшення тривалості масування більше 2 год призводить до погіршення функціональних властивостей сировини, що пов'язане, на наш погляд, з надмірним механічним впливом на м'язові волокна та значною їх деструкцією. Збільшення тривалості визрівання (рис. 2) позитивно впливає на зростання ВЗЗ, проте його інтенсивність дещо гальмується, починаючи приблизно з 16 год, і практично зупиняється після 20 год визрівання. Схожий характер взаємозв'язку між змінними факторами та функцією відгуку спостерігається і для ВУЗ (рис. 3).

Оскільки для реструктурованих формованих продуктів однією з основних характеристик є монолітність текстури, то визначали основні її показники: адгезійну та когезійну здатність.

З огляду на те, що головними компонентами, які забезпечують адгезійно-когезійну взаємодію шматочків м'яса і, як наслідок, монолітність реструктурованих виробів, є м'язові білки, то весь спектр технологічних досліджень при обробці м'язової тканини (перемішування, масування за наявності хлориду натрію) був спрямований на руйнування її клітинної структури для екстрагування на поверхню м'яса ексудату з міофібрилярних гелеутворюючих білків — актину і міозину.

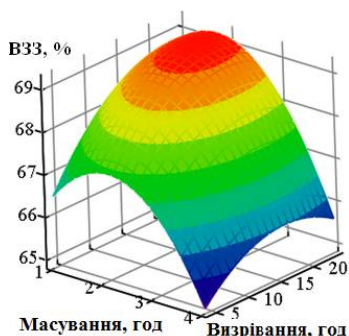


Рис. 2. Залежність В33 м'ясної сировини від тривалості масування і визрівання

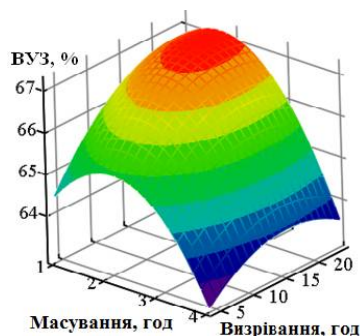


Рис. 3. Залежність ВУЗ м'ясної сировини від тривалості масування і визрівання

Кількість виділеного ексудату, що має підвищену липкість, визначає величину адгезії та когезії, максимальний рівень якої було досягнуто за 2 год масування. Максимум під час визрівання спостерігався: для адгезії — від 15 год до 17 год, а для когезії — від 15 год до 20 год, після чого зазначені показники дещо знижувалися, що є негативним для процесу реструктурування.

Товарні показники м'ясопродуктів характеризуються комплексом характеристик, серед яких важливе значення надається структурі продукту (консистенції), яку визначають за показником зусилля зрізу (рис. 4). Тривалість визрівання знижує зусилля зрізу за лінійною залежністю на всьому досліджуваному проміжку. Таким чином, чим довше сировина знаходиться на визріванні, тим повніше проходять у ній фізико-хімічні зміни, які призводять до пом'якшення її структури.

Зусилля зрізу продукту (рис. 4), що корелює з показниками В33 та ВУЗ, підтверджує доцільність масування сировини протягом 2 год та визрівання протягом не менше ніж 16 год. При визначених параметрах отримуємо найніжніший продукт, про що свідчить найменше значення зусилля зрізу ( $15 \text{ kN/m}^2$ ), яке, згідно з категоріями ніжності [8], класифікується як продукт «від слабкої ніжності до слабкої жорсткості». Крім того, за обраних параметрів отримуємо максимальний вихід продукції (112%), який також безпосередньо корелює з показником вологоутримуючої здатності (рис. 5).

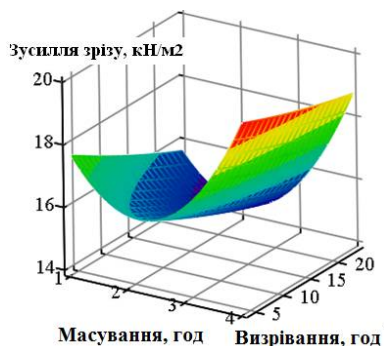


Рис. 4. Залежність зусилля зрізу м'ясної сировини від тривалості масування і визрівання

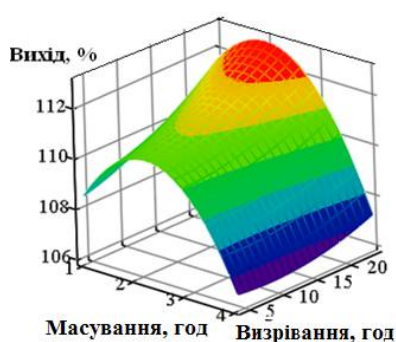
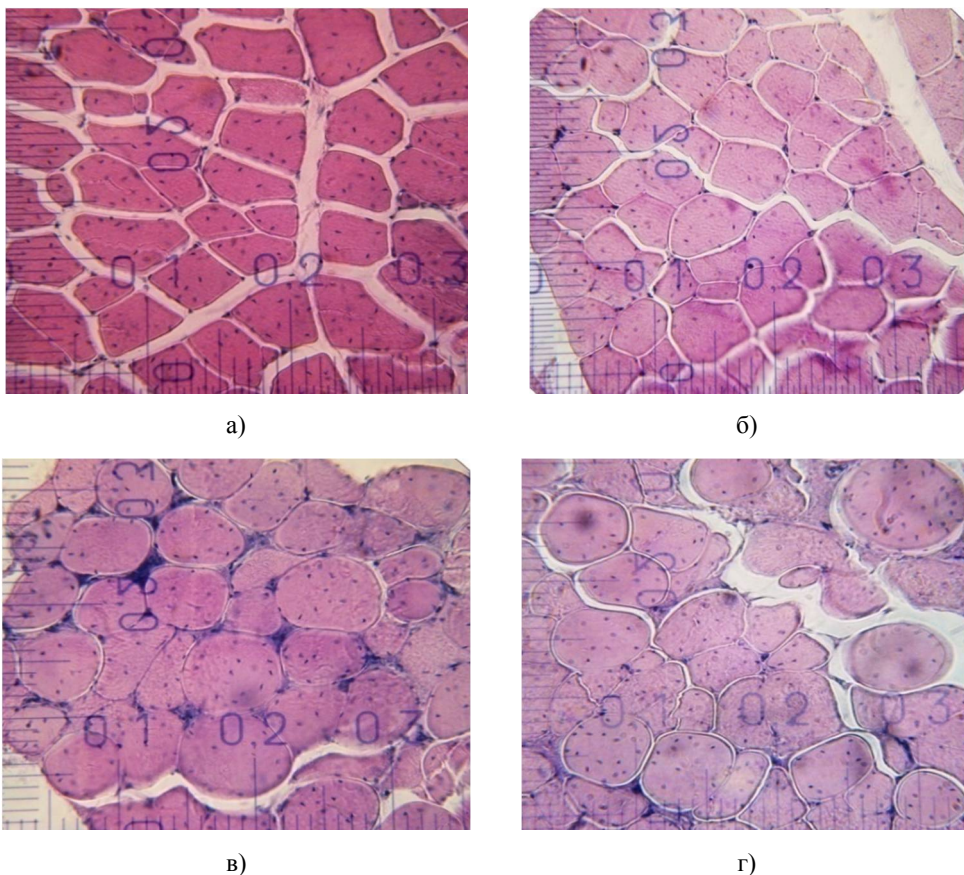


Рис. 5. Залежність виходу реструктурованих продуктів від тривалості масування і визрівання

З рис. 5 видно, що надмірне масування сировини (більше 2 год) призводить до зниження виходу готового продукту. На наш погляд, дане явище пояснюється надмірним механічним впливом на м'ясо, який призводить до значної деструкції клітинних оболонок, зменшення частки хімічно зв'язаної вологи внаслідок збільшення інтенсивності теплового руху молекул води у складі гідратної оболонки та до погіршення умов вторинного структуроутворення, що, як наслідок, призводить до зменшення ВУЗ і, відповідно, до зниження виходу готового продукту [9].

Для виявлення локальних змін м'язової тканини в процесі автолізу використовували гістологічний метод досліджень, результати якого доповнили усереднені дані, отримані за фізико-хімічними методами. Динаміка змін у мікроструктурі білої м'язової тканини на етапах соління та масування залежно від тривалості операцій зображена на рис. 6.



**Рис. 6. Мікроструктура м'язової тканини філе курчат-бройлерів, поперечні зрізи, збільшення  $\times 400$ , площа поля зору —  $0,2 \text{ мм}^2$ : а — початковий стан; б — масування протягом 2 год; в — масування протягом 3 год; г — масування протягом 4 год**

Аналіз зображень мікроструктури м'язової тканини на рис. 6 (а, б, в, г) свідчить про те, що найбільшої ефективності щодо збільшення ступеня екстракції, розчинності, концентрування та розпадання основних міофібрилярних білків м'язової тканини (зі збереженням її цілісності), від яких залежить когезійна та

адгезійна здатність м'ясної сировини, досягнуто саме за рахунок її перемішування та масування у масажері не більше 2 год (рис. 6б).

Якщо на поперечному зрізі (рис. 6а) м'язові волокна характеризуються чітко вираженою полігональною формою волокон, то після перемішування та масування протягом 2 год (рис. 6б) спостерігаються певні деструктивні зміни м'язової тканини, пов'язані з виходом солерозчинних білків у міжволоконний простір і під сарколему.

Під дією механічних сил, впродовж більше ніж 2 год (рис. 6в, г), відбувається надмірна деструкція м'язових волокон, порушується цілісність міофібрилярних структур, деструкція міофібрил до дрібнозернистої білкової маси та деструкція з'єднувальної тканини (перемізію). У результаті таких глибоких змін у структурі міофібрилярних білків та завдяки утворенню значної кількості дрібнозернистої маси у процесі термічної обробки в готовому продукті формується надщільний білковий каркас, який надає йому небажаної жорсткості.

За даними досліджень можна стверджувати, що використання методів багатофакторного аналізу дає змогу отримати раціональні параметри факторів впливу, які забезпечують високу якість виробу.

**Висновки.** Встановлені раціональні технологічні режими посолу м'яса птиці: масування протягом 2 год у масажері під вакуумом величиною 0,06...0,07 МПа та кількістю обертів барабану 2 об./хв в розсолі (30 % до маси сировини); визрівання обробленої сировини в холодильній камері за температури повітря 0...4 °С протягом 16 годин.

Раціональність параметрів механічного впливу на м'ясо курчат-бройлерів підтверджена мікроструктурними дослідженнями. Встановлено, що при збільшенні тривалості операцій відбувається надмірна деструкція м'язових волокон і формування у готовому продукті жорсткої консистенції.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Журавская, Н.К. Исследование и контроль качества мяса и мясopодуктов / Н.К. Журавская, Л.Т. Алехина, Л.М. Отряшенкова. — М.: Агропромиздат, 1985. — 296 с.
2. Антипова, Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. — М.: Колос, 2001. — 376 с.: ил.
3. Бондарь, А.Г. Планирование эксперимента в химической технологии (основные положения, примеры и задачи) / А.Г. Бондарь, Г.А. Статюха. — К.: Вища школа, 1976. — 184 с.
4. Долинский, Е.Ф. Обработка результатов измерений / Е.Ф. Долинский. — М.: Издательство стандартов, 1973. — 192 с.
5. Усатенко, Н.Ф. Шляхи підвищення адгезійно-когезійних властивостей м'ясної сировини з курчат-бройлерів / Н.Ф. Усатенко, Т.М. Змієвська, А.В. Тимчук // Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей: тез. докл. II міжнар. наук.-практ. конф., 25 бер. 2013 р. — К., 2013. — С. 17.
6. Змієвська, Т. Зміна характеристик м'ясної сировини з курчат-бройлерів в процесі посолу / Т. Змієвська, Н. Усатенко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2014. — № 4, Т. 20. — С. 225—232.
7. Zmievskaya, T. Using of low-value raw poultry materials / T. Zmievskaya, N. Usatenko, S. Verbytskyi // Ukrainian Food Journal. — 2014. — Vol.4. — P. 497—504.
8. Сэмс, Р.А. Переработка мяса птицы / Под ред. Алана Р. Сэмса; пер. с англ., под. науч. ред. В.В. Гущина. — СПб.: Профессия, 2007. — 432 с.
9. Мурашев, С. Исследование цветковых характеристик мясного сырья для оценки антиокислительных свойств дрожжевого экстракта / Сергей Мурашев, Михаил Жемчужников // Все о мясе. — 2010. — № 6. — С. 52—57.

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ПОСОЛА МЯСА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

**Т.Н. Змиевская**

*Национальный университет пищевых технологий*

**Н.Ф. Усатенко**

*ГВУЗ «Переяслав-Хмельницкий государственный педагогический университет им. Г. Сковороды»*

**Л.Н. Борсолук**

*Институт продовольственных ресурсов НААН Украины*

*В статье приведены результаты оптимизации процесса массирования и созревания мясного сырья из цыплят-бройлеров на основании структурно-механических и реологических показателей. Установлено, что лучшие результаты по органолептическим и структурно-механическим показателями были получены при массировании сырья на протяжении 2 час в вакуумном массажере и созревании в течение 16 час в холодильной камере при температуре 0...4 °С. При указанных параметрах достигается высокая влагоудерживающая, влаго-связывающая способность сырья и монолитность текстуры, что подтверждено адгезионно-когезионными и микроструктурными показателями.*

**Ключевые слова:** *массирование, мясо птицы, оптимизация, реологические, структурно-механические показатели.*

УДК 641.447

## INTENSIFICATION MICROWAVE DEHYDRATION PLANT MATERIALS

**I. Babanov***National University of Food Technologies***I. Babkina, S. Mikhaylova, A. Shevchenko***Kharkiv State University of Food Technology and Trade***Key words:**

spicy raw material,  
microwave vacuumizing,  
microwave drying,  
vacuum level,  
mass,  
content of moisture.

**Article history:**

Received 02.04.2017

Received in revised form  
22.04.2017

Accepted 16.05.2017

**Corresponding author:**

igbabanov@mail.ru

**ABSTRACT**

The article is devoted to the specification of the influence of the capacity of the source of microwave energies and vacuum level on the duration of raw material heating, during microwave vacuumizing and microwave drying in the conditions of vacuum. The possibility of intensification of processes and increase efficiency of microwave energy. With increasing depth in the vacuum chamber is reduced final temperature of the product to which it is heated during unsteady mode (vacuum depth within 80...40 kPa from 93 °C to 76 °C). The duration of the ultimate temperature at the concentration of microwave and microwave drying with increased heating capacity of 0,5...2 kW declining 3,9...4.1 times, and with increasing depth vacuum of 80...40 kPa — 21...25%. Rational values of residual pressure that affects the safety of physical and chemical properties is 40...60 kPa, and the dehydration process is carried out in the temperature range 76...86 °C. There is no need to create special structural measures to ensure the tightness of the membrane working chamber microwave apparatus.

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ МІКРОХВИЛЬОВОГО ЗНЕВОДНЮВАННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

**І.Г. Бабанов***Національний університет харчових технологій***І.В. Бабкіна****С.В. Михайлова****А.О. Шевченко***Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Стаття присвячена визначенню впливу потужності джерела НВЧ-енергії та глибини вакуумування на тривалість нагрівання пряної сировини при мікрохвильовому концентруванні і сушінні за умов вакуумування. Встановлено можливість інтенсифікації процесів і збільшення ефективності використання НВЧ-енергії.

**Ключові слова:** пряні овочі, НВЧ-концентрування, НВЧ-сушіння, глибина вакуумування, маса, вологовміст.

**Постановка проблеми.** Важливим напрямом підвищення показників економічної діяльності підприємств харчової та переробної промисловості, закладів ресторанного господарства є впровадження новітніх енерго- та ресурсозбері-

гаючих технологій переробки харчової сировини, що забезпечують високу якість готової продукції.

Одним із недоліків, що мають місце в процесах переробки харчової сировини, є значні втрати її харчової та біологічної цінності, особливо на стадії тепломасообмінної обробки, зокрема під час концентрування, сушіння. Насамперед це стосується термолабільної сировини, наприклад прямих овочів, які за умов високотемпературного впливу, окрім суттєвого зниження харчової та біологічної цінності, втрачають природні ароматичні та смакові властивості, що не дає змоги повною мірою використати їхній природний потенціал при виробництві харчової продукції на її основі, а також з її використанням як смакового та ароматичного компонента [1—6].

У зв'язку з цим вирішення проблеми створення енерго- та ресурсозберігаючих способів і обладнання для тепло-масообмінної обробки термолабільної сировини, що забезпечують високу якість готової продукції, має актуальний характер.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У промислових умовах виробництва харчової продукції на основі рослинної сировини для концентрування та сушіння використовують достатньо широкий спектр обладнання, що часто відрізняється громіздкістю, значною металоємністю, а також тривалістю процесу. В той же час для потреб невеликих підприємств, зокрема закладів ресторанного господарства, де продукція переробляється в міру необхідності невеликими обсягами та в достатньо короткий термін, існуюче обладнання не може бути використаним, а універсальне малогабаритне обладнання, призначене для виконання вищезазначених цілей, практично відсутнє.

До перспективних методів тепло- і масообмінної обробки відносять обробку в НВЧ-полі [7]. При НВЧ-обробці теплота виділяється одночасно по всьому об'єму продукту, відбувається електроплазмоліз і утворення пористої структури. В результаті цього знижується біологічна активність протоплазми, внаслідок чого клітинний сік виходить у міжклітинне середовище. Відмічається високий рівень збереженості харчових речовин, що зумовлено, по-перше, практично миттєвим завершенням процесів життєдіяльності і кліткової метаболічної активності, по-друге, суттєвим скороченням тривалості процесу, внаслідок чого в продукті не встигають повністю розвиватися процеси температурного руйнування речовин [8].

**Метою статті** є встановлення можливості інтенсифікації процесів НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння та збільшення ефективності використання НВЧ-енергії, а також отримання практичних даних щодо раціональних режимів їх реалізації.

**Викладення основних результатів дослідження.** Об'єктом досліджень є процеси НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння за умов вакуумування. Як предмет досліджень використовували суміш подрібнених коренів прямих овочів — петрушки, пастернаку, селери, кропу, а також модельний зразок вакуумного апарата НВЧ-нагріву. Під час визначення кінетики маси внаслідок видалення вологи через кожні 10 хв процесу здійснювали контрольне зважування зразків за допомогою лабораторних ваг ВЛР1000. Фіксація зміни температури зразка здійснювалась термопарою за допомогою пірометричного мілівольтметра Ш-4501. Вміст вологи визначали за допомогою рефрактометра та висушуванням до постійної маси.

Початкові умови є такими: маса зразка — 1 кг, вологовміст суміші під час концентрування — 560%, під час висушування — 100%, товщина зразка — 4 та 6 см відповідно. Дослідження проводились у три етапи: 1 — нагрів зразка до температури кипіння рідини; 2 — НВЧ-концентрування суміші до вологовмісту 100% (відповідає втратам маси 70% від початкового значення); 3 — НВЧ-сушіння до кінцевого вологовмісту 10% (відповідає втратам маси 45% від попередньо сконцентрованої суміші).

Результати досліджень тривалості нагріву зразка до температури кипіння рідини (тобто нестационарного режиму) при заданих параметрах вакуумування і потужності нагріву, наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Тривалість нагріву зразка до постійної температури ( $t-60^{-1}$ , с)

| Тиск Р, кПа        | Кінцева температура, °С | Потужність нагріву, кВт |         |         |         |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|---------|---------|---------|
|                    |                         | 0,5                     | 1,0     | 1,5     | 2,0     |
| НВЧ-концентрування |                         |                         |         |         |         |
| 80                 | 93                      | 9,7±0,5                 | 4,9±0,2 | 3,2±0,2 | 2,4±0,1 |
| 60                 | 86                      | 8,8±0,5                 | 4,4±0,2 | 2,9±0,1 | 2,2±0,1 |
| 50                 | 81                      | 8,1±0,4                 | 4,1±0,2 | 2,7±0,1 | 2,0±0,1 |
| 40                 | 76                      | 7,5±0,4                 | 3,7±0,2 | 2,5±0,1 | 1,9±0,1 |
| НВЧ-сушіння        |                         |                         |         |         |         |
| 80                 | 93                      | 7,1±0,4                 | 3,5±0,2 | 2,4±0,1 | 1,8±0,1 |
| 60                 | 86                      | 6,4±0,3                 | 3,2±0,2 | 2,1±0,1 | 1,6±0,1 |
| 50                 | 81                      | 5,9±0,3                 | 2,9±0,1 | 2,0±0,1 | 1,5±0,1 |
| 40                 | 76                      | 5,4±0,3                 | 2,7±0,1 | 1,8±0,1 | 1,4±0,1 |

З отриманих даних видно, що внаслідок інтенсивного поглинання НВЧ-енергії температура достатньо різко зростає на етапі від початку процесу до настання інтенсивного випаровування вологи. При цьому вакуум істотно знижує температуру нагріву зразка. Безумовно, що на якісні зміни зразка суттєво впливає температура нагріву, за зміною якої можна оцінити критичну тривалість впливу НВЧ-енергії, при якій наступить денатурація білка, що, у свою чергу, призведе до погіршення якості продукту. Так, зі збільшенням глибини вакуумування в робочій камері знижується кінцева температура продукту, до якої він нагрівається під час нестационарного режиму: при 80 кПа — 93 °С, при 60 кПа — 86 °С, при 50 кПа — 81 °С, а при 40 кПа — 76 °С.

Зі збільшенням потужності нагріву з 0,5 кВт до 2 кВт скорочується тривалість досягнення кінцевої температури при НВЧ-концентруванні та НВЧ-сушінні в 3,9...4,1 раза. Зокрема, при НВЧ-концентруванні тривалість даного етапу скорочується при 80 кПа — з 9,7 хв до 2,4 хв, при 60 кПа — з 8,8 хв до 2,2 хв, при 50 кПа — з 8,1 хв до 2,0 хв, при 40 кПа — з 7,5 хв до 1,9 хв. При НВЧ-сушінні тривалість етапу скорочується в таких межах: при 80 кПа — з 7,1 хв до 1,8 хв, при 60 кПа — з 6,4 хв до 1,6 хв, при 50 кПа — з 5,9 хв до 1,5 хв, при 40 кПа — з 5,4 хв до 1,4 хв.

Також зі збільшенням глибини вакуумування з 80 кПа до 40 кПа при НВЧ-концентруванні та НВЧ-сушінні скорочується тривалість досягнення вищевказаних значень температури в межах 21...25%. Так, наприклад, при потужності 0,5 кВт тривалість цього етапу при НВЧ-концентруванні знижується з 9,7 хв до 7,5 хв, при 1,0 кВт — з 4,9 хв до 3,7 хв, при 1,5 кВт — з 3,2 хв до 2,5 хв, при 2,0 кВт — з 2,4 хв до 1,9 хв. При НВЧ-сушінні відмічається зниження тривалості

етапу в таких межах: при потужності 0,5 кВт — з 7,1 хв до 5,4 хв, при 1,0 кВт — з 3,5 хв до 2,7 хв, при 1,5 кВт — з 2,4 хв до 1,8 хв, при 2,0 кВт — з 1,8 хв до 1,4 хв.

Дані про середню швидкість процесів НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння при потужності нагріву 1 кВт за різних значень глибини вакуумування наведені в табл. 2. У випадку НВЧ-концентрування спостерігається несуттєве зменшення швидкості при збільшенні глибини вакуумування, що обумовлено зниженням температурного режиму. Так, якщо при глибині вакуумування 80 кПа швидкість зміни маси складає  $29,2 \cdot 10^{-3} \%$ /с, то при 40 кПа —  $24,3 \cdot 10^{-3} \%$ /с. На етапі НВЧ-сушіння глибина вакуумування практично не впливає на середню швидкість процесу і складає  $30 \cdot 10^{-3} \%$ /с.

**Таблиця 2. Розрахункові дані середньої швидкості зміни маси при НВЧ-концентруванні та НВЧ-сушінні**

| Глибина вакуумування, Па | Швидкість зміни маси $(\Delta m / \Delta t) \cdot 10^3, \%$ /с |             |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------|
|                          | НВЧ-концентрування                                             | НВЧ-сушіння |
| 0,8                      | 29,2                                                           | 30,0        |
| 0,6                      | 26,5                                                           | 30,0        |
| 0,5                      | 25,4                                                           | 30,0        |
| 0,4                      | 24,3                                                           | 30,0        |

Дані експериментальних досліджень щодо тривалості НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння при різних значеннях потужності та глибини вакуумування наведені в табл. 3.

**Таблиця 3. Тривалість процесів НВЧ-концентрування і НВЧ-сушіння суміші подрібнених коренів прямих овочів**

| Тиск Р, кПа                                                                                             | Потужність нагріву, кВт |            |            |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|
|                                                                                                         | 0,5                     | 1,0        | 1,5        | 2,0        |
| тривалість НВЧ-концентрування $\tau \cdot 60^{-1}, \text{с}$ ( $\omega_n = 85 \%$ , $\omega_k = 50\%$ ) |                         |            |            |            |
| 80                                                                                                      | $70 \pm 3$              | $40 \pm 2$ | $25 \pm 1$ | $20 \pm 1$ |
| 60                                                                                                      | $74 \pm 3$              | $44 \pm 2$ | $27 \pm 1$ | $22 \pm 1$ |
| 50                                                                                                      | $77 \pm 4$              | $46 \pm 2$ | $28 \pm 1$ | $23 \pm 1$ |
| 40                                                                                                      | $79 \pm 4$              | $48 \pm 2$ | $29 \pm 1$ | $24 \pm 1$ |
| тривалість НВЧ-сушіння $\tau \cdot 60^{-1}, \text{с}$ ( $\omega_n = 50 \%$ , $\omega_k = 10\%$ )        |                         |            |            |            |
| 80                                                                                                      | $45 \pm 2$              | $25 \pm 1$ | $17 \pm 1$ | $12 \pm 1$ |
| 60                                                                                                      | $45 \pm 2$              | $25 \pm 1$ | $17 \pm 1$ | $12 \pm 1$ |
| 50                                                                                                      | $45 \pm 2$              | $25 \pm 1$ | $17 \pm 1$ | $12 \pm 1$ |
| 40                                                                                                      | $45 \pm 3$              | $25 \pm 1$ | $17 \pm 1$ | $12 \pm 1$ |

З наведених даних видно, що вони добре узгоджуються з результатами теоретичних розрахунків тривалості досліджуваних процесів, описаних у [1]. В межах збільшення глибини вакуумування з 80 кПа до 40 кПа тривалість НВЧ-концентрування збільшується в середньому на 13...20%, а тривалість НВЧ-сушіння практично не змінюється.

Таким чином, вакуумування при НВЧ-енергопідведенні безумовно знижує ефект вологовіддачі в період прогрівання та постійної швидкості, коли вільної вологи достатньо багато. Це зумовлено як зниженням температури нагріву, так і особливостями перебігу дифузійних процесів в умовах вакуумування. Проте на подальшому етапі зневоднювання, коли структура частково зневоднених частинок чинить суттєвий опір вологоперенесенню, процес проходить за подібними кінетичними закономірностями незалежно від глибини вакуумування.

**Висновки.** Таким чином, зі збільшенням глибини вакуумування в робочій камері знижується кінцева температура продукту, до якої він нагрівається під час нестационарного режиму (в межах глибини вакуумування 80...40 кПа з 93 °С до 76 °С). Тривалість досягнення кінцевої температури при НВЧ-концентруванні та НВЧ-сушінні зі збільшенням потужності нагріву з 0,5 кВт до 2 кВт скорочується в 3,9...4,1 раза, а зі збільшенням глибини вакуумування з 80 кПа до 40 кПа — на 21...25%. Рациональним значенням залишкового тиску, що впливає на збереженість фізико-хімічних властивостей, є 40...60 кПа, а процес зневоднювання здійснюється в температурному інтервалі 76...86 °С. При цьому немає потреби у створенні спеціальних конструктивних заходів для забезпечення герметичності оболонки робочої камери НВЧ-апарата.

### ЛІТЕРАТУРА

1. *Льовщина, Л.Д.* Товарознавство плодовоовочевих товарів, пряно — ароматичних рослин та прянощів : навчальний посібник [Текст] / Л.Д. Льовщина, В.М. Михайлов, О.В. М'ячиков. — К. : Ліра-К., 2010. — 388с.
2. *Павлюк, Р.Ю.* Товароведение и переработка лекарственно-технического растительного сырья в бад [Текст] / Р.Ю. Павлюк и др. — Х. : ХДУХТ, 2003. — 306 с.
3. *Складчикова, Ю.В.* Научное обеспечение и разработка способа сушки белых корней пастернака, петрушки и сельдерея при переменном теплоподводе [Текст] : Дис... канд. техн. наук : 05.18.12. — Воронеж, 2009. — 185 с.
4. *Нестерпна, М.Ф.* Химический состав пищевых продуктов: Пищевая промышленность [Текст] / М.Ф. Нестерпна, И.М. Скурихина. — Москва, 1979. — 247.
5. *Загибалов, А.Ф.* Технология консервирования плодов и овощей и контроль качества продукции [Текст] / А.Ф. Загибалов, А.С. Зверькова, А.А. Титова., Б.Л. Флауменбаум. — М. : Агропромиздат, 1992. — 352 с.
6. *Черевко, О.І.* Переробка дикорослої та пряно-ароматичної рослинної сировини [Текст] / О.І.Черевко, Ю.І. Єфремов, В.М. Михайлов. — ХДУХТ, 2007. — 229 с.
7. *Черевко, О.І.* Процеси і апарати харчових виробництв : підручник [Текст] / О.І. Черевко, А.М. Поперечний. — Х. : ХДУХТ, 2002. — 420 с.
8. *Черевко, О.І.* Використання мікрохвильової вакуумної обробки в процесах виробництва овочевих концентратів : монографія [Текст] /О.І. Черевко, [та ін.]. — Х. : ХДУХТ, 2014. — 117 с.

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ МИКРОВОЛНОВОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

**И.Г. Бабанов,**

*Национальный университет пищевых технологий*

**И.В. Бабкина, С.В. Михайлова, А.А. Шевченко**

*Харьковский государственный университет питания и торговли*

*Статья посвящена определению влияния мощности источника СВЧ-энергии и глубины вакуумирования на продолжительность нагрева пряного сырья при микроволновом концентрировании и обезвоживании в условиях вакуумирования. Установлена возможность интенсификации процессов и увеличение эффективности использования СВЧ-энергии.*

**Ключевые слова:** *пряные овощи, СВЧ-концентрирование, СВЧ-сушка, глубина вакуумирования, масса, влагосодержание.*

УДК 664.857.033:664.8.023.084

## CONCENTRATION OF JUICES IN VACUUM MICROWAVE APPARATUS

Davar Rostami Pour, I. Sirotyuk, O. Burdo  
Odessa National Academy of Food Technologies

---

**Key words:**

evaporators,  
electromagnetic  
technologies,  
food technologies,  
energy efficiency.

**Article history:**

Received 05.01.2017  
Received in revised form  
12.03.2017  
Accepted 26.04.2017

**Corresponding author:**

taras\_as@i.ua

---

**ABSTRACT**

The solution of the ecology safety and reserve food sources issues is to use new technological methods in the food industry. High consumption of energy resources and, in spite of that, low quality of finished products during the use of vacuum evaporators and dryers are the problems, which are solved in this work. The use of microwave technologies necessitates volume energy supply. It excludes border layer forming, which is the serious problem during the use of above-mentioned plants. Based on these technologies vacuum evaporator with electromagnetic energy supply is designed. It uses the principle of direct energy effect on separate food elements. The researchings, where objects were dispersed complexes, homogeneous and heterogeneous systems, are conducted. The dependencies of mass of secondary vapor on time, and vaporizing speed on solid matter content are obtained.

---

## КОНЦЕНТРУВАННЯ СОКІВ У ВАКУУМНОМУ МІКРОХВИЛЬОВОМУ АПАРАТІ

Давар Ростамі Пур

I.B. Сиротюк

О.Г. Бурдо

Одеська національна академія харчових технологій

*Вирішення питань екологічної безпеки та резервних джерел харчових продуктів полягає у використанні нових технологічних прийомів у харчовій індустрії. Високі витрати енергоресурсів і низька якість готового продукту при використанні вакуум-випарних апаратів та сушарок — це проблеми, дослідженню яких присвячена ця стаття. Проведені дослідження, об'єктами яких були дисперсні комплекси, гомогенні та гетерогенні системи. Отримані графічні залежності маси вторинної пари за часом і швидкості випаровування від вмісту сухих речовин.*

**Ключові слова:** випарні апарати, електромагнітні технології, харчові технології, енергоефективність.

**Постановка проблеми.** Безвідходні технології мають вирішити проблеми екологічної безпеки, а в харчовому секторі — і резервних джерел їжі. Але вирішення цих проблем потребує революційних перетворень у харчовій індустрії, переходу до принципово нових технологічних прийомів.

Традиційні харчові технології оперують потужними потоками енергії, яка використовується неефективно, часто термічна обробка призводить до погір-

шення якості готового продукту. Завдання полягає в тому, щоб знайти способи енергетичної дії безпосередньо на окремі елементи харчової сировини [1], що дасть змогу зменшити питому енергоємність, підвищити продуктивність й отримати принципово нові, інноваційні харчові продукти. Вирішення поставлених завдань пов'язано з ефективним використанням сучасних принципів енергетичного впливу при його узгодженні з різними властивостями окремих структур сировини. Такі проблеми вирішуються на основі електрофізичних технологій [1—3].

**Мета дослідження:** процеси зневоднення та концентрування харчових систем є ключовими в багатьох технологіях АПК. Саме вони часто визначають як енергоємність технології, так і якість готового продукту. Тому актуальними є пошуки нових технічних рішень, які б дозволили суттєво підвищити ефективність сучасного обладнання. Розповсюдженням обладнання для вилучення із харчової системи вологи чи розчинника є вакуум-випарні апарати (ВВА), які приваблюють простотою конструкції та надійністю при експлуатації. Але для харчових систем їх можливості за граничним вмістом сухих речовин обмежені, тому подальше вилучення рідини проводять у сушарках, що потребує значної витрати енергетичних ресурсів.

**Методи і методики.** В ОНАХТ проводяться дослідження вакуум-випарного апарата з електромагнітним підведенням енергії. Зрозуміло, що електроенергія є більш дорогим ресурсом, ніж паливо. А це потребує економічної оцінки загальних систем енергозабезпечення (традиційної та інноваційної). Розрахунки виконано з приведенням загальної кількості вилученої вологи до 1 кг палива. В конвективній сушарці конверсія енергії має такий вигляд: трансформація енергії в схемі «паливо–водяна пара» здійснюється при ККД 50%. Процес сушіння в найкращих установках має енергетичний ККД 40%, тому корисна енергія становить 8 МДж. А це еквівалентно 3 кг вилученої із продукту вологи. Якщо використати електромагнітне підведення енергії, то результат (приведений до первинного ресурсу — палива) буде вдвічі більшим (табл. 1).

Таблиця 1. Енергетика технологій сушіння

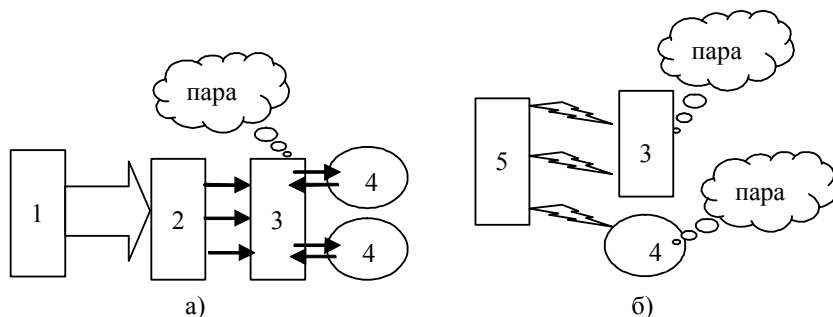
| Схема         | Енергія 1 кг палива | Корисна енергія | Кількість вилученої вологи |
|---------------|---------------------|-----------------|----------------------------|
| Традиційна    | 40 МДж              | 8 МДж           | 3 кг                       |
| Мікрохвильова | 40 МДж              | 12—24 МДж       | 6 кг                       |

У розрахунках прийнято, що ККД в схемі «паливо–парова турбіна–електроенергія» становить 32%, в схемі «паливо–газова турбіна–електроенергія» — 60%. Енергетичний ККД магнетрону дорівнював 80%. За рахунок вилучення рідини із сировини у вигляді «туману», технічно можливий рівень становить 50 кг вологи до 1 кг палива [4]. В комбінованих схемах «випарний апарат–сушарка» треба враховувати частки зневоднення в кожному апараті.

Серйозною проблемою сучасних випарних апаратів є той факт, що при зневодненні змінюється структура продукту. А це впливає на ефективність теплопередачі в апараті. Між поверхнею теплопередачі в апараті формується приграничний шар продукту (рис. 1а). З часом конвективний рух рідини послаблюється, а теплопровідність приграничного шару продукту зменшується. Відомі прийоми зменшення товщини приграничного шару (перемішування тощо) не

спроможні суттєво інтенсифікувати процес. Щоб запобігти пригорянню продукту обмежуються кінцевою концентрацією.

У мікрохвильовому випарному апараті (МВА) здійснюється об'ємне підведення енергії, приграничний шар взагалі відсутній, енергія ніби сама «шукає» рідину (рис.1, б). Все це дає надію подолати проблеми традиційної техніки випаровування, створити перспективні апарати, які суттєво підвищать ефективність процесу випаровування.

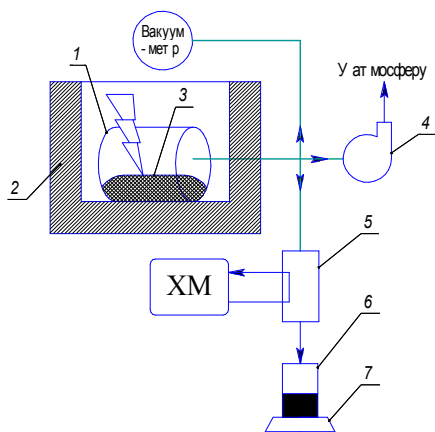


**Рис. 1. Потoki енергії та пари у випарній установці:**

а) — традиційна, б) — мікрохвильова; 1 — поверхня ВА; 2 — приграничний шар продукту; 3 — об'єм продукту; 4 — окрема клітка; 5 — мікрохвильовий генератор

Умовами функціонування МВА є такі фактори:

- наявність в об'ємі продукту рідини з полярними молекулами;
- відповідність параметрів електромагнітного поля завданню масопереносу та узгодження структурних характеристик продукту з параметрами електромагнітного поля.



**Рис. 2. Схема МХ випарної установки:**

1 — реакційний об'єм, 2 — мікрохвильова камера, 3 — продукт, 4 — вакуум-насос, 5 — конденсатор, 6 — збірник конденсату, 7 — ваги, ХМ — холодильна машина

Сформульовані гіпотези доказано експериментально. Досліди проводились на стенді, який включав (рис. 2): мікрохвильову камеру з реактором, блок управління магнетроном з таймером і дискретним регулятором потужності, систему вакуумування з вакуум насосом та зразковим вакуумметром. Пара, що вийшла з реактора, направлялась до конденсатора, з якого конденсат стікав у ємність, розташовану на вагах. Теплота конденсації відводилась холодною водою, температура якої була в межах 4—6 °С. Поточні значення температур продукту в реакторі, пари на виході з апарата, холодної води та маси конденсату збиралась апаратно-інформаційним комплексом на базі планшета. Визначався вплив потужності поля, концентрації та виду продукту, тип розчинника на кінетика процесу. Об'єктами

досліджень були: гомогенні системи (сік ехінацеї, сік гранату), дисперсні комплекси (шлам кави із спиртом), гетерогенні системи (томатна паста, спиртовий

екстракт олії з шламу кави). Досліди проводились у широкому діапазоні зміни параметрів (табл. 2).

Таблиця 2. Діапазон експериментального моделювання

| Сировина      | Рідина | Тиск, МПа | Температура, °С | Потужність, Вт | Концентрація, % |         |
|---------------|--------|-----------|-----------------|----------------|-----------------|---------|
|               |        |           |                 |                | Початкова       | Кінцева |
| Сік ехінацеї  | вода   | 0,01—0,02 | 45—50           | 150            | 13              | 36      |
| Сік гранату   | вода   | 0,01—0,02 | 45—50           | 300            | 12              | 34      |
| Томатна паста | вода   | 0,01—0,02 | 45—50           | 150            | 12              | 54      |
| Кавова олія   | етанол | 0,01—0,02 | 40—45           | 150            | 6               | 78      |
| Кавовий шлам  | етанол | 0,01—0,02 | 40—45           | 150            | —               | —       |

**Результати досліджень.** За результатами дослідів побудовані графічні залежності маси вторинної пари за часом і швидкості випаровування від вмісту сухих речовин (рис. 2).

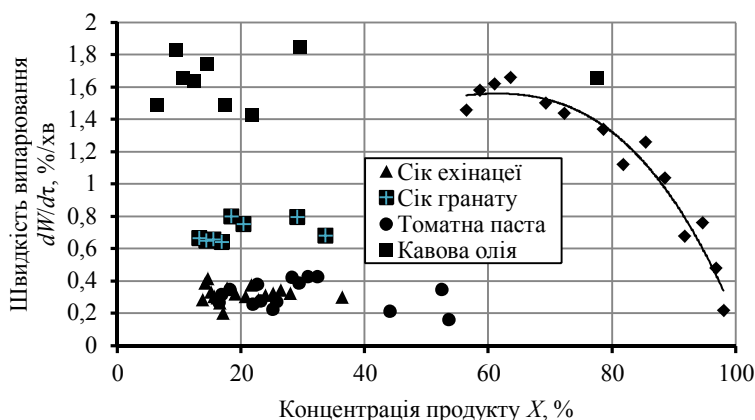


Рис. 3. Кінетика випаровування

Аналіз результатів (рис. 3) показує, що лінії швидкості випаровування розшаровуються залежно від значень питомої теплоти пароутворення розчинника (води чи етанолу) та потужності поля (сік гранату).

Специфічний спосіб підведення енергії в МВА потребує пошуку нових методів оцінки ефективності таких апаратів. Традиційний для ВА коефіцієнт теплопередачі в МВА втрачає сенс, бо тут взагалі відсутня поверхня. Йдеться про об'ємне підведення енергії. При цьому досліди показали, що суттєва різниця об'ємів сировини та рідини призводять до різкого зменшення швидкості випаровування. Такий режим був характерним для дисперсної системи: шлам кави (об'єм якого з часом практично не змінювався) та спирту (кількість якого з часом зменшувалась).

Пропонується для оцінки енергетичної ефективності використати підходи, освоєні в енергетичному менеджменті [2], де враховуються витрати енергії на одиницю продукту (МДж/кг або МДж/л тощо). Вплив електромагнітного поля оцінюється новим безрозмірним комплексом — числом енергетичної дії (числом  $Ви$ ) [2], яке показує умови переходу до інтенсивного масо перенесення і режимів бародифузії [4; 5]. Взагалі, число енергетичної дії характеризує співвідношення витрат енергії інноваційною технологією ( $Q$ ) та базового варіанта (традиційної

технології)  $Bu = Q/Q_0$ . Для МВА це співвідношення між енергією випромінювання та тієї енергії, що необхідна для аналогічних процесів у традиційних апаратах.

**Висновки.** Результати проведених досліджень свідчать, що МВА дає змогу отримувати концентрати з вмістом сухих речовин до 90%. У діапазоні концентрацій до 60% швидкість випаровування практично незмінна. При суттєвому зменшенні частки розчинника в об'ємі сировини швидкість випаровування різко падає.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Burdo, O.G. Nanoscale effects in food-production technologies / O.G. Burdo // Journal of Engineering Physics and Thermophysics — 2005. — Vol.78, Issue 1. — P. 90—96.
2. Бурдо, О.Г. Пищевые нанотехнологии / О.Г. Бурдо. — Херсон, 2013 — 294 с.
3. Бурдо, О.Г. Принципы направленного энергетического действия в пищевых нанотехнологиях / О.Г. Бурдо, С.Г. Терзиев, В.Н. Бандура // Научный информационно-аналитический инженерный журнал «Problemele energetici regionale (Проблемы региональной энергетики)». — Кишинев, 2015. — №1(27) — С. 79—85.
4. Бурдо, О.Г. Эволюция сушильных установок / О.Г. Бурдо. — Одесса : Полиграф, 2010. — 368 с.
5. The Nanotechnological Innovation in Food Industry [Text] / O.G. Burdo, A.V. Zykov, S.G. Terziev, N.V. Ruzitskaya // International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). — 2016. — Vol. 6, Issue 3 — P. 144—150.

## КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ СОКОВ В ВАКУУМНОМ МИКРОВОЛНОВОМ АППАРАТЕ

Давар Ростами Пур, И.В. Сиротюк, О.Г. Бурдо

Одесская национальная академия пищевых технологий

*Решение вопросов экологической безопасности и резервных источников пищевых продуктов состоит в использовании новых технологических приёмов в пищевой индустрии. Высокие затраты энергоресурсов и низкое качество готового продукта при использовании вакуум-выпарных установок и сушилок являются собой проблемы, решение которых представлено в данной работе. Проведены исследования, объектами которых были дисперсные комплексы, гомогенные и гетерогенные системы. Получены графические зависимости массы вторичного пара от времени и скорости выпаривания от содержания сухих веществ.*

**Ключевые слова:** выпарные аппараты, электромагнитные технологии, пищевые технологии, энергоэффективность.

УДК 663.938.061.3.084

## RESEARCH OF HYDRAULIC AND MASS TRANSFER PROCESSES DURING THE MICROWAVE EXTRACTION OF COFFEE

S.Terziev, J. Levtrynska

Odessa National Academy of Food Technologies

---

**Key words:**

extraction,  
coffee products,  
microwave field,  
hydraulics,  
similarity theory,  
solids.

---

**Article history:**

Received 06.01.2017  
Received in revised form  
14.03.2017  
Accepted 28.04.2017

---

**Corresponding author:**

taras\_as@i.ua

---

**ABSTRACT**

In the article the actuality of the microwave assisted extraction is grounded and its advantages compared to the traditional high-temperature extraction are analyzed. The results of hydraulic research in the microwave extractor mass-transferring blocks are generalized. The mathematical model of hydraulic processes that allows for the particles form factor and can be used in the design of microwave extractors and choice of modes of operation is obtained. It is confirmed that the microwave energy input enhances extracted solids portion, which enables to speak about an intensification of the extraction process. Experiments with a change extracting expense, different hydro-module and product layer height are carried out, their results are analyzed and allows to select the desired mode.

---

## ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ І МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ МІКРОХВИЛЬОВОМУ ЕКСТРАГУВАННІ КАВИ

С.Г. Терзієв

Ю.О. Левтринська

Одеська національна академія харчових технологій

У статті обґрунтовано актуальність екстрагування в мікрохвильовому полі, проаналізовано його переваги порівняно з традиційним високотемпературним екстрагуванням. Отримано математичну модель гідравлічних процесів, яка враховує фактор форми частинок і може бути використана при проектуванні мікрохвильових екстракторів та виборі їх режимів роботи. Підтверджено, що мікрохвильове підведення енергії підвищує частку вилучених сухих речовин, що дає можливість говорити про інтенсифікацію процесу екстрагування.

**Ключові слова:** екстрагування, кавапродукти, мікрохвильове поле, гідравліка, теорія подоби, сухі речовини.

**Постановка проблеми.** При виготовленні розчинної кави ключовим етапом, що впливає на якість і вартість готового продукту, є екстрагування. На сьогодні на харчоконцентратних підприємствах використовується метод високотемпературного батарейного екстрагування. Кавовий екстракт виробляється в апаратах при температурі 180 °С та тиску у 1,8 МПа, що, у свою чергу, негативно впливає на якість — при високій температурі відбуваються процеси гідролізу,

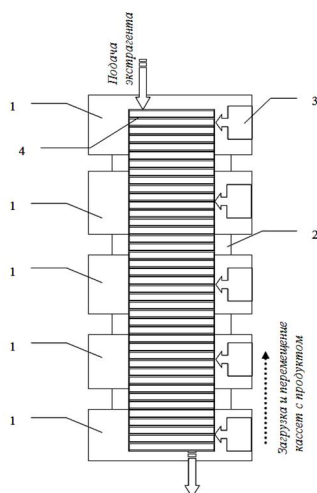
внаслідок чого розчинна кава має неприємний гіркий присмак, легко втрачаються летючі ароматичні речовини, продукт доводиться штучно ароматизувати. Окрім того, такі технологічні умови зумовлюють складність експлуатації та конструкції обладнання, збільшення його масогабаритних характеристик, енергоспоживання, інтенсифікувати процес стандартними методиками неможливо через зазначені вище технологічні умови. В батареї екстракторів завантажується дроблена кава з розміром частинок 1...2 мм. Використовувати сировину більш дрібного помелу при даній технології неможливо через великий гідравлічний опір шару продукту, крім того дрібні частки можуть потрапляти у готовий екстракт. Процес екстрагування в таких апаратах триває 7...8 год, що теж безпосередньо пов'язано з витратами енергії. При такому методі екстрагування з кави вилучається 20...22 % сухих речовин залежно від сорту. У кавовому шламі, що залишається після екстрагування, міститься 4...5 % сухих речовин, які не вдалося вилучити з тонких капілярів сировини. Таким чином, виробництво розчинної кави супроводжується високими витратами сировини, енергії та часу, при цьому готовий продукт має низьку якість [1]. Актуальна розробка ефективного обладнання для екстрагування.

Екстрагування у мікрохвильовому полі з використанням полярних екстрагентів демонструє високу ефективність для отримання екстрактів лікарських рослин, олій, натуральних барвників тощо [2—6]. Використання мікрохвильових технологій дає змогу спростити конструкцію екстракторів, проводити процес при атмосферному тиску й температурах нижчих за 100 °С, що позитивно впливає на якість продукту, надає можливість зберегти корисні термолабільні речовини у продукті. Техніка для мікрохвильового екстрагування на сьогодні застосовується, як правило, в дослідницькій роботі та фармацевтичному виробництві. Апарати, що випускаються серійно, дають змогу одночасно обробляти невелику кількість продукту, що рідко перевищує 1 кг.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У дослідженнях зарубіжних авторів [2—6] підтверджується ефективність використання мікрохвильових технологій при обробці рослинної сировини. Мікрохвильовому екстрагуванню присвячені праці О.Г. Бурдо, В. М. Бандури, Г.М. Ряшко, Н.В. Ружицької, Т.Л. Макієвської та ін. [1; 7—8].

**Метою статті** є дослідження процесів, що виникають при мікрохвильовому екстрагуванні, оцінка ефективності даного методу, дослідження гідравліки у масообмінних модулях мікрохвильового протитечійного екстрактора та режимів його роботи.

**Викладення основних результатів дослідження.** Розроблено схему протитечійного мікрохвильового екстрактора, що дає змогу обробляти продукт в потоці (рис. 1). За попередніми оцінками, у даному апараті можливо отримувати кавовий екстракт з вмістом сухих речовин близько 60%, замість 19%, що пропонує метод високотемпературного екстрагування. Додаткове вилучення сухих речовин з капілярів сировини досягається завдяки явищу бародифузії, що виникає завдяки особливому впливу мікрохвильового поля на полярні молекули води. Тонкі капіляри, розміром близько 5 нм, при стандартних умовах перешкоджають вільному руху екстрагента — води. При дії мікрохвильового поля вода всередині капіляра розігрівається, формується парова бульбашка, яка виштовхує насичений сухими речовинами екстракт [7].



**Рис. 1. Схема мікрохвильового протитечійного екстрактора:** 1 — резонаторні камери з системами управління; 2 — шлюзи; 3 — генератори мікрохвильового випромінювання; 4 — масообмінні модулі (блок касет)

За рахунок додаткового виснаження сировини очікується зниження екстрактивних компонентів у шламі до 0,1...0,5%, що також полегшить його утилізацію.

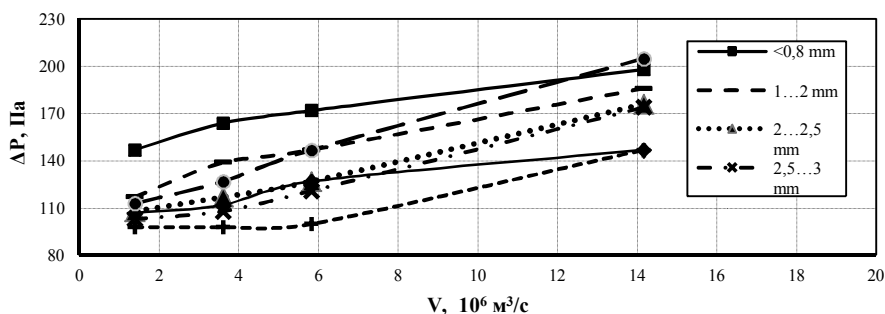
Для стабільного ведення процесу екстрагування важливо враховувати особливості гідродинамічного стану в екстракторі. У результаті серії експериментів досліджено вплив витрат екстрагенту й тонини помелу кави на гідравлічну характеристику мережі. У лабораторних умовах визначено гідростатичний тиск у касеті з продуктом.

Розрахунок гідростатичного тиску проведено за формулою (1):

$$\Delta P = \frac{\rho \cdot w^2}{2} \rho \cdot g \cdot \delta_k, \quad (1)$$

де  $w$  — витрати екстрагенту;  $\delta_k$  — товщина шару сировини.

За визначеними залежностями побудовано гідравлічну характеристику мережі (рис. 2).



**Рис. 2. Залежність гідростатичного тиску від витрат екстрагенту та еквівалентного діаметра частинок меленої кави**

Відмінності у вигляді залежностей від класичних можна пояснити тим, що через шар часток більшого розміру екстрагент проходить вільно, а часточки дрібного розміру утворюють гідростатичний опір. Організація руху екстрагенту через блок касет сприяє виникненню режимів близьких до псевдозрідження для часток розмірами  $\delta < 0,8$  мм та  $\delta = 1 \dots 2$  мм. Для цілих зерен гідравлічна характеристика має класичний вигляд.

Пористість продукту було визначено експериментально у лабораторних умовах для часток продукту розміром 2,5...3 мм, 2...2,5 мм, 1...2 мм та  $< 0,8$  мм. Вона становить 49%, 47,5%, 46% і 44% відповідно, що демонструє прямо пропорційну залежність пористості та еквівалентного діаметра часток меленої кави.

Для узагальнення результатів використано класичні рівняння та апарат теорії подібності. Алгоритм розрахунків наведено на рис. 3.

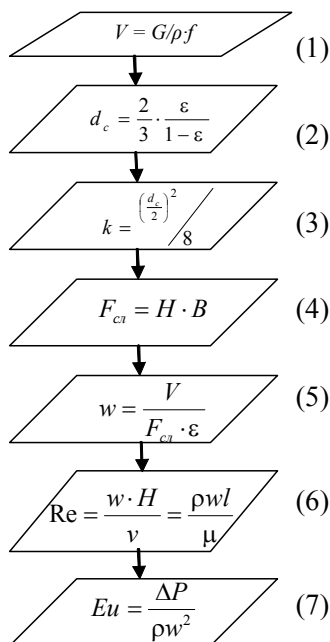


Рис. 3. Алгоритм узагальнення результатів досліджень

За алгоритмом проведено розрахунки. Визначено числа Рейнольдса та Ейлера. З метою спрощення сприйняття співвідношення між числами подібності показано у логарифмічних координатах на рис. 4.

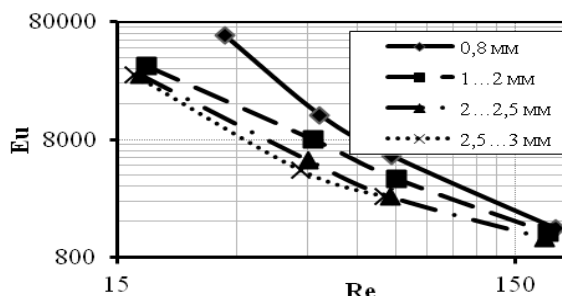


Рис. 4. Залежність числа Ейлера від числа Рейнольдса для меленої кави

За блоками 6 та 7 алгоритму (рис. 4) визначено числа подібності, які наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Узагальнені результати досліджень

| Витрати екстрагенту,<br>$V \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$ | Число Рейнольдса/ число Ейлера |                           |                             |                             |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                                                             | Зерна помелом<br><0,8 мм       | Зерна помелом<br>1...2 мм | Зерна помелом<br>2...2,5 мм | Зерна помелом<br>2,5...3 мм |
| 1,38                                                        | 27,9 / 61186                   | 17,85 / 33855             | 17,2 / 28216                | 16,6 / 28754                |
| 3,61                                                        | 48,5 / 12891                   | 46,7 / 7994               | 45,2 / 5316                 | 43,5 / 4406                 |
| 5,83                                                        | 73,9 / 5811                    | 75,4 / 3720               | 72,73 / 2606                | 70,4 / 2643                 |
| 14,16                                                       | 190,2 / 1400                   | 182,1 / 1281              | 177,2 / 1160                | 170,8 / 858                 |

Математичну модель гідравліки конкретизовано та приведено до вигляду (4):

$$\ln Eu = \ln A + n \ln D; \quad (2)$$

$$\begin{cases} 9,047 = \ln A + n(-0,2231) \\ 7,7406 = \ln A + n(1,0116) \end{cases} \quad (3)$$

$$A = 6830; n = -1,06;$$

$$Eu = 6830 \cdot Re^{-1,06} D^{1,2}. \quad (4)$$

Отримана модель може використовуватись при проектуванні мікрохвильового екстрактора чи для оцінки гідродинамічної ситуації в його масообмінних модулях.

Позитивний ефект при екстрагуванні в мікрохвильовому полі підтверджується лабораторними дослідженнями. Для дослідів використано стандартну навіску вагою 50 г меленої кави з розміром частинок  $\delta = 1 \dots 2$  мм. Екстрагування проводилося у мікрохвильовій камері та у термостаті при температурі 60 °С. Здійснено 20 заливів меленої кави водою для повного вилучення сухих речовин (рис. 5). Для кожного заливів час обробки становив 5 хв. У результаті при обробці в мікрохвильовому полі вилучено 14 г с.р., в термостаті — 11 г с.р., що становить, відповідно, 28% та 22%. Екстрагування у мікрохвильовому полі на 21% більш ефективне. Високу ефективність можна пояснити механо дифузійним ефектом, який описується у [1; 7; 8].

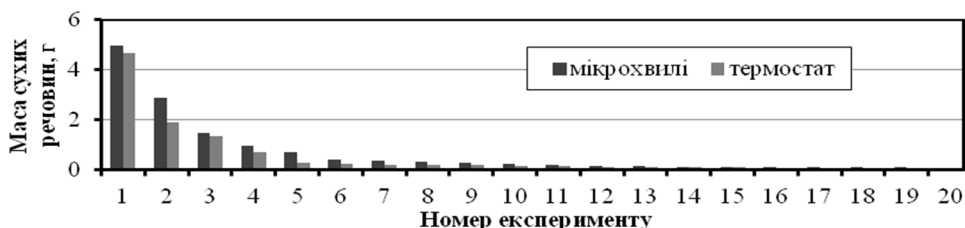


Рис. 5. Вичерпання сухих речовин із кавових зерен

З метою дослідження повноти вичерпання сухих речовин з кави при різних витрат екстрагенту проведено дослідження при номінальній потужності 270 Вт ( $m = 50$  г,  $\delta = 1 \dots 2$  мм). Результати експерименту наведено на рис. 6.

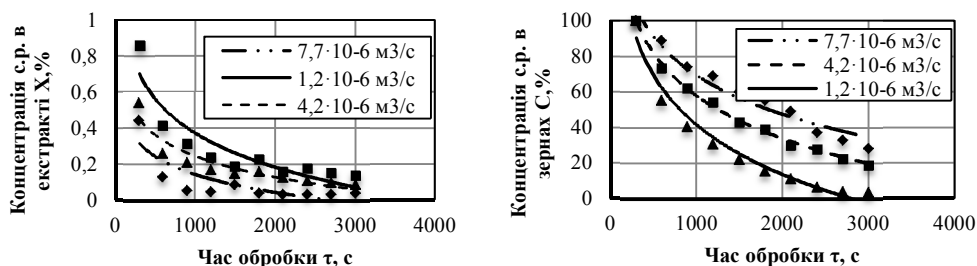


Рис. 6. Вичерпання сухих речовин із меленої кави при різних витратах екстрагенту

З отриманих залежностей видно, що зі збільшенням витрат екстрагенту ми отримуємо менш насичений екстракт, що є небажаним через подальші складнощі обробки екстракту.

На насиченість екстракту також суттєво впливає гідромодуль. Для оцінки його впливу проведено дослідження при використанні меленої кави ( $\delta = 1 \dots 2$  мм) на лабораторному стенді, який складався з мікрохвильової камери з блоком регулювання потужності та радіопроникної ємності зі зворотним холодильником, завдяки якому зберігався постійний об'єм екстрагенту (200 мл), потужність магнетрону — 270 Вт, результати експерименту наведено на рис. 7. Було використано навіски меленої кави у 2, 10 і 50 г для гідромодулів 1:100, 1:20 і 1:4 відповідно. Аналіз результатів показав, що повнота вилучення сухих речовин з кави становила 20%, 15% і 12%, що вказує на більш якісне вилучення водорозчинних речовин при використанні більшого гідромодуля. Проте знову постає проблема подальшої обробки екстракту.

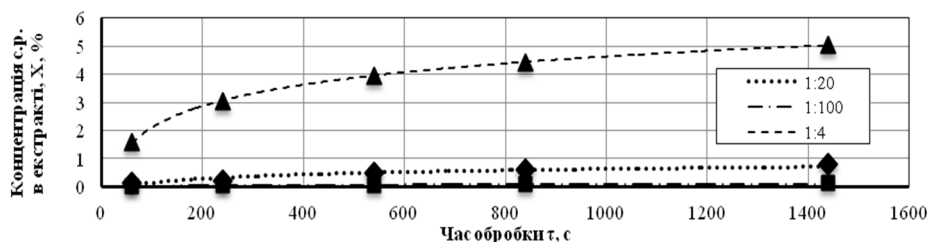


Рис. 7. Екстрагування з різним гідромодулем

При проведенні екстрагування в умовах безперервного руху екстрагенту складно оцінити значення гідромодуля. Проведено серію дослідів з різною товщиною шару продукту у масообмінному модулі мікрохвильового протічійного екстрактора (рис. 8).

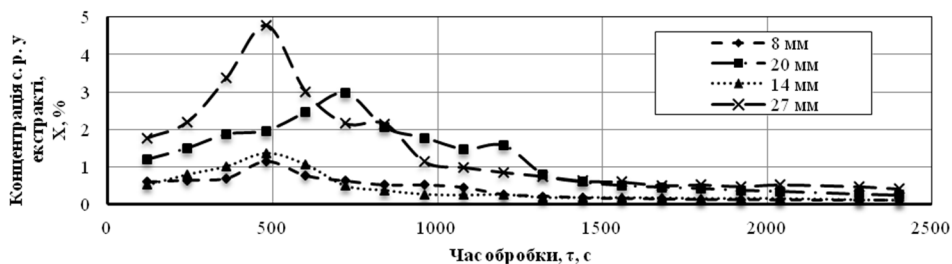


Рис. 8. Вплив товщини шару продукту на вміст сухих речовин в екстракті

Отримані характеристики мають нетиповий вигляд. Це можна пояснити специфікою руху екстрагенту через шар продукту. При тонкому шарі площа контакту фаз більша і екстрагент швидше контактує з продуктом, при більшому шарі продукту рух екстрагенту ускладнюється, коли екстрагент потрапляє до нової порції продукту — концентрація сухих речовин у екстракті підвищується.

При виборі кількості продукту в касеті необхідно враховувати те, що його велика кількість може перешкоджати руху екстрагенту, а замала — низьку концентрацію сухих речовин у готовому екстракті та неефективне використання енергії.

**Висновки.** Мікрохвильове екстрагування є одним із напрямків розвитку технік екстрагування, що пропонує високий вихід цільових компонентів і високу якість готового продукту, завдяки нижчій температурі обробки та механодифузійному ефекту, що підтверджується експериментально. При розробці мікрохвильових екстракторів важливо враховувати гідравлічну ситуацію в апараті, вплив режимних параметрів на ефективність обробки продукту. На основі проведених досліджень можливо обрати ефективний режим роботи мікрохвильового протитечійного екстрактора для подальших випробувань та експлуатації.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Процессы переработки кофейного шлама / О.Г. Бурдо, С.Г. Терзиев, Н.В. Ружицкая, Т.Л. Макиевская. — Киев: Энтерпринт, 2014. — 228 с.
2. The kinetics of coffee aroma extraction / Frédéric Mestdagh, Tomas Davidek, Matthieu Chaumonteuil et al. // Food Research International. — 2014. — № 63. — P. 271—275.
3. Upadhyay, R. Microwave-assisted extraction of chlorogenic acids from green coffee beans / Rohit Upadhyay, K. Ramalakshmi, L. Jagan Mohan Rao // Food Chemistry. — 2012. — № 130 — P. 184—188.
4. Zuorro, A. Polyphenols and energy recovery from spent coffee grounds / A. Zuorro, R. Lavecchia // Chem. Eng. Trans. — 2011. — № 25. — P. 285—290.
5. Chemat, F. Microwave-assisted Extraction for Bioactive Compounds: Theory and Practice / F. Chemat and G. Cravotto // Food Engineering. — 2013. — № 4. — P. 25—85.
6. Hongliang, Z. Ultrasonic-microwave synergetic extraction (UMSE) and molecular weight distribution of polysaccharides from *Fortunella margarita* (Lour.) Swingle / Yi Zhang, Shan Lin, Yeye Jian, Song miao, Baodong Zheng // Separation and Purification technology. — 2015. — № 144. — P. 97—106.
7. Burdo, O.G. Energetics of Eco-Industry of Food Concentrates Production / O.G. Burdo, S.G. Terzsiev, J.O. Levtrynska // Probleme Energeticii Regionale. — 2015. — № 3(29). — P. 112—118.
8. Бурдо О.Г. Принципы адресного подвода энергии при переработке пищевого сырья. / О.Г. Бурдо, В.Н. Бандура, Н.В. Ружицкая // Інтегровані технології та енергозбереження. — 2014. — № 4. — С. 79—85.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ И МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ МИКРОВОЛНОВОМ ЭКСТРАГИРОВАНИИ КОФЕ

С.Г. Терзиев, Ю.О. Левтринская

Одесская национальная академия пищевых технологий

*В статье обоснована актуальность экстрагирования в микроволновом поле, проанализированы его преимущества в сравнении с традиционным высоко-*

температурним екстрагуванням. Отримана математическа модель гідравлических процесов, котра ухитываєт фактор форми частичек и может бытть использована при проектуванні микроволнових екстракторів и виборі режимів их роботи. Підтверджено, что микроволновий підвод енергії підвищуєт часть извлеченних сухих веществ, что даєт возможность говорити об интенсифікації процесу екстрагування.

**Ключевые слова:** екстрагування, кофепродукти, микроволновое поле, гідравлика, теорія подобию, сухие вещества.

УДК 664.126:66.047

## HEAT TRANSFER ANALYSIS DURING THE DRYING OF BEETROOT PULP USING HOT AIR

S. Vasylenko, V. Shutyuk, N. Ivashchenko  
National University of Food Technologies

---

**Key words:**

drying,  
sugar beet pulp,  
analysis,  
heat transfer,  
heat transfer coefficient

---

**Article history:**

Received 12.03.2017  
Received in revised form  
10.04.2017  
Accepted 17.05.2017

---

**Corresponding author:**

taras\_as@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article presents the results of an experimental study of the drying of sugar beet pulp. An analysis is made of the current state and trends in the development of drying regimes for food products, most of which are aimed at experimental studies of the use of low-temperature drying regimes. Within the analysis of the dimensions of the obtained results, a volumetric analog of the heat transfer coefficient is chosen as the determining parameter, which enters into the heat transfer equation by determining the density of the heat flux—the “volume coefficient of heat transfer”, as a coefficient. And also a technique for calculating the intensity of heat transfer during drying of sugar beet pulp with hot air has been developed. Analysis of the curves of the change in the volume coefficient of heat transfer of beet pulp from the moisture content of pulp shows that it is practically independent of the temperature of the drying agent, and the speed of the drying agent influences it to a greater extent.

---

## АНАЛІЗ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ПІД ЧАС СУШІННЯ БУРЯКОВОГО ЖОМУ ГАРЯЧИМ ПОВІТРЯМ

С.М. Василенко, д-р техн. наук  
В.В. Шутюк, д-р техн. наук  
Н.В. Іващенко, канд. техн. наук  
Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати експериментального дослідження сушіння жому цукрових буряків. У рамках аналізу розмірностей отриманих результатів розроблено комплексний параметр спільного тепломасообміну — відносний об'ємний коефіцієнт теплопередачі, а також методику розрахунку інтенсивності теплообміну під час сушіння жому цукрових буряків гарячим повітрям.

**Ключові слова:** сушіння, жом цукрових буряків, аналіз, теплопередача, коефіцієнт теплопередачі

**Постановка проблеми.** У більшості розвинених країн світу від 7 до 15% споживаної промисловістю енергії використовується на сушіння. Відповідно, в Україні, в міру наближення до світового рівня розвитку харчової промисловості, проблема впровадження енергоощадних технологій сушіння є пріоритетною.

Незважаючи на значні ресурси бурякової сировини, використання жому дуже обмежене [1]. Низький рівень технологій переробки, значні енерговитрати при сушінні й низька якість кінцевого продукту — основні стримуючі фактори розвиток виробництва сухого жому.

Детальний аналіз досліджень ринку цукрового виробництва, здійснений Агентством промислових новин, показав, що виявляє достатню активність і є досить конкурентним ринок «Жом буряковий, багаса, відходи цукрового виробництва тощо» [2; 3]. У 2011 р. виробництво продукції асортиментного ряду в Україні в сумі становило понад 184 млн 300 тис. грн.

Аналіз сучасного стану тенденцій розвитку режимів сушіння харчових продуктів, підтвердив, що сучасні експериментальні дослідження направлені на застосування низькотемпературних режимів сушіння [4; 5]. Це обумовлено тим, що визначальним у технологічному процесі підготовки високоякісного сухого жому є спосіб його сушіння, що передбачає м'який температурний режим з використанням теплоносія, очищеного від продуктів згоряння палива. Беручи до уваги фізико-хімічні властивості сировини, сушіння жому необхідно проводити в режимах, що виключають підгоряння поверхні стружки [6].

**Мета дослідження:** проаналізувати процеси перенесення під час зневоднення жому цукрових буряків і розробити методики визначення впливу характеристик процесу зневоднення на його інтенсивність.

**Матеріали і методи.** Для дослідження як продукт використовували свіжий жом цукрових буряків у вигляді екстрагованої січки від 50 мкм до 1 мм з вологовмістом 76...80%. Сухі речовини містили, %: геміцелюлозу — 25...33; целюлозу — 20...27; лігнін — 1...6; уронові кислоти — 21,5...23; білок — 7...12; залишкову сахарозу — до 0,5; золу — 4. Зразки жому заморожували ( $-40^{\circ}\text{C}$ ) для зберігання і розморожували до кімнатної температури перед кожним експериментом сушіння.

Зразки жому брали з ПАТ «Кагарлицький цукровий завод» та ВАТ «КРИСТАЛ-М» з початковим вологовмістом 5,25 кг/кг. Дослідні партії жому відбирали безпосередньо після жомових пресів перед їх подачею в жомосушильні барабани або жомові ями. Розміри дослідних партій становили 20...25 кг кожного виду. Зразки сортували і розфасовували в окремі місткості. При цьому хімічні методи оброблення не використовували. Жом сушили в умовах лабораторії до кінцевого вологовмісту 10...13%.

Для дослідження кінетики сушіння колоїдних капілярно-пористих тіл використовували експериментальну установку кафедри теплоенергетики та холодильної техніки, яка має широкий діапазон регулювання температури сушіння і швидкості руху сушильного агента.

Для дослідження характеристик обводнення сухого жому використано спеціальну касету прямокутної форми, виконану з металевої сітки. Отвори сітки мали форму квадрата зі стороною 2 мм. Об'єм касети становив  $0,001\text{ м}^3$  ( $0,1\cdot0,1\cdot0,1\text{ м}$ ) за загальної маси 32 г.

**Результати досліджень.** Одним із енергоємних процесів у харчовій промисловості є процес сушіння жому цукрових буряків, комплексні дослідження якого проведені на кафедрі промислової енергетики і холодильної техніки. За визначальний параметр обрано об'ємний аналог коефіцієнта теплопередачі, який входить до рівняння теплопередачі з визначення густини теплового потоку — «об'ємний коефіцієнт теплопередачі», як коефіцієнт пропорційності, що умовно можна визначити як «кількість теплоти, витраченої на випаровування вологи з  $1\text{ м}^3$  за одиницю часу при різниці температур між теплоносіями  $1^{\circ}\text{C}$ ». Вибір пояснюється тим, що для вільно насипаного бурякового жому, без механічного пресування, за незначної висоти насипного шару (до 8 см), який забезпечує кращий обдув матеріалу, але не припускає утворення зв'язаного шару, не можна

з відповідною точністю визначити активну поверхню всіх частинок бурякового жому, які беруть участь у процесі сушіння.

У разі низькотемпературного сушіння зразка об'ємний коефіцієнт тепловіддачі розраховували таким чином:

$$k_V = \frac{\Delta W r}{\tau(t_{ca} - t_{ж\text{ ср}})V_{ж}} \quad (1)$$

де  $\Delta W$  — кількість видаленої води за час сушіння, кг;  $r$  — теплота пароутворення, кДж/кг;  $\tau$  — час сушіння, с;  $t_{ca}$  — температура сушильного агента, С;  $t_{ж\text{ ср}}$  — середня температура зразка під час сушіння, С;  $V_{ж}$  — об'єм зразка, м<sup>3</sup>.

Підставляючи отриманий об'ємний коефіцієнт теплопередачі в рівняння конвективного теплообміну, отримаємо значення теплового потоку для розрахунку теплового балансу сушарки:

$$Q = k_V(t_{ca} - t_{ж\text{ ср}})V_{ж} \quad (2)$$

З метою проведення аналізу даних на першому етапі дослідження побудували сімейство кривих залежностей виду  $k_V = f(\tau)T$  для лабораторних зразків жому, висушеного гарячим повітрям. Приклад отриманих кривих для одного з режимів наведено на рис. 1, 2.

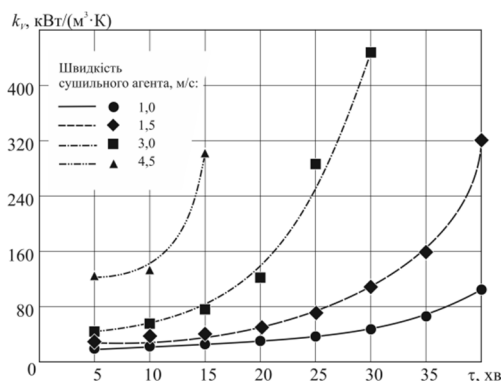


Рис. 1. Залежність зміни об'ємного коефіцієнта теплопередачі від тривалості сушіння за початкового вологовмісту  $W = 5,25$  кг/кг і температури сушильного агента (повітря) 70 °С

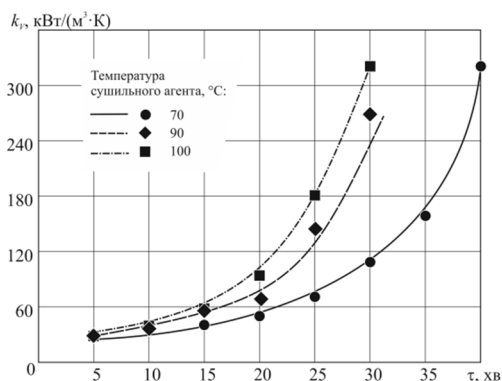
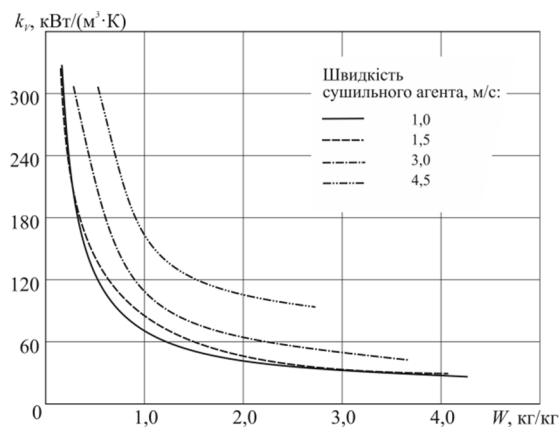


Рис. 2. Залежність зміни об'ємного коефіцієнта теплопередачі від тривалості сушіння за початкового вологовмісту  $W = 5,25$  кг/кг і швидкості сушильного агента (повітря) 2 м/с

З рис. 1, 2 видно, що існує чітка залежність отриманого коефіцієнта від параметрів процесу і що зі збільшенням періоду сушіння коефіцієнт об'ємної тепловіддачі збільшується. Спочатку зміни відбуваються плавно, наближено до лінійної закономірності, потім різко збільшуються для обох випадків — сталої температури і швидкості сушильного агента.

Залежність  $k_V = f(\tau)T$  не є інформативною з точки зору характеру процесу теплообміну, а лише характеризує зміну коефіцієнта в часі, тому розраховані залежності сушіння жому з початковим вологовмістом 5,25 кг/кг для різних режимів мають вигляд  $k_V = f(W)T$  (рис. 3).



**Рис. 3. Залежність зміни коефіцієнта об'ємної теплопередачі бурякового жому від вологовмісту жому за початкового вологовмісту  $W = 5,25$  кг/кг від швидкості сушильного агента**

Аналіз кривих зміни об'ємного коефіцієнта теплопередачі бурякового жому від вологовмісту жому показує, що він практично не залежить від температури сушильного агента. На зміну значення  $k_v$  більшою мірою впливає швидкість руху сушильного агента (див. рис. 3).

Результати, отримані для різних режимів низькотемпературного сушіння, представлені у вигляді функціональної залежності  $k_v = f(W)_v$ , були апроксимовані рівняннями виду:

$$k_v = C_1 e^{C_2 W + C_3 v}; \quad (3)$$

$$k_v = (C_1 + C_3 v) e^{C_2 W}. \quad (4)$$

Розрахунок проводився за допомогою програмних пакетів Statistica 10 і Microsoft Excel 2010. Залежність допоміжних коефіцієнтів  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  від температури наведено в табл. 1, 2. Для режимів сушіння гарячим повітрям коефіцієнти для залежності (3) оброблені програмним пакетом Statistica 10 (табл. 1), а для залежності (4) — Statistica 10 і Microsoft Excel 2010 (табл. 2).

**Таблиця 1. Значення коефіцієнтів  $C_1$ ,  $C_2$  і  $C_3$  для функціональної залежності  $k_v$  при сушінні жому гарячим повітрям (програмний пакет Statistica 10 — рівняння (3))**

| $v$ , м/с      | $C_1$ | $C_2$  | $C_3$ | $R^2$ |
|----------------|-------|--------|-------|-------|
| 1,0            | 52,23 | -0,99  | 1,56  | 0,83  |
| 2,0            | 15,65 | -0,91  | 1,41  | 0,90  |
| 3,0            | 8,55  | -0,898 | 1,23  | 0,90  |
| 4,5            | 1,11  | -0,67  | 1,30  | 0,86  |
| $k_v = f(W)_v$ | 170   | -0,82  | 0,21  | 0,89  |

Аналіз опрацювання результатів двома пакетами програм для отримання двох залежностей для визначення об'ємного коефіцієнта теплопередачі у процесі сушіння жому гарячим повітрям показав, що з більшою точністю залежність (4) визначено за допомогою програмного пакета Statistica 10.

Таблиця 2. Значення коефіцієнтів  $C_1$ ,  $C_2$  і  $C_3$  для функціональної залежності  $k_V$  у процесі сушіння жому гарячим повітрям (програми пакети Statistica 10 і Microsoft Excel 2010 — рівняння (4))

| $v$ , м/с            | $C_1$  | $C_2$  | $C_3$  | $R^2$ |
|----------------------|--------|--------|--------|-------|
| Microsoft Excel 2010 |        |        |        |       |
| 1,0                  | 74,447 | -0,758 | —      | 0,99  |
| 2,0                  | 82,706 | -0,811 | —      | 0,99  |
| 3,0                  | 114,05 | -0,768 | —      | 0,99  |
| 4,5                  | 176,12 | -0,719 | —      | 0,96  |
| $k_V=f(W)_v$         | 33,198 | -0,764 | 29,995 | 0,87  |
| Statistica 10        |        |        |        |       |
| 1,0                  | 37,15  | -0,82  | 37,15  | 0,99  |
| 2,0                  | 16,64  | -0,80  | 33,18  | 0,99  |
| 3,0                  | 11,58  | -0,75  | 34,45  | 0,99  |
| 4,5                  | 8,50   | -0,80  | 37,77  | 0,97  |
| $k_V=f(W)_v$         | 40,11  | -0,752 | 27,58  | 0,96  |

Крім того, значення коефіцієнтів  $C_1$  і  $C_2$  відрізняються для реалізації рівняння двома степеневими функціями. Дана залежність для об'ємного коефіцієнта тепловіддачі при сушінні жому гарячим повітрям ( $t=120\dots180$  °C,  $v=1\dots4,5$  м/с) з початковим вологовмістом 5,25 кг/кг для сушильного агента має вигляд:

$$k_V = (C_1 + C_3 v) e^{C_2 W} \quad (5)$$

Отримані залежності (табл. 1, 2) підтвердили вплив обраних розмірнісних параметрів на характер досліджуваного процесу, а застосування методу  $\pi$ -теореми дало змогу запропонувати таку узагальнювальну залежність:

$$k_V^+ = f(v', W); \quad (6)$$

$$k_V^+ = k_V \frac{\delta_{жс}^2}{\lambda_{жс}}, \quad (7)$$

де  $k_V^+$  — безрозмірний об'ємний коефіцієнт теплопередачі;  $v'$  — безрозмірна швидкість сушильного агента;  $v' = v_{ca}^2 / (g v_{ca})$ ;  $\delta_{жс}$  — висота прошарку жому, м;  $\lambda_{жс}$  — коефіцієнт ефективної теплопровідності жому, Вт/(м·К);  $v_{ca}$  — швидкість сушильного агента, м/с;  $v_{ca}$  — кінематична в'язкість сушильного агента, м<sup>2</sup>/с.

Кореляція даних у такому вигляді дала можливість отримати розрахункову залежність для визначення безрозмірної форми об'ємного коефіцієнта тепловіддачі:

$$k_V^+ = (C_1 + C_3 v') e^{C_2 W}, \quad (8)$$

де  $C_1 = 235,54$ ;  $C_2 = -0,835$ ;  $C_3 = 5,3 \cdot 10^{-4}$ ;  $R^2 = 0,92$ .

**Висновки.** Аналіз результатів експериментального дослідження дав змогу розробити комплексний параметр спільного тепломасообміну — відносний

об'ємний коефіцієнт теплопередачі, а також методику розрахунку інтенсивності теплообміну під час сушіння жому цукрових буряків.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Буляндра, О.Ф. Нові режими сушіння жому / О.Ф. Буляндра, Н.В. Іващенко, В.М. Пахомов // Харчова і переробна промисловість. — 1997. — № 3. — С. 33—34.
2. Заяц, Ю.А. Сушка и гранулирование жома — резерв повышения экономической эффективности в сахарной промышленности / Ю.А. Заяц, В.Г. Крамар // Сахар. — 2005. — № 1. — С. 14—16.
3. Наилучшие доступные технологии — методологическая основа инновационной энергоэффективности сахарного производства / Т.П. Василенко, С.М. Василенко, Ж.К. Сиднева, В.В. Шутюк // Ukrainian Food Journal. — 2014. — Vol. 3, Is. 1. — P. 122—133.
4. Devahastin S. Superheated steam drying—special issue of Drying Technology / S. Devahastin // Drying Technol. — 2008. — № 26(2). — P. 157—230.
5. Черевко А.И. Новая технология сушки пищевых продуктов/ А.И. Черевко, Н.И. Погожих, В.А. Потапов, С.С. Иващенко // Питание и общество.— 1997.— № 3.— С. 33—35.
6. Орлов В.Д. Производство сушеного свекловичного жома / В.Д. Орлов, А.С. Заборсин, С.Л. Яровой. — М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1983. — 112 с.

## **АНАЛИЗ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ВО ВРЕМЯ СУШКИ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА ГОРЯЧИМ ВОЗДУХОМ**

**С.М. Василенко, В.В. Шутюк, Н.В. Иващенко**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье приведены результаты экспериментального исследования сушки жома сахарной свеклы. В рамках анализа размерностей полученных результатов разработан комплексный параметр общего тепломассообмена — относительный объемный коэффициент теплопередачи, а также методика расчета интенсивности теплообмена при сушке жома сахарной свеклы горячим воздухом.*

**Ключевые слова:** *сушка, жом сахарной свеклы, анализ, теплопередача, коэффициент теплопередачи.*

УДК 621.01

## EFFECT OF TEMPERATURE ON FRICTION COEFFICIENT VAPOR “POLYMER TAPE–STEEL”

**D. Prygodiy, K. Vasilkovskiy***National University of Food Technologies***Key words:**

the polymer tape,  
the coefficient of friction,  
resistance,  
movement,  
temperature.

**Article history:**

Received 10.03.2017

Received in revised form  
10.04.2017

Accepted 11.05.2017.

**Corresponding author:**

vasilkivski@voliacable.com

**ABSTRACT**

The results of the analysis regarding aspects of tape materials and friction pairs of metal structures automatic machines packing lines of food products. Physical and mechanical properties of packaging materials determine their interaction with the working bodies of packaging equipment under mechanical stress. Attention is paid to the importance of the effect of temperature on the friction performance and provides information on the results of laboratory tests. It is shown that the temperature of the interacting surfaces affects the friction coefficient and the effect is different for different types of polymeric materials. Also, analyzing the properties of polymer packaging materials used in the global market, it can be argued that the change of temperature in the range of 25 to 60 °C will have a critical impact on the processes of formation of the package.

## ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА КОЕФІЦІЄНТИ ТЕРТЯ В ПАРАХ «ПОЛІМЕРНІ ПЛІВКИ–СТАЛЬ»

**Д.В. Пригодій, аспірант****К.В. Васильківський, канд. техн. наук,***Національний університет харчових технологій*

*У статті наведено результати аналізу особливостей плівкових матеріалів і їх тертя в парах з металоконструкціями машин-автоматів ліній пакування харчової продукції. Підкреслено важливість впливу температури на показники тертя і наведено інформацію про результати лабораторних досліджень. Показано, що температура взаємодіючих поверхонь впливає на значення коефіцієнта тертя і цей вплив помітно різний для різних типів полімерних матеріалів.*

**Ключові слова:** полімерна плівка, коефіцієнт тертя, опір, переміщення, температура.

**Постановка проблеми.** Одним із пріоритетних напрямків дослідження властивостей пакувальних матеріалів є визначення впливу їх фізико-механічних параметрів на технологічні процеси формування упаковки та роботу пакувального обладнання в цілому. На актуальність проблем вказує те, що за останні десятиліття на дослідження фізичних властивостей поверхонь матеріалів витрачено коштів більше, ніж на дослідження ядерної енергії [1], оскільки від фізико-механічних властивостей пакувальних матеріалів і властивостей поверхонь робочих органів обладнання залежить якість одержуваних упаковок, робота пакувального обладнання та його продуктивність.

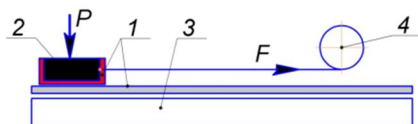
Фізико-механічні властивості пакувальних матеріалів визначають їх взаємодію з робочими органами пакувального обладнання за технологічних процесів під дією механічних навантажень.

До основних фізико-механічних властивостей пакувальних матеріалів, які можуть суттєво впливати на технологічні параметри пакування, відносяться жорсткість, міцність, гнучкість, відносне видовження, межа текучості, модуль пружності, твердість, ударна в'язкість, шорсткість поверхні та коефіцієнт тертя. Кожен з вище перелічених параметрів може кардинально впливати на роботу пакувального обладнання. Наприклад, від жорсткості матеріалу залежить його поведінка на вузлах подачі та розрізання того чи іншого пакувального автомата, а при проходженні листа по трасам пакувального автомата матеріал може прогинатися, провисати під дією власної ваги або динамічних складових зі сторони робочих органів. Величина такої деформації також може залежати від виду напрямних опор обладнання, по яким проходить пакувальний матеріал, відстані між ними, товщини та його деформаційно-міцнісних характеристик.

Гнучкість пакувального матеріалу визначається як властивість його вигинання під дією навантажень. Жорсткість матеріалу при згині є зворотною величиною до гнучкості і визначає властивість опору пружній деформації згину, що виникає під дією зовнішніх зусиль. Очевидно, що гнучкість і жорсткість характеризуються таким діапазоном напружень і деформацій, за яким матеріал здатен відновлювати свою форму і розмір після зняття прикладених зусиль.

Якщо розглядати різні види пакувального обладнання, то для обладнання дискретної дії необхідно використовувати пакувальні матеріали з високою межею текучості, адже періодичні зупинки і ривки під час роботи такого обладнання можуть призводити до незворотних деформацій матеріалу, що спричиняє збої в роботі пакувального обладнання або його зупинку. Пакувальний матеріал може піддаватись впливам робочих органів машини, таким як надриви, прориви, розшарування матеріалу. І навіть незважаючи на те, що на сьогодні існує досить багато технічних рішень, які можуть нівелювати негативні впливи динамічних навантажень на пакувальний матеріал для запобігання виникненню вище перелічених дефектів рекомендується використовувати матеріали з високим опором до ударних навантажень, проколів і розривів.

**Метою досліджень** є аналіз особливостей взаємодій пакувальних плівкових матеріалів з опорними поверхнями і робочими органами технологічного обладнання та одержання даних про температурні впливи на силові показники тертя.



**Рис. 1. Схема установки для визначення сили тертя:** 1 — матеріали пари тертя; 2 — вантаж, закріплений на напрямних; 3 — плита; 4 — прилад для визначення зусилля

**Матеріали і методи.** Значний вплив на роботу пакувального обладнання мають поверхневі характеристики пакувального матеріалу. До них відносяться коефіцієнт тертя, шорсткість поверхні та липкість пакувального матеріалу. Найбільш складно-контрольованим параметром, який може змінюватись у процесі роботи, є коефіцієнт тертя пакувального матеріалу з поверхнями робочих органів. До факторів, які можуть змінюватись в процесі роботи, відносяться температура, швидкість руху, зусилля притискання тощо [2; 3]. Розрізняють такі коефіцієнти тертя:

статичний і кінематичний. Визначаються вони за стандартними методиками, наприклад, ASTM D1894, ASTM D4918, DIN 53375 або ISO 468, за допомогою приладів (рис. 1), які фіксують силу опору тертя між взаємодіючими поверхнями за сталої швидкості грузила, загорнутого в пакувальний матеріал, по поверхні іншого матеріалу. Сила опору, яка виникає при взаємодії двох поверхонь, фіксується за допомогою спеціального динамометра, і за відомого значення сили опору тертя визначається коефіцієнт тертя.

**Результати досліджень.** Величина статичного коефіцієнта тертя (СКТ) пакувальних матеріалів має значний вплив на технологічні процеси пакування. Наприклад, за малих значень СКТ може відбуватись розвертання шарів рулону, що призводить до телескопічності, втрати форми, перекошування матеріалу під час проходження по напрямних опорах, валах тощо.

Окрім того, низький СКТ пакувального матеріалу призводить до збоїв у роботі накопичувальних і транспортних систем обладнання, не забезпечує утримання готової упакованої продукції в штабелях. За високих значень СКТ рулон може покоробити при зміні вологості або температури, адже ці параметри часто коливаються під час зберігання й транспортування пакувального матеріалу.

Кінематичний коефіцієнт тертя (ККТ) за дотримання певного діапазону його значень забезпечує стабільну та ефективну роботу пакувального обладнання, вільне проходження пакувального матеріалу по поверхні робочих органів без ривків і розтягування. За високих значень ККТ збільшується ймовірність застрягання пакувального матеріалу, особливо коли відбувається перегинання, складання чи щільне його притискання до робочих поверхонь обладнання [4].

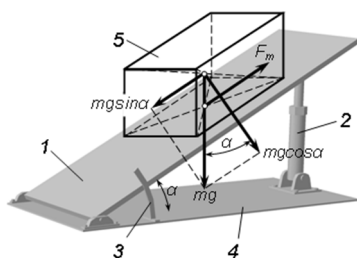
За малих значень ККТ збільшується ймовірність проковзування протягувальних пасів по пакувальному матеріалу, трапляється сповзання матеріалу з напрямних або формуючого ворота. Відомо, що на коефіцієнт тертя між поверхнею робочого органа та пакувальним матеріалом впливають різні зовнішні фактори, і більшість з них досить важко або неможливо контролювати в процесі роботи. Зазвичай пакувальний матеріал підбирається з необхідними значеннями коефіцієнта тертя. Але трапляються випадки, коли на якомусь етапі формування упаковки матеріал з низьким значенням КТ працює відмінно, а на іншому – виникають відмови в роботі того ж самого обладнання. Наприклад, на пакувальному обладнанні вертикального типу для формування упаковки типу «подушка» при проходженні пакувального матеріалу по формоутворюючому вороту бажано мати низький КТ, що забезпечить легке проходження матеріалу і дасть змогу уникнути утворення складок на рукаві і зменшить зусилля для протягування матеріалу на протяжному механізмі. Але, одночасно, через низьке значення КТ пакувального матеріалу відбувається проковзування протягувальних пасів по матеріалу, а тому доводиться або збільшувати зусилля притискання паса, або використовувати спеціальну систему вакуум-пасів. Зважаючи на це, обирають значення КТ, спираючись на конструктивні особливості пакувального обладнання і вимоги до кінцевої упаковки.

Всупереч законам тертя Амонтона-Кулона на значення коефіцієнтів тертя впливають не тільки фрикційні властивості взаємодіючих тіл, а й такі фактори, як площа контакту, зусилля притискання, температура взаємодіючих поверхонь тощо.

Якщо зусилля притискання двох взаємодіючих поверхонь підлягають регулюванню, значення температури контактуючих поверхонь в процесі роботи можуть змінюватись, то площа контактування є практично постійною. У зв'язку

з цим вирішено провести дослідження і визначити вплив температури контактуючих поверхонь на зміну коефіцієнта тертя між ними.

Для дослідження було обрано два зразки. Перший зразок — це багатошаровий листовий матеріал, який складався з паперу, алюмінієвої фольги та поліетилену; другим зразком було обрано прозору поліетиленову плівку. Досліджувався коефіцієнт тертя між поліетиленовою плівкою, якою був обгорнутий вантаж, та металевою пластиною, що імітує робочі поверхні пакувального обладнання. Виходячи з того, що в пакувальному обладнанні робочі органи знаходяться в постійному контакті з пакувальним матеріалом, а пакувальний матеріал постійно переміщується і має кімнатну температуру, нагрівалась тільки металева імітувальна пластина.



**Рис. 2. Лабораторна установка типу «похила площина»:** 1 —металева пластина; 2 — гвинтова пара для зміни кута нахилу пластини; 3 —транспорт; 4 —станина; 5 — вантаж, обгорнутий у плівку

Вимірювання коефіцієнта тертя виконувалося за розповсюдженим стандартом D 1894-01 “Standard Test Method for Static and Kinetic Coefficients of Friction of Plastic Film and Sheet”, в якому описана методика проведення дослідження та лабораторне обладнання. Але, зважаючи на те, що для наших досліджень необхідно підігрівати металеву поверхню, по якій ковзатиме матеріал, було вирішено зробити лабораторну установку типу «похила площина» (рис. 2). Конструкція розробленої установки дає змогу точно регулювати кут нахилу та підігрівати металеву пластину, на якій проводитимуться дослідження. Підігрівання пластини виконувалося з нижньої сторони гарячим повітрям. Температура пластини контролювалась в п’яти точках за допомогою безконтактного пірометра. Дослід проводився тільки при рівномірній прогретій до необхідної температури пластині.

Визначення коефіцієнтів тертя взаємодіючих поверхонь проводилось в інтервалі значень температур, починаючи від кімнатної (20 °C) до 80 °C з кроком у 10°. Кінцеву температуру 80 °C було обрано тому, що деякі пакувальні матеріали за даної температури починають змінювати фізичний стан: усаджуються або прилипають до металу, тому перегрівання є небажаним.

Обчислення коефіцієнта тертя взаємодіючих поверхонь проводилось відповідно до закону Амонтон-Кулона, який описує зв'язок між поверхневою силою тертя і нормальною реакцією металевої пластини. З умови самогальмування вантажу на похилій площині у формі

$$mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha, \quad (1)$$

де  $m$  — маса вантажу;  $g$  — прискорення вільного падіння вантажу;  $\alpha$  — кут нахилу пластини до лінії горизонту;  $\mu$  — коефіцієнта тертя, випливає, що

$$\mu = \tan \alpha. \quad (2)$$

Куту тертя  $\alpha$  відповідав кут встановлення пластини до лінії горизонту, за якого починалося переміщення вантажу.

Оскільки пластина, яка взаємодіє з досліджуваним зразком, виготовлена із нержавіючої сталі марки 12Х18Н10Т, то значення коефіцієнта тертя визначались відповідно до пари тіл «плівка–метал». Визначення коефіцієнта тертя при кожному значенні температури для кожного зразка із двох обраних матеріалів проводили по п'ять разів. Отримані дані занесені у таблицю.

Після статистичної обробки даних таблиці побудовано графік залежності коефіцієнта тертя дослідних зразків від температури (рис. 3).

Таблиця. Результати експериментальних досліджень

| № п/п | Температура | Матеріал | Отримані значення |      |      |      |      | Середнє значення |
|-------|-------------|----------|-------------------|------|------|------|------|------------------|
| 1.    | 25          | плівка   | 0,21              | 0,23 | 0,21 | 0,22 | 0,24 | 0,218            |
|       |             | ламінат  | 0,38              | 0,38 | 0,39 | 0,37 | 0,39 | 0,382            |
| 2.    | 35          | плівка   | 0,23              | 0,21 | 0,21 | 0,23 | 0,22 | 0,22             |
|       |             | ламінат  | 0,39              | 0,38 | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,376            |
| 3.    | 45          | плівка   | 0,25              | 0,26 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,242            |
|       |             | ламінат  | 0,39              | 0,38 | 0,40 | 0,40 | 0,38 | 0,39             |
| 4.    | 55          | плівка   | 0,25              | 0,26 | 0,27 | 0,24 | 0,23 | 0,25             |
|       |             | ламінат  | 0,44              | 0,43 | 0,45 | 0,42 | 0,43 | 0,434            |
| 5.    | 65          | плівка   | 0,27              | 0,26 | 0,28 | 0,29 | 0,25 | 0,27             |
|       |             | ламінат  | 0,5               | 0,49 | 0,49 | 0,5  | 0,47 | 0,49             |
| 6.    | 75          | плівка   | 0,29              | 0,31 | 0,30 | 0,30 | 0,31 | 0,302            |
|       |             | ламінат  | 0,54              | 0,55 | 0,56 | 0,55 | 0,56 | 0,522            |
| 7.    | 80          | плівка   | 0,38              | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,38 | 0,372            |
|       |             | ламінат  | 0,59              | 0,58 | 0,58 | 0,57 | 0,59 | 0,582            |

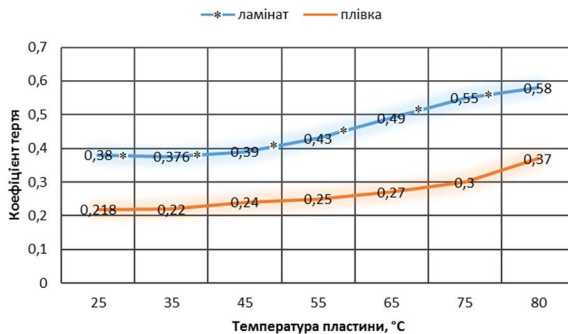


Рис. 3. Залежність коефіцієнта тертя між пакувальним матеріалом і металевою пластиною

**Висновки.** З отриманих даних можна зробити такі висновки:

1) температура взаємодіючих поверхонь впливає на значення коефіцієнта тертя, але цей вплив найбільше проявляється при температурі, яка наближається до температури пластифікації полімерного матеріалу;

2) для кожного окремого матеріалу вплив однієї і тієї ж температури буде помітно різним;

3) аналізуючи полімерні пакувальні матеріали, які використовуються на світовому ринку, можна стверджувати, що зміна температури в діапазоні від 25 до 60 °C не буде мати критичного впливу на технологічні процеси формування упаковки.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Assender, H. / How Surface Topography Relates to Materials Properties / H. Assender, V. Bliznyuk, K. Porfyakis // Science. — 2002. — Vol. 297 — P. 973—976.
2. Теорія тертя у взаємодії твердих тіл: монографія / А.І. Соколенко, С.В. Иванов, В.А. Піддубний та ін. — К. : Фенікс, 2012. — 256 с.
3. Бристон, Х. Полимерные пленки / Х. Бристон, ЛюЛю Катан; пер. С англ. под ред. Э.П. Донцовой. — М. : Химия, 1993. — 384 с.
4. Шредер, В.Л. Упаковывание пищевых продуктов в гибкие материалы / В.Л. Шредер, А.Н. Гавва, В.Н. Кривошей // Упаковка. — 2011 — № 3. — С. 24—25.

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА КОЕФИЦИЕНТЫ ТРЕНИЯ В ПАРАХ «ПОЛИМЕРНЫЕ ПЛЕНКИ–СТАЛЬ»**

**Д.В. Пригодий, К.В. Васильковский**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье приведены результаты анализа относительно особенностей пленочных материалов и их трения в парах с металлоконструкциями машин-автоматов линий упаковки пищевой продукции. Обращается внимание на важность влияния температуры на показатели трения и приводится информация о результатах лабораторных исследований. Показано, что температура взаимодействующих поверхностей влияет на значение коэффициента трения и это влияние различно для разных видов полимерных материалов.*

**Ключевые слова:** полимерная пленка, коэффициент трения, сопротивление, перемещение, температура.

УДК 637.521.3

## JUSTIFICATION OF FEEDING MECHANISM DESIGN AND CONDITIONS PARAMETERS OF AUTOMATIC BURGER MACHINE

V. Vasilkov, O. Chepeliuk, O. Chepeliuk  
National University of Food Technologies

---

**Key words:**

burger,  
shaping,  
minced meat,  
feeding mechanism.

---

**Article history:**

Received 28.03.2017  
Received in revised form  
09.04.2017  
Accepted 04.05.2017

---

**Corresponding author:**

lenasandul@yahoo.com

---

**ABSTRACT**

To identify gaps of the process of shaping burger products using the machine drum type the sources of technical information were analyzed and process was modeled in the software Flow Vision considering the rheological properties of minced meat, which were determined on a rotary viscometer "Reotest 2". It has been found that the problems arising in the formation, mainly are linked with the equipment design. To ensure the quality of burger shaping is necessary to provide uniform pressure in the feeding channel. It was proposed to improve a work of feeding mechanism by changing of its design by using blades with horizontal sections. They make it possible to hold the minced meat for a longer time under pressure, which provides a better forming. To create a directional product flow into the forming zone and to limit the unproductive minced meat movement it is advisable to install the counterblades. Rational rotational speed of the blades is 22 rpm.

---

## ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМУ НАГНІТАННЯ І РЕЖИМІВ РОБОТИ МАШИНИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ КОТЛЕТНИХ ВИРОБІВ

В.В. Васильков,  
О.М. Чепелюк,  
О.О. Чепелюк  
Національний університет харчових технологій

Для виявлення недоліків процесу формування котлетних виробів на машині барабанного типу проаналізовано джерела технічної інформації та змодельовано процес у програмному комплексі FlowVision з урахуванням реологічних властивостей м'ясного фаршу, визначених на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2». З'ясовано, що проблеми, які виникають при формуванні, пов'язані здебільшого з конструктивними особливостями обладнання. Для забезпечення якісного формування котлет необхідно забезпечити рівномірний тиск у нагнітальному каналі. Запропоновано вдосконалити роботу нагнітального вузла за рахунок зміни його конструкції шляхом використання лопатей з горизонтальними ділянками та встановлення додаткових контрлопатей. Рациональна частота обертання нагнітальних лопатей становить 22 об./хв.  
**Ключові слова:** котлета, формування, фарш, моделювання, вузол нагнітання.

**Постановка проблеми.** М'ясні січені напівфабрикати, зокрема котлетні вироби, мають стабільно високий попит у споживачів і з кожним роком займають усе більш вагоме місце в харчовому раціоні населення, оскільки легко готуються й менше коштують порівняно з іншими м'ясними продуктами. Окрім того, саме у м'ясні січені напівфабрикати достатньо легко вводити дієтичні харчові добавки з біологічно активною дією для створення продуктів функціонального харчування, збагачених харчовими волокнами, вітамінами, мінеральними речовинами тощо [1; 2; 3].

На сучасних підприємствах для формування котлет використовують різноманітне обладнання: з циліндричними формуючими барабанами; з формуючими пластинами; з карусельними формуючими столами. На м'ясопереробних підприємствах малої і середньої продуктивності значного розповсюдження набуло формувальне обладнання з циліндричним формуючим барабаном. Устаткування для формування є провідною ланкою потокових ліній виробництва котлетних виробів, тому їх ефективна робота — це запорука ритмічної роботи підприємства.

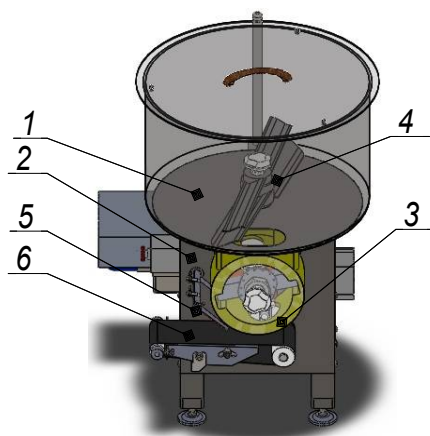
**Мета дослідження:** на сьогодні розроблення і модернізація конструкцій машин для формування котлет здійснюється, як правило, дослідним шляхом, без урахування зміни структурно-механічних властивостей фаршу в умовах формування в закритому об'ємі. Реологічні властивості фаршу для котлетних виробів залежать від різних факторів: величини тиску, температури, тривалості пресування, ступеня подрібнення, рівня рН тощо. Змінюючи перераховані фактори, які впливають на в'язкість м'ясного фаршу під час його формування, можна збільшити швидкість формування, не застосовуючи при цьому високих тисків [4].

Етап формування котлет — один із найскладніших у їх виробництві, оскільки саме в цей період проявляється все різноманіття властивостей матеріалу, від нього залежить зовнішній вигляд котлет і їх подальше оброблення. Конструкція формуючих машин повністю визначаються технологічними властивостями відповідного середовища. Консистенція фаршу і рівень тиску при формуванні повинні забезпечити збереження форми напівфабрикату при подальшому транспортуванні в охолоджену вигляді або при термічному обробленні [5]. Необхідно враховувати зміни, що відбуваються в період пресування м'ясної сировини в замкненому об'ємі, тому визначення і обґрунтування раціональних конструктивних параметрів обладнання для формування котлетних виробів і режимів його роботи є актуальним завданням, вирішення якого дасть можливість збільшити продуктивність обладнання для формування котлетних виробів та підвищити якість готових виробів.

Для підвищення ефективності виробництва котлетних виробів у машинах з формуючими барабанами необхідно вирішити такі завдання:

1. Визначення основних реологічних властивостей фаршу.
2. Розгляд варіантів удосконалення конструкції обладнання.
3. Створення геометричних моделей основних елементів машини для формування котлет.
4. Формулювання умов однозначності та дослідження процесів нагнітання фаршу й формування котлетних виробів у пакеті прикладних програм.
5. Визначення можливих шляхів удосконалення конструкції обладнання та найбільш доцільних режимів його роботи.

**Матеріали і методи.** Об'єктами дослідження є процес формування котлетних виробів у машині барабанного типу та її конструкція (рис. 1).



**Рис. 1. Машина для формування котлет:**

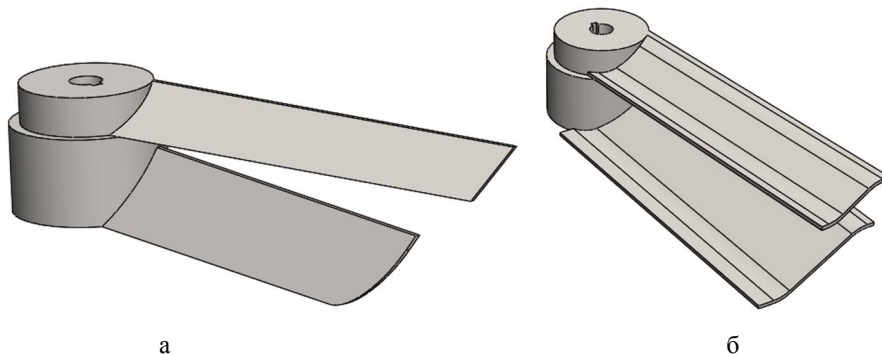
1 — бункер; 2 — корпус; 3 — барабан; 4 — нагнітальний механізм;  
5 — скидальний механізм; 6 — конвеєр

Реологічні властивості фаршу вологістю 60%, зробленого на основі курячого і свинячого м'яса, визначені на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2» при температурі досліджуваних зразків  $10 \pm 0,5$  °C.

Процес формування котлет в обладнанні з циліндричним формуючим барабаном розглянуто як два окремі — нагнітання фаршу з бункера в зону формування лопатевою мішалкою і безпосереднє формування виробів.

Проведення фізичних експериментів — досить складний і вартісний спосіб, тому для аналізу процесу нагнітання фаршу виконані обчислювальні експерименти у програмному комплексі FlowVision. Геометричні моделі бункера і лопатей мішалки, які нагнітають фарш, створені в програмі SolidWorks.

Процес нагнітання фаршу в порожнину формуючого барабана впливає на якість виробів, тому важливо визначити геометричні параметри лопатевої мішалки і раціональні режими її роботи. При моделюванні процесу нагнітання фаршу в порожнину формуючого барабана використовувалися такі конфігурації лопатевих мішалок: з кутом нахилу лопаті 30°, 45° і лопать із горизонтальними ділянками (рис. 2). Розглянута частота обертання лопатевого нагнітача 18, 22 і 28 об./хв.



**Рис. 2. Моделі нагнітальних лопатей:** а — лопать з кутом нахилу 45°; б — лопать з горизонтальними ділянками

Для моделювання обрана модель «Нестискувана рідина», використані рівняння Нав'є-Стокса і нерозривності потоку:

$$\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + \nabla(\mathbf{V} \otimes \mathbf{V}) = -\frac{\nabla P}{\rho} + \frac{1}{\rho} \nabla \left( (\mu + \mu_t) (\nabla \mathbf{V} + (\nabla \mathbf{V})^T) \right) + \left( 1 - \frac{\rho_{hyd}}{\rho} \right) \mathbf{g};$$

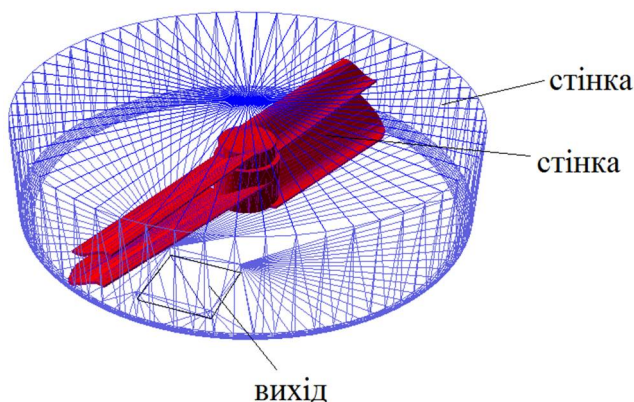
$$\nabla \mathbf{V} = 0,$$

де  $\mathbf{V}$  — вектор відносної швидкості, м/с;  $t$  — час, с;  $P$  — відносний тиск, Па;  $\rho$  — густина, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu$ ,  $\mu_t$  — відповідно, динамічна і турбулентна в'язкість, Па·с;  $\rho_{hyd}$  — гідростатична густина, кг/м<sup>3</sup>;  $\mathbf{g}$  — вектор сили тяжіння, м/с<sup>2</sup>.

Властивості м'ясного фаршу, використані при розрахунках: молекулярна маса — 23520 а.о.м., густина фаршу — 1050 кг/м<sup>3</sup>, в'язкість, визначена на ротаційному віскозиметрі, задана залежністю 401/GRAD\_MOD(МодСкорості)<sup>0,76</sup>.

Для завантаження геометрії нагнітального вузла використано фільтр «Движущееся тело в Шаблон геометрии», в якому задали масу нагнітального механізму (2,79 кг), матрицю інерції, кутову швидкість і первинне місце розташування.

Задано граничні умови входу і вільного виходу фаршу та стінки бункера і механізму нагнітання (рис. 3).



**Рис. 3. Схематичне зображення задавання граничних умов задачі моделювання процесу нагнітання фаршу**

Для візуалізації результатів задані 9 точок в нагнітальному каналі, в яких фіксувалися значення тиску і швидкості фаршу. Розв'язано три задачі з трьома різними геометричними параметрами лопатей.

**Результати досліджень.** М'ясний фарш, з погляду реології, має всі властивості, притаманні в'язкопластичним структурам. Залежність ефективної в'язкості від градієнта швидкості зсуву  $\eta_{\dot{\alpha}\alpha} = f(\dot{\gamma})$  зображено на рис. 4, а математичним виразом її є функція:

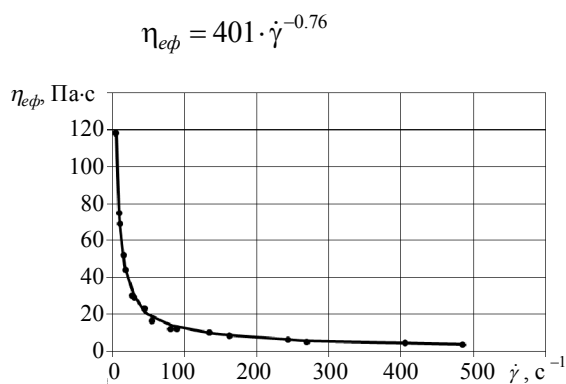


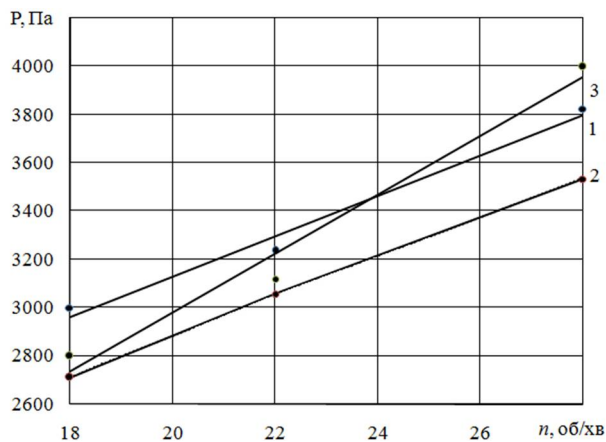
Рис. 4. Залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву фаршу

Збільшення швидкості зсуву призводить до зменшення в'язкості фаршу, що характерно для матеріалів, у яких при деформуванні відбувається орієнтування молекул у напрямку зсуву і порушення зв'язків між ними. Як встановлено дослідженнями, найбільш інтенсивно в'язкість змінюється при невеликих градієнтах швидкості зсуву. Так, в інтервалі  $\dot{\gamma} = 0 - 50 \text{ c}^{-1}$  вона зменшується від 118 до 20 Па·с, або у 5,9 раза. З подальшим збільшенням  $\dot{\gamma}$  зменшення ефективної в'язкості уповільнюється і після  $\dot{\gamma} = 243 \text{ c}^{-1}$  вона зберігається майже сталою, що свідчить про граничне руйнування структури.

Залежність ефективної в'язкості від швидкості деформації використана при комп'ютерному моделюванні, що дало змогу адекватно відображати зміну реологічних характеристик такого неньютонівського матеріалу, як фарш в процесі навантаження.

Одне із завдань процесу моделювання полягало у визначенні раціональних параметрів процесу формування котлетних виробів.

Частота обертання нагнітальних лопатей суттєво впливає на тиск фаршу в нагнітальному каналі. Збільшення частоти обертання від 18 до 28 об./хв спричиняє зростання тиску від 1,25 раза для лопаті з горизонтальними ділянками і до 1,5 раза — для лопаті з кутом нахилу  $30^\circ$  (рис. 5).

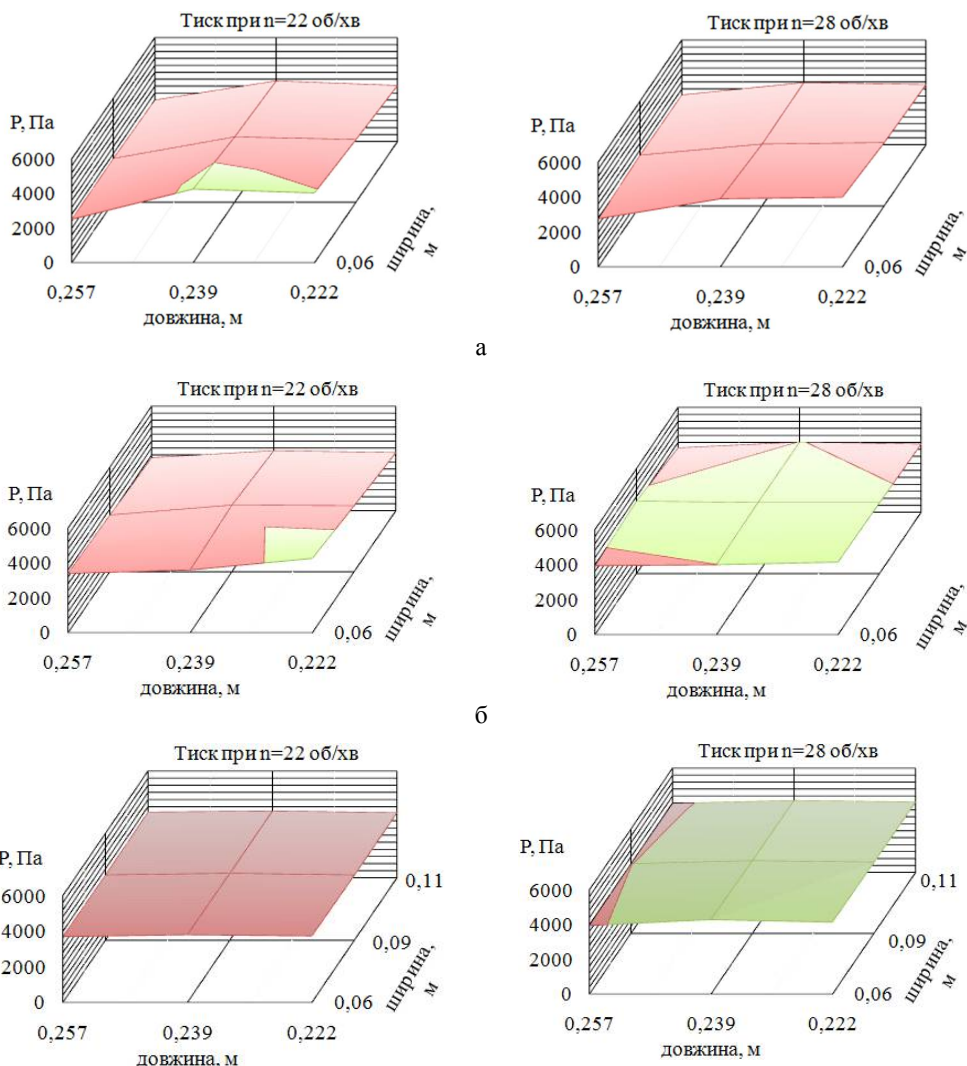


**Рис. 5. Залежність тиску від частоти обертання при різній геометрії лопатей:**1 — із горизонтальною ділянкою; 2 — з кутом  $45^\circ$ ; 3 — з кутом  $30^\circ$ 

Розподіл тиску по перерізу нагнітального каналу для кожної лопаті досліджено при частотах обертання 18, 22 і 28 об./хв. Результати засвідчили, що при частоті обертання нагнітального механізму 18 об./хв спостерігається найбільш нерівномірний розподіл тиску, тому основна увага була зосереджена на частотах обертання 22 і 28 об./хв.

Як видно з рис. 6, при використанні лопаті з кутом нахилу  $45^\circ$  переважають значення 2...4 кПа, розподіл тиску по перерізу каналу є нерівномірним, що може негативно впливати на процес формування котлетних виробів.

При використанні лопаті з кутом нахилу  $30^\circ$  величина тиску збільшується до 4...6 кПа, а його розподіл по перерізу каналу більш рівномірний, ніж у попередньому випадку. Лопать з кутом  $30^\circ$  створює більший тиск у нагнітальному каналі, порівняно з лопаттю  $45^\circ$ , і забезпечує спрямований потік фаршу.



В

**Рис. 6. Розподіл тиску по перерізу нагнітального каналу при різних геометричних параметрах лопатей:** а — з кутом  $45^\circ$ , б — з кутом  $30^\circ$ , в — з горизонтальними ділянками

Практично рівномірний розподіл забезпечує використання лопатей з горизонтальними ділянками (див. рис. 6). Саме для такої конструкції за допомогою методу найменших квадратів отримані залежності швидкості  $v$  і тиску  $P$  від довжини каналу  $l$ :

$$v = 0,2486 \cdot \ln(l) + 0,4241;$$

$$P = -6420 \cdot l + 4755,5.$$

Також отримана лінійна залежність тиску від частоти обертання лопаті:

$$P = 83,7 \cdot n + 1455,9.$$

Використання лопаті з горизонтальною ділянкою дає можливість більш тривалий проміжок часу утримувати котлетний фарш під тиском, що забезпечує більш якісне формування. З іншого боку, наявність нижньої горизонтальної ділянки запобігає руху фаршу з каналу вгору (цей рух існує при використанні звичайних лопатей унаслідок перепаду тиску до і після лопаті).

Верхня горизонтальна ділянка лопаті забезпечує захоплення фаршу з бункера, дає змогу створити необхідний тиск шляхом унеможливлення вільного обтікання лопаті фаршем у верхній частині.

Для створення спрямованого потоку продукту в зону формування і обмеження непродуктивного переміщення фаршу по колу в бункері доцільно встановлювати контрлопаті.

Зі збільшенням частоти обертання лопатей збільшується значення швидкості руху фаршу, який перебуває поблизу лопаті, і розширюється зона підвищених швидкостей. Максимальні значення швидкості котлетного фаршу для лопаті з горизонтальними ділянками спостерігаються при частоті обертання лопатей 28 об./хв.

З використанням результатів, отриманих при моделюванні процесу нагнітання фаршу для лопаті з горизонтальними ділянками, досліджено стан котлетного фаршу в каналі, який з'єднує бункер з формою на барабані для різних частот обертання лопатей. Встановлено, що при частоті обертання лопаті з горизонтальними ділянками  $n = 22$  об./хв цей канал повністю заповнюється і тиск рівномірно діє по всьому об'єму.

**Висновки.** Для отримання якісної продукції — котлетних виробів — необхідно забезпечити рівномірне нагнітання фаршу в зону формування. Це забезпечується встановленням механізму нагнітання з лопатями, які мають горизонтальні ділянки. Така конструкція дає можливість більш тривалий час утримувати фарш під тиском, завдяки чому забезпечується його рівномірне нагнітання і якісне формування виробів. Раціональна частота обертання нагнітального механізму становить 22 об./хв.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Пасічний, В.М. Шляхи удосконалення технологічних процесів виробництва комбінованих м'ясопродуктів / В.М. Пасічний // Наукові праці УДУХТ. — 2001. — № 10. — Ч. II. — С. 58—59.

2. Клименко, М. Комбіновані м'ясопродукти на основі харчових добавок вітчизняного виробництва / Михайло Клименко, Василь Пасічний // Харчова та переробна промисловість. — 2001. — № 12. — С. 16—17.

3. Технологія виробництва котлет профілактичного призначення з водоростями цистозіра чорноморська та фукус / Ю.П. Крижова, М.М. Антонюк, О.О. Галенко, В.Н. Корзун // Харчова промисловість. — 2010. — № 9. — С. 16—20.

4. Арет, В.А. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции / В.А. Арет, Б.Л. Николаев, Л.К. Николаев. — С-Пб.: Гиорд, 2009. — 444 с.

5. Фейнер, Г. Мясные продукты. Научные основы, технологии, практические рекомендации [Пер. с англ.]. — С-Пб.: Профессия, 2010. — 720 с.

## ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЗМА НАГНЕТАНИЯ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ МАШИНЫ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ КОТЛЕТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

**В.В. Васильков, А.Н. Чепелюк, Е.А. Чепелюк**

*Национальный университет пищевых технологий*

*Для выявления недостатков процесса формования котлетных изделий на машине барабанного типа проанализированы источники технической информации и смоделирован процесс в программном комплексе FlowVision с учетом реологических свойств мясного фарша, определенных на ротационном вискозиметре «Реотест-2». Установлено, что проблемы, возникающие при формовании, связаны в основном с конструктивными особенностями оборудования. Для обеспечения качественного формования котлет необходимо обеспечить равномерное давление в нагнетающем канале. Предложено усовершенствовать работу нагнетающего узла за счет изменения его конструкции, используя лопасти с горизонтальными участками и установить дополнительные контролопаси. Рациональная частота вращения нагнетающих лопастей составляет 22 об./мин.*

**Ключевые слова:** котлета, формование, фарш, моделирование, узел нагнетания.

УДК 621

## REGULATION MACHINE RUNNING

**A. Sokolenko, O. Stepanets, D. Pryhodii***National University of Food Technologies***Key words:**

control,  
machine kinematics,  
synthesis,  
kinetic energy,  
the force diagram  
combination.

**Article history:**

Received 6.04.2017

Received in revised form  
19.04.2017

Accepted 15.05.2017

**Corresponding author:**

pasww1@ukr.net

**ABSTRACT**

The article concerns the analysis and synthesis features kinematics of mechanisms and machines cyclic action restricted uneven progress leading parts and the projected recovery of kinetic energy. Speed shift driving units during periods of steady movement accompanied by additional dynamic pressure in the kinematic pairs decrease efficiency and operational reliability. The inequality of the driving forces and the forces of resistance in some areas considered in the existing method of calculation to determine the parameters of the flywheel. Extreme values of velocity and kinetic energy in combined systems do not exceed the relevant parameters of row achieved much more evenly load motor drive. For any current time  $t$ , the sum of the kinetic energies of the doubled systems can be constant, which means new conditions from the point of view of the interests of limiting the unevenness of the course of the leading link, which ensures the transfer of motion to both systems. The prospects of kinematic antisynchronization in the motion of chain contours of double-row or multi-row with an even number of contours of transport systems or storage devices are shown.

## РЕГУЛЮВАННЯ ХОДУ МАШИН

**А.І. Соколенко****О.І. Степанець****Д.В. Пригодій***Національний університет харчових технологій*

*У статті проаналізовано особливості кінематики та синтезу механізмів і машин циклічної дії з обмеженнями нерівномірності ходу ведучих ланок і за прогнозованої рекуперації кінетичної енергії. Показано взаємозв'язок між коефіцієнтом динамічності, інерційними навантаженнями і кінетичною енергією в системі та можливість рекуперації кінетичної енергії в машинах циклічної дії. Екстремальні значення швидкостей і кінетичних енергій у поєднаних системах не перевищують відповідних параметрів однорядних систем, завдяки чому досягається більш рівномірне навантаження двигуна привода.*

**Ключові слова:** *регулювання, машина, кінематика, синтез, кінетична енергія, сила, діаграма, суміщення.*

**Постановка проблеми.** Робота більшості машин характеризується певними співвідношеннями сил, мас і швидкостей руху ланок механізмів. Задачі обмеження нерівномірностей руху ведучих ланок пов'язані з пошуками найкращих співвідношень вказаних параметрів. Змінні значення швидкостей ведучих ланок викликають додаткові динамічні тиски в кінематичних парах, знижують загальні

значення коефіцієнтів корисної дії машин і їх експлуатаційну надійність. Окрім того, вказані зміни швидкостей в окремих випадках можуть викликати значні пружні коливання в ланках механізмів і машин, що є небажаним як з точки зору міцності цих ланок, так і через втрати потужності. Важливими також можуть бути недоліки технологічних процесів.

Розрізняють два типи коливань швидкостей ведучих ланок. До першого відносяться *періодичні коливання*, за яких зміни швидкостей відбуваються у цілком визначених циклах у послідовних повтореннях.

Важливо, що у більшості механізмів тільки в повному циклі усталеного руху робота рушійних сил дорівнює роботі сил опору. Однак у середині таких циклів рівність вказаних робіт не спостерігається, завдяки чому рух ведучих ланок буде нерівномірним.

Нерівність робіт сил рушійних і сил опору є наслідком нерівності сил рушійних і сил опору, що визначається і відображується в запропонованих методиках розрахунків параметрів маховиків [1; 2].

Однак існує і друга причина, пов'язана з наявністю робочих і холостих ходів або з циклічними режимами роботи машин. Останнє означає наявність знакозмінних прискорень і сил інерції та моментів сил інерції. Очевидно, що останні на окремих ділянках переміщень відіграють відповідні частки сил рушійних або сил опору.

*Неперіодичні коливання* швидкостей вхідних ланок механізмів і машин є наслідком непрогнозованих впливів корисних або шкідливих опорів, підключенням додаткових мас тощо.

Регулювання періодичних коливань швидкостей звичайно досягається відповідним підбором мас ланок механізмів. Маса ланок визначаються таким чином, щоб вони могли акумулювати всі прирощення кінетичної енергії, які є відлунням нерівності робіт сил рушійних і сил опору. Практично такі завдання вирішуються застосуванням маховиків [1; 2]. Однак для машин і механізмів з циклічним рухом ведених ланок на основі застосування храпових, мальтійських, важільних, кулачкових та зубчастих механізмів із зупинками цей метод потребує нових рішень у частинах їх аналізу і синтезу.

**Метою дослідження** є аналіз особливостей кінематики і синтезу механізмів і машин циклічної дії з обмеженнями нерівномірності ходу ведучих ланок і за прогнозованої рекуперації кінетичної енергії.

**Результати дослідження.** Порівняльна оцінка динамічних властивостей механізмів або машин в періоди усталеного руху стосується *коефіцієнта динамічності*  $x$ , який визначають відношенням екстремального значення кутового прискорення до квадрату середньої кутової швидкості:

$$x = \frac{\varepsilon_{\text{екс}}}{\omega_{\text{сеп}}^2}. \quad (1)$$

При цьому припустимо, що

$$\omega_{\text{сеп}} = \frac{\omega_{\text{max}} - \omega_{\text{min}}}{2}, \quad (2)$$

а коефіцієнт нерівномірності руху:

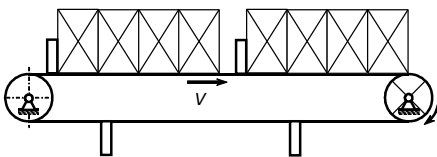
$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_{\text{сep}}} \quad (3)$$

Помноживши чисельник і знаменник виразу (1) на середнє значення приведенного моменту інерції, одержуємо:

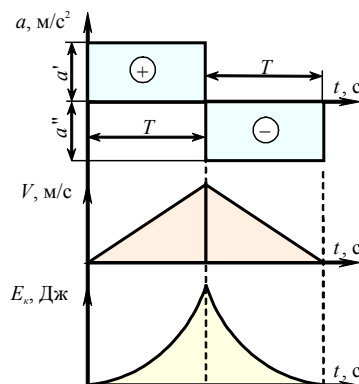
$$\chi = \frac{\varepsilon_{\text{екс}} I_{\text{пр.сep}}}{\omega_{\text{сep}}^2 I_{\text{пр.сep}}} = \frac{M_{\text{екс}}}{2T_{\text{сep}}} \quad (4)$$

Останній вираз свідчить про взаємозв'язок між моментом сил інерції, кінетичною енергією і коефіцієнтом динамічності. Важливо, що збільшення кінетичної енергії в системі машина–двигун–передавальний механізм–робочий орган обмежує нерівномірність ходу ведучої ланки. Звідси маємо прийти до висновку про доцільність обмежень значень кінетичної енергії на допустимій мінімальній величині в механізмах і машинах циклічної дії. Разом з тим очевидно, що в таких випадках передбачаються режими розгону, зупинки, вистою або зворотного ходу, що супроводжується частковою або навіть повною зупинкою складових системи і зниженням кінетичної енергії.

Складовою харчових технологій є автоматизовані потокові лінії, укомплектовані машинами-автоматами, об'єднаними транспортними системами і накопичувальними пристроями, бункерами, пристроями синхронізації вхідних матеріальних потоків тощо. Важливою характеристикою таких ліній є спосіб досягнення синхронізації окремих автоматів і елементів транспортних систем. У загальній оцінці їх розрізняють як системи з жорсткими і гнучкими кінематичними зв'язками. Жорстким зв'язкам у приводах машин відповідають зубчасті, черв'ячні, ланцюгові передачі, мальтійські та інші механізми зі стабілізованими передаточними відношеннями, в яких відсутні проковзування при передаванні руху від ведучих до ведених ланок. На відміну від названих, пасові, фрикційні передачі, фрикційні запобіжні муфти характеризуються проковзуванням і змінними під дією силових факторів передаточними відношеннями.



**Рис. 1. Пристрій крокового переміщення масивів виробів з ланцюговим контуром**



**Рис. 2. Графічна інтерпретація кінематичних параметрів і кінетичної енергії пристрою**

В історії створення і розвитку машин-автоматів з поточкових ліній у цілому можливо знайти безліч прикладів, в яких застосовувалися жорсткі і гнучкі

зв'язки. Такі ж зв'язки притаманні реалізації окремих робочих органів, які працюють у синхронних або чітко прогнозованих асинхронних режимах. Розвиток такого відносно нового напрямку механіки, як мехатроніка відкриває перспективні напрямки створення новітніх синхронізованих у рамках різних законів автоматизованих систем. Можливості застосування мехатронних технологій майже необмежені, однак їх конкретна реалізація потребує подальшого поглиблення особливостей динаміки машин, пошуку обмежень енергетичних витрат, можливостей підвищення ККД машин і систем в цілому, рекуперації кінетичної енергії рухомих мас тощо. З цієї точки зору особливі перспективи слід очікувати від застосування паралельних за кінематикою і динамікою робочих органів і машин, а в перспективі — блоків машині і навіть ліній.

Для можливості оцінки таких перспектив у синтезі машин хоча б у першому наближенні звернемося до деяких прикладів.

*Приклад 1* стосується крокових переміщень масивів виробів з ланцюговим контуром (рис. 1). Припустимо, що приводом останнього реалізується рівноприскорені та рівносповільнені переміщення, кінематичні параметри яких відображаються діаграмами на рис. 2 в межах одного циклу. Очевидно, що такі переміщення супроводжуються необхідністю подолання сил технологічних опорів, тобто сил тертя і сил інерції. Якщо період циклу складає час  $2T$ , то в першій його половині рух системи прискорений, а в другій — сповільнений. За сталих модулів прискорень  $a'$  швидкість системи відображується залежністю:

$$V = a't; \quad (5)$$

максимальна швидкість:

$$V_m = aT. \quad (6)$$

Тоді зміна кінетичної енергії на етапі розгону визначається залежністю:

$$E'_{\text{кін}} = m \frac{V_i^2}{2} \quad \text{і} \quad E'_{\text{кін max}} = m \frac{(a'T)^2}{2}, \quad (7)$$

де  $m$  — приведена маса системи.

В подальшому етап розгону будемо вважати першим, а етап гальмування — другим. Якщо відлік часу на другому етапі починати від нуля, то рівень кінетичної енергії на другому етапі відображується залежністю:

$$E''_{\text{кін}} = \frac{m}{2} \left( V_m^2 - (a''t)^2 \right). \quad (8)$$

При цьому модулі прискорень  $|a'|$  і  $|a''|$  на першому і другому етапах рівні. Відповідно до записаних співвідношень, рушійний фактор на вказаних етапах записується у формі:

$$P'_p = F_m + ma'; \quad P''_p = F_m - ma'',$$

де  $F_m$  — приведена сила тертя системи.

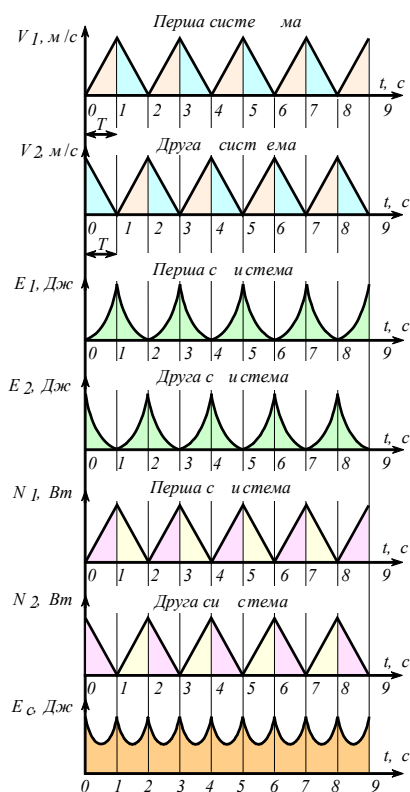
Це означає, що сили інерції на першому і другому етапах відповідальні за нерівномірність ходу ведучої ланки, оскільки зміна рушійного фактора за

прийнятих умов складає значення  $2ta$ , якщо  $a = a' = a''$ . Разом з тим важливо, що рушійний фактор на першому етапі визначає потужність приведення в дію системи. За сталого значення  $P'_p$  і зростаючої швидкості потужність  $N$  зростає від нуля до максимального значення і

$$N = P'_p V_i = P'_p a' t; \quad (10)$$

$$N_{\max} = P'_p a' T. \quad (11)$$

Вибір двигуна для приведення в дію системи має бути зорієнтованим на одержане значення  $N_{\max}$ , а залежності, наведені на рис. 2, повторюються в кожному циклі. Звідси випливає, що використання потужності двигуна має помітно обмежений характер.



**Рис. 3. Кінематичні та енергетичні діаграми паралельних подвосних систем з жорсткими кінематичними зв'язками**

Покращення ситуації можливо досягти використанням подвоєних паралельних систем, пов'язаних жорсткими кінематичними зв'язками, але виконаних зі зсувом приводів таким чином, щоб збігалися перший етап однієї системи з другим етапом іншої. При цьому будемо вважати, що обидві системи у своєму функціонуванні забезпечуються спільним приводом і в обох випадках кінематичні, динамічні і енергетичні параметри збігатимуться, але в часі зміщені на величину  $T$ . Такому випадку відповідають діаграми  $V = V(t)$  і  $E_k = E_k(t)$  (рис. 3). Окрім того, наведені діаграми потужностей  $N_1 = N_1(t)$ ,  $N_2 = N_2(t)$  та діаграма сумарної кінетичної енергії систем  $E_c = E_c(t)$ .

Загальний вид діаграми  $E_c = E_c(t)$  приводить до висновку про можливість застосування принципу суперпозиції. На першому і другому етапах швидкості змінюються від нуля до максимуму і, відповідно, від максимуму до нуля. Це означає, що за симетричних законів досягаються значення  $0,5V_1$  і  $0,5V_2$ . Тоді відповідно їм кінетична енергія за умови  $m_1 = m_2 = m$  становитиме:

$$E'_c = m_1 \frac{(0,5V_m)^2}{2} + m_2 \frac{(0,5V_m)^2}{2} = \frac{m}{2} 0,5V_m^2 = \frac{m}{4} V_m^2. \quad (12)$$

Таким чином, мінімальні значення кінетичної енергії складають половину максимальних. Оскільки сучасні можливості мехатроніки дають змогу реалі-

зовувати різні закони руху, то доцільно здійснити пошук у напрямку зближення екстремумів кінетичної енергії у подвоєних системах.

Для перших етапів маємо залежність для визначення плинної швидкості:

$$V = kt = \frac{V_m}{T} t. \quad (13)$$

Задаємо умову, за якою на половинних ділянках першого і другого етапів сумарна кінетична енергія складає:

$$E'_c = m \frac{V_m^2}{2}. \quad (14)$$

Тоді підстановкою умови (13) одержуємо:

$$m \frac{V_m^2}{2} = \frac{m}{2} \left( \frac{V_m t}{T} \right)^2 + \frac{m}{2} (V(t))^2; \quad (15)$$

або

$$m \frac{V_m^2}{2} = \left( \frac{V_m t}{T} \right)^2 + (V(t))^2; \quad (16)$$

$$V(t) = \sqrt{V_m^2 - \left( \frac{V_m t}{T} \right)^2} = V_m \sqrt{1 - \frac{t^2}{T^2}}. \quad (17)$$

Досягнутий результат означає можливість зближення екстремумів кінетичної енергії і для інших законів, якими відображуються швидкості приведених мас системи.

У рівняннях (15)–(17) залежність  $V(t)$  відображує закон швидкості приведених мас на других етапах їх переміщень. Відповідно до рівняння (14), це означає вирівнювання екстремумів кінетичної енергії. На підтвердження останнього умову (15) запишемо у вигляді:

$$m \frac{V_m^2}{2} = \frac{m}{2} \left( \left( \frac{V_m t}{T} \right)^2 + \left( V_m \sqrt{1 - \left( \frac{t}{T} \right)^2} \right)^2 \right) = \frac{m}{2} \left( \frac{V_m^2 t^2}{T^2} + \left( V_m \sqrt{1 - \left( \frac{t}{T} \right)^2} \right)^2 \right). \quad (18)$$

Підстановка значень часу  $t$  дає змогу визначити, що:

$$\text{при } t = 0 \quad E_\kappa = \frac{m V_m^2}{2}; \quad (19)$$

$$\text{при } t = 0,5T \quad E_\kappa = \frac{m}{2} (0,25 V_m^2 + 0,75 V_m^2) = \frac{m}{2} V_m^2; \quad (20)$$

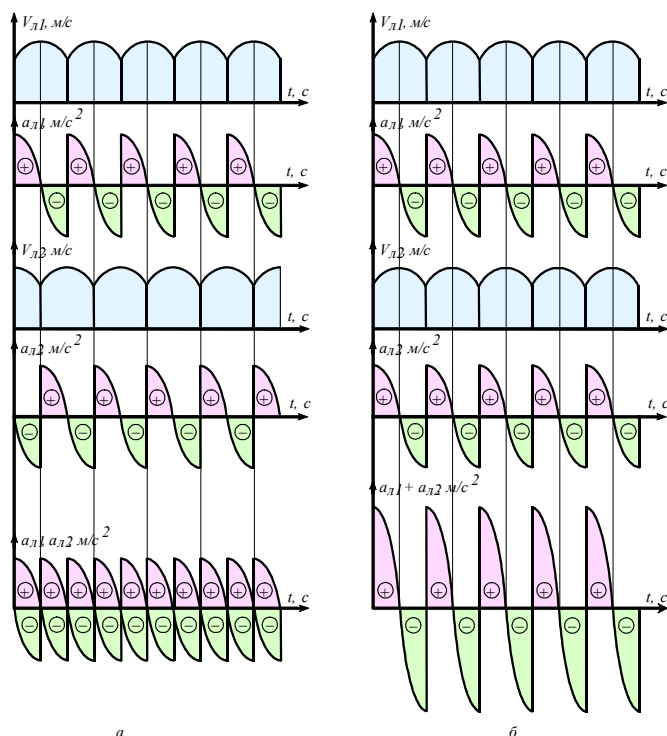
$$\text{при } t = T \quad E_\kappa = \frac{m}{2} V_m^2. \quad (21)$$

Для додаткової перевірки виконаємо розрахунок для проміжного значення  $t = 0,25T$ :

$$V_m^2 = (0,25V_m)^2 + V_m^2(1 - 0,25^2) = 1,0 \cdot V_m^2. \quad (22)$$

З формули (22) очевидно, що для будь-якого плинного значення  $t$  екстремуми відсутні і сума кінетичних енергій подвоєних систем залишається сталою. Ця особливість зберігається на другому етапі для першої системи, оскільки для другої системи має місце синхронізований перший етап. Стале сумарне значення кінетичної енергії двох систем означає нові умови з точки зору інтересів обмеження нерівномірності ходу ведучої ланки, яка забезпечує передавання руху обом системам. Окрім того, має місце циркуляція кінетичної енергії в системах.

*Приклад 2.* Технології кінематичної синхронізації можуть стосуватися кількох робочих органів, що входять до складу окремої машини. Зокрема, в автоматизованих поточкових лініях знаходять використання накопичувальні пристрої як складові транспортних систем. Такі пристрої формуються на основі кількочередних ланцюгових контурів з пластинчастими ланцюгами і в своїй структурі мають каркас, ведучі і ведені зірочки, ведучий вал і вісь для встановлення ведених зірочок. Для таких пристроїв досяжною є попарна синхронізація ланцюгів, за якою прискорені рухи одного збігаються із сповільненими рухами іншого за рахунок відносного зміщення ведучих зірочок на валу на половину кутового кроку зубців  $\alpha = 360/z$ , де  $z$  — число зубців (рис. 4) [3].



**Рис. 4. Кінематичні діаграми переміщення і діаграми сил інерції двох ланцюгів:**  
а — ланцюги встановлено зі зміщенням зірочок; б — ланцюги встановлено без зміщення зірочок

Цьому випадку відповідають кінематичні діаграми, наведені на рис. 4, і аналітичні залежності для визначення швидкості, прискорення ланцюга та інерційні навантаження від його маси:

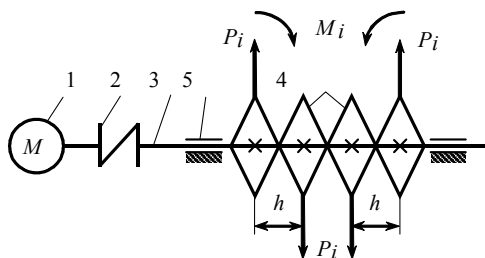
$$V_{\text{л}} = \omega R \cos \left( \frac{\pi}{z} - \omega t \right); \quad (23)$$

$$a_{\text{л}} = \omega^2 R \sin \left( \frac{\pi}{z} - \omega t \right); \quad (24)$$

$$P_i = m_{\text{л}} \omega^2 R \sin \left( \frac{\pi}{z} - \omega t \right); \quad (25)$$

де  $\omega$  — кутова швидкість ведучої зірочки,  $\text{с}^{-1}$ ;  $R$  — радіус ділильного кола зірочки.

З діаграм прискорень випливає, що кожен перехід на новий шарнір чергового зубця супроводжується миттєвою зміною прискорення на величину  $2a_{\text{max}}$ , що означає наявність м'яких ударів, які вилучити з системи неможливо. Проте зміщення зірочок на половину кутового кроку дає важливі переваги. Різноманітність ударних імпульсів і їх однакові величини могли б взагалі їх нівелювати, якби лінії їх дії співпадали, однак вони зміщені на певну величину  $h$ . Ця обставина приводить до виникнення моментів сил інерції  $M_i = P_i h$ , дію яких також можливо нівелювати у випадках встановлення ще одної пари ведучих зірочок та їх ланцюгових контурів (рис. 5). При цьому діє сила  $P_i$  на ланцюгові контури і зубці зірочок, але на кожній парі зірочок вона компенсується і дія на вал проявляється моментами сил інерції. Однак за наведеною схемою встановлення зірочок вони нівелюються проявами впливів на реакції опору і енергетичних витрат, обмежуючи нерівномірність ходу ведучої ланки.



**Рис. 5.** Схема привідного вузла чотирирядного конвеєра: 1 — мотор-редуктор; 2 — муфта; 3 — ведучий вал; 4 — ведучі зірочки; 5 — підшипникові вузли

**Висновки.** Аналіз наведених результатів дає змогу стверджувати, що:

1. Використання жорстких кінематичних зв'язків дасть змогу отримати швидкості вихідних ланок систем у заданих режимах.

2. Зсув на півфази першого і другого етапів призведе до рекуперації кінетичної енергії.

3. Подолання сил інерції на перших етапах супроводжується зростанням швидкостей і кінематичної енергії систем, тому діаграми кінетичних енергій систем відповідають розрахунковим.

4. Екстремальні значення швидкостей і кінетичних енергій в поєднаних системах не перевищують відповідних параметрів в однорядній системі. При цьому досягається значно рівномірніше навантаження двигуна привода з подвоєною продуктивністю системи.

5. За відсутності зсувів перших і других етапів сумарна кінетична енергія мала б подвоєні екстремуми і значно гірше енергорозподілення.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Патент 58946 UA, МПК B65B 5/10 (2006.01). Пристрій для переміщення вантажів / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А., Максименко І.Ф., Шевченко А.О.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. — № u201012737; заявл. 27.10.2010; опубл. 26.04.2011, Бюл. № 8, 2011 р.

2. Соколенко, А.І. Про можливість рекуперації кінетичної енергії в машинах і механізмах / А.І. Соколенко, К.В. Васильківський, В.С. Костюк // Харчова промисловість. — К. : НУХТ. — 2016. — № 19. — С. 92—99.

3. Теория механизмов и механика машин: учеб. для вузов / К.В. Фролов, С.А. Попов, А.К. Мусатов, Г.А. Тимофеев; под. Ред. Г.А. Тимофеева. — Изд. 6-е испр. и доп. — М. : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 688 с.

## **РЕГУЛИРОВАНИЕ ХОДА МАШИН**

**А.И. Соколенко, О.И. Степанец, Д.В. Пригодий**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье проанализированы особенности кинематики и синтеза механизмов и машин циклического действия с ограничениями неравномерности хода ведущих звеньев и при прогнозируемой рекуперации кинетической энергии. Показана взаимосвязь между коэффициентом динамичности, инерционными нагрузками и кинетической энергией в системе и возможность рекуперации кинетической энергии в машинах циклического действия. Экстремальные значения скоростей и кинетических энергий в объединенных системах не превышают соответствующих параметров однорядных систем, достигается более равномерная нагрузка двигателя привода.*

**Ключевые слова:** регулирование, машина, кинематика, синтез, кинетическая энергия, сила, диаграмма, совмещение.

УДК 621.87

## STUDY OF ENERGY CONSUMPTION IN LIFTING AND DESCENT PACKAGE MOLDING MACHINES

M. Iakymchuk, A. Bepal'ko, V. Iakymchuk  
National University of Food Technologies

---

**Key words:**

energy,  
machinery,  
package molding machine,  
lifting platform

**Article history:**

Received 06.04.2017  
Received in revised form  
20.04.2017  
Accepted 10.05.2017

**Corresponding author:**

mykolaiaakymchuk@mail.ua

---

**ABSTRACT**

In this paper an attempt to identify ways to reduce energy consumption for the technological operations lifting and descent mechanisms package molding machines by selecting rational parameters of occasions. The paper presents the design lifting and descent mechanism present model as two outlets oscillating system. This mathematical model lifting and descent mechanism with electromechanical drive in the two-phase moving platform allowed to consider changing kinematic and dynamic parameters of movement lifting and descent device at solving the optimization problem. During the research was designed and constructed experimental setup which tested the adequacy of the analytical results. Were obtained and analyzed the experimental results of changes the power drive lifting and descent mechanism during the execution of manufacturing operations moving loads of different masses.

---

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ У ПІДНІМАЛЬНО-ОПУСКНИХ МЕХАНІЗМАХ ПАКЕТОФОРМУВАЛЬНИХ МАШИН

М.В. Якимчук, д-р. техн. наук  
А.П. Беспалько, канд. техн. наук  
В.М. Якимчук  
Національний університет харчових технологій

У статті запропоновано математичну модель піднімально-опускного механізму з електромеханічним приводом при двоетапному переміщенні платформи, яка дала змогу визначити зміну кінематичних і динамічних параметрів переміщення піднімально-опускного пристрою під час вирішення задачі оптимізації. За результатами експериментальних досліджень були визначені закономірності зміни потужності приводу піднімально-опускного механізму під час виконання технологічних операцій переміщення вантажів різної маси.

**Ключеві слова:** енерговитрати, механізм, пакетоформувальна машина, піднімально-опускна платформа.

**Постановка проблеми.** В нових економічних умовах у виробництві харчової продукції все більших обертів набирає практика пакування харчових продуктів у транспортну тару. І потреба в досконалих, раціональних пакетоформувальних машинах (ПФМ) невпинно зростає.

Процес формування транспортних пакетів складається з трьох основних технологічних операцій: підготовки вантажних одиниць до пакування, вкла-

дання їх за певною схемою в пакет і скріплення пакета. Ці операції повинні забезпечувати отримання достатньо міцних і стійких пакетів, здатних сприймати без ознак руйнування структури поздовжні, поперечні, вертикальні статичні та динамічні навантаження, що діють під час їх перевезень та виконання НРТС-робіт [1].

ПФМ повинні забезпечувати: безперебійне пакування вантажів відповідно до продуктивності дозувально-фасувального та іншого обладнання і внутрішньозаводських транспортних систем; автоматичне вкладання вантажів у щільні пакети із заданими розмірами без ушкоджень упаковки і продукту; автоматичну подачу порожніх піддонів у зону пакування; скріплення пакетів для забезпечення їх стійкості в процесі доставки від вантажовідправника до споживача; накопичення готових пакетів на конвеєрі видачі для забезпечення безперебійної і злагодженої роботи навантажувально-розвантажувальних засобів.

На рис. 1 показана класифікація ПФМ. Кожна з груп ПФМ, зазначених у цій класифікації, може бути додатково поділена на ряд різновидів за певними ознаками (наприклад, за типом транспортуючих механізмів, конструкцією формувального пристрою, за схемою автоматичного управління тощо)[2]. Так, за способом формування шару вантажів ПФМ поділяються на машини з горизонтальним, вертикальним або комбінованим способами формування.

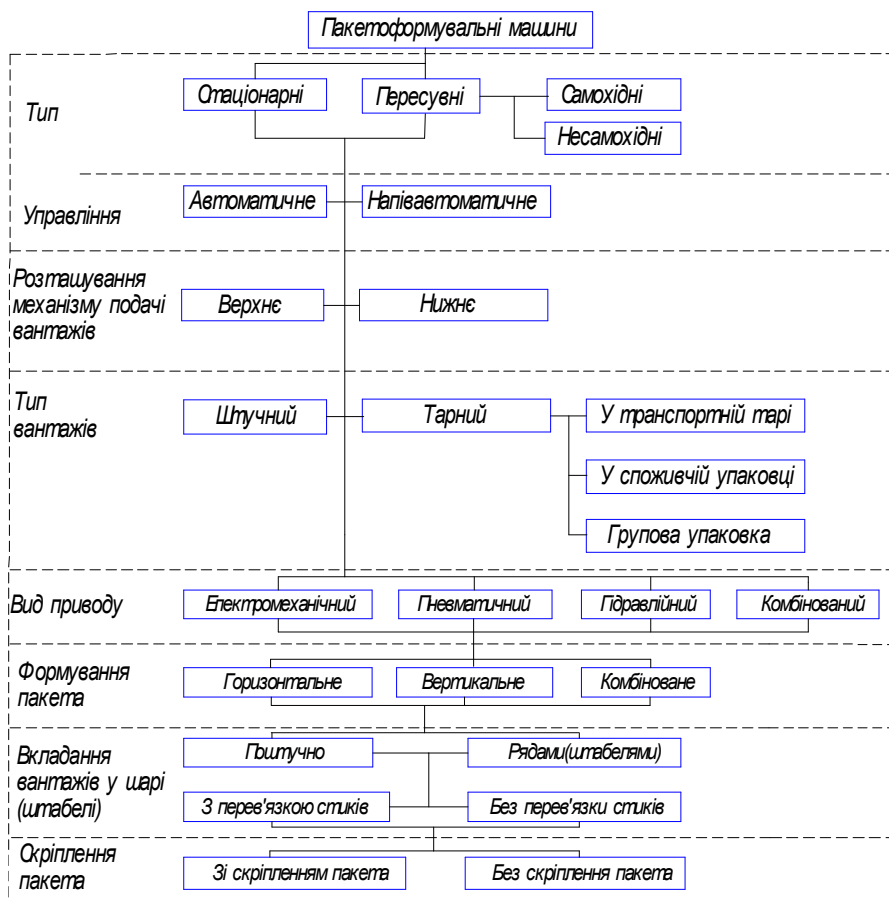


Рис.1. Класифікація ПФМ

Традиційно однією з основних технологічних операцій у такому обладнанні, що регламентує продуктивність пакетоформувальної машини, є укладання шару вантажів на піддон або на раніше вкладений шар вантажів.

Основними типовими пристроями ПФМ є: піднімально-опускний механізм або механізм формування пакета; механізм формування ряду та шару вантажів; механізм укладання шару вантажів; механізм виділення одиничного піддона зі стопи піддонів; конвеєрні системи подачі вантажів та піддонів і відводу сформованих пакетів. Досліджено, що саме на піднімально-опускний механізм припадає значна частина потужності, що споживається всією машиною[3].

На основі аналізу конструкцій піднімально-опускних механізмів пакетоформувальних машин було визначено типи їх приводу та вид передавальних механізмів (рис. 2).

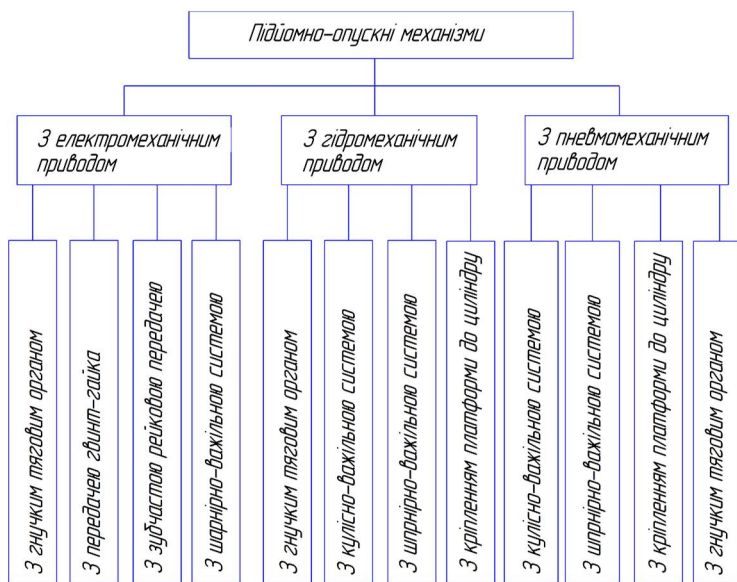


Рис. 2. Класифікація піднімально-опускних механізмів

Встановлено, що пневматичні приводи застосовуються в 20% пакетоформувальних машин, які мають вантажопідйомність піднімально-опускного механізму до 20 кг. Швидкість лінійного переміщення платформи піднімально-опускного механізму з пневмоприводом становить до 1000 мм/с, а при кутовому переміщенні — до 60 об./хв. Безумовною перевагою використання пневмоприводу в таких пристроях є простота його конструкції, низька вартість і надійність у роботі.

Гідравлічні приводи застосовуються в 30% пакетоформувальних машин, які мають вантажопідйомність піднімально-опускного механізму більше 20 кг. Похибка позиціонування в цих приводах не перевищує  $\pm 0,5$  мм при швидкості лінійного переміщення до 1200 мм/с. Гідравлічні приводи мають складну конструкцію, високу вартість виготовлення і експлуатації, але гарну регульовальну здатність для позиційного і контурного режимів роботи.

Електричні приводи використовуються в 40 ... 50% пакетоформувальних машин. Точність позиціонування електричного приводу досягає значень до  $\pm 0,05$  мм. Їх застосовують як у позиційному, так і в контурному режимах роботи.

Приводи виконавчих механізмів пакетоформувальних машин включають двигун, систему управління, передавальні механізми, датчики зворотного зв'язку і комунікації.

Вибір типу приводу залежить від функціонального призначення пакетоформувальної машини (ПФМ). Основними факторами, що визначають вибір типу приводу є: призначення і умови експлуатації, вантажопідйомність і необхідні динамічні характеристики конструкції, а також вид системи управління. Найчастіше застосовується електромеханічний привод.

**Мета дослідження:** намітити шляхи зниження енерговитрат на виконання технологічних операцій піднімально-опускними механізмами пакетоформувальних машин шляхом підбору раціональних параметрів їх приводів.

Об'єктом дослідження є ПФМ для формування транспортних пакетів із тарно-штучних вантажів з харчовою продукцією. Конкретно — електромеханічний привод.

**Результати досліджень.** До будь-якого виду приводу виконавчого механізму пакетоформувальної машини пред'являють такі вимоги: мінімальні габаритні розміри при високих енергетичних показниках, що забезпечують велике значення відносини вихідної потужності до маси; можливість роботи в режимі автоматичного управління і регулювання, що забезпечує оптимальні закони розгону і гальмування при мінімальному часу перехідних процесів; швидкодія, тобто здійснення рухів виконавчих механізмів з високими швидкостями і малою похибкою позиціонування; мала маса елементів приводу при високому ККД всієї конструкції; надійність і довговічність елементів конструкції; зручність монтажу, ремонту, обслуговування, переналагодження і безшумність роботи.

Прийнята до розгляду в межах теоретичного дослідження схема піднімально-опускного пристрою (рис. 3) включає в себе платформу 1 з укладеними на неї вантажами 2 та противагою 3, зв'язок з масою ротора двигуна 4 та елементів приводу 5 здійснюється за допомогою гнучкого пружного елемента 6 [4; 5].

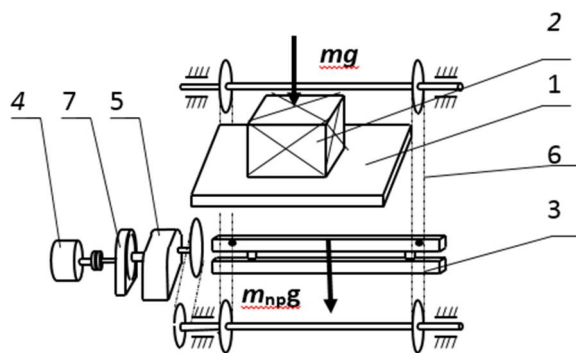


Рис. 3. Принципова схема піднімально-опускного механізму

Конструкцію даного піднімально-опускного механізму представлено моделлю у вигляді двомасової коливальної системи (рис. 4). Електродвигун у такій системі традиційно виконує свою основну функцію. На першому етапі функцією електропривода є переміщення пустої платформи у початкове положення, тобто у крайню верхню точку. Тривалість першого етапу піднімання залежить від часу формування вантажів, що складає від 5 до 10 секунд.

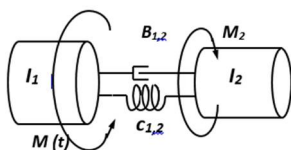


Рис. 4. Динамічна модель двомасової коливальної системи

Величина переміщення платформи відповідає висоті пакета. На другому етапі відбувається покрокове опускання платформи з вантажем. На кожному відрізку переміщення платформи двигун працює в генераторному режимі паралельно з мережею, забезпечуючи постійне значення швидкості, що встановлюється за рахунок відрізка жорсткої механічної характеристики.

Математична модель піднімально-опускного механізму з електромеханічним приводом при двоетапному переміщенні платформи представлена у вигляді системи рівнянь (1), що дає змогу враховувати зміну кінематичних і динамічних параметрів переміщення піднімально-опускного пристрою під час вирішення задачі оптимізації.

$$\left\{ \begin{array}{l} X_1(0) = 0 \\ X_2(0) = \omega_y \\ X_3(0) = 0 \\ X_3(0) = X_{30} \\ X_4(0) = X_{40} \\ \varepsilon + \omega_y * t_m - x_1(t_m) = 0 \\ \lambda_3(t_m)x_4(t_m) + \lambda_4(t_m) \left( \frac{M(t_m)}{I_1} + \frac{M_2}{I_2} - abx_3(t_m) \right) + \rho M^2(t_m) + \\ + qM(t_m) + \Gamma - (P_2 + P_3) + \lambda_1 \omega_y = 0 \end{array} \right. ,$$

де  $\lambda_i(t)$  — множник Лагранжа;  $X_i$  — фазові координати;  $p, q, r$  — коефіцієнти параболічного вирівнювання;  $M(t)$  — тормозний момент;  $\omega_y$  — встановлена швидкість двигуна;  $I_2$  — приведений момент інерції мас, що поступально рухаються;  $I_1$  — момент інерції приводу.

Аналітичний розв'язок системи рівнянь, що описує двомасову коливальну систему (1), наведено у вигляді графіка залежності швидкості від часу (рис. 5).

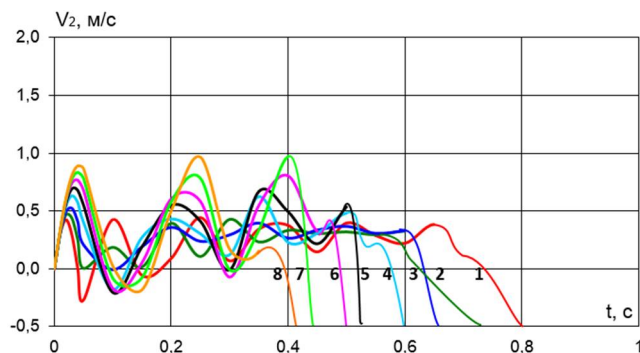
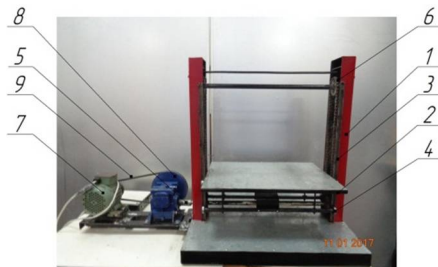


Рис. 5. Залежність зміни швидкості від часу під час переміщення другої маси (платформи) на етапі розгону та усталеного руху з різною кількістю вантажів:

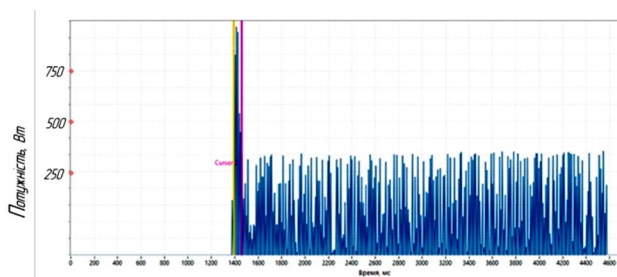
1 — з 8 шарами вантажів на платформі; 2 — з 7 шарами; 3 — з 6 шарами; 4 — з 5 шарами; 5 — з 4 шарами; 6 — з 3 шарами; 7 — з 2 шарами; 8 — з одним шаром

*Приклад застосування отриманих результатів.* Під час досліджень була розроблена і виготовлена експериментальна установка (рис. 6). Особливістю роботи експериментальної установки є можливість фіксувати зміну потужності на електродвигуні привода платформи в реальному часі. Для цього було розроблено спеціальне програмне забезпечення та використано блок аналогово-цифрового перетворення сигналів і персональний комп'ютер.

Приклад отриманих при цьому результатів зміни потужності електродвигуна в реальному часі показано на рис. 7.

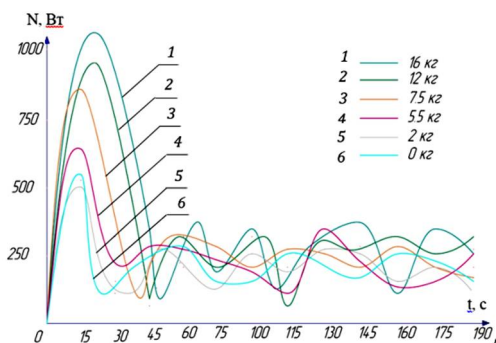


**Рис. 6.** Експериментальна установка піднімально-опускного механізму пакетоформувальної машини: 1 — рама; 2 — піднімально-опускна платформа; 3 — напрямні; 4 — ролики; 5 — привідний вал установки; 6 — зірочки ланцюгової передачі; 7 — двигун; 8 — черв'ячний редуктор; 9 — пасова передача



**Рис. 7.** Зміна потужності від часу під час підймання платформи з вантажем масою 6,5 кг

Результати експериментальних досліджень зміни потужності привода піднімально-опускного механізму під час виконання технологічних операцій переміщення вантажів різної маси показано на рис. 8 та рис. 9.



**Рис. 8.** Залежність зміни потужності від часу під час підймання платформи з вантажем масою до 16 кг

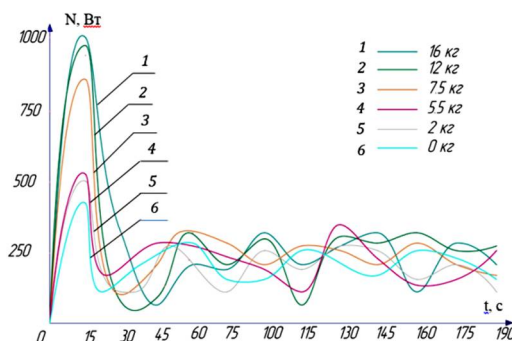


Рис. 9. Залежність зміни потужності від часу під час опусканні платформи з вантажем масою до 16 кг

**Висновки.** Аналіз результатів аналітичних і експериментальних досліджень дав змогу перевірити ефективність запропонованої динамічної моделі піднімально-опускного механізму з електромеханічним приводом і визначити закономірність зміни витрат енергії на етапах піднімання й опускання платформи.

Встановлено, що використання під час проектування ПФМ такої методики для визначення раціональних параметрів електродвигунів приводу піднімально-опускних механізмів порівняно з існуючими конструкціями дає можливість знизити енерговитрати за один цикл формування транспортного пакета до 30%.

Аналітично визначено й експериментально досліджено значення коефіцієнта затухання коливальної системи привода піднімально-опускних механізмів ( $b = 0,53$ ), яке можна рекомендувати до застосування під час проектування нових зразків пакетоформувальних машинах.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Попович, І.І. Пакеторозформовувальні машини / І.І. Попович, О.М. Гавва // Упаковка. — 2002. — № 3. — С. 34—39.
2. Гавва, О.М. Пакувальне обладнання / А.П. Беспалько, О.М. Гавва, А.І. Волчко. — Київ : ІАЦ Упаковка, 2007. — 136 с.
3. Пакувальне обладнання / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан. — Київ : ІАЦ Упаковка, 2010. — 746 с.
4. Гавва, О.М. Наукові основи розрахунку параметрів потоково-транспортних систем харчових виробництв : дис. докт. техн. наук : 05.18.02 / Гавва Олександр Миколайович. — Київ, 1996. — 300 с.
5. Гавва, О.М. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования / О.М. Гавва, А.В. Чуприна // Наукові праці. — 2001. — № 10. — С. 134—141.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ В ПОДЪЕМНО-ОПУСКНЫХ МЕХАНИЗМАХ ПАКЕТОФОРМИРУЮЩИХ МАШИН

Н.В. Якимчук, А.П. Беспалько, В.Н. Якимчук

Национальный университет пищевых технологий

В статье конструкцию подъемно-опускного механизма представлено моделью в виде двумассовой колебательной системы. Такая математическая

*модель подъемно-опускного механизма с электромеханическим приводом при двухэтапном перемещении платформы позволила учитывать изменение кинематических и динамических параметров перемещения подъемно-опускного устройства при решении задачи оптимизации. Были получены и проанализированы результаты экспериментальных исследований изменения мощности привода подъемно-опускного механизма при выполнении технологических операций перемещения грузов различной массы.*

**Ключевые слова:** энергозатраты, механизм, пакетформирующая машина, подъемная платформа.

УДК 331.45

## INCREASE OF LABOUR SAFETY ON POWER ECONOMY ENTERPRISES OF FOOD INDUSTRY ON THE BASIS OF THE “FAILURE TREE” METHOD

**A. Siryk, O. Yevtushenko***National University of Food Technologies***Key words:**

labour protection,  
labour safety,  
extremal situation,  
hazardous events,  
“Failure tree”.

**Article history:**

Received 04.04.2017

Received in revised form  
17.04.2017

Accepted 11.05.2017

**Corresponding author:**

alsok3030@gmail.com

**ABSTRACT**

The possibilities of probability analysis of the origin of hazardous events on the power economy of the enterprises of food industry and their prevention by means of “Failure tree” method are considered in the article. The decomposing of events that influence on formation of the main event-consequence events during the origin of extremal situations is represented. The offered method is an instrument for qualitative and quantitative analysis of the investigated events, and for determination of their basic descriptions. The research's results are contribution to the development of applied bases of labour protection in the part regarding to diagnosticating, design of extreme situations and their consequences' estimation; control system and work and state safety of labour protection, taking into account the specific work of power economy of the enterprises of food industry and character of solvable administrative tasks.

## ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ НА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТАХ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ «ДЕРЕВО ВІДМОВ»

**А.О. Сірик****О.В. Євтушенко, канд. техн. наук***Національний університет харчових технологій*

У статті розглянуто можливості аналізу ймовірності виникнення небезпечних ситуацій на енергетичних об'єктах підприємств харчової промисловості та їх запобігання за допомогою використання методу «Дерево відмов». Відображено декомпозицію подій, які впливають на утворення головної події-наслідку під час виникнення аварійних ситуацій. Запропонований метод є інструментом для якісного та кількісного аналізу досліджуваних подій, а також для визначення їх основних характеристик.

**Ключові слова:** охорона праці, безпека праці, аварійна ситуація, небезпечні події, метод «Дерево відмов».

**Постановка проблеми.** Система управління охороною праці (СУОП) є складовою частиною загальної системи керування підприємством. При автоматизованих системах управління охороною праці є її складовою частиною, або

підсистемою. Управління охороною праці передбачає участь у цьому процесі майже всіх служб і підрозділів підприємства, діяльність яких визначається Положенням про службу охорони праці.

На більшості підприємств харчової промисловості України, що експлуатують енергетичні установки нашої країни, все ще працює старе обладнання часів Радянського Союзу, яке вже давно не придатне для використання. Таке обладнання може бути основною причиною при виникненні аварії на підприємстві чи під час настання нещасного випадку на виробництві.

Енергетичне господарство підприємств харчової промисловості відноситься до небезпечних виробничих об'єктів, що пов'язано із значною кількістю аварій з важкими наслідками. Комплекс енергетичного господарства складається з апаратів та установок, що є вибухо-, пожежо- та токсично небезпечними, а отже, неминучий ріст аварій у резервуарному парку і на трубопроводах. Для ліквідації, а головне, для запобігання надзвичайним ситуаціям необхідно оцінювати ризик виникнення аварійних ситуацій та їх наслідків.

**Мета дослідження:** провести аналіз відмов складних систем під час обслуговування обладнання в енергетичному господарстві підприємств харчової промисловості.

**Методи досліджень.** Основним методом для досліджень було обрано метод «Дерево відмов», що лежить в основі логіко-ймовірнісної моделі причинно-наслідкових зв'язків відмов системи з відмовами її елементів та іншими подіями.

**Результати досліджень.** Причини небезпечних подій на енергетичних об'єктах підприємств харчової промисловості можна розподілити на організаційні й технічні. Основними факторами виникнення і розвитку цих подій є незадовільний стан технічних пристроїв, будівель і споруд, а також недосконалість технологій або конструктивні недоліки [1; 2; 8]. До організаційних причин відносяться: порушення технології виробництва робіт, неправильна організація виробництва робіт, неефективність виробничого контролю, умисне відключення засобів захисту, сигналізації чи зв'язку, низький рівень знань вимог промислової безпеки, порушення виробничої дисципліни, необережні (несанкціоновані) дії виконавців робіт [5; 9; 10].

Близько 70% небезпечних подій і нещасних випадків відбувається з організаційних причин, так чи інакше пов'язаних з помилками людини-оператора і впливом людського фактора.

У матеріалах щодо запобігання великим аваріям Міжнародного бюро праці перераховані такі причини пошкодження обладнання й типові несправності, що порушують умови нормальної експлуатації і безпечної роботи:

- механічні руйнування посудин, трубопроводів і конструкцій при перепадах внутрішнього тиску, дії зовнішніх сил, корозії і зміні температури;
- поломки таких вузлів, як насоси, компресори, вентилятори;
- несправності у системі контролю (в датчиках тиску і температури, індикаторах рівня, витратомірах, приладах управління);
- несправності у системі безпеки (в запобіжних клапанах, системи скидання тиску, системи нейтралізації, запобіжних розривних мембранах);
- порушення зварних швів і з'єднувальних фланців.

Детальний аналіз випадків травматизму серед працівників енергетичного господарства харчової промисловості доводить, що процес їх розвитку і настання, як правило, характеризується логічним поєднанням випадкових подій, які

виникають з різною частотою на різних стадіях аварійного процесу чи позаштатної ситуації [2].

Для виявлення та вивчення логічних зв'язків між цими подіями, їх кількісного оцінення й аналізу доцільно використовувати логіко-імітаційне моделювання, в основу якого покладено метод «Дерево відмов».

У разі настання кризової ситуації на підприємстві чи виникненні аварії керівники чи відповідальні особи мають реагувати відразу, тому що затримка з прийняттям рішення чи невірне рішення може призвести до негативних наслідків. Найчастіше прийняття важливих рішень у кризових ситуаціях виявляються хибними через необізнаність керівників щодо системи виробництва, як у подальшому дане рішення буде впливати на функціонал підприємства і тому спрацює ланцюгова реакція, що призводить до виходу з ладу основного обладнання чи навіть аварії на виробництві.

Моделювання за методом «Дерево відмов» передбачає врахування різних виробничих чинників щодо надійності машин, професійних якостей і психофізіологічних рис людини-оператора та стану виробничого середовища, що формують первинні (базові) події-небезпеки, з подальшим переходом їх у проміжні події, які, за певних обставин, формують головну подію-наслідок. З урахуванням наявності цих чинників будують логічну модель перебігу травмонебезпечного процесу з подальшим дослідженням її основних характеристик.

У ряді випадків оцінка надійності системи може бути представлена як багатокроковий процес, в якому кожен попередній стан має кілька наступних. Система розвитку «Дерева відмов»: від основної події аварійна ситуація переходить до нерозвинutoї події, що перетворюється у сприятливу подію, яка закінчується головною подією (аварією, травмуванням).

Подія може здійснюватися після якого-небудь одного або декількох кроків по шляху до кінцевої (головної) події. При великій кількості фіналів і кроків здійснити просте перерахування всіх станів надзвичайно важко. Цей процес може бути впорядкований і зведений до простих механічних операцій. Повна ймовірність кожного результату визначається як добуток всіх ймовірностей, зазначених на гілках дерева, починаючи від даного результату і закінчуючи коренем дерева (початковим станом).

Ретельному аналізу причин відмов і розробці заходів, найбільш ефективних для їх усунення, сприяє побудова «Дерева відмов». Це один із способів визначення надійності техногенних систем, пов'язаний з оцінкою ризиків технологічного і природного характеру. Такий підхід набуває поширення в Європі для оцінки техногенної небезпеки багатьох видів діяльності. Вважається, що директива SEVEZO II, що має широке охоплення, інтегральний характер і спрямована на запобігання аваріям, допомагає створити певну основу для більш ефективного регулювання ситуацій, пов'язаних з ризиком.

Методика застосування даного методу оцінки ризику опрацьована в сучасній науково-технічній літературі та нормативної документації. Є ряд програмних продуктів, що дають змогу автоматизувати процедуру отримання оцінок ризику даним методом [3].

Розглянемо застосування об'єктних підходів при побудові «Дерева відмов» для котельних установок, що експлуатуються на підприємствах харчової промисловості.

Поширеними причинами аварій котлів є: механічне пошкодження труб, порушення технології продувки, пониження рівня води, недоліки водопідго-

товки, наднормативне форсування, забруднення котлової води, недотримання регламенту розігріву, вибух палива тощо.

Моделювання за методом «Дерево відмов» передбачає врахування різних виробничих чинників щодо надійності машин, професійних якостей і психофізіологічних рис людини-оператора та стану виробничого середовища, що формують первинні (базові) події-небезпеки, з подальшим переходом їх у проміжні події, які, за певних обставин, формують головну подію-наслідок. З урахуванням наявності цих чинників будують логічну модель перебігу травмонебезпечного процесу з подальшим дослідженням її основних характеристик.

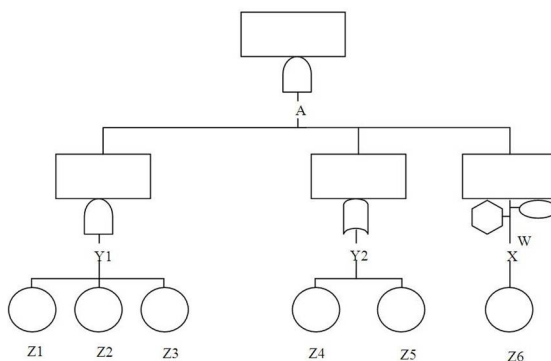
Приклад фрагменту моделі перебігу умовного травмонебезпечного процесу при обслуговуванні котлів, що працюють на газоподібному паливі, представлено на рис. 1, де головну подію А (вибух; травмування персоналу; зупинка в роботі енергетичного господарства; зупинка технологічного виробництва на харчовому підприємстві) за допомогою оператора «І» розкладено на проміжні події Y1, Y2 і X (накопичення газу в приміщенні; зупинка роботи посудини, що працює під тиском). Ті, у свою чергу, за допомогою відповідних операторів «І», «АБО» та «ЗАБОРОНА» розкладено на первинні події: Y1 — на Z1, Z2, Z3, (довільне згасання пальників; помилки персоналу; порушення технологічного режиму); Y2 — на Z4, Z5 (падіння тиску газу в газопроводі нижче за гранично допустиме значення або короткочасне припинення надходження газу; недотримання правил з безпеки праці); X — на Z6 і W ( невірне прийняття рішень під час аварійної ситуації).

Керуючись правилами алгебри логіки, запишемо формулу для описання перебігу травмонебезпечного процесу під час обслуговування котлів, що працюють на газоподібному паливі, враховуючи логічний зміст зв'язків між подіями:

$$P_A = P_{Y1} \cap P_{Y2} \cap P_X = (P_{Z1} \cap P_{Z2} \cap P_{Z3}) \cap (P_{Z4} \cup P_{Z5}) \cap P_{Z6} \cap P_W.$$

Надаючи логічним зв'язкам алгебраїчний зміст, запишемо формулу для визначення ймовірності настання небажаного наслідку:

$$P_A = P_{Y1} \cdot P_{Y2} \cdot P_X = (P_{Z1} \cdot P_{Z2} \cdot P_{Z3}) \cdot (P_{Z4} \cdot P_{Z5} - P_{Z4Z5}) \cdot P_{Z6} \cdot P_W.$$



**Рис. 1. Фрагмент моделі перебігу умовного травмонебезпечного процесу при обслуговуванні котлів, що працюють на газоподібному паливі**

Отже, метод «Дерево відмов» забезпечує проведення ґрунтовного аналізу ймовірності виникнення небезпечних ситуацій при обслуговуванні котельних

установок, що є складовими енергетичного господарства підприємств харчової промисловості, та відображає декомпозицію подій, які впливають на утворення головної події-наслідку. Це інструмент для якісного та кількісного аналізу досліджуваних подій, а також для визначення їх основних характеристик, зокрема, для кількісного оцінення рівнів професійного ризику працівників під час їх обслуговування.

**Висновки.** В результаті досліджень проведено аналіз відмов складних систем під час обслуговування обладнання в енергетичному господарстві підприємств харчової промисловості на основі використання методу «Дерево відмов», що дає можливість: істотно полегшити аналіз надійності складних систем енергетичного господарства підприємств харчової промисловості; наочно показати ненадійні місця; фахівцям по черзі зосереджуватися на окремих конкретних відмовах системи; забезпечує об'єктивну інформацію про поведінку системи та особливості її роботи. Наукові результати досліджень є внеском у розвиток теоретичних і прикладних основ розроблення методик, систем управління та контролю за безпекою робіт і станом охорони праці, з урахуванням специфіки роботи енергетичних об'єктів підприємств харчової промисловості і характеру вирішуваних управлінських завдань.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Копей, Б.В. Використання «дерева відмов» як методу структурного аналізу штангової насосної установки / Б.В. Копей, В.Б. Копей, О.Р. Мартинець, О.І. Стефанишин, А.Б. Стефанишин // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. — 2013. — № 2(47). — С. 62—71.
2. Аверин, Г.В. Анализ опасностей аммиачных компрессорных установок методом построения «дерева отказов» / Г.В. Аверин, В.М. Москалец // Екологічна безпека. — 2008. — 3-4. — С. 9—16.
3. Можжаев, А.С. Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования сложных систем (ПК АСМ 2001) / А.С. Можжаев // Труды Международной научной школы «Моделирование и анализ безопасности, риска и качества в сложных системах». — СПб.: Издательство ООО «НПО «Омега», 2001 — С. 56—61.
4. Clinciu, M.R. Using the fault tree method for reliability analysis of a cold monojet water meter / M.R. Clinciu // Bulletin of the Transilvania University of Braşov. — 2014. — Series I, Vol. 7 (56), No. 1. — P. 19—24.
5. Гогіташвілі, Г.Г. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами: Навч. посіб. / Г.Г. Гогіташвілі, Є.Т. Карчевські, В.М. Лапін. — К.: «Знання», 2007. — 367 с.
6. Левченко, В. Використовувати набутий досвід при розслідуванні аварій та нещасних випадків / В. Левченко // Охорона праці. — 2000. — № 6. — С. 27—29.
7. Літвінов, В.В. Удосконалення методу оцінювання надійності схем релейного захисту / В.В. Літвінов, Я.С. Саченко // Електротехніка та електроенергетика. — 2015. — № 1. — С. 62—68.
8. Розрахунок надійності електричної мережі на основі побудови дерева відмов [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://ukrbukva.net/page,2,69121-Raschet-nadezhnosti-elektricheskoiy-seti-na-osnove-postroeniya-dereva-otkazov.html>.
9. Володченкова, Н.В. Вибухобезпека виробничих об'єктів харчової промисловості до впливу повітряної вибухової хвилі / Н.В. Володченкова, О.В. Хіврич, О.Г. Левченко // Наукові праці НУХТ. — 2013. — № 51. — С. 57—63.
10. Володченкова, Н.В. Аналіз ризику виникнення аварійних ситуацій на підприємствах харчової промисловості як чинник підвищення небезпеки їх функціонування / Н.В. Володченкова, О.В. Хіврич // Ukrainian Food Journal. — 2013. — Vol. 2., Issue 1. — С. 75—79.

## **ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ»**

**А.О. Сирик, О.В. Евтушенко**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассмотрены возможности анализа вероятности возникновения опасных ситуаций на энергетических объектах предприятий пищевой промышленности и их предотвращения посредством использования метода «Дерево отказов». Отражены декомпозиции событий, которые влияют на образование главного события-следствия при возникновении аварийных ситуаций. Предложенный метод является инструментом для качественного и количественного анализа исследуемых событий, а также для определения их основных характеристик.*

**Ключевые слова:** *охрана труда, безопасность труда, аварийная ситуация, опасные события, метод «Дерево отказов».*

## ДО ВІДОМА АВТОРІВ

### *Шановні колеги!*

Редакційна колегія журналу «Харчова промисловість» запрошує Вас до публікації наукових праць.

Засновник і видавець журналу: Національний університет харчових технологій.

Журнал затверджений наказом МОН України (постанова № 241 від 09.03.2016) як наукове видання з технічних наук.

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

Обсяг статей — до 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 публіковані раніше статті, що містять результати фундаментальних теоретичних розробок та найзначніших 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 посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на роботи останніх років.

Прізвища зарубіжних авторів у тексті статті треба наводити в українській транскрипції.

Після списку літератури наводяться: анотація та ключові слова російською мовою; ініціали і прізвища авторів, назва статті великими напівжирними літерами, анотація та ключові слова

(Summary) англійською мовою (розмір анотації 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'єкта та методик досліджень з наведенням основних результатів роботи та рекомендаціями щодо сфери їх застосування.

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

Роздрукований варіант статті підписують усі автори.

У разі одержання статті, оформленої з порушенням запропонованих «**ВИМОГ**», редакція статтю не реєструє. За необхідності доопрацювання статті відповідно до зауважень рецензента авторам направляється екземпляр рукопису, який разом із рецензією, відповіддю рецензентів, 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](mailto:tmipt_xp@ukr.net)**

Наукове видання

# ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

Науковий журнал

№ 21

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. Стамбол

Підп. до друку 22.06.2017 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