НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Харчова промисловість

Заснований у 1965 р.

24

Київ НУХТ 2018

UDC 664(04) (082)

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

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

Journal "Food Industry" is included into the list of professional editions of Ukraine of technical sciences (Decree of MES of Ukraine # 241 from March 9, 2016), where the results of dissertations for scientific degrees of PhD and candidate of science can be published.

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

- Google Scholar
- Index Copernicus

Publications are represented in authoring edition.

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

Recommended for publication by the
Academic Council of the National University of
Food Technologies.
Minutes of meeting № 4
from 29st of November, 2018

© NUFT, 2018

УДК 664(04) (082)

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

Розрахований на наукових та інженерно-технічних працівників харчової промисловості.

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

Журнал «Харчова промисловість» індексується такими наукометричними базами:

- Google Scholar
- Index Copernicus

Статті друкуються в авторській редакції.

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

Рекомендовано вченою радою
Національного університету харчових
технологій.
Протокол № 4
від 29 листопада 2018 року

© НУХТ, 2018

Редакційна колегія
Склад редакційної колегії журналу «Харчова промисловість»

Головний редактор
Editor-in-Chief

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

Відповідальний секретар
Accountable secretary

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

Члени редакційної колегії:

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

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЯ

Сировина та матеріали

Українець А.І., Большак Ю.В., Маринін А.І., Святненко Р.С. Окисно-відновний баланс питної води — показник її якості та фізіологічної повноцінності 6

Федорова Д.В. Обгрунтування вибору рослинної сировини для виробництва сухих рибо-рослинних напівфабрикатів. Частина 2. 15

Дітріх І.В., Приступа В.А. Кокосове борошно як нетрадиційна сировина для виготовлення кексу спеціального призначення 23

Андронович Г.М., Бондаренко Ю.В., Гмиря І.В., Буцик Н.А. Використання подрібненого насіння білого льону у виробництві хлібобулочних виробів 32

Бурченко Л.М., Білик О.А., Кочубей-Литвиненко О.В., Бондар В.І., Іскрицька В.О. Технологічний ефект використання фосфатидних концентратів у виробництві хлібобулочних виробів 40

Технології: дослідження, застосування та впровадження

Пасічний В.М., Маринін А.І., Желуденко Ю.В., Задкова С.П. Дослідження впливу використання натуральних і штучних оболонок на мікробіологічну стабільність і вологовміст варених ковбасних виробів у процесі зберігання 48

Зінченко І.М., Бондар М.В. Дослідження процесу гідротермічного оброблення грибів шіїтаке 55

Пешук Л.В., Горбач О.Я., Радзієвська І.Г., Іванова Т.М. Дослідження властивостей сосисок подовженого терміну зберігання з включенням лейцину та хітозану 62

Пасічний В.М., Гармаш Д.В., Рамік О.С., Кохан Б.А. Вплив застосування технології Sous Vide на різні види м'яса птиці 70

РОЗДІЛ 2. ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Процеси харчових виробництв

Соколенко А.І., Бут С.А., Гіджеліцький В.М., Головкіна Л.І. Енерго- і масообмінні процеси в умовах аеробного синтезу мікроорганізмів 77

Бабанов І.Г., Бабанова О.І., Михайлов В.М., Бабкіна І.В., Шевченко А.О. Використання електроконтактного нагрівання в процесах та апаратах харчової промисловості 85

Литвиненко О.А., Кадомський С.В., Пащенко Б.С. Диспергування емульсій у багатоступеневих кавітаційних апаратах 92

Марцинкевич Л.В., Удодов С.О., Риндюк Д.В. Моделювання процесу освітлення пивного сусла у гідроциклонних апаратах 99

Обладнання та устаткування

Васильківський К.В., Юхно М.І., Костюк В.С., Піддубний В.А. Інновації в обладнанні для аеробного синтезу мікроорганізмів 106

CONTENTS

SECTION 1. TECHNOLOGY

Raw Materials and Materials

Ukrainets A., Bolshak Yu., Marynin A., Svyatnenko R. Oxidation-receivable balance of drinking water — indicator of its quality and physiological compatibility 6

Fedorova D. Scientific selection of plant raw material for the production of dry fish and plant semi-products. Part 2. 15

Ditrikh I., Prystupa V. Coconut flour as unconventional raw material for preparing special function cake 23

Andronovich G., Bondarenko Yu., Gmyrya I., Butsik N. Use of crushed seeds of white flax in the production of bakery products 32

Burchenko L., Bilyk O., Kochubei-Lytvynenko O., Bondar V., Iskrytska V. Technological effect of the use of phosphatide concentrates in the manufacture of bread products 40

Technologies: Researches, Application and Introduction

Pasichnyi V., Marynin A., Zheludenko Yu., Zadkova S. Investigation of the influence of the use of natural and artificial shells on the microbiological stability and moisture content of cooked sausages during storage 48

Zinchenko I., Bondar M. Investigation of hydrothermal process of shiitake mushrooms 55

Peshuk L., Gorbach O., Radzievska I., Ivanova T. Investigation of the properties of sausages of prolongated life time containing leucine and chitosan 62

Pasichnyi V., Garmash D., Ramik O., Kochan B. Influence of Sous Vide technology on various types of poultry meat 70

SECTION 2. PROCESSES AND EQUIPMENT

Processes of Food Industries

Sokolenko A., But S., Gizhelitsky V., Golovkina L. Energy and mass-exchange processes in the conditions of aerobic synthesis of microorganisms 77

Babanov I., Babanova O., Mikhaylov V., Babkina I., Shevchenko A. Use of electric-contact heating in processes and apparatus of food industry 85

Litvinenko A., Kadomsky S., Pashchenko B. Distribution of emulsion in imultistage cavitation apparatus 92

Martsinkevich L., Udodov S., Ryndyuk D. Simulation of the process of lighting the beer wort in the hydrocyclone apparatus 99

Machinery and Equipment

Vasylkivsky K., Yukhno M., Kostyuk V., Piddubny V. Innovations in equipment for aerobicsynthesis of microorganisms 106

Чепелюк О.О., Чепелюк О.М., Губеня О.О. Обгрунтування режиму роботи обладнання для змішування компонентів сумішей для таблетування 118 *Chepeliuk O., Chepeliuk O., Gubenia O.* Substantiation the working mode of the equipment for mixing of components of the tabletting mixture

Пакування: розробка, дослідження, переробка ***Packing: Development, Researches, Processing***

Якимчук М.В., Горчакова О.М., Токарчук С.В., Валіулін Г.Р. Дослідження впливу тиску рідкого харчового продукту на закон переміщення клапана прецензійного дозатора 125 *Iakymchuk M., Horchakova O., Tokarchuk S., Valiulin G.* Research of the influence of the pressure of liquid food products on the movement law of the valve of precision dosing apparatus

Керування виробничими процесами ***Control of Production Processes***

Нікітін А.А., Хіврич О.В., Володченкова Н.В. Удосконалення методики оцінювання ризику в умовах надзвичайної ситуації 131 *Nikitin A., Hivrich O., Volodchenkova N.* Improving the risk assessment in the conditions of the emergency situation

Полупан В.В., Сідлецький В.М., Ельперін І.В. Дослідження роботи генетичних алгоритмів у системі автоматизованого управління апаратом ІІ сатурації 138 *Polupan V., Sidletskyi V., Elperin I.* Research of genetic algorithms in the system of automated control of the apparatus II saturation

Стоянова Л.О., Іващенко К.Ю. Деякі аспекти актуалізації систем менеджменту якості і безпечності харчових продуктів до вимог нових версій міжнародних стандартів 146 *Stoyanova L., Ivashchenko K.* Some aspects of the actualization of quality management systems and food safety management systems to the requirement of new versions of international standards

Енергетика та виробничі процеси ***Power engineering and productions***

Осьмак О., Серьогін О. Оптимізація процесу газифікації рослинної біомаси 157 *Osmak O., Seryogin O.* Optimization of the process of gasification of plant biomass

УДК 628.1.663.6

OXIDATION-RECEIVABLE BALANCE OF DRINKING WATER — INDICATOR OF ITS QUALITY AND PHYSIOLOGICAL COMPATIBILITY

A. Ukrainets, Yu. Bolshak, A. Marynin, R. Svyatnenko
National University of Food Technologies

Key words:
oxidation-reducing balance, oxidation-reducing potential of water, redox state of water, physiological full value of water

Article history:
Received 26.09.2018
Received in revised form 15.11.2018
Accepted 24.11.2018

Corresponding author:
mif63@i.ua

ABSTRACT

The article is reviewed the awareness of modern science of the importance of studying and controlling the redoxbalance of drinking water as an indicator of its quality and physiological integrity. The influence of water, salt, acid-base and redox balances of endogenous aqueous media, which depend on the quality and physiological value of drinking water, is considered.

Justification of the redox balance of water is determined by the magnitude of the redox potential (RP), as a modern important indicator of the quality and physiological usefulness of drinking water. The rationale for reviewing and rationing the value of the RP of drinking water in assessing the influence of the physicochemical parameters of drinking water on the course of the body's physiological processes and, finally, on health indicators. The study of physicochemical properties of reagent-activated water is performed by potentiometric methods (pH and RP) electroconductometric methods were used to determine (electrical conductivity), and also measured the kinematic viscosity of water with varying degrees of water structuring with a viscometer. The expediency of using the value of the RP of water drinking water for assessing the quality and physiological usefulness of drinking wateris shown. The important role of aqueous, salt, oxide-alkaline and redox balances in maintaining the general water homeostasis of the aquatic biological environments of the organism and its role in maintaining the norm of health indicators is investigated. The prospects and approaches to the creation of drinking water with health-improving properties through its biological activation using reagent-free and physical methods are determined. It is shown, that the availability of the use of reagent-free activated water as a raw material component of food technology to improve the quality and shelf life of food products. The prospect of using reagent-free activated water in an electron-donor state to create a new class of health-improving products of the food industry aimed at the prevention of electron-deficient health disorders has been determined.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-3

© А.І. Українець, Ю.В. Большак, А.І. Маринін, Р.С. Святненко, 2018

ОКИСНО-ВІДНОВНИЙ БАЛАНС ПИТНОЇ ВОДИ — ПОКАЗНИК ЇЇ ЯКОСТІ ТА ФІЗІОЛОГІЧНОЇ ПОВНОЦІННОСТІ

А.І. Українець, д-р техн. наук
Ю.В. Большак, канд. техн. наук
А.І. Маринін, канд. техн. наук
Р.С. Святненко
Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто усвідомлення сучасною наукою важливості вивчення і контролю окисно-відновного балансу питної води як показника її якості та фізіологічної повноцінності. Проаналізовано вплив водного, сольового, кислотно-лужного й окисно-відновного балансів ендогенних водних середовищ, які залежать від якості та фізіологічної повноцінності питної води, на водний гомеостаз клітинного середовища та організму в цілому.
Окреслено перспективи використання безреагентно активованої питної води в електронно-донорному стані для створення питної води з оздоровчими властивостями та розробки нового класу продукції харчової промисловості з поліпшеними споживчими характеристиками та компенсаторними властивостями стосовно дефіциту надходження в організм електронів з довкілля, питної води та продуктів харчування.
Ключові слова: *окисно-відновний баланс, окисно-відновний потенціал води, редокс-стан води, фізіологічна повноцінність води.*

Постановка проблеми. Стабільність процесів життєдіяльності організму підтримується відповідно до діючої системи фізіологічного та біохімічного гомеостазу. Складовою частиною останнього є гомеостаз водного середовища організму, який, у свою чергу, забезпечується підтримкою водного, сольового, кислотно-лужного й окисно-відновного балансу у водному секторі організму. Концепція якості питної води знаходиться в постійному розвитку, віддзеркаленням чого є усвідомлення останнім часом особливого значення окисно-відновного балансу питної води як показника її якості та фізіологічної повноцінності.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Поняття фізіологічної повноцінності питної води увійшло до нормативних документів лише на початку XXI століття — в Україні у 2010 році [1].

У нових державних санітарних нормах і правилах «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», крім визначення поняття «питна вода», яке практично не відрізнялося від попереднього документа, з'явилося визначення нового поняття: «Вода питна з оптимальним вмістом мінеральних речовин — питна вода, призначена для споживання людиною з мінеральним складом, адекватним фізіологічній потребі організму людини». У новому документі до нормування показників безпеки та якості питної води було додано 9 показників, нормування яких відповідало вимогам забезпечення фізіологічної повноцінності стосовно мінерального складу питної води.

Відтепер безпечна та якісна питна вода не може вважатися фізіологічно повноцінною, якщо в її складі такі показники не відповідають вимогам: загальна жорсткість < 1,5 ммол/дм^3, загальна лужність < 0,5 ммол/дм^3, йод < 20 мкг/дм^3, калій < 2,0 мг/дм^3, кальцій < 25 мг/дм^3, магній < 10 мг/дм^3, натрій < 2,0 мг/дм^3, сухий залишок < 200 мг/дм^3, фториди < 0,7 мг/дм^3.

Це означає визнання того, що поповнення нашого організму переліченими біогенними речовинами з питною водою вкрай важливе для нашого здоров'я.

Не варто впадати у відчай тим, хто користується ідеально чистою демінералізованою питною водою, одержаною з допомогою мембранного зворотно-осмотичного методу. Така знесолена вода є ідеальним варіантом для приготування кулінарних страв, чаю, кави та напоїв, тобто скрізь, де відвар при варінні потрапляє до складу кінцевого продукту. Саме знесолена вода забезпечує перехід до відвару максимальної кількості поживних речовин з продуктів. Уже не рідкість, коли фільтр питної води має два крани чистої води: знесоленої та повноцінної. Останнім часом можливості одержання фізіологічно повноцінної питної води розширилися: бюветна, бутильована, контрольовані кринична та джерельна.

Півстоліття тому, у Ташкенті було відкрите нове явище: перехід молекул води без участі будь-яких хімічних речовин, а лише під дією електричного струму, із звичного термодинамічно-рівноважного стану у стан термодинамічно-квазінерівноважний [2]. Квазі тому, що після припинення фізичної збуджуючої дії на воду, водна система самочинно повертається в процесі релаксації до первинного стану рівноваги. Потрапляючи в організм, активована вода здатна віддавати надлишок вільної енергії збуджених молекул води для виконання біологічної роботи в клітинах, що енергетично підживлює нашу життєдіяльність. Найважливішим здобутком цих досліджень стало усвідомлення того, що молекули води є активними посередниками між зовнішнім середовищем і біологічним середовищем, до складу якого входить вода.

За сучасними уявленнями вода є гетерогенною системою, що складається з фаз вільної та асоційованої води. Остання є електроактивною та магнітоактивною, що обумовлено її когерентним станом [3; 4]. Когерентність є наслідком колективних властивостей молекул води. Коли зарядовий стан води нерівноважний (надлишок зарядів одного знаку), вода набуває властивостей колективного квантового осцилятора. Осциляційні процеси притаманні живим організмам, що вказує на те, що життя органічно пов'язане особливими структурно-енергетичними властивостями організованої води [5]. Контакт води з гідрофільними поверхнями речовин знижує ентропію системи завдяки структурно-упорядкованій самоорганізованій властивості води при контакті з вказаними гідрофільними поверхнями. Виявилося, що при цьому змінюється окисно-відновна рівновага у водній системі разом із залежною від неї кислотно-лужною рівновагою.

Мета дослідження: обґрунтування окисно-відновного балансу води, який визначається величиною окисно-відновного потенціалу (ОВП), як сучасного важливого показника якості та фізіологічної повноцінності питної води. Обґрунтування розгляду та нормування величини ОВП питної води при оцінці впливу фізико-хімічних показників питної води на пребіг фізіологічних процесів організму та, врешті, на показники здоров'я.

Показати органічний взаємозв'язок контрольованих організмом водного, сольового, кислотно-лужного та окисно-відновного балансів ендогенних водних середовищ та їх важливу роль у його загальному водному гомеостазі. Розглянути шляхи підвищення фізіологічної повноцінності і якості питної води шляхом регулювання її окисно-відновного балансу.

Матеріали і методи. Дослідження фізико-хімічних властивостей безреагентно-активованої води проводили потенціометричними (pH та ОВП) методами, електро-кондуктометричними (питома електропровідність) та вимірюванням

кінематичної в'язкості води з різним ступенем структурованості за допомогою віскозиметра ВПЖ-4. Також при дослідженнях використовувалася авторська експериментальна установка [6].

Результати досліджень. Кількісно стан окисно-відновної рівноваги оцінюється величиною окисно-відновного потенціалу. Кров і зовнішньо- та внутрішньоклітинне середовище перебувають у відновному електронно-донорному стані з величиною ОВП –100…–200 мВ із слабо лужною реакцією. В кислому середовищі шлункового соку ОВП досягає величин кількох сотень мілівольт зі знаком плюс.

Широко розповсюджене уявлення, що слабка лужна реакція питної води та її ОВП від'ємного знака достеменно сприятливі для поліпшення здоров'я. Але ці вкрай важливі біогенні показники якості питної води, на жаль, не входять до переліку обов'язково контрольованих показників якості питної води, як не входять вони й до переліку показників фізіологічної повноцінності питної води.

У нормально насиченому водою організмі в складі крові близько 94% води, а всередині клітини в нормі води має бути 75%. Вказана різниця обводнення крові та клітин створює осмотичний тиск, під дією якого вода потрапляє в клітини. При недостатньому осмотичному тиску, в тому числі від недостатнього споживання води, процеси обміну речовин (метаболічні процеси) уповільнюються, і поповнення клітин поживними речовинами зменшується. При цьому вивід із клітин відпрацьованих речовин стає неповним, а це призводить до зашлаковування токсичними продуктами обміну речовин, тобто до самоотруєння. Якщо клітині не вистачає води, вона продовжує здійснювати обмін речовин, але в зневодненому стані. Рецептори клітин подають сигнали спраги, але, на жаль, цей сигнал сприймається переважно як відчуття голоду і людина замість пиття води втамовує голод, через що нібито безпричинно гладшає. Справжність відчуття голоду легко перевіряється контрольним питтям води. Якщо відчуття голоду зникає, то, вочевидь, насправді це відчуття маскувало порушення водного балансу.

Порушення водного балансу загрожує зневодненням. При сильному зневодненні спочатку частішає пульс, відчувається слабкість, потім можливе запаморочення та задишка. Якщо зневоднення сягає 10% від маси тіла, виникає порушення мови, зору та слуху, можливе марення, галюцинації та втрата свідомості. При втраті 15…25% води від маси тіла людині загрожує загибель.

З хронічним дисбалансом споживання води, що спричиняє біохімічні розлади в організмі, пов'язано більшість хронічних захворювань. Постійна кількість води в організмі — необхідна умова його існування. З віком знижується здатність клітин утримувати певну кількість води, через що клітини змінюють свою форму та розміри. Зневоднення клітин — одна з основних причин старіння організму. Американський лікар і вчений Фірейдон Батмангхелідж після 20 років досліджень довів, що невідчутне хронічне зневоднення організму є причиною таких хвороб, як гастрит, алергія, астма, артрит, гіпертензія тощо [7]. Добова потреба питної води становить 2…4 літри залежно від ряду факторів. Крім того, через органи травлення щодоби в організм потрапляє 6…7 літрів рідин (3 літри слини та шлункового соку, стільки ж кишкового соку, 0,5 літри жовчі та соку підшлункової залози). Вода також виникає в організмі при окисленні харчового субстрату та синтезі протеїнів і білків. Ця ендогенна вода знову частково всмоктується в кров і частково виводиться. Вироблення в мітохондріях кожних 350 кДж енергії супроводжується утворенням 10 мл ендогенної води.

Характерно, що літні люди в стані зневоднення клітин не відчувають спрагу, адекватну водному балансу і тому мало вживають води, через що притаманні літнім людям негаразди із здоров'ям лише посилюються [7]. При відсутності спраги регуляторні системи організму заради збереження роботи життєво важливих функцій відключають належний контроль за менш критичними функціями, що посилює розлади у роботі останніх.

Критичним при зневодненні може бути дефіцит натрію [8]. Надлишок натрію легко виводиться нирками, а от до його дефіциту головний мозок досить чутливий і через особливі гормони сигналізує організму утримувати натрій шляхом активації тонкої та вельми складної системи коригування водного балансу у всіх системах та органах. При нестачі натрію вода не може утримуватися в крові та у кровоносній і лімфатичних системах, що загрожує аритмією серця та ішемізацією тканин. Про це треба пам'ятати прихильникам безсольової дієти, яка з часом може призводити до дисбалансу вмісту натрію та калію в організмі й зниженню здатності клітин затримувати воду.

Водний баланс певним чином пов'язаний із сольовим балансом. При збільшенні мінералізації води все більша частка її іде на формування гідратних оболонок йонів і молекул, а тому зменшуватиметься частка води, здатна поповнювати кліткові рідини. Багато вчених вважають, що знесолення, або ж демінералізація води не є синонімом її чистоти, адже постійне вживання такої «чистої» води призводить до порушення мінерального обміну, дисфункції шлунково-кишкового тракту, порушення імунної системи і до серцевої аритмії. Вода мусить мати у своєму складі необхідні для підтримки сольового балансу мінерали, включаючи натрій. Це дасть змогу організму відповідно до діючої системи збереження фізіологічного та біохімічного гомеостазів не лише позбавлятися від зайвих солей, але й одночасно захищатися від вимивання життєво важливих елементів, перш за все натрію, для збереження постійного осмотичного балансу клітин і нормального кров'яного тиску.

Під терміном «чиста вода» розуміється помірно тверда вода без надлишку в ній карбонатів, заліза, фтору та важких металів, тобто вода, що відповідає гігієнічним нормам.

Без знання й усвідомлення механізмів гідратації води в організмі людина практично не може визначити потрібну кількість питної води. Щодо якості води, то контроль її починається з визначення стану кислотно-лужного балансу води. У воді більшості джерел питного водопостачання маємо водневий показник, близький до нейтрального pH = 7, з розбіжностями в інтервалі 6,5…9,0. У людському організмі існує розмаїття значень pH внутрішніх рідин, але переважна маса їх підтримує слабо лужну реакцію, хоча є і рідини з високою кислотністю. Величина pH людської крові дорівнює 7,4±0,05, тобто підтримується з високою точністю. Немов для точного контролю такого важливого параметра, як pH крові, кожна людина має вроджений фотоколориметричний «pH-метр». Величину pH визначають за кольором кон'юнктиви у куточках очей. Так, при оптимальному кислотно-лужному балансі цей колір мусить бути яскраво рожевим; при підвищенні лужності крові спостерігаємо темно-рожевий колір; при підвищенні кислотності крові — блідо-рожевий. Якщо випити кислу або лужну воду, зміна кольору просигналізує про це вже через 80 секунд.

У літературі дуже часто посилаються на дослідження японських вчених, які стверджують, що питна вода з pH вище 6,5…7,0 збільшує показники тривалості життя населення на 20…30%.

Поява в раціоні харчування нових видів промислової харчової продукції на кшталт піци, чипсів, молочної продукції з емульгованими жирами, кондитерських виробів і солодощів різко збільшило кислотні навантаження на організм. Останній намагається весь час відновлювати кислотно-лужний баланс, підтримуючи певний рівень pH. Цей фундаментальний параметр суттєво впливає на всі біохімічні процеси в організмі. Завдяки цьому норми pH крові та інших внутрішніх рідин жорстко контролюється в заданих межах:

- венозної крові — 7,26…7,36;
- лімфи — 7,35…7,40;
- зовнішньо клітинної рідини — 7,26…7,38;
- внутрішньо клітинної рідини — 7,3.

Жорсткий контроль внутрішніх рідинних середовищ потрібен тому, що лише в таких умовах можлива нормальна робота більшості ферментів. Для кожного з них існує оптимум величини pH (переважно 7,3…7,4), при якій активність ферменту максимальна. Навіть незначні зміни величин pH спричиняють падіння активності ферментів, що викликає сповільнення біохімічних процесів. Про це потрібно завжди пам'ятати тим, хто експериментує з вживанням «живої» та «мертвої» води. Пиття «живої» води зміщує pH ендогенних водних середовищ у лужний бік, а «мертвої» — в кислий. Важливо усвідомлювати наслідки зміни при цьому лужно-кислотного балансу в клітинах і тканинах організму.

При розпаді речовин, що входять до складу продуктів харчування, утворюється в 20 разів більше кислих речовин, ніж лужних. Тому системи внутрішнього гомеостазу спрямовані переважно на нейтралізацію та виведення кислих продуктів розпаду. Забезпеченість лужними продуктами в раціоні харчування (овочі та фрукти) важлива ще й тим, що недостатність лужних середовищ для нейтралізації кислих продуктів розпаду провокує організм до забирання кальцію з власних кісток і з його допомогою регулювання рівня pH. Так провокується остеопороз. Неприємний факт: надмірне вживання цукру призводить до посиленого викиду магнію з сечею, а кальцій і магній є своєрідними «буферами», які нейтралізують кислоти. Кальцій, магній, калій та інші елементи, що нейтралізують кислоти, мусять обов'язково поповнювати організм з продуктами харчування і, що особливо підкреслюється, з питною водою. Інакше прийдуть хронічні хвороби.

Без магнію кальцій не засвоюється, магній урівноважує надходження кальцію і перешкоджає його виведенню. Брак магнію тягне за собою дефіцит біогенних елементів — цинку, міді, калію, кальцію, кремнію та подальше їх заміщення токсичними важкими металами: свинцем, кадмієм, алюмінієм. Причинами дефіциту магнію є вживання рафінованої їжі, що призводить до втрати 60…70% магнію; інтенсивне землеробство (виснажений ґрунт та численні добрива перешкоджають переносу магнію з ґрунту до рослин). Антогоністи магнію — це улюблена малюками кола, кофеїн, цукор. Магній інтенсивно витрачається в процесі напруженої інтелектуальної роботи, пов'язаної з психоемоційним напруженням, старанного навчання, при вживанні фармацевтичних препаратів, антибіотиків, алкоголю.

Проблема закислення організму в сучасних умовах є майже невідворотною, а боротьба із закисленням є нелегкою та багатофакторною. Слід також звернути увагу на популярне упередження щодо шкідливості жорсткої води. Ця шкідливість за своїми наслідками ніщо порівняно з ефективністю поповнення організму

кальцієм та магнієм з питною водою, особливо при вживанні гідрокарбонатного типу води, яка, до того ж, має переважно легко-лужну реакцію та ще й поліпшений смак.

Фізіологічну повноцінність питної води особливо ефективно підвищувати шляхом регулювання її окисно-відновного балансу в електрохімічному двокамерному діафрагмовому електролізері. Втім існують інші методи та прилади для біоактивації питної води. Як відомо, окисно-відновний потенціал (ОВП), відомий також як редокс-потенціал/(Eh), характеризує рівень активності електронів в окисно-відновних реакціях, пов'язаних з приєднанням, або передачею електронів. ОВП водного середовища виконує дуже важливу функцію, визначаючи активність і напрямок хімічних реакцій з участю реакційно здатних електронів, що надзвичайно важливо усвідомлювати при вивченні хімічних і, особливо, біохімічних процесів, де вода відіграє виключно важливу роль.

Величину ОВП вимірюють, порівнюючи з потенціалом водневого електроду, приймаючи останній за нуль при pH = 0. Проте для біологічних систем зручніше використовувати ОВП при pH = 7,0. При цьому потенціал водневого електроду дорівнює –0,42 В. У природній воді наявні як окислювачі, так і відновлювачі. Зазвичай, окислювачами у воді бувають кисень і нітрат йони. Відновлювачами бувають сірководень, аміак, гумінові кислоти а також деякі органічні сполуки. Співвідношення тих та інших сполук, врешті, визначає окисні та відновні властивості води. У природних водоймах вода перебуває у відновному стані. У водних середовищах вирізняють такі редокс-стани [9]:

1. Окисний. Eh > 200 – 350 мВ. Наявні вільний кисень і ряд елементів у вищій своїй валентності (Fe^{3+}, Mn^{3+}, Cu^{2+}, Pb^{2+} та інші). Стан типовий для поверхневих вод.

2. Перехідний (окисно-відновний). Eh від 0 до +100 мВ. Наявні кисень і сірководень. В таких умовах відбувається як слабке окислення, так і слабке відновлення цілого ряду металів.

3. Відновний. Eh < 0. Типовий для підземних вод, де наявні метали з низькими ступенями валентності (F^{2+}, Mn^{2+}, Mo^{4+}), а також сірководень.

Прикладом того, як величина ОВП води стає визначальною для характеристики функціонального стану води, є електрохімічно оброблена вода, активована в анодній камері двокамерного електролізера. В таблиці наведено дані про ефективність знезараження води басейну анолітом.

Таблиця. **Залежність середньої тривалості життя кишкової палички від величини редокс-потенціалу води після обробки в анодній камері двокамерного електрохімічного електролізеру**

	ОВП, мВ	Тривалість життя *Escherichia coli*, хвилин
1	450—500	170
2	500—550	4
3	550—600	2
4	700—750	0,2
5	759—800	0,05

Як видно, при досягненні в анодній камері величини ОВП більше +750 мВ, повне знищення патогенного мікроорганізму досягається за 3 секунди його перебування в реакційній камері. При об'ємі реактора 1 л перебування збудника у ній 3 секунди забезпечується при максимальній витраті води 1,2 $м^3$/год. Для більших робочих витрат розміри камери легко порахувати.

У цьому випадку величина ОВП води забезпечує контроль ефективності електрохімічної системи знезараження потоку води і є зручним параметром управління процесом знезараження води.

Широко відомі антисептичні та бактерицидні властивості електрохімічно активованої (ЕХА) води успішно застосовуються в харчових виробництвах переважно для регулювання мікробної активності в бродильних процесах, хлібопекарському виробництві, в галузі підвищення ефективності і термінів зберігання харчової продукції, як миючі та дезінфікуючі засоби. Принципово важливо, що ЕХА розчини після використання перетворюються в звичайну воду, що порівняно з використанням хімічних засобів є суттєвою екологічною перевагою.

Безреагентна електрохімічна активація води в катодному реакторі дає змогу одержувати ЕХА з мінусовим знаком ОВП (католіт). За даними численних досліджень [10] метод забезпечує одержання зразків ЕХА води з різною елекронно-донорною активністю, що надає одержаним водним розчинам антиоксидантних, біоенергетичних, метаболічних і імуностимулюючих властивостей. Крім перспектив використання високого медико-біологічного потенціалу властивостей католітів, маємо реальні перспективи виробництва питної води з оздоровчими властивостями. Як сировинний компонент харчової продукції безреагентно активована вода здатна поліпшувати якість кінцевого продукту. Зокрема, зважаючи на значне падіння електронного насичення повітря, питної води та продуктів харчування спостерігається зростання захворювань, викликаних дефіцитом надходження електронів у водний сектор організму. Активована вода в електронно-донорному стані може стати новим класом оздоровчої продукції харчової галузі, що спрямована на профілактику електронзалежних розладів здоров'я.

Висновки. Обґрунтовано визнання окисно-відновного балансу води як критерію її якості та фізіологічної повноцінності. Показано доцільність використання величини ОВП питної води для оцінки якості та фізіологічної повноцінності питної води. Досліджено важливу роль водного, сольового, окисно-лужного та окисно-відновного балансів у підтриманні загального водного гомеостазу водних біосередовищ організму та його роль у підтриманні в нормі показників здоров'я. Визначено перспективи та підходи до створення питної води з оздоровчими властивостями шляхом її біологічної активації безреагентними фізичними методами. Показано можливість використання безреагентно-активованої води як сировинного компоненту харчових технологій для поліпшення якості й терміну зберігання харчової продукції. Окреслено перспективу використання безреагентно активованої води в електронно-донорному стані для створення нового класу оздоровчої продукції харчової промисловості, спрямовану на профілактику електроннодефіцит-залежних розладів здоров'я.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10 (ДСанПіН 2.2.4-400-10). Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною.

2. *Прилуцкий В.И.* Электрохимически активированная вода: аномальные свойства, механизм биологического действия / Прилуцкий В.И., Бахир В.М. — М.: ВНИИ мед.техника, 1997. — 228 с.

3. *Del Giudice E.* Coherent dynamics of water as possible explanation of membrane formation / Del Giudice E., Preparata G. // J. Biol. Phys. — 1994. — 20. — P. 105—116.

4. *Препарата Дж.* Реалистичная квантовая физика: пер. с англ. / Препарата Дж. — М. : Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005.

5. *Воейков В.Л.* Фундаментальная роль воды в биоэнергетике / Воейков В.Л. // Сборник избранных трудов IV Международного Конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине», Санкт-Петербург. — 2006. — С. 46-54

6. *Українець А.І.* Застосування фізично зміненої (активованої) води для підвищення ефективності технологій харчового виробництва та поліпшення якості продукції / А.І. Українець, Ю.В. Большак, Р.С. Святненко, Ж.І. Іванівна // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2018. — Т. 24, № 5. С. 219—224.

7. *Ферейдун Батмангхелидж* Ваше тело просит воды / Ферейдун Батмангхелидж. — Минск, 2014 г. — 178 с.

8. *Высоцкий Е.П.* Биосфера — живая вода организма / Высоцкий Е.П. — Донецк, 2010. — 450 с.

9. *Андреев В.С.* Окислительно-восстановительные свойства воды и возможности их регулирования при использовании метода электроуправляемой сорбции / В.С. Андреев, Н.В. Дронова, Ю.Н. Поварков, В.Г. Попов. // Биотехнология. — 1991. — № 2. — С. 48—52.

10. *Большак Ю.В.* Биологическая активность и закономерности формирования безреагентно модифицированной воды / Большак Ю.В. — Киев. Книга-плюс, 2015. — 200 с.

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ БАЛАНС ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ — ПОКАЗАТЕЛЬ ЕЕ КАЧЕСТВА И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛНОЦЕННОСТИ

А.И. Украинец, Ю.В. Большак, А.И. Маринин, Р.С. Святненко
Национальный университет пищевых технологий

В статье рассмотрено осознание современной наукой важности изучения и контроля окислительно-восстановительного баланса питьевой воды как показателя ее качества и физиологической полноценности. Проанализировано влияние водного, солевого, кислотно-щелочного и окислительно-восстановительного балансов эндогенных водных сред, которые зависят от качества и физиологической полноценности питьевой воды, на водный гомеостаз клеточной среды и организма в целом.

Определены перспективы использования безреагентно активированной питьевой воды в электронно-донорном состоянии для создания питьевой воды с оздоровительными свойствами и разработки нового класса продукции пищевой промышленности с улучшенными потребительскими характеристиками и компенсаторными свойствами относительно дефицита поступления в организм электронов с окружающей среды, питьевой воды и продуктов питания.

***Ключевые слова**: окислительно-восстановительный баланс, окислительно-восстановительный потенциал воды, окислительно-состояние воды, физиологическая полноценность воды.*

УДК 637.56-027.38

SCIENTIFIC SELECTION OF PLANT RAW MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF DRY FISH AND PLANT SEMI-PRODUCTS. PART 2.

D. Fedorova
Kyiv National University of Trade and Economics

Key words:
Azov-Black Sea gobie, essential nutrients, bran, flax seed, amino acid composition, dry fish and plant semi-products

Article history:
Received 31.05.2018
Received in revised form 05.09.2018
Accepted 15.09.2018

Corresponding author:
dina_fedorova@ukr.net

ABSTRACT

As a result of multifaceted researches, the authors developed a technology of dry fish and plant semi-finished products based on the complex processing of low-fat, small fish stocks of Gobiidae in a complex with plant fiber. The aim of the scientific work is researching the possibility of plant raw material using for the production of dry fish and plant semi-products based on minced Azov-Black Sea gobie using plant raw material compositions (flax seeds, wheat, oat and rye bran). Research Objects — minced meat based on raw and steam-treated fish raw material of the Gobiidae fish mixed with plant composition containing flax seed, wheat bran, oat, rye bran, dried minced meat. The results of experimental studies of the amino acid composition in wheat, oat, rye brans and flax seed flax are presented. The expediency of using the these products in the production of dry fish and plant semi-products based on minced Azov-Black Sea gobie is substantiated. According to research results, grain and oilseeds processing products are good enrichers in the production of dry fish-plant semi-finished products based on minced Azov gobies. It is scientifically substantiated the expediency of combining the fish raw material with the plant, in particular with the sage from the flaxseeds, bran wheat, oat and rye. Combined use of bran and flaxseed fiber in the composition of fish-plant semi-finished products will contribute to the formation of physiological and functional properties of food products with their content. Of particular value they acquire as the most important suppliers of biologically active substances, which determines the effectiveness of their use in the production of food products for recreational purposes, in particular for the prevention and treatment of diseases of the cardiovascular system, blood diseases, digestive organs, nervous system, metabolic disorders, etc.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-4

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СУХИХ РИБО-РОСЛИННИХ НАПІВФАБРИКАТІВ. ЧАСТИНА 2.

Д.В. Федорова, канд. тех. наук
Київський національний торговельно-економічний університет

У статті наведено результати експериментальних досліджень амінокислотного складу продуктів переробки рослинної сировини — висівок пшеничних,

© Федорова Д.В., 2018

вівсяних, житніх і шроту насіння льону. Обґрунтовано доцільність використання продуктів переробки олійних і зернових культур у виробництві сухих рибо-рослинних напівфабрикатів на основі фаршу з бичка азово-чорноморського. За результатами моделювання амінокислотного складу білка запропоновано раціональні рецептури фаршів для виробництва сухих рибо-рослинних напівфабрикатів. Аналіз показників біологічної цінності білків розроблених рибо-рослинних напівфабрикатів підтверджує доцільність запропонованих рецептур.
Ключові слова: *бичок азово-чорноморський, висівки, шрот насіння льону, амінокислотний склад, сухі рибо-рослинні напівфабрикати.*

Постановка проблеми. Однією з нагальних проблем людства залишається продовольча, зокрема дефіцит повноцінного білка та есенціальних нутрієнтів. Важливе місце у її вирішенні для населення України в сегменті масового і соціального харчування належить рибному господарству. Унікальність риби полягає в збалансованості амінокислотного складу її білків, наявності біологічно активних речовин і високому ступені засвоюваності.

Важливого значення для продовольчої безпеки країни набувають технології маловідходної переробки доступної для широких верств населення рибної сировини, передусім дрібного бичка азово-чорноморського (далі азовського). Значний обсяг видобування та висока харчова цінність обумовлюють необхідність раціонального використання бичка азовського, зокрема у виробництві сухих рибо-рослинних напівфабрикатів для харчової продукції підвищеної харчової цінності [1—3]. Вирішення актуального завдання раціонального використання вітчизняної дрібної рибної сировини, такої як бичок азовський, передбачає розвиток технологій, що дають змогу збільшити ступінь його використання за рахунок залучення для виробництва харчової продукції відходів, які отримують при розбиранні, зокрема шкіри та кісток. При цьому моделювання інгредієнтного складу сухих рибо-рослинних напівфабрикатів за амінокислотним складом дасть змогу забезпечити високу біологічну цінність і засвоюваність білків продуктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання створення ресурсозберігаючих технологій рибної продукції, концентратів і харчових добавок на її основі представляє науковий і практичний інтерес та не втрачає своєї актуальності, про що свідчать дослідження вітчизняних і зарубіжних вчених: Л.С. Абрамової, С.А. Артюхової, А.Т. Безусова, В.Д. Богданова, Т.М. Бойцової, О.О. Грінченко, Т.К. Лебської, П.П. Пивоварова, Т.М. Сафронової, О.В. Сидоренко, W.D. Bigelowa, C.O. Balla, K.F. Meyera, C.R. Stambo, N. Tanaka, A.C. Hersoma, Y. Shimizt та ін. Проте існуючі на сьогодні відомі дані про оцінку якості й можливості раціонального використання дрібних бичкових риб мають достатньо фрагментарний характер і потребують уточнення. Значну увагу науковці приділяють обґрунтуванню оптимального співвідношення рибної сировини з рослинними компонентами [4—7]. У цьому випадку поєднання ессенціальних факторів харчування (білків, ліпідів, мінеральних елементів, вітамінів, полісахаридів) дає змогу отримати збалансовані харчові композиції з високою засвоюваністю і харчовою цінністю.

Із сучасних наукових позицій розробка нових технологій сухих рибо-рослинних напівфабрикатів для використання як білково-мінеральних збагачувачів у виробництві продуктів оздоровчого харчування, зокрема кулінарної продукції, хлібобулочних виробів, снекової продукції, концентратів, сухих сніданків, сухих формованих продуктів спеціального призначення, є актуальною для харчової галузі і ресторанного господарства.

Метою дослідження є обґрунтування вибору рослинної сировини для виробництва сухих рибо-рослинних напівфабрикатів на основі фаршів з бичка азовського з використанням композицій рослинної сировини (шротів із насіння льону, висівок, пшеничних, вівсяних і житніх).

Матеріали і методи. Об'єкти дослідження — фарші на основі нативного і бланшованого бичка азовського патраного без голови з використанням композицій рослинної сировини (шрот з насіння льону, висівки пшеничні, житні згідно з ТУУ 15.8-24239651-007:2007 виробництва ТОВ «Агросільпром» (Дніпропетровська обл.), висушені фарші. Основні фізико-хімічні показники якості використаної рослинної сировини наведені у попередній статті [8].

Хімічний склад рибо-рослинних фаршів і сухих напівфабрикатів досліджено за ГОСТ 7636-85 [9]: сирого протеїну — визначенням загального азоту за методом К'єльдаля. Амінокислотний склад визначено методом іонообмінної рідинно-колончатої хроматографії на автоматичному аналізаторі амінокислот Т-339 виробництва «Мікротехна» (Чехія) [10].

Викладення основних результатів дослідження. Для обґрунтування раціональної технології рибо-рослинних напівфабрикатів на основі фаршу з комплексу тканин бичка азовського доцільно використати як фізіологічно-функціональні інгредієнти продукти переробки олійних і зернових культур, які є важливою частиною харчування і джерелом есенціальних нутрієнтів. Ця рослинна сировина є важливим джерелом харчових волокон (розчинних і нерозчинних), поліфенолів, вітамінів, мінеральних елементів, а також має певний вплив на формування заданих функціонально-технологічних властивостей харчових композицій [10].

За результатами проведених досліджень встановлено доцільність поєднання рибної та рослинної сировини: продукти переробки зерна — пшеничні, житні і вівсяні висівки, олійно-жирових культур — насіння і шроти льону. Підбір рослинних інгредієнтів для багатокомпонентних рибо-рослинних продуктів здійснювали за такими основними критеріями: органолептичні показники (гармонійне поєднання за смаком); хімічний склад, харчова цінність (компенсація нутрієнтів рибної сировини за формулою збалансованого харчування); технологічна сумісність; ресурсна достатність. З огляду на наявність лімітованих незамінних амінокислот (ізолейцину та валіну) у складі фаршу з патраного бичка азовського та для підвищення показників біологічної цінності білка, запропоновано оптимізувати його амінокислотний склад шляхом використання рослинної сировини [3].

З метою покращення біологічної цінності напівфабрикатів з фаршу на основі бичка азовського пропонується їх комбінувати з такою рослинною сировиною, як насіння та шрот льону, вівсяні, житні та пшеничні висівки, які містять у своєму складі дефіцитні для фаршу амінокислоти, зокрема ізолейцин і валін, та характеризуються наявністю біологічно активних речовин (табл. 1).

Таблиця 1. **Амінокислотний склад продуктів переробки рослинної сировини**

Амінокислота	Еталон, г/100 г білка	Вміст амінокислот, г/100 г білка продукту				
		Висівки вівсяні	Висівки житні	Висівки пшеничні	Насіння льону	Шрот насіння льону
1	2	3	4	5	6	7
Білок, %	—	10,6	12,1	13,2	20,0	28,0
Лізин	5,5	3,6	2,99	2,9	2,8	3,9
Треонін	4,0	3,3	1,40	3,0	4,6	6,4

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Метіонін + цистин	3,5	1,6	4,86	0,8	1,3	1,8
Валін	5,0	6,1	3,74	4,6	5,6	7,8
Ізолейцин	4,0	4,1	6,45	4,7	4,1	5,7
Лейцин	7,0	7,2	5,61	6,6	8,5	11,9
Фенілаланін + тирозин	6,0	5,6	1,21	4,6	5,2	7,2
Триптофан	1,0	1,5	3,36	1,1	0,8	1,1

За результатами проведених досліджень встановлено доцільність комбінування у виробництві напівфабрикатів рибної сировини з комплексу тканин бичка і такої рослинної сировини, як насіння та шроти льону, вівсяні, житні та пшеничні висівки. Найбільший вміст і скор валіну та ізолейцину відмічено у шротах з насіння льону — відповідно 156,0 та 142,5% (табл. 2). Висівки вівсяні мають високий скор валіну — 114,3%, а висівки пшеничні — ізолейцину — 117,0, що обумовлює доцільність їх поєднання у композицію для комплексної оптимізації вмісту дефіцитних для фаршу рибного амінокислот. Раціональне поєднання шротів із висівками також дасть змогу оптимізувати вміст незамінних амінокислот та підвищити біологічну цінність і коефіцієнт утилізації білків рибо-рослинних фаршів і сухих напівфабрикатів на їх основі.

Таблиця 2. **Амінокислотний скор продуктів переробки рослинної сировини**

Амінокислота	Еталон, г/100 г білка	Скор амінокислот, %				
		Висівки вівсяні	Висівки житні	Висівки пшеничні	Насіння льону	Шрот насіння льону
Лізин	5,5	65,9	61,2	53,5	50,9	70,9
Треонін	4,0	78,3	74,8	74,0	115,0	160,0
Метіонін + цистин	3,5	42,0*	40,1*	24,0*	37,1*	51,4*
Валін	5,0	**114,3**	97,2	91,0	**112,0**	**156,0**
Ізолейцин	4,0	97,6	93,5	**117,0**	**102,5**	**142,5**
Лейцин	7,0	97,3	92,1	93,9	121,4	170,0
Фенілаланін + тирозин	6,0	88,4	93,5	76,8	86,7	120,0
Триптофан	1,0	143,4	121,5	106,0	80,0	110,0

*Перша лімітована амінокислота.

Постановочні технологічні дослідження з виробництва сухих рибо-рослинних напівфабрикатів із модельними композиціями зазначеної рослинної сировини показали доцільність їх поєднання. Готували модельні фарші із сирого цілого патраного без голови дрібного бичка азовського двічі подрібненого на вовчку з діаметром отворів 5 та 2 мм без рослинної сировини та з використанням окремо висівок пшеничних, вівсяних, житніх і шротів з насіння льону — у вигляді подрібнених порошків дисперсністю 250—450 мкм у кількості 5, 10, 15 та 20% від маси основної сировини у кожній композиції.

Результати закритих дегустацій свідчили про прийнятні органолептичні показники отриманих сухих рибо-рослинних напівфабрикатів. Технологічні обмеження використання продуктів переробки рослинної сировини визначаються органолептичними характеристиками та впливом на кінетику процесу сушіння рибо-рослинних напівфабрикатів. Встановлено, що використання висівок і шротів в концентрації 10% та більше значно знижує інтенсивність рибного запаху в

сухих рибо-рослинних напівфабрикатах, що пов'язано із сорбційними властивостями полісахаридів рослинної сировини [11]. За результатами проведених досліджень встановлено, що використання шротів з насіння льону більше 10% від маси фаршу впливало на формування небажаного темного кольору напівфабрикатів. Використання більше 15% продуктів переробки рослинної сировини у складі фаршів є недоцільним внаслідок значного уповільнення процесу сушіння, параметри якого обґрунтовано і наведено у [12].

Оптимізацію амінокислотного складу рибо-рослинних напівфабрикатів здійснювали з урахуванням вимог ФАО/ВООЗ, які висуваються до збалансованого амінокислотного складу харчових продуктів. Моделювання амінокислотного складу білку рибо-рослинних напівфабрикатів здійснювали за допомогою ЕОМ за методикою М.М. Ліпатова на основі запропонованого рівняння для багатокомпонентних рецептур [13; 14]:

$$A_j = \frac{\sum_{i=1+1}^{m} x_i \sum_{i=1}^{1} x_i p_i a_{ij} + (\sum_{i=1+1}^{m} x_i - Y) \sum_{i=1+1}^{m} x_i p_i a_{ij} + Y \sum_{i=1+1}^{m} x_i \sum_{i=m+1}^{n} x_i p_i a_{ij}}{\sum_{i=1+1}^{m} x_i \sum_{i=1}^{1} x_i p_i + (\sum_{i=1+1}^{m} x_i - Y) \sum_{i=1+1}^{m} x_i p_i + Y \sum_{i=1+1}^{m} x_i \sum_{i=m+1}^{n} x_i p_i},$$

де n — загальна кількість інгредієнтів, що входять у рецептуру; 1 — кількість інгредієнтів, що не варіюються при моделюванні; $m - 1$ — кількість інгредієнтів, що варіюються при моделюванні; $n - m$ — кількість інгредієнтів, що є замінюваними при моделюванні, $\sum_{i=1}^{m} x_i = 1$; $\sum_{i=m+1}^{n} x_i = 1$; $Y \le \sum_{i=1}^{m} x_i$; — сумарна масова частка в рецептурі варійованих при моделюванні інгредієнтів; x_i — масова частка в рецептурі i-го інгредієнта, частка одиниці; p_i — масова частка білка в i-му інгредієнті, %; a_{ij} — масова частка у білку i-го інгредієнта j-ї амінокислоти, г/100 г білка; A_j — масова частка j-ї амінокислоти у білку модельованої рецептури, г/100 г білка.

За результатами ЕОМ-моделювання розроблено рецептури рибо-рослинних фаршів з композиціями рослинних інгредієнтів (табл. 3).

Таблиця 3. **Рецептури рибо-рослинних фаршів із композиціями рослинних сухих інгредієнтів (концентратів)**

Найменування сировини	Вміст у композиції, % мас.			
	1	2	3	4
Фарш з патраного без голови бичка азовського	90,0	85,9	88,8	85,9
Шрот з насіння льону	10,0	—	6,0	3,9
Висівки пшеничні	—	7,0	—	4,9
Висівки житні	—	—	5,2	—
Висівки вівсяні	—	7,1	—	5,3

Результати вивчення амінокислотного складу модельних фаршів показали доцільність комбінування комплексу тканин рибної сировини з рослинною, зокрема зі шротами з насіння льону. Встановлено, що при додаванні до складу фаршу із бичка 10% шротів з насіння льону показники амінокислотного скору першої лімітованої амінокислоти — валіну зростає з 78% до 89,5%, при

комбінуванні шротів із житніми висівками — до 84,98%, із пшеничними та вівсяними — до 84,10% відповідно, а при поєднанні вівсяних і пшеничних висівок — до 79,63%, що свідчить про кращу амінокислотну збалансованість дослідних зразків порівняно із фаршем без добавок (табл. 4). Скор другої лімітованої амінокислоти — ізолейцину зростає з 84% у контролі до 93,1% у композиції — 1 зі шротом насіння льону, до 92,37% — у композиції 3, до 89,71% — у композиції 4 та до 86,69% — у композиції 2 (табл. 4).

Таблиця 4. **Амінокислотний скор модельних фаршів з комплексу тканин бичка і рослинної сировини**

Амінокислота	Еталон, г/100 г білка	Вміст амінокислот, г/100 г білка фаршу					Скор, %				
		Контроль*	1	2	3	4	Контроль	1	2	3	4
Лізин	5,5	8,22	7,58	7,73	7,64	7,61	149,45	137,7	140,6	139,0	138,3
Треонін	4,0	4,51	4,80	4,37	4,59	4,53	112,75	120,0	109,1	114,7	113,4
Метіонін + цистин	3,5	5,63	5,07	5,20	5,27	5,09	160,86	145,0	148,6	150,5	145,6
Валін	5,0	3,90	4,48	3,98	4,25	4,20	78,00	89,5	79,63	84,98	84,10
Ізолейцин	4,0	3,36	3,72	3,47	3,69	3,59	84,00	93,1	86,7	92,37	89,7
Лейцин	7,0	8,49	9,03	8,33	8,73	8,61	121,29	128,9	119,0	124,8	123,0
Фенілаланін + тирозин	6,0	6,78	6,86	6,61	6,65	6,70	113,00	114,3	110,2	110,8	111,6
Триптофан	1,0	0,94	0,94	0,95	1,01	0,95	94,00	94,2	94,52	101,5	94,77

Примітка: * контроль — фарш з комплексу тканин *бичка* без рослинних добавок.

За результатами проведених розрахунків встановлено, що показники КРАС дослідних зразків знижуються, а показники їх біологічної цінності та коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу зростають, що свідчить про покращення збалансованості амінокислотного складу фаршів (табл. 5).

Таблиця 5. **Біологічна цінність білка модельних фаршів із бичка з додаванням рослинної сировини**

Показник	Контроль	Модельні композиції фаршів			
		1	2	3	4
Коефіцієнт різниці амінокислотного скору, %	36,17	25,82	31,41	29,83	28,45
Біологічна цінність, %	63,83	74,18	68,59	70,17	71,55
Коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу, од	0,67	0,76	0,71	0,73	0,73
Показник надлишкового вмісту, δn, од.	13,75	10,25	11,97	11,25	11,01
Показник порівнюваної надлишковості, δc, од.	0,18	0,11	0,15	0,13	0,13
Назва першої лімітованої НАК	Валін	Валін	Валін	Валін	Валін
Скор першої лімітованої НАК, %	78,0	89,53	79,63	84,98	84,10

Результатами проведених розрахунків підтверджують гіпотезу щодо ефективності комбінування рибної та рослинної сировини для оптимізації якісного складу амінокислот у модельних фаршах. Встановлено, що значення показників КРАС дослідних зразків фаршів рибо-рослинних зменшується, а показник

біологічної цінності зростає при використанні рослинних шротів і висівок. Так, комбінування фаршу з комплексу тканин бичка з 10% шротів з насінням льону дає змогу підвищити показник біологічної цінності фаршів з 63,83% у контролі до 74,18% у дослідному зразку (табл. 5).

Дослідні зразки фаршів характеризуються вищими значеннями коефіцієнта утилітарності білка на 6,0 — 13,4% та їх біологічної цінності — на 4,8 — 10,5% порівняно із контролем, що визначає ефективність запропонованих комбінацій харчових композицій. Встановлено, що коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу дослідних зразків фаршів має найбільше значення у досліді 1 — 0,76 од., що пояснюється найбільшою часткою використання шроту з насіння льону у ньому. Показник надлишкового вмісту амінокислот при використанні рослинної сировини зменшується з 13,75 од. у контролі до 10,25—11,97 од. у дослідних зразках (табл. 5).

Найкращі результати показників біологічної цінності білків фаршів спостерігаються при використанні шротів з насіння льону та у композиціях шротів і висівок. Це свідчить про підвищення можливості використання незамінних амінокислот на анаболічні функції організму без деградації на потреби біосинтезу замінних амінокислот і компенсацію енерговитрат організму.

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено, що продукти переробки зернових і олійних культур є перспективними збагачувачами у виробництві сухих рибо-рослинних напівфабрикатів на основі рибних фаршів з комплексу тканин бичка азовського. Науково обґрунтовано доцільність комбінування рибної сировини з рослинною, зокрема зі шротами з насіння льону, висівками пшеничними, вівсяними та житніми. В результаті математичного моделювання розроблені рецептури рибо-рослинних фаршів зі збалансованим амінокислотним складом та більш високою біологічною цінністю білків. Результати розрахунків дають змогу характеризувати рибо-рослинні напівфабрикати як продукти з високим рівнем збалансованості амінокислотного складу. Комбіноване використання висівок і шротів у складі рибо-рослинних напівфабрикатів сприятиме формуванню фізіологічно-функціональних і оздоровчих властивостей харчової продукції з їх вмістом. Особливу цінність вони набувають як найважливіші постачальники біологічно активних речовин, що визначає ефективність їх використання у виробництві харчової продукції оздоровчої дії, зокрема для запобігання і лікування захворювань серцево-судинної системи, хвороб крові, травних органів, нервової системи, порушень обміну речовин тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Обсяги вилову риби в Україні [Електронний ресурс] // Сайт Державного агентства рибного господарства України. — Режим доступу : URL : http://darg.gov.ua/index.-php. — 15.03.2017 р.

2. Добування водних біоресурсів за 2015 рік. Статистичний бюлетень.: К, 2016 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://ukrstat.org/uk/druk/publicat/ kat_u/publ7_-u.htm. — 10.02.2016 р.

3. *Федорова Д.* Біологічна цінність рибо-рослинних напівфабрикатів на основі комплексного перероблення бичка азовського / Д. Федорова, Ю. Кузьменко // Товари і ринки. — К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т. — 2015.2(20). — С. 85—97.

4. Технология комплексной переработки гидробионтов / Т. М. Сафронова, ВД. Богданов, Т.М. Бойцова, В.М. Дацун, Г.Н. Ким, Э.Н. Ким, Т.Н. Слуцкая. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2002. — 512 с.

5. *Абрамова Л. С.* Поликомпонентные продукты питания на основе рыбного сырья : монография. — М. : ВНИРО, 2005. — 175 с.

6. *Сидоренко О.В.* Формування асортименту та якості риборослинних продуктів : монографія. — Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2006. — 322 с.

7. Інноваційні технології переробки риби / А.А. Мазаракі, Т.К. Лебська, О.В. Сидоренко, С.М. Ніколаєнко, Н. В. Притульська. — Київ. нац. торг.-екон. ун-т., 2014. — 432 с.

8. *Федорова Д.В.* Обґрунтування вибору рослинної сировини для виробництва комбінованих рибо-рослинних напівфабрикатів. Частина 1-а / Д.В. Федорова // Харчова промисловість. — К. : НУХТ. — Том № 22(2017). — С. 6—15.

9. ГОСТ 7636—85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. — М., 1998. — 15 с. — Режим доступа : http://vsegost.com/Catalog/20/20210.shtml.

10. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов [Текст] / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. — М. : Брандес, Медицина, 2006. — 380 с.

11. *Федорова Д.В.* Технологічні аспекти корекції запаху сухих риборослинних напівфабрикатів / Д.В. Федорова // Товари і ринки. К.: КНТЕУ. — 2018.3(27). Т.1 «Технічні науки». — С. 66—76.

12. *Федорова Д.* Кінетика процесу сушіння та **якість** рибних напівфабрикатів / Д. Федорова, Р. Романенко // Товари і ринки. — К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т**.** — 2016.2(22). — С. 158—177.

13. *Липатов Н.Н.* Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом пищевой ценности / Н.Н. Липатов, И.А. Рогов // Пищевая и перераб. промсть. — 1987. — №2. — С. 9—15.

14. *Липатов Н.Н.* Совершенствование методики проектирования биологической ценности пищевых продуктов / Н.Н. Липатов, А.Б. Лисицын, С.Б. Юдина // Мясная индустрия. — 1996. — № 1. — с. 14.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ РИБО-РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ. ЧАСТЬ 2.

Д.В. Федорова
Киевский национальный торгово-экономический университет

В статье приведены результаты экспериментальных исследований аминокислотного состава продуктов переработки растительного сырья — отрубей пшеничных, овсяных, ржаных и шрота семян льна. Обоснована целесообразность использования продуктов переработки зерновых и масличных культур в производстве сухих рыбо-растительных полуфабрикатов на основе фарша из бычка азово-черноморского. По результатам моделирования аминокислотного состава белка предложены рациональные рецептуры фаршей для производства сухих рыбо-растительных полуфабрикатов. Анализ биологической ценности белков разработанных рыбо-растительных полуфабрикатов подтверждает целесообразность предложенных рецептур.

Ключевые слова: *бычок азово-черноморский, отруби, шрот семян льна, аминокислотный состав, сухие рыбо-растительные полуфабрикаты.*

УДК 664.681.9

COCONUT FLOUR AS UNCONVENTIONAL RAW MATERIAL FOR PREPARING SPECIAL FUNCTION CAKE

I. Ditrikh, V. Prystupa
National University of Food Technologies

Key words:
celiac disease,
ovo vegetarianism,
gluten-free flour,
special function chocolate cake,
organoleptic,
physical and chemical indicators,
nutritional value

Article history:
Received 11.10.2018
Received in revised form 05.11.2018
Accepted 24.11.2018

Corresponding author:
vladatsokalo@gmail.com

ABSTRACT

Nowadays food industry directly depends on medical technology advances. It provides the possibility to accurately diagnose nutritional diseases at the early stages and to identify the treatment methods. In its turn, the task of the restaurant business is to meet the people's demand for disease prevention, i.e. to create the establishments that will deal with the special function product development.

Since the wheat containing gluten is the most cultivated grain crop in Ukraine, it is used as primary product for preparing all the flour confectionery. Although vegetarianism is becoming increasingly popular in Ukraine, there is insufficient assortment of food products for meeting the demand. Therefore, it is necessary to develop such a product that can broaden the product range for ovo vegetarians (is a type of vegetarianism which allows for the consumption of eggs but not dairy products, in contrast with lacto vegetarianism) and those who suffers from celiac disease and to prove the expediency of its introduction into the diet of given population groups.

The article deals with the issue of celiac disease and vegetarianism popularization around the world and in Ukraine. The recipe is developed and the expediency of introducing a new gluten-free confectionery product "Gluten-free special function chocolate cake" is scientifically proved. Organoleptic evaluation is carried out and basic physical and chemical indicators are identified according to the current normative documents in Ukraine.

A new indicator of the quality of flour confectionery "Porosity", which is not rated by the Ukrainian quality control standards, is suggested.

The expediency of substituting wheat flour for the coconut one is proved, including amino-acid score comparison and energy and nutritional value calculation of the developed product. As exemplified by one age group of women, it is proved that the product meets physiological demands in accordance with the legal standards of order of the Ukrainian Ministry of Health.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-5

© І.В. Дітріх, В.А. Приступа, 2018

КОКОСОВЕ БОРОШНО ЯК НЕТРАДИЦІЙНА СИРОВИНА ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КЕКСУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

І.В. Дітріх, канд. хім. наук
В.А. Приступа
Національний університет харчових технологій

У статті розкрито проблематику хвороби целіакія та популяризацію вегетаріанства у світі та Україні. На основі порівняльної характеристики хімічного складу й органолептичних показників доведено доцільність заміни пшеничного борошна на нетрадиційний вид аглютенового борошна кокосового у рецептурі борошняних кондитерських виробів.
Запропоновано ввести новий показник якості дрібноштучних борошняних кондитерських виробів «пористість» у нормативно-технічну документацію, який у теперішній час не нормується в України. З урахуванням результатів органолептичних і фізико-хімічних досліджень підтверджено високу якість аглютенового виробу «Безглютеновий шоколадний кекс спеціального призначення», який рекомендовано для вживання ововегетаріанцями та хворими на целіакію.
Ключові слова: *целіакія, ововегетаріанство, аглютенове борошно, безглютеновий шоколадний кекс спеціального призначення, органолептичні та фізико-хімічні показники, харчова цінність.*

Постановка проблеми. Ресторанна справа сьогодні стрімко розвивається відповідно до релігійних, соціальних та екологічних поглядів населення. Все більшої популярності та потреби набувають заклади ресторанного господарства, що спеціалізуються на певних направленнях харчування. До них можна віднести повне або часткове вегетаріанство, сироїдіння. Так, ововегетаріанці не вживають продукти, тваринного походження, за винятком яєць. За даними дослідження організації «Відкриті клітки Україна» та Київського міжнародного інституту соціології в Україні налічується близько 5% вегетаріанців віком 18—29 років [1], що доводить актуальність цієї теми в нашому регіоні.

Одним із направлень також є виділення груп населення з наявністю окремих хвороб, що потребують внесення змін у склад продуктів, які використовуються у стандартному раціоні середньостатистичної людини. До таких хвороб належить целіакія — хронічне захворювання, при якому вживання глютеновмісних продуктів вражає тонкий кишечник і приводить до порушення всмоктування поживних речовин.

За даними Всесвітньої асоціації гастроентерологів целіакією хворіє 1% населення Землі [2]. Єдиний спосіб лікування — це дотримання суворої дієти з повним виключенням глютеновмісних продуктів, до яких відносять пшеницю, жито, ячмінь, овес та іншу продукцію, що виготовляють з них, а саме: борошно та борошняні вироби. Нехтування дієтою може призвести до таких наслідків, як хронічна діарея, втрата ваги, порушення швидкості росту, анемія тощо.

У науковому світі тема безглютенових харчових продуктів активно вивчається такими зарубіжними та вітчизняними вченими, як Ф. Накуаша, А. Ганіб, А. Ганіа, Ф.А. Масоодіа, В.В. Дорохович, Н.П. Лазоренко та інші [3; 4]. У своїх працях вони описують різні варіанти розширення асортименту аглютенової

продукції, насамперед це повна заміна глютеновмісного борошна на сировину, що не буде спричиняти збуджуючі процеси кишківника. При заміщенні використовують один або поєднання декількох видів борошна для покращення органолептичних і фізико-хімічних показників виробу.

Науковці висвітлюють основні проблеми, технологічні рішення та інноваційні розробки використання аглютенової сировини в борошняних кондитерських виробах. Адже саме традиційні для України види борошна, такі як пшениця, жито, овес, є головним джерелом глютену та найчастіше використовуються у виготовленні кондитерських виробів. Повна заміна глютеновмісної сировини є лікувальним і профілактичним засобом для хворих на целіакію, дає можливість розширити раціон харчування цієї групи населення.

В Україні технології виготовлення продуктів харчування для хворих на целіакію не мають активного розвитку. Така ситуація складається через мінімальний асортимент аглютенової сировини в нашому регіоні. Отже, необхідно вивчати нетрадиційну, доступну для України сировину, яка може стати основою для виготовлення аглютенової продукції.

У зв'язку з цим розроблення нових рецептур кондитерських виробів на основі аглютенового борошна та розширення асортименту безглютенової продукції для групи населення, що хвора на целіакію — одне з головних завдань на сьогодні. Вдало підібрана та замінена сировина тваринного походження на рослинну може збільшити кількість прихильників ововегетаріанства та веганства.

Метою дослідження є вивчення такого виду аглютенового борошна, як кокосове, для використання у кондитерських виробах, розробка рецептури «Безглютеновий шоколадний кекс спеціального призначення», дослідження його поживних властивостей, органолептичних і фізико-хімічних показників.

Методи і матеріали. Під час дослідження використано загальноприйняті органолептичні та фізико-хімічні методи, методи теоретичного узагальнення, наукової індукції та дедукції, математичного та структурного аналізів, праці зарубіжних і вітчизняних вчених, у яких вивчаються особливості аглютенових кондитерських виробів.

Результати досліджень. Об'єкт дослідження — борошняний кондитерський виріб «Безглютеновий шоколадний кекс спеціального призначення».

Запропоновано замінити масло вершкове на кокосову олію та молоко коров'яче питне на воду питну для виключення продуктів тваринного походження (окрім яєць), пшеничне борошно на кокосове, адже воно не містить глютену. Такі зміни у рецептурному складі розширять коло споживачів. Так, цю продукцію зможуть споживати ововегетаріанці та хворі на целіакію [5].

Кокосове борошно — порошкоподібний продукт кремового кольору, який виробляють шляхом подрібнення сухої м'якоті горіха. За своїми органолептичними показниками має ніжний і солодкуватий смак, притаманний кокосу, та не має запаху.

У табл. 1 наведено порівняння хімічного складу двох видів борошна. Дані таблиці свідчать, що у кокосовому борошні порівняно з пшеничним міститься більша кількість білка, клітковини та вітаміну К. Вміст мінеральних речовин значно перевищує їх кількість у пшеничному борошні, тому кокосове борошно може слугувати джерелом макро- та мікроелементів.

Таблиця 1. **Порівняння хімічного складу кокосового та пшеничного борошна**

Найменування показника	Кількість у 100 г	
	Кокосове борошно [6]	Пшеничне борошно в/с [7]
Білки, г	20,0	10,3
Вуглеводи, г, в.ч.:	60,0	69
Крохмаль, г	40,4	68,7
Моно- і дисахариди, г	2,0	0,2
Клітковина, г	18,0	0,1
Жири, г	16,6	1,1
Вітаміни, мг:		
B_1	—	0,17
B_2	—	0,04
B_3	0,96	—
B_4	—	52,0
B_5	0,2	0,3
B_6	0,06	0,17
B_7	—	2,0
B_9	30	27,1
E	0,72	2,57
K	12	—
PP	—	1,2
Мінеральні речовини, мг:		
Натрій	20	3
Калій	356	122
Кальцій	43	18
Магній	39	16
Фосфор	95	86
Залізо	2,25	1,2
Цинк	0,78	—
Марганець	1,31	—
Енергетична цінність, кДж	1938,56	1372,35

Висока біологічна цінність білків обумовлена вмістом незамінних амінокислот у зазначених видах борошна.

Білок пшеничного борошна лімітований такими амінокислотами: лізин (АС — 44,1%) та треонін (АС — 75,5 %). Хоча у кокосовому борошні першими лімітованими є ізолейцин (АС-51,4 %) та лізин (АС — 60,9%). Отже, відсоток засвоєння білка пшеничного та кокосового борошна становить 44,1 та 51,4 відповідно. Домінуючими амінокислотами у пшеничного борошна є ізолейцин (АС — 104,4%), лейцин (АС — 111,8%) та фенілаланін + тирозин (АС — 121,4%), натомість у кокосовому борошні — фенілаланін + тирозин (АС — 106,9%) та триптофан (АС — 138,1%) (табл. 2).

Таблиця 2. **Амінокислотний склад білків пшеничного та кокосового борошна**

Найменування амінокислоти	Вміст в ідеальному білку, мг/г	Вміст в пшеничному борошні вищого ґатунку [7]		А/к скор, %	Вміст в кокосовому борошні [8]		А/к скор, %
		мг/100 г	мг/1 г		мг/100 г	мг/1 г	
1	2	3	4	5	6	7	8
Незамінні амінокислоти							
Ізолейцин	40	430	41,7	104,4	411	20,5	51,4

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Лейцин	70	806	78,3	111,8	954	47,7	68,1
Лізин	55	250	24,3	44,1	670	33,5	60,9
Метіонін + цистин	35	353	34,3	97,9	636	31,8	90,9
Фенілаланін + тирозин	60	750	72,8	121,4	1283	64,2	106,9
Треонін	40	311	30,2	75,5	552	27,6	69,0
Триптофан	10	100	9,7	97,1	276	13,8	138,1
Валін	50	471	45,7	91,5	665	33,3	66,5
Замінні амінокислоти							
Аланін		330	32,0		729	36,5	
Аргінін		400	38,8		2444	122,2	
Аспарагінова кислота		340	33,0		1730	86,5	
Гістидин		200	19,4		459	22,9	
Гліцин		350	34,0		781	39,1	
Глутамінова кислота		3080	299,0		4334	216,7	
Пролін		970	94,2		674	33,7	
Серин		500	48,5		822	41,1	

У кондитерській промисловості кокосове борошно використовують при виготовленні млинців, кексів, тортів і мафінів. Також його можна використовувати як згущувача під час приготування соусів і супів, підлив, йогуртів, смузі і густих коктейлів. А креми для тортів із введенням невеликої кількісті кокосового борошна є більш стійкими.

Запропонована повна заміна пшеничного борошна на кокосове в рецептурі «Безглютеновий шоколадний кекс спеціального призначення», що може бути рекомендований до вживання хворими на целіакію [9]. В рецептурі також були замінені масло вершкове на кокосову олію та молоко коров'яче питне на воду питну, що позитивно вплинуло на органолептичні показники та розширило коло ововегетаріанців. (табл. 3).

Таблиця 3. **Порівняльна характеристика органолептичних показників контрольного та безглютенового зразків [5]**

Найменування показника	Контроль (виріб на основі пшеничного борошна)	Зразок безглютенового шоколадого кексу спеціального призначення
Зовнішній вигляд	Тримає задану форму випікання, на розрізі має нерівномірні пори	Тримає задану форму випікання, на розрізі має однорідну структуру
Колір	Коричневий, відповідний складу інгредієнтів	Темно-коричневий, відповідний складу інгредієнтів
Консистенція	Однорідна, крихка, суха	Однорідна, розсипчаста, м'яка
Смак	У міру солодкий, шоколадний	Гармонійний, приємне поєднання аромату какао та кокосу, в міру солодкий
Запах	Притаманний інгредієнтам	Гармонійний, притаманний інгредієнтам

Фізико-хімічні показники визначалися за стандартними методиками (табл. 4).

Таблиця 4. **Порівняльна характеристика фізико-хімічних показників контрольного та дослідного зразків**

Назва показників	Вимоги ДСТУ 4505:2005	Контроль (виріб на основі пшеничного борошна)	Зразок безглютенового шоколадого кексу спеціального призначення	Метод контролю
Масова частка вологи, %	10,0 - 31,0	13,4	24,2	ГОСТ 5900
Масова частка жиру в перерахунку на суху речовину, %	2,2…34,2	19,2	29,9	ГОСТ 5904
Масова частка загального цукру (за сахарозою), в перерахунку на суху речовину, %	16,0…60,8	22,2	30,1	ГОСТ 5903
Лужність, град. не більше ніж	2,0	2,0	1,8	ДСТУ 5024:2008

Усі визначені показники знаходяться в межах встановлених вимог у чинній нормативній документації.

Пропонується ввести в нормативно-технічну документацію «ДСТУ 4505:2005. Кекси. Загальні технічні умови» [10] та «ДСТУ 7346:2013. Вироби кондитерські борошняні для спеціального дієтичного споживання. Загальні технічні умови» [11] показник «пористість» дрібноштучних кондитерських виробів — співвідношення обсягу пор до загального обсягу м'якушки, виражене у відсотках, — який взагалі не нормується, але свідчить про якість кондитерських виробів. Стандартним методом визначення пористості у промисловості є використання приладу Журавльова, але його недоліком є неможливість дослідження дрібноштучних кондитерських виробів. Саме тому для визначення пористості кексу «Безглютеновий шоколадний кекс спеціального призначення» пропонується застосовувати метод О.О. Петруши, Л.Ю. Арсеньєвої та О.А. Дащинської [12], в якому отримується цифрове зображення шляхом сканування зрізу м’якушки виробу на сканері, з подальшим обробленням.

За даними попереднього дослідження пористості [13] встановлено, що виріб на основі пшеничного борошна мав чіткі нерівномірні пори, а значення пористості становило 46,5%. Виріб «Безглютеновий шоколадний кекс спеціального призначення» має максимальну рівномірність розподілу пор по всій площі зрізу м’якушки і значення пористості — 55,3%, що свідчить про високу якість виробу.

Визначено харчову цінність виробу «Безглютеновий шоколадний кекс спеціального призначення». Дані, що представлені у табл. 5, показують, що 100 г виробу містить 8,74 г білків, 25,86 г жирів і 28,24 г вуглеводів; енергетична цінність, ккал/кДж складає 441,51/1836,68 (табл. 5). За розробленою рецептурою маса 1 порції випеченого кондитерського виробу «Безглютеновий шоколадний кекс спеціального призначення» становить 65 г.

Таблиця 5. **Розрахунок харчової та енергетичної цінності виробу «Шоколадний кекс спеціального призначення»**

Найменування сировини	Витрати сировини, г	Вміст в 100г					
		Білків		Жирів		Вуглеводів	
		У сировині	У виробі	У сировині	У виробі	У сировині	У виробі
Олія кокосова	16	—	—	99,9	15,9	—	—
Цукор білий кристалічний	26	—	—	—	—	99,8	25,9
Какао-порошок	4	24,3	0,9	15	0,6	10,2	0,4
Вода	18	—	—	—	—	—	—
Коньяк	1	—	—			2,5	0,03
Яйце куряче	23,4	12,7	2,9	11,5	2,7	0,7	0,2
Сода	0,8	—	—	—	—	—	—
Борошно кокосове	17,6	20	3,5	16	2,8	60	10,6
Кількість в 100 г, ккал		—	8,7	—	25,8	—	43,4
Кількість на 1 п, ккал		—	5,7	—	16,8	—	28,2
Енергетична цінність 100 г, ккал				442			
Енергетична цінність 100 г, кДж				1837			

У табл. 6 наведено приклад розрахунок інтегрального скору для жінок віком 18—29 років I групи фізичної активності (працівники розумової праці).

Таблиця 6. **Розрахунок інтегрального скору виробу «Безглютеновий шоколадний кекс спеціального призначення»**

Найменування нутрієнта	Добова норма у харчових речовинах	Вміст речовин в 1 порції виробу (65 г)	Інтегральний скор, %
Білки, г	61	5,7	9,3
Жири, г	62	16,8	27,1
Вуглеводи, г	300	28,2	9,4
Енергетична цінність, ккал	2000	442	22,1

За даними табл. 6 встановлено, що споживання однієї порції виробу «Безглютеновий шоколадний кекс спеціального призначення» забезпечує цю категорію населення у білках на 9,3%, у жирах — 27,1% і вуглеводах — 9,4%. Ступінь забезпечення добової енергетичної цінності становить 22,1%.

Висновки. Доведена доцільність використання аглютенового кокосового борошна в традиційній рецептурі кексів для розширення асортименту кондитерських виробів для ововегетаріанців і хворих на целіакію. Розроблена рецептура включає повну заміну пшеничного борошна на кокосове та окремих інгредієнтів, таких як кокосова олія і вода питна, для покращення органолептичних показників виробу.

За результатами досліджень доведено, що використання у рецептурному складі «Безглютеновий шоколадний кекс спеціального призначення» кокосового борошна дає можливість отримати кондитерський виріб з високими органолептичними та фізико-хімічними показниками якості.

Проведено фізико-хімічні дослідження готового виробу та встановлено, що показники якості (масова частка вологи, %; масова частка жиру в перерахунку на суху речовину, %; масова частка загального цукру (за сахарозою), %, в пере-

рахунку на суху речовину; лужність, град) знаходяться в межах вимог чинної нормативної документації.

Запропоновано введення фізико-хімічного показника якості «пористість» дрібноштучних кондитерських виробів в нормативно-технічну документацію. Доведено, що використання нового виду аглютенового борошно позитивно впливає на структуру м'якушки.

Кондитерський виріб «Безглютеновий шоколадний кекс спеціального призначення» може бути рекомендований у харчуванні ововегетаріанців і хворих на целіакію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сніданок 1+1: В Україні дедалі більше молоді відмовляється від вживання м'яса [Електронний ресурс]: (стаття) / Телевізійна Служба Новин Україна. — Електрон. дан. — 2017. — Режим доступу: https://tsn.ua/ukrayina/v-ukrayini-dedali-bilshe-molodi-vidmovlyayetsya-vid-vzhivannya-m-yasa-1021490.html.

2. WGO Practice Guideline — Celiac Disease [Electronic resource] / World Gastroenterology Organisation, February, 2005. — WWW.URL: http://www.worldgastroenterology.org/guidelines/global-guidelines/celiac-disease. — Title from the screen.

3. *Naqash F.* Gluten-free baking: Combating the challenges — A review / Naqash F., Ganib A., Gania A., Masoodia F.A. // Trends in Food Science & Technology. — August, 2017. — Vol. 66. — P. 98—107.

4. *Дорохович В.В.* Безглютенові борошняні кондитерські вироби / Дорохович В.В., Лазоренко Н.П. // Обладнання та технології харчових виробництв : тем. зб. наук. пр. — Донецьк. — 2013. — № 30. — С. 341—347.

5. *Дітріх І.В.* Безглютеновий шоколадний кекс спеціального призначення : пат. 125752 Україна: МПК A23G 3/34 (2006.01). / Дітріх І.В., Цокало В.А. // № u201712279; заявл. 12.12.2017; опубл. 25.05.2018. — Бюл. № 10. — 3 с.

6. 100% Organic Coconut Flour «Let's do…Organic» [Electronic resource] / Walmart, 2018. — WWW.URL: https://www.walmart.com/ip/Let-s-Do-Organic-100-Organic-Coconut-Flour-1-0-LB/33326967. — Title from the screen.

7. *Скурихина И.М.* Химический состав пищевых продуктов: справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов : справоч. 2-е изд., перераб. и доп. / Скурихина И.М., ред. Скурихина И.М., Волгарева М.Н. — Москва : Агропромиздат, 1987. — 361 с.

8. *Thaiphanit S.* Increasing the utilization of coconut (Cocos nucifera L.) wet processing waste: physicochemical and functional properties of coconut protein powder / Thaiphanit S., Schleining G., Anprung P. // Food Hydrocolloids. — April, 2016. — Vol.60. — P. 252—264.

9. *Цокало В.А*. Кокосове борошно як альтернативний замінник традиційної сировини в безглютеновій дієті. / Цокало В.А., Дітріх І.В. // Сучасні тенденції розвитку харчових технологій в умовах європейської інтеграції : зб. тез доп. всеукр. наук.-практ. конф. — Київ: 16 травня 2018 р. — Київ. — 2018. — С. 155—156.

10. ДСТУ 4505:2005. Кекси. Загальні технічні умови. — Чинний від 2006-10-01. — Київ: Держспоживстандарт України, 2006. — 18 с.

11. ДСТУ 7346:2013. Вироби кондитерські борошняні для спеціального дієтичного споживання. Загальні технічні умови. — Чинний від 2013-08-22. — Київ: Мінекономрозвитку України, 2013. — 15 с.

12. Спосіб визначення пористості хлібобулочних виробів: пат. 112569 Україна: МПК (2016.01) G01N 15/08 (2006.01) A21D 13/00. / Петруша О.О., Арсеньєва Л.Ю., Дащинська О.А. // № 201605660; заяв. 26.05.2016 ; опубл. 26.12.2016. — Бюл. № 24. — 4 с.

13. *Дітріх І.В.* Вплив кокосового борошна на якість кондитерських виробів. / Дітріх І.В., Цокало В.А. // Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства

у XXI столітті : зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф. — м. Київ. — 23—24 квітня 2018 р. — Київ: НУХТ. — 2018. — Част. 3. — С. 431.

КОКОСОВАЯ МУКА КАК НЕТРАДИЦИОННОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КЕКСА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

И.В. Дитрих, В.А. Приступа
Национальный университет пищевых технологий

Статья раскрывает проблематику болезни целиакия и популяризацию вегетарианства в мире и Украине. На основе сравнительной характеристики химического состава и органолептических показателей доказана целесообразность замены пшеничной муки на нетрадиционный вид аглютеновой кокосовой муки в рецептуре мучных кондитерских изделий.
Предложено ввести новый показатель качества мучных кондитерских изделий «пористость» в нормативно-техническую документацию, который в настоящее время не нормируется в Украине. С учетом результатов органолептических и физико-химических исследований подтверждено высокое качество аглютенового изделия «безглютеновый шоколадный кекс специального назначения», рекомендованнного для употребления ововегетарианцами и больными на целиакию.
***Ключевые слова**: целиакия, ововегетарианство, аглютеновая мука, безглютеновый шоколадный кекс специального назначения, органолептические и физико-химические показатели, пищевая ценность.*

УДК 664.64.016.8

USE OF CRUSHED SEEDS OF WHITE FLAX IN THE PRODUCTION OF BAKERY PRODUCTS

G. Andronovich, Yu. Bondarenko, I. Gmyrya, N. Butsik
National University of Food Technologies

Key words:
white flax seeds,
wheat bread,
grain size,
dough,
crumb

Article history:
Received 28.09.2018
Received in revised form 10.10.2018
Accepted 31.10.2018

Corresponding author:
bjuly@ukr.net

ABSTRACT

We used white flax seeds produced by Bioroztoropsha LLC (Ukraine). A comparative assessment of the chemical composition of flaxseeds and wheat flour of the first grade indicates that seeds contain twice as much protein and 28 times more fat. Flax seeds are dominated by wheat flour according to the content of non-starch polysaccharides and the ash content. Flax seeds, when added to wheat flour, are able to supplement it with vitamins B1, B2, B9, E, which are much more contained in it. Especially valuable is the presence in flax of folic acid and tocopherol, which are natural bioantioxidants.

The aim of the work was to study the effect of chopped white flax seeds on the quality of wheat bread. It has been established that in order to obtain products with good organoleptic indicators of the dosing of crushed flax seeds should be up to 20% by weight of flour. Increasing the dosage of crushed white flax seeds leads to the appearance of pronounced oil-flax flavor and smell in the products, as well as deterioration of the structural and mechanical properties of the crumb. It is established that the specific volume of products decreases correspondingly to an increase in the flax dose.

The work investigated the effect of the size of crushed flax seeds on the quality of bread. It has been established that an increase in the degree of grinding of flax seeds increases the watercline ability, in comparison with wheat flour, due to the content of dietary fiber, water-soluble proteins and mucus. This factor was taken into account when calculating the amount of water necessary for kneading dough.

The study of the influence of the size of crushed flax seeds on the quality of wheat bread showed that an increase in the degree of grinding of flax seeds practically does not affect the specific volume of finished products, but leads to a deterioration of the crumb elasticity and elasticity.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-6

© Г.М. Андронович, Ю.В. Бондаренко, І.В. Гмиря, Н.А. Буцик, 2018

ВИКОРИСТАННЯ ПОДРІБНЕНОГО НАСІННЯ БІЛОГО ЛЬОНУ У ВИРОБНИЦТВІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Г.М. Андронович, аспірант
Ю.В. Бондаренко, канд. техн. наук
І.В. Гмиря, студент
Н.А. Буцик, студент
Національний університет харчових технологій

У статті вивчено вплив подрібненого насіння льону білого на якість пшеничного хліба. Встановлено, що для отримання виробів з відповідними органолептичними показниками дозування подрібненого насіння льону повинно становити до 20% до маси борошна. Збільшення дозування подрібненого насіння льону білого зумовлює появу у виробах вираженого олійно-льняного присмаку і запаху, а також погіршення структурно-механічних властивостей м'якушки. Встановлено, що питомий об'єм виробів зменшується відповідно до збільшення дозування льону.

Дослідження впливу крупності подрібнення насіння льону на якість пшеничного хліба показали, що збільшення ступеня подрібнення насіння льону практично не впливає на питомий об'єм готових виробів, однак зумовлює погіршення пружності та еластичності м'якушки.

Ключові слова: *насіння льону білого, хліб пшеничний, крупність, тісто, м'якушка.*

Постановка проблеми. В щорічному статистичному звіті Глобальної обсерваторії охорони здоров'я ВООЗ відзначено, що в усьому світі в період з 2000 року зросли показники очікуваної тривалості життя [1]. Поряд з цим, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, в сучасних екологічних та соціально-економічних умовах стан здоров'я населення в усьому світі має тенденцію до погіршення і характеризується збільшенням числа осіб, що страждають різними захворюваннями. Загальне число випадків смерті від неінфекційних захворювань зростає в зв'язку зі зростанням чисельності населення і його старінням [2]. Тому одним із завдань ВООЗ є зменшення на третину до 2030 року передчасної смертності від неінфекційних захворювань за допомогою профілактики, лікування та підтримки здоров'я і благополуччя населення [3]. Одним із факторів, що впливає на формування «здорової» тривалості життя є харчування. В зв'язку з цим значної актуальності набуває проблема забезпечення населення не лише повноцінними та здоровими харчовими продуктами, а й функціональними. Такі продукти містять інгредієнти, що підвищують опірність захворюванням, здатні регулювати фізіологічні процеси в організмі людини, дають змогу довгий час зберігати активний спосіб життя.

У світовому масштабі постійно проводиться робота зі створення продуктів функціонального призначення, які мають як широкий спектр дії, так і вузьку спрямованість на конкретний орган, захворювання або категорію населення [4].

Однимі з можливих шляхів поліпшення структури харчування населення нашої країни є використання у виробництві хлібобулочних виробів нетрадиційних для технології хліба культур. Ця сировина повинна містити значну кількість легкозасвоюваного білка, вітамінів, ненасичених жирних кислот, мінеральних речовин і харчових речовин.

Функціональні властивості хлібобулочних виробів можуть бути покращені за рахунок включення до їх рецептури олійних культур, зокрема насіння льону.

Насіння льону є цінним джерелом білка, жиру, багатого α-ліноленовою кислотою (до 57% в складі олії), розчинних і нерозчинних харчових волокон [5; 6] і лігнанів [7].

Білки насіння льону мають високу біологічну цінність, оскільки збалансовані за амінокислотним складом. За вмістом таких незамінних амінокислот, як валін, метіонін, лейцин, цистеїн, триптофан, треонін і фенілаланін, вони не поступаються «ідеальному» білку. Дефіцитними для білків льняного насіння є лізин та ізолейцин [8].

Насіння льону є рослинним джерелом ненасичених жирних кислот — ліноленової кислоти (омега-6) і α-ліноленової (омега-3), які сприяють підвищенню імунітету, зміцненню стінок кровоносних судин, тому їх застосовують для лікування та профілактики атеросклерозу і кишкових захворювань [9].

Вуглеводи льону складаються з моносахаридів (до 0,06%), олігосахаридів (до 4,0%) і полісахаридів (до 9,5%). Специфічною особливістю насіння льону є наявність в ньому значної кількості слизів (від 5% до 12% від маси сухого насіння), які мають імунозахисні і радіопротекторні властивості [10].

Лігнани насіння льону відносяться до класу фітоестрогенів, проявляють естрогеноподібну активність в організмі людини. Наукові дані підтверджують, що лігнани насіння льону мають антиалергічну активністю та антиоксидантну дію. Саме ці їх властивості є підгрунтям використання насіння льону в корекції атеросклерозу і коронарної серцевої недостатності [11].

Унікальний хімічний склад обумовлює широке використання льону у харчовій промисловості. Насіння льону та продукти його переробки використовуються для створення хлібобулочних виробів функціонального призначення [12].

Сучасний споживач, обираючи продукти харчування, не завжди орієнтується на їх корисні властивості, а більше на «модні тенденції», що вирують в Інтернет-мережі. Сьогодні споживання насіння льону та продуктів, що їх містять, належить до таких «модних тенденцій». Тому в разі використання насіння льону в харчових продуктах виробники не лише забезпечують потреби сучасного споживача, але й виготовляють продукцію, що має покращену харчову та фізіологічну цінність. Наприклад, у торговельній мережі зараз можна знайти такі хлібобулочні вироби, збагачені насінням льону, як хліб прибалтійський з насінням, хліб вівсяний з льоном, хліб з льоном, хліб тостовий з льоном, багет з льоном тощо. Однак аналіз рецептур цих виробів показав, що льон додають у невеликій кількості, що не надає виробам функціональних властивостей, та у вигляді лише цілого насіння. Поряд з цим, споживачам, які страждають на гастрит та виразкові хвороби, дієтологи рекомендують обмежити вживання виробів з цілим насінням. Тому для надання хлібобулочним виробам функціональних властивостей внаслідок їх збагачення льоном запропоновано використовувати у рецептурі подрібнене насіння льону.

На ринку України переважає насіння льону коричневого, однак використання його продуктів переробки у виробництві хлібобулочних виробів зумовлює затемнення м'якушки виробів. Нині активно збільшуються посівні площі льону білого або золотистого, який має світло-жовтий колір насіння і більш приємніші смакові характеристики, що не буде затемнювати м'якушку виробів. Тому для дослідження використано насіння льону білого.

Насіння льону містить високий вміст жиру, розчинних і нерозчинних харчових волокон, тому внесення цієї сировини у подрібненому стані в рецептуру

пшеничного хліба може впливати на формування структурно-механічних властивостей тіста, параметри технологічного процесу, формування основних фізико-хімічних показників та органолептичних характеристик готової продукції.

Метою дослідження є встановлення оптимального дозування подрібненого насіння льону в рецептурі пшеничного хліба, його впливу на якість готових виробів.

Матеріали і методи. Для дослідження використовували насіння льону білого виробництва ТОВ «Біорозторопша» (Україна). Специфічність хімічного складу цієї сировини, зокрема великий вміст білків, ліпідів, харчових волокон, потребує обґрунтування доцільності її використання для корегування хімічного складу хлібобулочних виробів з метою надання їм функціональних властивостей. Тому було проведено порівняння хімічного складу насіння льону та борошна пшеничного першого сорту (табл. 1).

Порівняльна оцінка хімічного складу насіння льону та борошна пшеничного першого сорту свідчить, що в насінні міститься більше білка вдвічі, а жиру — в 28 раз.

Таблиця 1. **Хімічний склад насіння льону та пшеничного борошна першого сорту, %**

Складові	Борошно	Насіння льону
Білки, %	11,6±0,3	22,5±0,3
Вуглеводи загальні, %	73,3±0,5	25,1±0,5
в т.ч. моно- та дисахариди, %	1,8±0,05	2,1±0,05
крохмаль, %	68,0±0,5	-
харчові волокна, %	3,5±0,3	23,0±0,5
Жири, %	1,35±0,1	42±0,1
Зольність, %	0,73±0,05	4,1±0,05
Волога, %	13,0±0,03	6,3±0,03
Мінеральні речовини,мг/100 г калій	176	800
кальцій	26	267
магній	49	400
фосфор	122	667
залізо	1,8	4,8
цинк	1,09	4,0
Вітаміни, мг/100 г тіамін (B_1)	0,16	1,6
рибофлавін (B_2)	0,08	0,2
ніацин (РР)	2,74	3,0
піридоксин (B_6)	0,74	0,5
фолієва кислота	0,032	0,08
γ-токоферол	0,8	19,9

Насіння льону переважає пшеничне борошно за вмістом некрохмальних полісахаридів, які представлені водорозчинними фракціями, та показником зольності майже в 7 разів.

Висока зольність насіння льону корелює зі значно більшим вмістом в ньому, порівняно з пшеничним борошном, калію — в 4,5 раза; кальцію і магнію — в 10 та 9 разів; заліза — в 2,6 раза; цинку — в 3,7 раза.

Насіння льону при додаванні до пшеничного борошна здатне доповнити його вітамінами B_1, B_2, B_9, Е, яких у ньому міститься значно більше. Особливо

цінною є наявність у льону фолієвої кислоти й токоферолу, які є природними біоантиоксидантом і яких у пшеничному борошні мало.

Тож насіння льону білого за складом основних харчових компонентів може бути перспективною сировиною для поповнення пшеничного борошна важливими есенціальними речовинами, що надають хлібобулочним виробам оздоровчих властивостей.

Для встановлення максимально можливого дозування подрібненого насіння льону для збагачення пшеничного хліба його фізіологічно-функціональними інгредієнтами проводили пробне лабораторне випікання. Замішували тісто у двошвидкісній тістомісильній машині Escher. У дослідженнях використовували насіння льону білого, яке попередньо подрібнювали до крупності борошна обойного. Тісто готували з борошна пшеничного першого сорту безопарним способом. В дослідні зразки подрібнене насіння льону вносили в кількості 10, 15, 20 та 25% до маси борошна. Контролем був зразок без додавання подрібненого льону. В дослідних зразках, перед замішуванням тіста, насіння льону білого ретельно перемішували з борошном. Тривалість бродіння всіх зразків тіста становила 170 хв. Формували тістові заготовки вручну, їх вистоювання проводили у шафі за температури 35—40°С та відносній вологості 75—80%. Випікали вироби у печі Sveba-Dahlen за температури 220°С протягом 40 хв. Оцінку якості напівфабрикатів та готових виробів проводили за загальноприйнятими методиками [13].

Результати досліджень. Аналіз органолептичних показників якості готових виробів показав (табл. 2), що вироби з додаванням подрібненого насіння льону мали, порівняно з контролем, дещо інтенсивніше забарвлену та тонку скоринку. М'якушка дослідних зразків за дозування подрібненого насіння льону 10—20% до маси борошна була подібною до контрольного зразка: розвиненою, тонкостінною, з приємним світло-жовтим забарвленням. У разі дозування 25% до маси борошна подрібненого насіння еластичність м'якушки погіршувалася, а також за цього дозування вироби мали дуже виражений неприємний олійно-льняний присмак і запах.

Таблиця 2. **Органолептичні показники якості хліба**

Показник	Контроль	Кількість внесеного подрібненого насіння льону, % до маси борошна			
		10	15	20	25
Стан поверхні	Гладка, без тріщин та підривів				
Забарвлення скоринки	Золотисте			Золотисто-жовте	
Стан м'якушки	Пружна, еластична, світла	Пружна, еластична, світло-жовтого кольору			Нееластична, крихка, жовтого кольору
Аромат	Властивий пшеничному хлібу	Властивий пшеничному хлібу з легким льняним запахом			Властивий пшеничному хлібу з інтенсивним олійно-льняним запахом
Смак	Властивий пшеничному хлібу	Властивий пшеничному хлібу з легким льняним присмаком			Властивий пшеничному хлібу з інтенсивним олійно-льняним присмаком

Питомий об'єм хліба у разі додавання подрібненого насіння льону зменшується відповідно до зростання дозування (рис. 1).

Встановлено, що для збагачення хліба фізіологічно-функціональними інгредієнтами насіння льону білого його можливо вносити у подрібненому стані в кількості до 20% до маси борошна.

Для борошна важливим показником його якості, що впливає на формування якості готових виробів, є крупність. Тому дослідили вплив різної крупності подрібненого насіння льону на якість пшеничного хліба. Для дослідження використовували подрібнене насіння льону, що пройшло через дротяне сито з розміром чарунок 1,0 мм, 0,8 мм та 0,67 мм. Для легшого сприйняття назвемо умовно ці зразки подрібненого насіння льону за крупністю: крупне, середнє та дрібне.

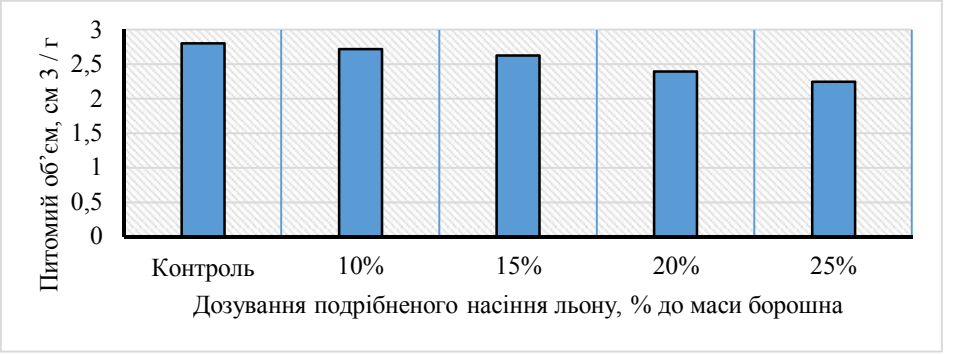


Рис. 1. Питомий об'єм хліба

Встановлено (табл. 3), що подрібнене насіння льону має вищу водопоглинальну здатність, ніж пшеничне борошно, внаслідок вмісту харчових волокон, водорозчинних білків і слизів. Причому зі зменшенням розміру частинок водопоглинальна здатність подрібненого насіння льону підвищується внаслідок збільшення площі частинок і активнішої взаємодії з водою. Цей фактор враховували під час розрахунку кількості води, потрібної для замісу тіста.

Таблиця 3. **Водопоглинальна здатність,** %

Вид сировини	ВПЗ,%
Борошно пшеничне в/с	193,0
Подрібнене насіння льону, прохід через сито 1,0 — крупне	218,3
Подрібнене насіння льону, прохід через сито 0,8 — середнє	227,6
Подрібнене насіння льону, прохід через сито 0,67 — дрібне	235,9

Для встановлення впливу крупності подрібненого насіння льону на якість хліба проводили пробне лабораторне випікання за його дозування 20% до маси борошна.

Встановлено (табл. 4), що використання подрібненого насіння льону різної крупності практично не впливає на питомий об'єм готових виробів, однак відзначено, що у разі використання зразка, дрібного за крупністю, вироби мали м'якушку, що втрачала пружність та еластичність.

Для збагачення пшеничного хліба фізіологічно-функціональними інгредієнтами подрібненим насінням льону білого його доцільно попередньо подрібнювати до крупної або середньої крупності.

Таблиця 4. **Показники технологічного процесу та якості виробів**

Показник	Контроль	Внесено подрібненого насіння льону, 20% до маси борошна за крупністю		
		Крупного	Середнього	Дрібного
Тісто				
Масова частка вологи, %	42,3	42,5	42,8	42,9
Тривалість бродіння, хв	120			
Тривалість вистоювання, хв	54	52	52	50
Хліб				
Питомий об'єм, $см^3/г$	2,51	2,47	2,48	2,47
Кислотність, град	2,0	2,1	2,1	2,2
Формостійкість H/D	0,54	0,53	0,52	0,51
Стан поверхні	Гладка без тріщин і підривів			
Колір скоринки	Золотистий			
Колір м'якушки	Світлий	Жовтий		
Еластичність м'якушки	Пружна, еластична		Менш еластична	Нееластична

Висновки. Експериментальними дослідженнями було встановлено, що для максимального збагачення хліба фізіологічно-функціональними інгредієнтами насіння льону білого, у подрібненому стані його можливо вносити в кількості до 20% до маси борошна. Однак збільшення ступеня подрібнення насіння льону негативно впливає на структурно-механічні властивості м'якушки. Для покращання споживчих властивостей виробів з використанням подрібненого насіння льону за максимально можливого дозування 20% до маси борошна необхідно провести подальші дослідження щодо застосування певних технологічних заходів та інших рецептурних інгредієнтів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Всемирная статистика здравоохранения 2016: мониторинг здоровья для ГРП, цели устойчивого развития. — Всемирная организация здравоохранения. Женева. 2016 г. — 121 с.

2. Глобальные оценки в области здравоохранения: Предложения по движению вперед. Резюме Технического совещания ВОЗ, Женева, 13—14 февраля 2013 г. — Всемирная организация здравоохранения. Женева. 2013 г. — 4 с.

3. Електронний ресурс. — Режим доступу : http://www.who.int/ru/news-room/detail/ 17 мая 2017 г. Выпуск новостей ВООЗ. Женева

4. *Юдина С.Б.* Технология продуктов функционального питания / С.Б. Юдина. — М. : ДеЛи принт, 2008. — 280 с.

5. *Enzifst L.E.* Flaxseed (Linseed) fibre — nutritional and culinary uses — a review / L.E. Enzifst, M.E. Bveo // Food New Zealand. — 2014. — Issue april/may. P. 26—28.

6. Ganorkar P. M. Flaxseed — a nutritional punch / P.M. Ganorkar, R.K. Jain // International Food Research Journal. — 2013. — № 20 (2). — P. 519—525.

7. *Touré A.* Flaxseed lignans: source, biosynthesis, metabolism, antioxidant activity, bioactive components, and health benefits / A. Touré, X. Xueming // Comprehensive Reviews in Food Sciences and Food Safety. Institute of Food Technologists. — 2010. — № 9(3). — P. 261—269.

8. *Зубцов В.А.* Биологические и физико-химические основы использования льняной муки для разработки хлебобулочных изделий / В.А. Зубцов, И.Э. Миневич // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2011. — № 3. — С. 10—13.

9. *Пащенко Л.П.* Функциональные свойства семян масличного льна / Л.П. Пащенко, Л.А. Коваль, В.Л. Пащенко // Успехи современного естествознания. — 2006. — № 10. — С. 98—99.

10. *Шалтумаев Т.Ш.* Использование продуктов переработки семян льна для производства изделий повышенной пищевой ценности / Т.Ш. Шалтумаев, М.П. Могильный, М.А. Сигарева // Известия вузов. Пищевая технология. — 2015. — № 5—6. — С. 42—45.

11. *Киреева М.С.* Перспективное использование семени льна в специализированном питании / М.С. Киреева // Материалы Международного научно-практического семинара «Роль льна в улучшении среды обитания и активном долголетии человека». — Тверь, 2012. — С. 181—185.

12. *Миневич И.* Использование семян льна в хлебопечении / И. Миневич, В. Зубцов, Т. Цыганова // Хлебопродукты. — 2008. — № 3. — С. 38—40.

13. *Дробот В.І.* Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв: навч. посіб. / В.І. Дробот, Л.Ю. Арсеньєва — К. : Центр навчальної літератури, 2006. — 341 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ СЕМЯН БЕЛОГО ЛЬНА В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Г.М. Андронович, Ю.В. Бондаренко, И.В. Гмыря, Н.А. Буцик
Национальный университет пищевых технологий

В статье изучено влияние измельченных семян льна белого на качество пшеничного хлеба. Установлено, что для получения изделий с хорошими органолептическими показателями дозирования измельченных семян льна должно составлять до 20% к массе муки. Увеличение дозировки измельченных семян льна белого приводит к появлению в изделиях выраженного масляно-льняного привкуса и запаха, а также к ухудшению структурно-механических свойств мякиша. Установлено, что удельный объем изделий уменьшается соответственно увеличению дозировки льна.

Исследование влияния крупности измельчения семян льна на качество пшеничного хлеба показали, что увеличение степени измельчения практически не влияет на удельный объем готовых изделий, однако приводит к ухудшению упругости и эластичности мякиша.

***Ключевые слова**: семена льна белого, хлеб пшеничный, крупность, тесто, мякиш.*

УДК 664.64.016.8

TECHNOLOGICAL EFFECT OF THE USE OF PHOSPHATIDE CONCENTRATES IN THE MANUFACTURE OF BREAD PRODUCTS

L. Burchenko, O. Bilyk, O. Kochubei-Lytvynenko, V. Bondar, V. Iskrytska
National University of Food Technologies

Key words:
wheat bread,
phosphate concentrate,
freshness of bread,
scratching,
swelling

Article history:
Received 28.09.2018
Received in revised form 12.10.2018
Accepted 21.11.2018

Corresponding author:
bilyklena@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of the work was to study the influence of sunflower and soya phosphatide concentrate of different producers on the quality indices of bread wheat flour products and their process of drawing. It has been found that the use of all investigated samples of fat-free phosphatide concentrate intensifies fermentation process, as evidenced by the more accumulation of carbon dioxide over both stages softened, and during his proofing, due to the impact of SAS on the glutening complex of dough. Found that in case of use have improved organoleptic and physico-chemical parameters of quality bakery products. It has been established that by increasing the gas formation, the specific volume of the dough and relaxing the gluten-free carcass on the introduction of fat-free phosphate concentrates, the specific volume of bread increases and the form-resistance and porosity of the products improve. It has been established that the specific volume increases by 23.1...25.6% in comparison with the control product. It was established that during the dosing fat-free phosphatide concentrate in an amount of 0.9% to the mass, of flour bakery products keep the freshness for 72 hours of storage unpackaged. It has been established that during the dispensing of fatty phosphate concentrates in the amount of 0,9% to the mass of flour, bakery products keep the freshness for 72 hours of storage unpackaged. Thus, the lidding value is less when stored for 72 hours compared to control, with the use of fatty phosphatidic concentrates at 29.6...34.4%. In the process of storage there is a decrease in the binding of water to the pulp, this reduction is significant in the control sample for the same shelf life. The bonding of water with soft products of nonfat phosphate concentrates also decreases during storage, but this reduction for 72 hours was 56…61% compared to control 38,6%, which indicates that the aging of hydrocolloids of products is slowing down. The analysis of the research results showed that the best effect was made by the soybean fat-free phosphate concentrate produced by individual entrepreneur of Beletsky.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-7

© Л.М. Бурченко, О.А. Білик, О.В. Кочубей-Литвиненко, В.І. Бондар, В.О. Іскрицька, 2018

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЕФЕКТ ВИКОРИСТАННЯ ФОСФАТИДНИХ КОНЦЕНТРАТІВ У ВИРОБНИЦТВІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Л.М. Бурченко, аспірант
О.А. Білик, канд. техн. наук
О.В. Кочубей-Литвиненко, канд. техн. наук
В.І. Бондар, канд. техн. наук
В.О. Іскрицька, магістрант
Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив соняшникового та соєвого знежирених фосфатидних концентратів різних виробників на показники якості хлібобулочних виробів з пшеничного борошна та процес їх черствіння. Встановлено, що у разі їх використання спостерігається поліпшення органолептичних та фізико-хімічних показників якості хлібобулочних виробів. Визначено, що під час дозування знежирених фосфатидних концентратів у кількості 0,9% до маси борошна хлібобулочні вироби зберігають свіжість протягом 72 год без упаковки. Аналіз результатів досліджень показав, що найкращі вплив здійснював соєвий знежирений фосфатидний концентрат виробництва ФОП Білецький.
Ключові слова: *хліб пшеничний, фосфатидний концентрат, свіжість хліба, кришкуватість, набухання.*

Постановка проблеми. Хлібобулочні вироби відносяться до продуктів щоденного споживання всіх верств населення. Добова норма споживання складає приблизно 300 г на добу. Забезпечення населення якісними виробами — це основне завдання підприємств хлібопекарської галузі. Основним показником якості хлібобулочних виробів є свіжість, яка змінюється під час зберігання хліба. Питання свіжості хлібобулочних виробів досліджувалося у [1—4].

Одним із ефективних шляхів вирішення цієї проблеми є використання харчових добавок, які позитивно впливають на якість хліба та сповільнюють процес черствіння. [5]. Застосування поверхнево-активних речовин (ПАР) можна вважати одним з найефективніших методів, які сповільнюють процес перетворення високополімерних речовин м'якушки під час зберігання [6— 8].

У хлібопекарський промисловості ПАР використовують в багатокомпонентній суміші як фосфатидні концентрати. Згідно з регламентом ЄС фосфатидні концентрати — це суміш фракцій фосфоліпідів, отриманих з тваринних або рослинних харчових речовин фізичними методами, в якій вміст речовин, нерозчинних в ацетоні (а саме: фосфоліпідів), становить не менш як 56% [9]. Фосфоліпіди відносяться до безпечних харчових добавок і можуть використовуватися без обмежень у харчових продуктах, які споживаються щодня, зокрема в хлібобулочних виробах.

Включення ПАР до рецептурного складу хлібобулочних виробів з пшеничного борошна суттєво впливає на якість готових виробів. Це пояснюється тим, що в тісті ПАР вступають у взаємодію з крохмальною фракцією борошна, білками клейковини, жировими компонентами, утворюючи складні комплексні сполуки, які поліпшують структурно-механічні властивості тіста та якість хліба [10]. Фосфатидні концентрати забезпечують підсушування поверхні тіста, внаслідок чого зростає його еластичність і стійкість під час машинного оброблення. Взаємо-

дія лецитину з крохмалем і здатність зв'язувати воду подовжують свіжість м'якушки [3].

У [6; 7] рекомендовано використовувати в технології хлібобулочних виробах знежирені гідролізовані фосфатидні концентрати.

На ринку фосфатидних концентратів з'явилися нові торговельнії марки вітчизняних виробників. Тому дослідження можливості використання знежирених фосфатидних концентратів у подовженні свіжості хлібобулочних виробів є актуальним.

У зв'язку з тим, що підприємства та малі пекарні виготовляють хлібобулочні вироби безопарним способом, виникла проблема їх швидкого черствіння. Відомо, що внесення фосфатидних концентратів у рецептуру хлібобулочних виробів з пшеничного борошна позитивно впливає на структурно-механічні властивості тіста та якість готових виробів, а також подовжує їх свіжість.

Метою дослідження є вивчення і порівняння впливу знежирених фосфатидних концентратів рослинного походження різних виробників, зокрема соняшникового та соєвого, на якість хлібобулочних виробів і швидкість процесу їх черствіння.

Матеріали і методи. У процесі дослідження використовували сухі знежирені фосфатидні концентрати із соняшника виробництва «Одеська біотехнологія» (зразок 1) і ФОП «Білецький» (зразок 2) та з сої виробництва ПП «Синтайзер» (зразок 3) і ФОП «Білецький» (зразок 4). Булочні вироби виготовляли з пшеничного борошна вищого сорту за рецептурою: борошно пшеничне вищого сорту — 100 кг; дріжджі пресовані хлібопекарські — 3,0 кг; сіль кухонна харчова — 1,5 кг; маргарин столовий — 2,0 кг; цукор білий кристалічний — 2,0 кг.

Для досліджень показників технологічного процесу, біохімічних, фізико-хімічних змін у тісті та якісних показників хлібобулочних виробів проводили лабораторні випікання. Тісто готували безопарним способом з масовою часткою вологи тіста — 43,5%. Замішували тісто в двошвидкісній тістомісильній машині. Відлежування тіста становило 20 хв. Оброблення тіста здійснювали вручну, вистоювання тістових заготовок проводили у термостаті при температурі (38±2)°С і відносній вологості (78±2)% до готовності. Вироби випікали в шафовій печі за температури 220…240°С.

Газоутворення у напівфабрикатах визначали на приладі АГ-1М [11]. Якість хліба оцінювали за фізико-хімічними (питомий об'єм, формостійкість, структурно-механічні властивості м'якушки) та органолептичними показниками (зовнішній вигляд, стан поверхні скоринки, структура пористості, смак, запах).

Тривалість збереження виробами свіжості досліджували за зміною структурно-механічних властивостей м'якушки. Визначали її загальну деформацію після 48 год зберігання на пенетрометрі АП 4/1. Комплексний показник якості оцінювали за бальною оцінкою якості хлібобулочних виробів [11]. Ступінь черствіння виробів досліджували також за набуханням м'якушки хліба і його кришкуватістю. Чим черствіший хліб, тим менше набухає м'якушка. Ступінь черствіння виражають величиною питомого набухання в $см^3$ набухлої маси на 1 г сухої речовини досліджуваного зразка [12].

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

Результати досліджень. З метою визначення технологічної ефективності застосування сухих знежирених фосфатидних концентратів у виробництві хлібо-

булочних виробів були проведені дослідження із встановлення їх впливу на технологічний процес та якість булочних виробів.

Під час проведення дослідження випікали булочні вироби з внесенням сухих знежирених фосфатидних концентратів у кількості 0,9% до маси борошна. Результати досліджень наведено в табл. 1.

Таблиця 1. **Вплив сухих знежирених фосфатидних концентратів на показники якості тіста і готових виробів**

Показники	Контроль (без добавок)	Зразки булочних виробів із сухими знежиреними фосфатидними концентратами			
		1	2	3	4
Тісто					
Масова частка вологи, %	43,5				
Титрована кислотність, град					
початкова	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0
кінцева	1,2	1.6	1.6	1.8	1.6
Тривалість відлежування, хв	20				
Тривалість вистоювання, хв	45				
Питомий об'єм тіста, $см^3$	140	160	160	165	165
Розпливання кульки тіста, мм	90	99	101	102	105
Газоутворення за період відлежування та вистоювання, $см^3$/100 г	915	1169	1176	1155	1196
Готові вироби					
Питомий об'єм, $см^3$/100 г	308	381	387	379	381
Пористість, %	80	82	83	83	84
Кислотність, град	1,2	1.6	1.6	1.8	1.6
Формостійкість, H/D	0,45	0,46	0,46	0,47	0,48
Стан поверхні і забарвлення	Гладка, рівномірна, золотисто-жовта	Гладка, рівномірна, світло-жовта, блискуча		Гладка, рівномірна, золотисто-жовта, блискуча	Гладка, рівномірна, світло-коричнева, блискуча
Колір м'якушки	Світла	З сірим відтінком		Світла	
Структура пористості	Рівномірна, тонкостінна	Нерівно-мірна, тонкостінна, крупно-пориста	Нерівномірна, тонкостінна, крупно-пориста	Нерівно-мірна, тонкостінна, крупно-пориста	Нерівно-мірна, тонкостінна, крупно-пориста
Смак і аромат	Властивий виробам, без стороннього присмаку				

Встановлено, що при додаванні сухих знежирених фосфатидних концентратів кислотність тіста підвищувалась на 0,4 град порівняно з контролем, а зразок 4 — на 0,6 град. Це пояснюється малим терміном зберігання фосфатидного концентрату соєвого сухого знежиреного при низьких температурах. Виявлено,

що використання всіх досліджуваних зразків сухих знежирених фосфатидних концентратів інтенсифікує бродіння, про що свідчить більше накопичення діоксиду вуглецю як на стадії бродіння, так і під час його вистоювання, за рахунок впливу ПАР на клейковинний комплекс тіста.

Дослідження якості готових виробів показало, що за рахунок підвищення газоутворення, питомого об'єму тіста і послаблення клейковинного каркасу з внесення знежирених фосфатидних концентратів збільшується питомий об'єм хліба. Так, у зразку 2 питомий об'єм збільшився на 25,6%, порівняно з контролем, у зразках 1 та 4 — на 23,7%, а у зразку 3 — на 23,1%. Встановлено, що покращується формостійкість і пористість виробів.

Черствіння хліба передусім пов'язане з процесами зміни стану крохмалю та білка під час зберігання. Так, крохмаль з аморфного стану переходить у кристалічний, тобто відбувається ретроградація крохмалю, яка пов'язана з агрегацією молекул амілопектину та амілози.

Важливу роль у цьому процесі відіграє старіння денатурованої у процесі випікання клейковини, яка віддає вологу і, як наслідок, знижується її гідратаційна здатність, що призводить до ущільнення структури м'якушки.

Із втратою свіжості відбуваються фізико-хімічні зміни м'якушки — зростає опір стисненню, знижується пружність. Тому тривалість збереження виробами свіжості досліджували за зміною структурно-механічних властивостей м'якушки. Визначали її загальну деформацію через 4 та 72 години зберігання на пенетрометрі АП 4/1, кришкуватість, набухання.

Про ступінь черствіння робили висновок за визначенням загальної, деформації м'якушки (табл. 2).

Таблиця 2. **Зміна структурно-механічних властивостей м'якушки батону «Нива»**

Показники	Контроль (без добавок)	Зразки булочних виробів з сухими знежиреними фосфатидними концентратами			
		1	2	3	4
Деформація м'якушки, од. приладу *через 4 години:*					
загальна	87	96	94	98	97
через 72 годин:					
загальна	24	38	42	43	45
Ступінь збереження свіжості, %	27,6	39,6	44,7	43,9	46,4

Як свідчать дані, фосфатидні концентрати позитивно впливають на збереження свіжості виробами. Порівнюючи з контролем, серед соняшникових фосфатидних концентратів найбільшу ступінь збереження свіжості має зразок 2, яка складає 10,7%. Серед соєвих — виділяється зразок 4. Його ступінь збереження свіжості становить 11,1%. Враховуючи те, що соняшниковий фосфатидний концентрат трохи затемнює м'якушку хлібобулочних виробів, то перевагу надаємо зразку 4.

Також, ступінь черствіння досліджували за кришкуватістю м'якушки через 4 та 72 години. Результати досліджень кришкуватості м'якушки представлено на рис. 1.

Аналіз результатів показав, що, порівняно з контролем, значення кришкуватості зменшується у разі зберігання 72 год, за умови використання фосфатид-

ного концентрату. При використання соняшникових концентратів на 68,6% та 67%, а при використанні соєвих концентратів на 70,4% та 65,5%. За отриманими даними можемо зробити висновок, що найбільшу ступінь збереження свіжості має зразок 4.

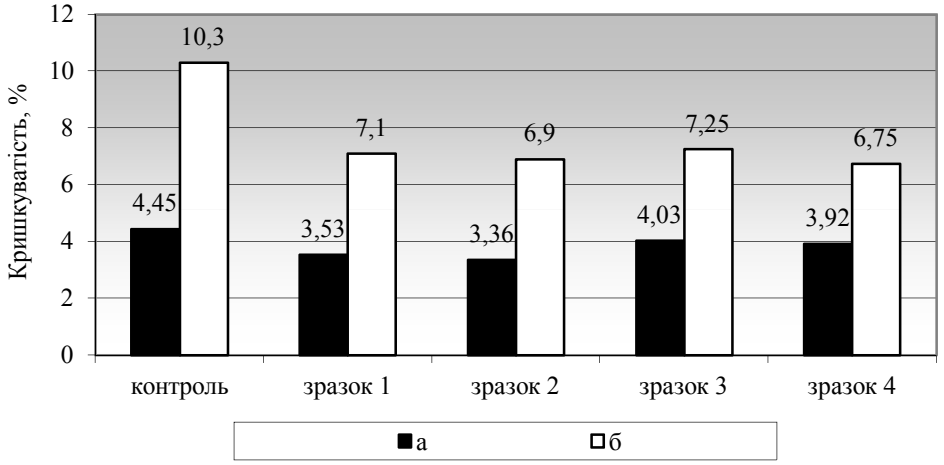


Рис. 1. Вплив фосфатидних концентратів на кришкуватість м'якушки, %:
а — через 4 год; б — через 72 год

Про ступінь свіжості виробів можна робити висновок за зміною гідрофільних властивостей колоїдів м'якушки під час зберігання.

Під час зберігання хлібобулочних виробів гідрофільність їх м'якушки зменшується. Зменшення гідрофільності м'якушки впливає на здатність її до набухання і поглинання води, а також здатність колоїдів та інших речовин м'якушки переходити у водний розчин.

У наших дослідженнях визначали кількість води, яку поглинає м'якушка у відсотках на сухі речовини виробу (водопоглинальна здатність м'якушки). Визначення проводили через 4 та 72 год після випікання. Результати досліджень представлено на рис. 2.

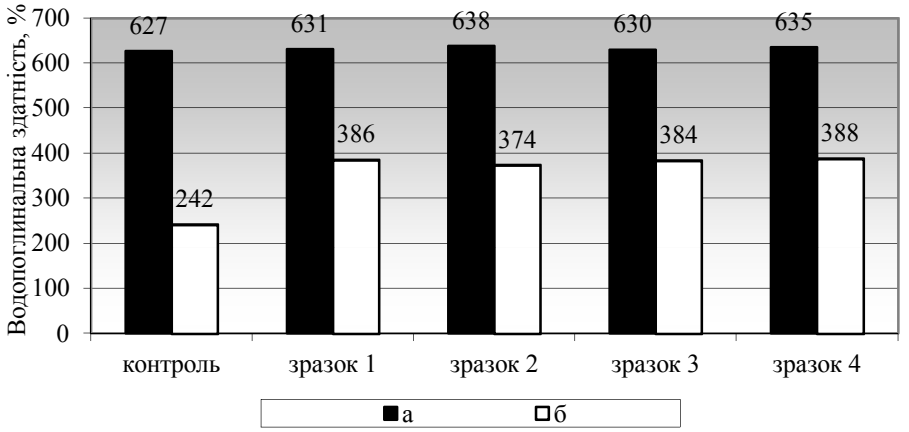


Рис. 2. Вплив фосфатидних концентратів на водопоглинальну здатність м'якушки, %:
а — через 4 год; б — через 72 год

У міру збільшення кришкуватості набухання м'якушки хліба під час зберігання зменшується. Це пов'язано зі зниженням здатності колоїдних речовин поглинати воду за рахунок ущільнення структури крохмалю і білків у процесі їх старіння. Проте це зменшення є суттєвим у контрольному зразку за такого самого терміну зберігання. Зв'язування води м'якушкою виробів з фосфатидними концентратами також зменшується в процесі зберігання, але це зменшення за три доби становило при використанні соняшникових фосфатидних концентратів 56,7% та 58,6%, при використанні соєвих — 61,0% та 61,1%, порівняно з контролем 38,6%, що свідчить про уповільнення старіння гідроколоїдів виробів.

Висновки. Проведені дослідження встановили, що додавання 0,9% сухих знежирених лецитинів до маси борошна у тісто призводить до отримання хліба не тільки більшого об'єму, але і з більш м'якою м'якушкою, що легко стискається. Також встановлено, що м'якушка такого хліба повільніше втрачає «м'якість» при подальшому зберіганні, що є показником сповільнення черствіння. Відмічається також, що булочні вироби з додаванням фосфатидних концентратів довше зберігають хрустку та блискучу скоринку. Збільшення об'єму хлібобулочних виробів можна пояснити збільшенням газоутримувальною здатністю тіста на стадії вистоювання та початкового періоду випікання.

З досліджуваних зразків для булочних виробів найкращі показники якості має зразок 4 (лецитин соєвий сухий знежирений виробництва ФОП Білецький), оскільки його використання не затемнює м'якушку виробів. Сухі соняшникові фосфатидні концентрати мають гарні фізико-хімічні показники, але за органолептичними показниками затемнюють колір м'якушки. Зразок 3 не рекомендується використовувати у технології хлібобулочних виробах, оскільки зберігання цього виду лецитину відбувається при температурі 2…6°С.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Cauvain S.P.* More Baking Problems Solved / Cauvain, S. P., Young, L. S. — Cambridge: Woodhead Publishing Ltd. — 2009.

2. *Кветной Ф.М.* Производство хлеба длительного хранения / Ф.М. Кветной // Хлебопродукты. — 2000. — 2. — С. 15.

3. *Поландова Р.Д.* Технология хлебобулочных изделий с удлиненными сроками хранения / Поландова, Р. Д., Козюкина, О. Ю., Еркинбаева, Р. К. // Хлебопечение России. — 2004. — 5. — С. 16—17.

4. Повноцінне харчування: інноваційні аспекти технологій, енергоефективного виробництва, зберігання та маркетингу : кол. моногр. / за ред. В.В. Євлаш, В.О. Потапова, Н.Л. Савицької ; Харк. держ. ун-т харч. та торг. — Х. : ХДУХТ, 2015. — 580 с.

5. *Байрамов Е.Е.* Поліпшувачі, що підвищують еластичність і знижують розтяжність клейковини і тіста / Е. Е. Байрамов // Харчова промисловість. — 2015. — № 18. — С. 13—18.

6. *Полодюк В.С.* Ефективність використання лецитину в хлібопеченні / В.С. Полодюк, Л.Ю. Арсеньєва, В.Ф. Доценко // Харчові технології. — 2004. — 9. — С. 35—37.

7. *Вила Х.* Лецитин в выпечке / Х. Вила // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки, 2001. — 2. — С. 13—15.

8. Пищевые эмульгаторы и их применение: пер. с анг. / под редакцией Дж. Хазенхюттля, Р. Гартела. — Санкт-Петербург : Профессия, 2008. — 288 с.

9. Регламент (ЄС) № 1333/2008 Європейського парламенту і ради від 16 грудня 2008 г. по харчовим добавкам.

10. *Корячкина С.Л.* Влияние поверхностно-активных веществ на реологические свойства теста и качество хлеба из пшеничной муки 1 сорта: Автореф. дис... канд. техн. наук/ Кемеровский технол. ин-т. — М., 1975.— 36 с.

11. *Дробот В. І.* Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв: навч. посіб. / В.І. Дробот, Л.Ю. Арсеньєва, О.А. Білик — К. : Центр навчальної літератури, 2006. — 341 с.

12. *Дробот В. І.* Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів: навчальний посібник / В.І. Дробот. — НУХТ. Київ, 2015. — 902 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОСФАТИДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Л.Н. Бурченко, Е.А. Билык, О.В. Кочубей-Литвиненко, В.И. Бондарь, В.А. Іскрицкая
Национальный университет пищевых технологий

В статье исследовано влияния подсолнечного и соевого обезжиренных фосфатидных концентратов различных производителей на показатели качества хлебобулочных изделий из пшеничной муки и процесс их черствения. Установлено, что в случае их использования наблюдается улучшение органолептических и физико-химических показателей качества хлебобулочных изделий. Определено, что во время дозирования обезжиренных фосфатидных концентратов в количестве 0,9% к массе муки хлебобулочные изделия сохраняют свежесть в течение 72 ч хранения без упаковки. Анализ результатов исследований показал, что лучшие влияние осуществлял соевый обезжиренный фосфатидный концентрат производства ЧП Белецкий.

Ключевые слова: *хлеб пшеничный, фосфатидный концентрат, свежесть хлеба, крошковатость, набухание.*

УДК 637.5

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE USE OF NATURAL AND ARTIFICIAL SHELLS ON THE MICROBIOLOGICAL STABILITY AND MOISTURE CONTENT OF COOKED SAUSAGES DURING STORAGE

V. Pasichnyi, A. Marynin, Yu. Zheludenko, S. Zadkova
National University of Food Technologies

Key words:
casings,
sausage,
microbial contamination,
shelf life

Article history:
Received 26.09.2018
Received in revised form 09.10.2018
Accepted 26.11.2018

Corresponding author:
pasww1@ukr.net

ABSTRACT

The article presents a comparative analysis of ways to extend of cooked sausages shelf life. Initial microbiological contamination of natural and artificial protein and cellulose casings have been determinant, which indicate higher values natural casings QMAFAnM.

The dynamics of changes in the content of moisture in the highest grade cooked sausages during storage, depending on the type of used casing, is shown and their comparison is given. Sample physicochemical condition effect is found to be minimal, however, a greater correspondence of the technological parameters is between the natural and artificial protein casing. It is defined that for sausages in a natural casing on the sixth day of storage in traditional conditions for commercial networks at a temperature of 0+6°C and relative humidity of 75—78%, the possible accumulation of QMAFAnM is $7,5 \cdot 10^2$—$1,3 \cdot 10^3$ CFU/g, which exceeds the standard values for cooked sausages. Sausages in the protein casing without the use of additional technological methods do not exceed the microbiological contamination standard values on the sixth day of storage. It is confirmed that cooked sausage using natural and artificial casing effect on the population of molds and yeasts are stable at storage time, with the keeping the production technology all samples showed stable meaning during storage time at all control points (<10 cfu/g). It is certain that the presence of coliforms, pathogenic flora, including Salmonella, sulfite-reducing clostridia, Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus for all types of sausages, does not depend on the type of casings used in the production.

Based on the research results, it can be concluded that the use of artificial protein casings, which are as close to natural as possible by their technological properties, is a promising direction for extending the cooked sausages shelf life.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-8

©В.М. Пасічний, А.І. Маринін, Ю.В. Желуденко, С.П. Задкова, 2018

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИКОРИСТАННЯ НАТУРАЛЬНИХ І ШТУЧНИХ ОБОЛОНОК НА МІКРОБІОЛОГІЧНУ СТАБІЛЬНІСТЬ І ВОЛОГОВМІСТ ВАРЕНИХ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ У ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ

В.М. Пасічний, д-р техн. наук
А.І. Маринін, канд. техн. наук
Ю.В. Желуденко
С.П. Задкова
Національний університет харчових технологій

У статті проведено порівняльний аналіз шляхів подовження термінів зберігання ковбасних виробів вареної групи. Визначено фонові показники мікробіологічного забруднення натуральних і штучних білкових та целюлозних оболонок, які вказують на більш високі значення МАФАнМ натуральних оболонок. Показано динаміку зміни вмісту вологи в сосисках вищого сорту в процесі зберігання залежно від виду використаних оболонок і проведено їх порівняння. Встановлено, що вплив на фізико-хімічний стан зразка практично мінімальний, однак більша відповідність технологічних показників є між натуральною і штучною білковою оболонками. За результатами досліджень можна зробити висновок, що використання штучних білкових оболонок, які за технологічними властивостями максимально наближені до натуральних, є перспективним напрямком подовження термінів зберігання варених ковбасних виробів.
Ключові слова: *ковбасні оболонки, сосиски, мікробіологічне забруднення, терміни зберігання.*

Постановка проблеми. Псування харчових продуктів веде до значних економічних втрат для харчової промисловості. Щорічно псується третя частина всіх вироблених харчових продуктів, а це приблизно 1300 млн тонн [1]. Це відбувається на всіх етапах, починаючи з виробництва і закінчуючи процесом реалізації та зберігання споживачем. Кількість населення у світі весь час зростає і вирішення проблеми псування харчових продуктів дасть змогу скоротити кількість людей, що мають недостатнє харчування. Зменшення втрат продуктів стабілізує виробництво харчових продуктів і покращить розвиток ринку, а також послабить негативний вплив на навколишнє середовище [2]. Проблема безпеки харчових продуктів є однією з основних навіть у розвинених країнах, оскільки щорічно приблизно 2,2 млн людей у світі страждають від гострих кишкових інфекцій, більшість з яких передаються через їжу та воду [3].

М'ясо та м'ясні продукти є ідеальним середовищем для розвитку мікроорганізмів, що викликають псування, та патогенних мікроорганізмів, тому необхідно забезпечити безпечність продуктів, що споживає населення [4] в термінах їх придатності до споживання.

На термін придатності м'яса впливають декілька факторів: температура зберігання продукту, доступність кисню та світла, активність води (a_w), глибина автолітичних змін і фонове мікробне забруднення. Мікробне псування є першочерговою причиною псування продуктів [5] та веде до погіршення його якості, обмежує термін придатності до споживання та збільшує ризик розвитку патогенної мікрофлори. Це потребує більш ретельного підбору сировинних компонентів, використання антиоксидантів і речовин, що володіють бактеріостатич-

ними властивостями [6]. Можливим шляхом для забезпечення мікробіологічної стабільності м'ясопродуктів є зменшення фонового забруднення спецій, зокрема використання олеорезинів спецій [7]. Одним з чинників для подовження термінів зберігання є використання пакувальних матеріалів з високими бар'єрними властивостями [8]. Передусім псування відбувається на поверхні продукту, особливо на поверхні м'язових волокон. Тож важливо подовжити термін зберігання харчових продуктів і за рахунок цього збільшити ринок збуту, що, у свою чергу, підвищить попит на продукцію.

Ріст мікроорганізмів відбувається головним чином у процесі зберігання, тому вибір пакування для м'ясних продуктів є першочерговим серед усіх технологічних операцій з урахуванням подовженої стабільності до зберігання та термінів придатності готового продукту.

З розвитком технологій пакування при пошуку шляхів подовження термінів зберігання важливим питанням є виявлення можливості коригування часу зберігання з урахуванням типу ковбасних оболонок у поєднанні з різними пакувальними системами [9]. Традиційно в ковбасному виробництві використовують натуральні та штучні оболонки, останні виготовляють з целюлози, віскози, білкових матеріалів, штучних полімерів тощо.

Для продуктів вищих сортів, які максимально підкреслюють натуральність, поряд з натуральними оболонками використовують білкові та целюлозні [10]. Терміни зберігання для варених ковбасних виробів у натуральній оболонці вищого сорту складають не більше 72 годин, для першого та другого сорту — не більше 48 годин, для третього сорту — не більше 24 годин з моменту закінчення технологічного процесу. Для виробів у целюлозних і білкових оболонках рекомендовано практично ті ж терміни.

Метою дослідження є оцінка бар'єрної здатності різних типів оболонок протидіяти мікробіологічному псуванню та усушці ковбасних виробів в термінах зберігання, що перевищують регломентовані нормативними документами.

Матеріали і методи. Як дослідні зразки в процесі досліджень використовували свинячі, білкові і целюлозні оболонки та сосиски варені, вироблені з їх використанням. Згідно з планом експерименту визначали в часі зберігання фізико-хімічних і мікробіологічних показників за стандартними методиками [7].

Результати і обговорення. В процесі дослідження було визначено фонове мікробне забруднення оболонок різного типу.

Результати дослідження представлені в табл. 1.

Таблиця 1. **Мікробіологічні показники оболонок**

	МАФАнМ, КУО/г	БГКП в 0,1 г	Плісняві гриби, КУО/г	Дріжджі, КУО/г
Оболонка білкова ТМ «Білкозин»	$2{,}0 \cdot 10^1$	Не виявлено	<10	<10
Оболонка целюлозна ТМ «Wienie-Pak»	<10	Не виявлено	<10	<10
Оболонка натуральна з череви свинячої	$8{,}0 \cdot 10^4$	Не виявлено	<10	$4{,}0 \cdot 10^2$

Показник МАФАнМ для натуральної оболонки був значно вищим, порівняно з іншими зразками, так само як кількість дріжджів, що можна пояснити її специфікою. Цей вид оболонок може бути середовищем розвитку мікроорганізмів, що буде впливати на термін зберігання.

Для білкових і целюлозних оболонок нормовані показники відповідають сертифікатам виробника, однак для них характерне поверхневе забруднення. Характеристики цих оболонок з точки зору термінів зберігання продукту однотипні. Внаслідок більшого вологовмісту та типу консервування натуральні оболонки більш забруднені, що негативно позначається на подовженні терміну зберігання, тому потрібен суворий контроль самих оболонок і сировини.

Для визначення впливу типу оболонка на фізико-хімічні показники та показники безпеки досліджували сосиски «Молочні» вищого сорту, виготовлені за традиційною технологією та фасовані в білкову, целюлозну та натуральну оболонку, традиційний термін зберігання в яких без використання захисних пакувальних матеріалів для цього виду сосисок складає 72 години.

Дослідження ковбасних виробів проводили після виготовлення на 1, 2, 4 та 6 добу зберігання продукту в умовах, що моделювали традиційні умови зберігання в торговельних мережах без використання захисних пакувальних матеріалів (температура 0+6°С, відносна вологість 75—78%).

Це дало змогу порівняти зміну масової частки вологи і мікробіологічних показників сосисок у термінах вдвічі більших, ніж регламентовані нормативними документами.

У процесі досліджень визначали масову частку вологи в сосисках з різним типом оболонок в часі зберігання (табл. 2, 3 і 4), а також рівень мікробіологічного забруднення за основними мікробіологічними показниками, що нормуються для ковбасних виробів вареної групи [10].

Таблиця 2. **Значення масової частки вологи для сосисок, фасованих у білкову оболонку**

Доба зберігання	Масова частка вологи, %		
	Серія 1	Серія 2	Серія 3
1	72,02±0,72	71,46±0,72	71,52±0,72
2	71,94±0,72	70,92±0,71	70,84±0,72
4	71,1±0,71	69,95±0,71	68,74±0,71
6	68,52±0,70	68,46±0,70	68,28±0,70

Таблиця 3. **Значення масової частки вологи для сосисок, фасованих у целюлозну оболонку**

Доба зберігання	Масова частка вологи, %		
	Серія 1	Серія 2	Серія 3
1	71,89±0,72	71,53±0,71	72,12±0,72
2	71,32±0,71	70,68±0,71	71,69±0,72
4	70,96±0,71	69,57±0,71	69,79±0,71
6	66,54±0,70	67,39±0,71	67,63±0,71

Таблиця 4. **Значення масової частки вологи для сосисок, фасованих у натуральну оболонку**

Доба зберігання	Масова частка вологи, %		
	Серія 1	Серія 2	Серія 3
1	72,07±0,72	71,46±0,71	71,99±0,72
2	71,30±0,71	70,72±0,71	71,10±0,71
4	70,60±0,71	69,21±0,71	69,48±0,71
6	68,0±0,70	67,88±0,70	68,42±0,70

З представлених результатів видно, що значення показника для сосисок у білкових і натуральних оболонках усіх серій виробки в часі зберігання практич-

но не відрізняються між собою в усіх контрольних точках, що дає змогу зробити висновок про їхню технологічну подібність.

Для сосисок у целюлозній оболонці в часі зберігання зміна значення масової часки вологи була виразнішою і на шосту добу зберігання для всіх серій виробки була достовірно меншою, ніж для сосисок у натуральній і білковій оболонці, що вказує на більшу газо- і вологопроникність цього виду оболонки.

У кожній контрольній точці в часі зберігання перевіряли наявність бактерій групи кишкової палички, патогенну флору, в тому числі *Salmonella*, сульфітредукуючі клостридії, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*.

При цьому для всіх видів ковбасних виробів, незалежно від типу використаних у виробництві оболонок, ці види мікроорганізмів протягом усього періоду дослідження виявлені не були.

Кількість плісеневих грибів і дріжджів для всіх зразків була стабільною у всіх контрольних точках протягом терміну зберігання і не перевищувала 10 КУО/г.

У часі зберігання на 1, 2, 4 і 6 добу проводився аналіз рівня мікробіологічного забруднення МАФАнМ у зразках сосисок від трьох серій виготовлення: у білковій (рис. 1), целюлозній (рис. 2) і натуральній (рис. 3) оболонках. Дослідження проводили в трикратній повторності.

У цілому зміни мікробіологічного забруднення спостерігалась тільки по МАФАнМ (рис.1, 2, 3).

Як видно з отриманих даних, значення МАФАнМ у першій контрольній точці для всіх сосисок, незалежно від типу оболонки, знаходилося в межах $2{,}5 \cdot 10^2$—$4{,}6 \cdot 10^2$ КУО/г.

Для зразків сосисок на 2 та 4 добу зберігання значення МАФАнМ становили $2{,}9 \cdot 10^2$—$8{,}3 \cdot 10^2$ КУО/г, що знаходиться в межах одного порядку.

Проте на 6 добу значення МАФАнМ для зразків, фасованих у натуральну оболонку, для всіх серій були вищими порівняно зі зразками, фасованими у білкову та целюлозну оболонку, і становило для сосисок у натуральній оболонці: $7{,}5 \cdot 10^2$—$1{,}3 \cdot 10^3$ КУО/г; білковій: $4{,}9 \cdot 10^2$—$7{,}0 \cdot 10^2$ КУО/г; целюлозній: $5{,}4 \cdot 10^2$—$9{,}0 \cdot 10^2$ КУО/г.

Така зміна МАФАнМ сосисок у натуральній оболонці, порівняно з тими, що були вироблені в штучній оболонці, пояснюється специфічними властивостями натуральних оболонок, їх більш високим початковим фоновим забрудненням.

Тож потенційно для розроблення технологій ковбасних виробів з подовженим терміном зберігання більш перспективними є ковбасні вироби, вироблені в білковій штучній оболонці.

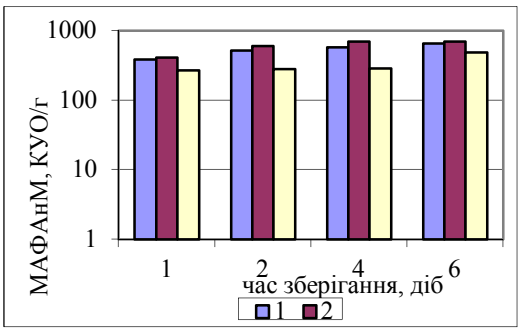


Рис. 1. Зміни МАФАнМ сосисок «Молочних», фасованих у білкову оболонку в процесі зберігання 1, 2 і 3 серій виробки

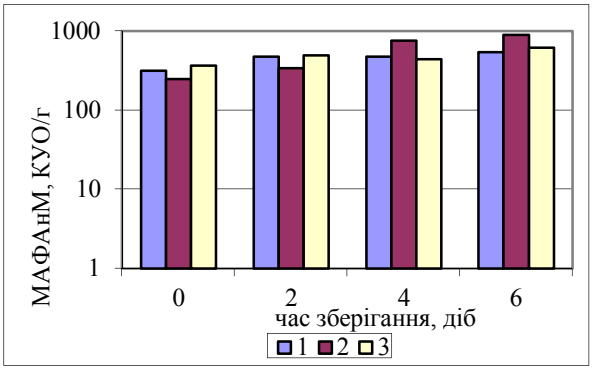


Рис. 2. Зміни МАФАнМ сосисок «Молочних», фасованих у целюлозну оболонку в процесі зберігання 1, 2 і 3 серій виробки

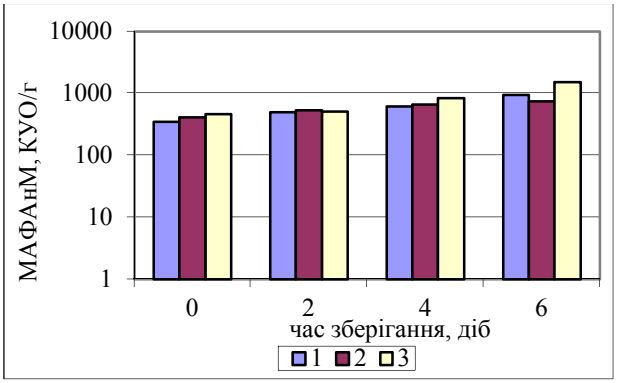


Рис. 3. Зміни МАФАнМ сосисок «Молочних», фасованих у натуральну оболонку в процесі зберігання 1, 2 і 3 серій виробки

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено, що тип оболонки (натуральна, білкова та целюлозна) не має суттєвого впливу на якість готових ковбасних виробів у часі зберігання до 4 діб, що узгоджується з коефіцієнтом запасу 1,3 і підтверджує термін зберігання варених ковбасних виробів до 72 годин.

Представлені результати рівня мікробіологічного забруднення сосисок «Молочних» у термінах зберігання, які перевищують традиційні, вказують, що більш перспективним для удосконалення технологій варених ковбасних виробів подовженого терміну зберігання є використання штучних білкових оболонок, які мають менше фонове забруднення ніж натуральні.

Оцінка зміни масової частки вологи в термінах зберігання варених ковбасних виробів, які перевищують регламентовані нормативними документами, вказує на необхідність пошуку шляхів підвищення бар'єрності штучних оболонок у напрямку зменшення їх газо- і вологопроникності для мінімізації втрат вологи в процесі зберігання і потребує подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. FAO. 2011. Global food losses and food waste — Extent, causes and prevention. Rome. — Режим доступу: URL: http://www.fao.org/docrep/014/mb060e /mb060e00.Htm.

2. *Manfredi M.* Environmental assessment of antimicrobial coatings for packaged fresh milk / Manfredi, M., Fantin, V., Vignali, G. & Gavara, R. // Journal of Cleaner Production. — 2015. — 95. — P. 291—300.

3. *Kuchenmuller T.* Estimating the global burden of foodborne diseases — A collaborative effort. Euro surveillance: bulletin europeen sur les maladies transmissibles / Kuchenmuller, T., Hird, S., Stein, C., Kramarz, P., Nanda, A., & Havelaar, A. H. // European communicable disease bulletin. 2009. — 14(18).

4. *Kodogiannis V.S.* An intelligent based decision support system for the detection of meat spoilage / Kodogiannis, V.S., Pachidis, T., & Kontogianni, E. // Engineering Applications of Artificial Intelligence. — 2014. — 34. — P. 23—36.

5. *Nychas, G.-J. E., Marshall, D. L., & Sofos, J. N.* (2007). Meat, poultry, and seafood, In L. R. B. Michael, & P. Doyle (Eds.), Food microbiology: fundamentals and frontiers 3rd ed. American Society of Microbiology Press.

6. *Ukrainets A.* Plant extracts antioxidant properties for meat processing industry / A.I. Українець, В.М. Пасічний, Ю.В. Желуденко // Biotechnologia Acta. — 2016. — Т. 9. — № 2. — С. 19—27. doi: https://doi.org/10.15407/biotech9.02.019

7. *Ukrainets A.* Oleoresins effect on cooked poultry sausages microbiological stability / A.I. Ukrainets, V. Pasichniy, Yu. Zheludenko, S. Zadkova // Ukrainian Food Journal. — 2016. — Volume 5, Issue 1. — С. 124—134.

8. *Іванов С.В.* Перспективні елементи активного пакування / С.В. Іванов, В.М. Пасічний, В.В. Олішевський, А.І. Маринін, Ю.В. Желуденко // Упаковка. —2014. — Вип. 6. — С. 16—18.

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

10. *Клименко М.М.* Технологія м'яса та м'ясних продуктів: Підручник / М.М. Клименко, Л.Г. Віннікова, І.Г. Береза та ін.; За ред. М.М. Клименка. — К. : Вища освіта, 2006. — 640 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАТУРАЛЬНЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ОБОЛОЧЕК НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ И ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ ВАРЕНЫХ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ ВО ВРЕМЕНИ ХРАНЕНИЯ

В.Н. Пасичный, А. Маринин, Ю.В. Желуденко, С. Задкова
Национальный университет пищевых технологий

В статье проведен сравнительный анализ способов продления сроков хранения колбасных изделий вареной группы. Определенны фоновые показатели микробиологического загрязнения натуральных и искусственных белковых и целлюлозных оболочек, которые указывают на более высокие значения МАФАнМ натуральных оболочек. Показана динамика изменения содержимого влаги в сосисках высшего сорта в процессе хранения в зависимости от вида использованных оболочек и проведено их сравнение. Установлено, что влияние на физико-химическое состояние образца практически минимально, однако большее соответствие технологических показателей наблюдается между натуральной и искусственной белковой оболочками. По результатам исследований можно сделать вывод, что использование искусственных белковых оболочек, которые по технологическим свойствам максимально приближены к натуральным, является перспективным направлением продления сроков хранения вареных колбасных изделий.

Ключевые слова: *оболочки, колбасные изделия, микробиологическое загрязнение, сроки хранения.*

УДК 664.87

INVESTIGATION OF HYDROTHERMAL PROCESS OF SHIITAKE MUSHROOMS

I. Zinchenko, M. Bondar
National University of Food Technologies

Key words:
Shiitake,
mushroom semi-finished products,
hydrothermal treatment,
quality indicators,
polyphenol oxidase enzyme

Article history:
Received 08.10.2018
Received in revised form 28.10.2018
Accepted 26.11.2018

Corresponding author:
inna_3@ukr.net

ABSTRACT

This article presents the results of research the influence of hydrothermal processing on the physico-chemical and biochemical changes of Shiitake mushroom.

Consistency is one of the main technological indicators of mushroom semi-finished products. The yield strength of mushrooms and semi-finished products has been determined for the objective characteristic of the influence of the hydrothermal treatment duration on the consistency of mushrooms. It is rational to make hydrothermal treatment of shiitake for 6-7 minutes to obtain mushroom semi-finished products with the best consistency. Increase of processing time leads to degradation of the structural and mechanical parameters of semi-finished products.

It has been established that the polyphenol oxidase enzyme of Shiitake has a high activity. A comparative analysis of the influence of the use of salt and citric acid on the activity of polyphenol oxidase has been carried out and it has been found that taste additives in the least amount contribute to inactivation of the enzyme. The combined use of additives accelerates the inactivation process compared with their individual use.

It is rational to use a solution with salt concentration of 1% and citric acid concentration of 0,02% for processing. This should be done to prevent the semi-finished products quality deterioration during next process, inactivation of the polyphenol oxidase enzyme and the provision of the necessary organoleptic parameters.

On the basis of analysis and generalization of theoretical and experimental studies, the rational mode of hydrothermal treatment of Shiitake mushrooms as raw material for food concentrates with quality indicators was developed and scientifically motivated: temperature — (95±5)°C, duration — 6 minutes. The recommendations for conducting the technological mode of the hydrothermal treatment process of shiitake mushrooms can be useful in the technologies of food concentrates and other branches of the food industry.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-9

© І. М. Зінченко, М. В. Бондар 2018

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГІДРОТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ГРИБІВ ШІЇТАКЕ

І.М. Зінченко, канд. техн. наук
М.В. Бондар, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

У статті наведені результати дослідження впливу гідротермічного оброблення на органолептичні, фізико-хімічні та біохімічні зміни грибів шіїтаке.
Для одержання грибних напівфабрикатів з щільною, міцною консистенцією гідротермічне оброблення шіїтаке потрібно проводити протягом 6—7 хв. Для запобігання зниженню якості напівфабрикатів у процесі подальшої переробки, інактивації ферменту поліфенолоксидази та забезпечення необхідних органолептичних показників доцільно при обробленні використовувати розчин з масовою часткою кухонної солі 1% та лимонної кислоти 0,02%.
На основі аналізу та узагальнення теоретичних і експериментальних досліджень рекомендовано гідротермічне оброблення грибів шіїтаке проводити протягом 6 хв при температурі (95±5)°С, що дасть змогу отримати грибні напівфабрикати з високими показниками якості. Розроблені рекомендації можуть бути використані як у харчоконцентратній, так і в інших галузях харчової промисловості.
Ключові слова: *шіїтаке, грибні напівфабрикати, гідротермічне оброблення, показники якості, фермент поліфенолоксидаза.*

Постановка проблеми. Сучасній людині при активному ритмі життя вживання харчоконцентратів, в т. ч. обідніх страв, дає змогу значно скоротити час на приготування їжі. Особливо споживання харчо концентратів, повністю готових до вживання або миттєвого приготування. Тому останнім часом такі продукти набирають все більшої популярності.

Однією з популярних і водночас перспективних видів сировини у рецептурному складі харчових концентратів перших та других обідніх страв є гриби.

За останні роки вирощування культивованих грибів стало дуже популярним. Передусім це обумовлено тим, що культивовані гриби є джерелом значної кількості білка, вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон тощо.

Шіїтаке є одним з найбільш перспективних для культивування видів їстівних грибів і посідає третє місце у світовому виробництві після печериці та гливи. Його виробництво зросло у світі за останні 5 років на 65% і досягло 527 тис. т/рік. Цей гриб є не тільки корисним харчовим продуктом, але й становить інтерес у зв'язку з його багатоплановим застосуванням з лікувально-профілактичною метою. Серед метаболітів, які продукує шіїтаке, є речовини, що володіють радіопротекторним, протипухлинним, антивірусним впливом, сприяють зміцненню імунної системи [2; 5—8].

При виробництві харчових концентратів обідніх страв, в т. ч. миттєвого приготування, використовують гриби в сушеному вигляді. Тому, зазвичай, при відновленні (приготуванні) продукту цей інгредієнт надає характерний присма готовій страві. Шіїтаке, які відрізняються як специфічними запахом і смаком, так і досить твердою і пружною консистенцією, будуть суттєво впливати на органолептичні показники готових продуктів — гіркоту та жорстку текстуру.

Одним із можливих шляхів вирішення цієї проблеми є проведення гідротермічного оброблення грибів перед їх сушінням.

Аналіз наукових даних щодо гідротермічного оброблення штучно культивованих грибів показав, що основна частина досліджень, присвячена отриманню грибів маринованих чи відварених, повністю готових до вживання, що вимагає тривалої термічної обробки. Крім того, відсутні дані щодо впливу такого оброблення на перебіг біохімічних процесів, що безпосередньо пов'язано з впливом на харчову цінність готового продукту [3].

При виробництві харчоконцентратів обідніх страв гриби використовують у сушеному вигляді, тому після гідротермічного оброблення грибів ми передбачаємо їх подальшу технологічну переробку — сушіння. Відварені гриби будуть проміжним продуктом (грибним напівфабрикатом), тому проведення досліджень щодо удосконалення та наукового обґрунтування процесу гідротермічного оброблення грибів є доцільним та актуальним.

Метою статті є дослідження та наукове обґрунтування впливу гідротермічного оброблення грибів шиїтаке на показники якості та активність ферменту поліфенолоксидази і встановлення раціональних параметрів цього процесу.

Матеріали і методи. При проведенні лабораторних досліджень використовували штучно культивовані гриби шиїтаке (*Lentinula edodes*), сіль кухонну, кислоту лимонну моногідрат харчову, воду питну.

Органолептичні показники якості грибних напівфабрикатів визначали за регламентованими стандартом методиками та порівнювали з вимогами ДСТУ 4696:2006 «Гриби мариновані та відварені. Технічні умови».

Активність ферменту поліфенолоксидази свіжих грибів і напівфабрикатів визначали йодометричним методом. Консистенцію грибних напівфабрикатів оцінювали органолептично та за показником граничного напруження зсуву, який визначали на пенетрометрі АР-4/1.

Дослідження проводились відповідно до тематики науково-дослідної роботи кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів Національного університету харчових технологій «Розробка прогресивних ексклюзивних технологій харчоконцентратів підвищеної харчової, біологічної цінності, швидкого приготування, дитячого, лікувально-профілактичного призначення»

Результати досліджень. З метою встановлення раціональних технологічних параметрів гідротермічного оброблення штучно культивованих шиїтаке вивчали вплив тривалості процесу на показники якості грибних напівфабрикатів, що піддавалася обробленню.

У результаті попередньо проведених наукових досліджень запропоновано гідротермічне оброблення грибів проводити при температурі (95±5)°С [4].

Для визначення органолептичних показників (зовнішнього вигляду, смаку і запаху, кольору, консистенції) тривалість процесу гідротермічного оброблення змінювали від 1 до 10 хв. Найкращі органолептичні показники зразків шиїтаке відмічені при тривалості оброблення протягом 6—8 хв. При такій тривалості оброблення напівфабрикати набувають приємного смаку, запаху, кольору при цьому зберігаючи свою форму.

Консистенція — є одним з основних технологічних показників грибних напівфабрикатів. Для об'єктивної характеристики впливу тривалості гідротермічного оброблення на консистенцію грибів визначали граничне напруження зсуву грибів та напівфабрикатів, що характеризує міцність грибної тканини.

На рис. 1 подані зміни граничного напруження зсуву дослідних зразків залежно від тривалості гідротермічного оброблення.

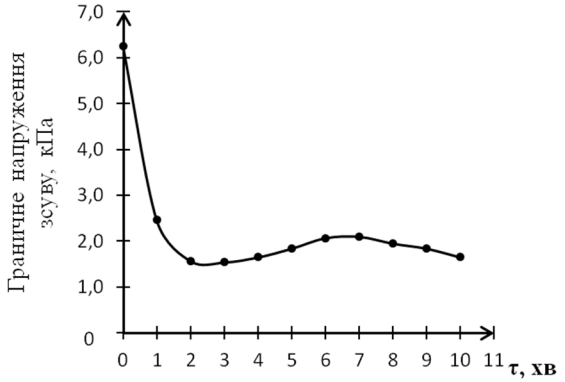


Рис. 1. Зміна граничного напруження зсуву грибних напівфабрикатів у процесі гідротермічного оброблення

Аналіз отриманих результатів показав, що протягом вже перших двох хвилин оброблення граничне напруження зсуву шіїтаке зменшується в 4 рази. Однією з причин зменшення міцності тканин грибів під час оброблення є зміни вуглеводів клітинних стінок грибів. Клітини грибної тканини з'єднані між собою пластинами, в яких молекули протопектину переплетені між собою та з молекулами геміцелюлози. Внаслідок гідролітичного розкладу протопектину пластини руйнуються, клітини роз'єднуються, а тканина розпушується [4].

Також зміна консистенції грибів відбувається за рахунок дифузії вологи, яка здійснюється внаслідок руху вологи з внутрішніх шарів у зовнішні по капілярах міжклітинними ходами. Волога виходить з клітини та випаровується, внаслідок впливу температури відбувається коагуляція білків протоплазми і настає незворотній плазмоліз клітини, поряд з цим з міжклітинних ходів видаляється повітря. Процес призводить до ущільнення тканин та їх розм'якшення.

Подальше оброблення по-різному впливає на консистенцію грибів. У грибах шіїтаке спостерігається незначне збільшення граничного напруження зсуву, яке досягає свого максимуму при 6—7 хв оброблення, а потім поступово зменшується. Очевидно, це зумовлено тим, що в процесі гідротермічного оброблення, під час денатурації білкових речовин, останні утворюють комплексні структури з полісахаридами, які збільшують таким чином стійкість грибних тканин до механічних навантажень. Для одержання грибних напівфабрикатів з щільною, міцною консистенцією, гідротермічне оброблення шіїтаке доцільно проводити протягом 6—7 хв. Збільшення тривалості оброблення призводить до погіршення структурно-механічних показників напівфабрикатів.

Гриби у своєму складі містять значну кількість поліфенолів, які відіграють важливу роль у різних фізіологічних функціях клітин. Від вмісту та перетворень поліфенолів значною мірою залежить забарвлення, смак та аромат грибів. Саме тому характер перетворення поліфенолів у грибах певною мірою визначає якість продуктів їх переробки [1]. Поліфеноли легко окиснюються за участю ферменту поліфенолоксидази. В результаті реакції утворюються хінони, а потім складні продукти взаємодії їх між собою й темнозабарвлені речовини — флобафени. Останні й обумовлюють потемніння на повітрі грибів.

У зв'язку з цим при переробці грибів основним засобом захисту від потемніння є інактивація ферментів, які каталізують реакції окиснення. Тому дослідже-

но вплив тривалості гідротермічного оброблення на зміни активності ферменту поліфенолоксидаза в напівфабрикатах із шіїтаке.

Крім того, при гідротермічному обробленні для покращення смакових властивостей грибних напівфабрикатів, можливе додавання таких добавок, як кухонна сіль і лимонна кислота. Додавання кухонної солі до розчину, в який занурюють гриби, значно зменшує кількість речовин, що надають гіркоту грибам [1].

Нами проведені дослідження впливу на активність ферменту поліфенолоксидази грибів використання розчинів з масовою часткою кухонної солі 0,25%, 0,50%, 0,75% та 1%, а також розчину з масовою часткою кухонної солі 1% та лимонної кислоти 0,02%. За контроль приймали гриби, оброблені у водному розчині (без смакових добавок). Результати досліджень наведені на рис. 2.

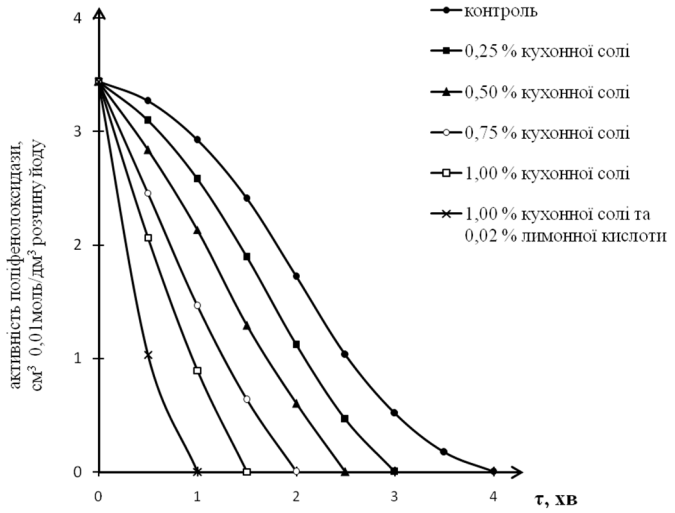


Рис. 2. Зміни активності поліфенолоксидази грибів шіїтаке в процесі гідротермічного оброблення

Отримані дані свідчать, що активність поліфенолоксидази шіїтаке має досить високе значення — 3,4 $см^3$ 0,01 моль/$дм^3$ розчину йоду. При гідротермічному обробленні активність ферменту грибів швидко знижується під дією температури та вологи. Вже при перших 2 хв гідротермічного оброблення у воді цей показник в зразках зменшується відповідно в 2 рази, якщо порівняти з початковим значенням. Для інактивації ферменту в шіїтаке достатньо 4 хв оброблення у воді.

Отримані дані експерименту показали, що використання кухонної солі суттєво знижує активність поліфенолоксидази грибів. Очевидно, такий вплив зумовлений тим, що поліфенолоксидаза добре розчиняється у сольових розчинах [1]. Оброблення грибів у розчині з масовою часткою кухонної солі 0,25% дає змогу інактивувати фермент вже за 3 хв, що швидше порівняно з контрольним зразком на 1 хв. При подальшому збільшенні масової частки кухонної солі в розчині активність поліфенолоксидази поступово знижується. Використовувати розчин з масовою часткою кухонної солі більш ніж 1% недоцільно, тому що не забезпечуються необхідні органолептичні показники вже готових грибних продуктів.

Необхідно також враховувати, що після нагрівання можлива часткова регенерація вже інактивованої поліфенолоксидази. Тому для запобігання регенерації

ферменту тривалість гідротермічного оброблення повинна бути в 5—6 разів більша, ніж для її інактивації [4].

У процесі оброблення під дією температури, вологи та ферментів відбувається гідроліз важливих складових грибів, що призводить до збільшення втрат поживних речовин. Для максимального збереження поживних речовин необхідно скоротити тривалість оброблення та термін дії ферменту.

У зв'язку з цим запропоновано оброблювати гриби в розчині кухонної солі та лимонної кислоти. Використання розчину з масовою часткою кухонної солі 1% та лимонної кислоти в кількості 0,02% дало змогу повністю інактивувати поліфенолоксидазу протягом 1 хв гідротермічного оброблення. Зменшення активності ферменту поліфенолоксидази при використанні лимонної кислоти, можливо, зумовлено її здатністю утворювати комплекси з іонами металів, в тому числі з елементом Cu^{2+}, який виступає в ролі активатора даної ферментативної реакції.

Висновки. Встановлено, що для одержання грибних напівфабрикатів з щільною, міцною консистенцією, гідротермічне оброблення шиїтаке доцільно проводити протягом 6—7 хв. Збільшення тривалості оброблення призводить до погіршення структурно-механічних показників напівфабрикатів.

Проведено порівняльний аналіз впливу використання кухонної солі та лимонної кислоти на активність поліфенолоксидази і виявлено, що смакові добавки вже в мінімальній кількості сприяють інактивації ферменту. Сумісне застосування добавок прискорює процес інактивації порівняно з їх окремим використанням. Для запобігання зниженню якості напівфабрикатів у процесі подальшої переробки та для забезпечення необхідних органолептичних показників доцільно при обробленні використовувати розчин з масовою часткою кухонної солі 1% та лимонної кислоти 0,02%.

На основі аналізу та узагальнення теоретичних і експериментальних рекомендовано гідротермічне оброблення грибів шиїтаке проводити при температурі (95±5)°С протягом 6 хв, що дасть змогу отримати грибні напівфабрикати з високими показниками якості з метою їх подальшої переробки при виробництві харчоконцентратної продукції.

Розроблені рекомендації щодо проведення технологічного режиму процесу гідротермічного оброблення грибів шиїтаке можуть бути використані як в харчоконцентратній, так і в інших галузях харчової промисловості.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Бакайтис В.И.* Влияние способа засола на окислительно-восстановительные ферменты съедобных грибов / В.И. Бакайтис // Изв. Вузов. Пищ. технологии. — 2004. — № 4 — С. 27—28.

2. *Бурда Н.Є.* Вивчення елементарного складу грибів кордицепс, шиїтаке, рейши та майтаке / Н. Є. Бурда, І. О. Журавель // Збірник наукових праць співробітників НМАПО ім. П. Л. Шупика. — 2016. — № 26. — С. 308—311.

3. Звіт про науково-дослідну роботу «Технологія нових харчових продуктів на основі культивованих грибів / Л. М. Крайнюк, К. О. Пасічник // ХДУХТ. — 2010. — 76 с.

4. *Зінченко І.М.* Розроблення технології харчоконцентратів на основі їстівних грибів: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.18.01 / НУХТ. — К., 2010. — 20 с.

5. Імунологічні дослідження біомаси порошку гриба шиїтаке / Е.О. Ятченко, Н.А Бісько, П.Д. Пашнєв, В.П. Попович, Н.О.Федоритенко // Запорожский медицинский журнал. — 2010. — Т.12, №1. — С. 105—107.

6. Р-вітамінна активність грибного порошку шиїтаке / Кравченко М.Ф., Кублінська І.А., Лесишина Ю.О., Рябошапко О.Л. // Технічні науки та технології. — 2017. — № 2(8). — С. 172—178.

7. Hepatoprotective Effects of Mushrooms / Andréia Assunção Soares, Anacharis Babeto de Sá-Nakanishi, Adelar Bracht et al. // Molecules. — 2013. — Vol. 18. — P. 7609—7630.

8. *Preeti A.* Antioxidant mushrooms: A review. A. Preeti,. S Pushpa,. S Sakshi, A Jyoti // Int. Res. J. Pharm. — 2012. — № 3. — C. 65—70.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГРИБОВ ШИИТАКЕ

И.Н. Зинченко, Н.В. Бондарь
Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены результаты исследования влияния гидротермической обработки на физико-химические и биохимические изменения грибов шиитаке. Для получения грибных полуфабрикатов с плотной, прочной консистенцией гидротермическую обработку шиитаке нужно проводить в течение 6—7 мин. Для предотвращения снижения качества полуфабрикатов в процессе дальнейшей переработки, инактивации фермента полифенолоксидазы и обеспечения необходимых органолептических показателей целесообразно при обработке использовать раствор с массовой долей поваренной соли 1% и лимонной кислоты 0,02%.

На основе анализа и обобщения теоретических и экспериментальных исследований рекомендовано гидротермическую обработку грибов шиитаке осуществлять при температуре (95±5)°С на протяжении 6 мин, что позволит получить грибные полуфабрикаты с высокими показателями качества. Разработанные рекомендации могут быть использованы как в пищеконцентратной, так и в других отраслях пищевой промышленности.

Ключевые слова: *шиитаке, грибные полуфабрикаты, гидротермическая обработка, показатели качества, фермент полифенолоксидаза.*

УДК 637.5

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF SAUSAGES OF PROLONGATED LIFE TIME CONTAINING LEUCINE AND CHITOSAN

L. Peshuk, O. Gorbach, I. Radzievska, T. Ivanova
National University of Food Technologies

Key words:
technology,
sausages,
cooked sausages,
protein-mineral-carbohydrate additive,
chitosan,
leucine

Article history:
Received 25.09.2018
Received in revised form 08.10.2018
Accepted 21.11.2018

Corresponding author:
a-gorbach@ukr.net

ABSTRACT

The work is devoted to substantiation of the expediency of the use of natural chitosan additive in order to improve the nutritional value and extend the shelf life of meat products. The advantage of the selected additive due to its high degree of biocompatibility, its ability to biodegradation, non-toxicity and high sorption capacity for metal ions has been proved. On the example of sausages and cooked sausages, the possibility of deceleration of the processes of damage after the introduction of protein-hydrocarbon-mineral admixture (PCMA) containing 3% of water-soluble chitosan is shown.

It was established that at the end of the storage period, the acid number of the two samples under test is within the established limits (up to 1,1 mg KON/g). After 16 days, the control of the peroxide value control is 14,5 mmol/$^{1}/_{2}$O/kg, and the products developed are 10,5 (sausage "Куряча") and 9,1 mmol/$^{1}/_{2}$O/kg (sausages "Віденські"). Thus, according to the given date, the storage of sausage "Куряча" is 16 days and sausages "Віденські" — 13 days, which, accordingly, extends the normalized shelf by 2 and 3 days. The results of microbiological studies indicate that the products developed are safe for consumption during the recommended storage time.

Determination of degree of hydrolytic deterioration and peroxidation allowed to establish a guarantee period of storage of sausage "Куряча" at the level of 15 days and sausages "Viennese" at the level of 10 days, which is 2 and 3 days, respectively.

The obtained results of the kinetics of the accumulation of oxidative damage products are well correlated with the data of microbiological studies for 16 days. Determination of mesophilic aerobic and extra-anaerobic microorganisms, bacteria of the colon, mesophilic sulfitreducting clostridia, *Staphylococcus aureus*, mold fungi, psychophilic bacteria, spore-forming bacteria has established the safety of the developed products during the recommended storage time.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-10

© Л.В. Пешук, О.Я. Горбач, І.Г. Радзієвська, Т.М. Іванова, 2018

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СОСИСОК ПОДОВЖЕНОГО ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ З ВКЛЮЧЕННЯМ ЛЕЙЦИНУ ТА ХІТОЗАНУ

Л.В. Пешук, О.Я. Горбач, І.Г. Радзієвська, Т.М. Іванова
Національний університет харчових технологій

У статті обґрунтуванню доцільність застосування добавки природного хітозану з метою покращення харчової цінності та подовження терміну зберігання м'ясних продуктів. Доведено перевагу обраної добавки через високий ступінь її біосумісності, здатність до біодеструкції, нетоксичність та високу сорбційну ємність щодо іонів металів
Досліджено закономірності процесу зберігання розробленого продукту, зокрема визначено пероксидне число і кислотне число жиру м'ясних виробів із додаванням лейцину та БВМД з хітозаном.
Одержані результати кінетики накопичення продуктів окиснювального псування добре корелюють з даними мікробіологічних досліджень протягом 16 діб. При визначенні мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, бактерій групи кишкової палички, мезофільних сульфітредукувальних клостридій, Staphylococcus aureus, пліснявих грибів, психрофільних бактерій, спороутворюючих бактерій встановлено безпечність розроблених виробів впродовж рекомендованого терміну зберігання.
Ключові слова: *технологія, сосиски, варені ковбаси, білково-мінерально-вуглеводна добавка, хітозан, лейцин.*

Постановка проблеми. Максимальне збереження виготовленої харчової продукції є ключовою проблемою людства протягом усієї історії його існування. Проте в результаті мікробіологічного псування, окиснювальних процесів щорічно у світі втрачається до 30% продуктів харчування. Тому вивчення механізмів окиснювального псування та методів запобігання окисних процесів є надзвичайно актуальним завданням.

На сьогодні велика частка продуктів, особливо жировмісних, піддається псуванню через недотримання технологічних режимів виготовлення чи правил зберігання, а також через високий вміст жиру. Пошук ефективних, простих, доступних і безпечних антиоксидантів для виробництва різних груп м'ясних продуктів є досить актуальним.

Хітозан — молекула хітину безацетильних груп, полісахарид, харчове волокно тваринного походження. За своєю природою хітин є одним із трьох найбільш поширених полісахаридів, після целюлози і крохмалю. Він займає друге після целюлози місце як найбільш поширена органічна сполука на землі. Целюлоза і крохмаль є основними вуглеводами, які використовуються рослинами як джерела живлення і для побудови клітинних стінок. Крім того, вони знайшли широке застосування в харчовій промисловості. Дослідники і підприємці бачать такий самий потенціал для хітину. З біохімічної точки зору целюлоза, крохмаль і хітин є полісахаридами — полімерами або великими молекулами, що складаються з молекул мономерів меншого розміру, нанизаними разом, як перлини на нитку.

Значний інтерес до природного полімеру хітозану зумовлений насамперед наявністю у нього низки унікальних властивостей, таких як біосумісність, здат-

ність до біодеструкції, нетоксичність, висока сорбційна ємність щодо іонів металів. Хітозан одержують шляхом лужної обробки хітину — одного з найбільш поширених у природі полісахаридів, що міститься в панцирах ракоподібних, креветок, кальмарів, водоростях, біомасі грибів, личинках мух. На сьогоднішні обсяги виробництва хітозану у світі складають більше 3500 т на рік. На відміну від інших полісахаридів, хітозан має у своєму складі первинну аміногрупу, що дає можливість створення на його основі широкого спектра похідних при прийнятних умовах синтезу, а також надає йому властивостей хелатного полімеру [1].

Застосування хітозану в харчовій промисловості обумовлене його біологічною активністю, доброю емульгуючою, волоутримуючою і жироутримуючою здатністю (ВУЗ та ЖУЗ), а також властивістю покращувати реологічні характеристики харчової маси [2—4]. Важливою властивістю цього полісахариду є його здатність взаємодіяти з білками, утворювати емульсії, гелі, виступати стабілізатором і антиоксидантом [5—7].

Попередньо було розроблено білково-вуглеводно-мінеральну добавку (БВМД), до складу якої входить хітозан (3%), а також кальцій хлорид (2%), сироватковий білок (КСБ УФ-65 (25%), колагеновий тваринний білок із свинячої шкурки (70%). Розроблено нормативну технічну документацію на добавку ТУ У 10.1.-02070938-246:2017 «Добавки білково-вуглеводно-мінеральні для харчових продуктів. Технічні умови» та на нові види продукції з використанням добавки ТУ У 10.1.-02070938-266:2018 «Вироби ковбасні варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні та м'ясомісткі з добавками білково-вуглеводно-мінеральними», а також технологічні інструкції до них, апробовані в умовах виробництва на ТОВ «Проскурів-Агро» (акт від 04 січня 2018 року).

Мета дослідження: довести можливість подовження зберігання сосисок і вареної ковбаси за рахунок додавання гідратованої БВМД та лейцину.

Матеріали і методи. Предмет дослідження — сосиски та варена ковбаса з включенням до складу рецептури гідратованої БВМД та лейцину.

Як контрольний зразок використовували варені ковбаси та сосиски першого сорту в поліамідних оболонках згідно з ДСТУ 4529:2006 «Ковбаси варені з м'яса птиці та м'яса кролів. Загальні технічні умови».

При проведенні досліджень використовувались методи, які дають змогу охарактеризувати мікробіологічні і фізико-хімічні показники за такими методиками:

- відбір проб м'ясних виробів для органолептичних і фізико-хімічних досліджень та підготовку їх до аналізу здійснювали відповідно до вимог ДСТУ 4823.2:2007 «Продукти м'ясні. Органолептичне оцінювання показників якості. Частина 2. Загальні вимоги»;

- кислотне та пероксидне число — згідно з ГОСТ 8285-91 «Жиры животные топленые. Правила приемки и методы испытания ;

- визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно анаеробних бактерій (КМАФАнМ), бактерій групи кишкових паличок (БГКП), дріжджів і пліснявих грибів, кількості спороутворювальних бактерій, Staphylococcus aureus, психрофільних бактерій, мезофільних сульфітредукувальних клостридій, контролю і готових м'ясних виробів — встановлювали згідно з ГОСТ 10444.1-84 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов».

Результати і обговорення. На першому етапі досліджень було розроблено рецептури сосисок «Віденські», до складу яких входили: м'ясо птиці (гомілка),

м'ясо птиці механічного обвалювання (МПМО), свинина напівжирна, яйця курячі, білково-вуглеводно-мінеральна добавка (БВМД) гідратована з хітозаном, лейцин та спеції. Рецептура розробленої ковбаси «Куряча» містить: м'ясо птиці односортне, МПМО, яйця курячі, БВМД гідратована з хітозаном та спеції.

Наступний етап дослідження включав дослідження кінетичних закономірностей процесу зберігання розробленого продукту.

Стабільніть жировмістної продукції впродовж терміну зберіганні залежить від ступеня ненасиченості жирних кислот, наявності супутніх речовин, що є активаторами чи інгібіторами окиснення, слідів важких металів, тепла, світла тощо. У зв'язку з цим виникає необхідність перевірки стабільності якісних показників варених сосисок протягом терміну зберігання.

Зміни жирів поділяються на гідроліз (розщеплення на гліцерин і жирні кислоти) та окиснення (приєднання кисню ненасиченими жирними кислотами), згіркнення з утворенням летких жирних кислот. Ці зміни впливають на формування таких важливих показників якості, як колір, смак і запах продуктів. Про процеси, що відбуваються в жирах, свідчить накопичення в них різних хімічних сполук: пероксидів, альдегідів, кетонів, оксикислот, вільних жирних кислот (у тому числі низькомолекулярних) тощо. Об'єктивні дані щодо зміни окиснювальної стабільності ліпідів та якості харчових продуктів можна отримати шляхом вивчення кінетики накопичення пероксидних і непероксидних продуктів окиснення.

Кислотне і пероксидне числа є головними кількісними показниками вмісту продуктів окиснення жиру. За величиною кислотного числа оцінюють глибину гідролітичного псування жиру. Кислотне число (КЧ) показує кількість міліграмів 0,1 N розчину КОН, необхідного для нейтралізації вільних кислот, які містяться в 1 г жиру. У свіжих жирах, отриманих з доброякісної сировини, вміст вільних жирних кислот відносно невеликий і становить частки відсотка [8]. Значення кислотного числа для досліджуваних виробів визначали впродовж 16 діб зберігання (рис. 1). Зразки з незруйнованою оболонкою зберігали за температури +2°С без доступу світла за нормальної вологості повітря.

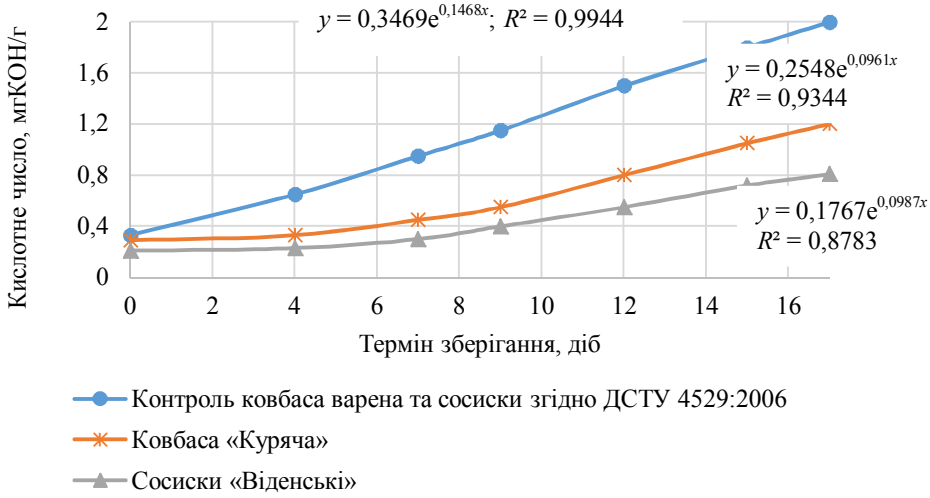


Рис. 1. Зміна кислотного числа жиру під час зберігання сосисок і вареної ковбаси, мг КОН/г

У результаті проведених досліджень встановлено, що гідролітичне псування в розроблених виробах протягом 16 діб відбувається з однаковою інтенсивністю. На початок досліду кислотне число розроблених сосисок становить 0,21 мг КОН/г і рівномірно зростає до значення 0,40 мг КОН/г на дев'яту добу зберігання. Аналогічно відбувається накопичення вільних жирних кислот у контрольному зразку: при початковій величині КЧ 0,29 мг КОН/г воно зростає до 1,75 мг КОН/г. Встановлено, що на кінець терміну зберігання, величина кислотного числа обох досліджуваних зразків знаходиться в межах встановлених норм (до 1,1 мг КОН/г) і на 16 добу становить 1,0 та 0,8 мг КОН/г для зразка ковбаса «Куряча» та сосиски «Віденські» відповідно.

Основним процесом, який знижує якість жировмісних продуктів під час зберігання, є окиснювальне автокаталітичне згіркнення, яке контролюють за величиною пероксидного числа.

Глибина і швидкість окиснення залежить від кількості та ступеня ненасиченості ненасичених жирних кислот у жирі. Перебіг окиснення залежить також від температури й інтенсивності взаємодії жиру з киснем повітря. Кінетичні криві окиснення жиру досліджуваних сосисок і вареної ковбаси одержані на основі експериментальних даних визначення пероксидних чисел, наведені на рис. 2.

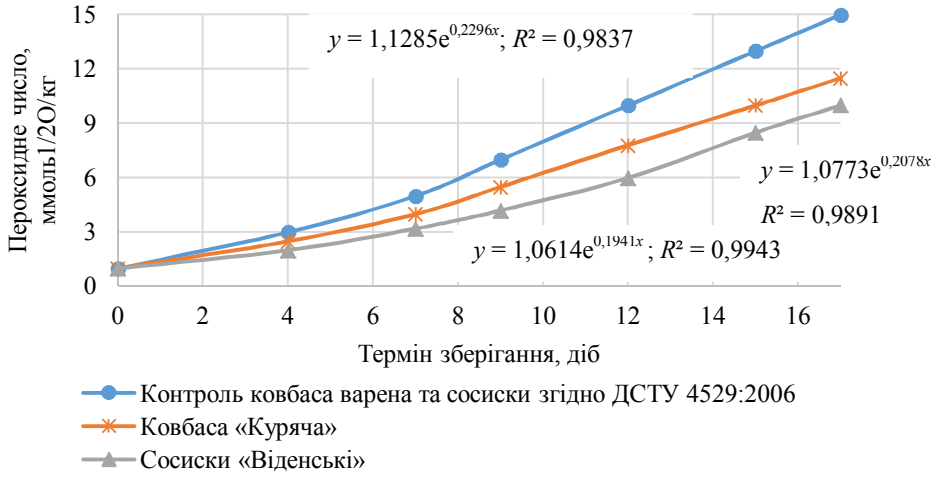


Рис. 2. Зміна пероксидного числа жиру під час зберігання сосисок і вареної ковбаси, ммоль$^{1}/_{2}$О/кг

Аналіз кінетики окиснення за значенням пероксидного числа показав, що швидкість накопичення пероксидних сполук у досліджуваних зразках неоднакова. Про однаковому вихідному значенні ПЧ в обох зразках на кінець терміну зберігання ступінь окиснення розроблених продуктів достовірно нижчий. А саме: після 12 діб зберігання ПЧ контролю становить 10,0 ммоль$^{1}/_{2}$О/кг, а розроблених виробів 8,0 (ковбаса «Куряча») та 6,0 ммоль1/2О/кг (сосиски «Віденські»). Так, відповідно до отриманих даних термін зберігання ковбаси «Куряча» становить 16 дібЮ сосисок «Віденські» — 13 діб, що на 2 та 3 доби, відповідно, подовжує нормований термін зберігання. На нашу думку, виявлений ефект уповільнення пероксидації можна пояснити впливом введеної добавки з хітозаном і лейцину, оскільки доброякісність продукту суттєво залежить від рецептури. В

літературі зазначається [9], що лейцин належить до кетогенних амінокислот і здатний включатися в обмін жирів. Показано [10], що амідгідролази каталізують обмін кисню в ацильному продукті гідролітичної реакції, впливають на швидкість цієї реакції.

Також при виробництві м'ясопродуктів необхідно приділити велику увагу мікробіологічним дослідженням, результати яких вказують на якість використаної сировини, умови, в яких були виготовлені вироби, та на їх придатність до споживання.

У процесі виробництва м'ясопродуктів фарш контамінується мікроорганізмами, що потрапляють до нього з різних джерел практично на всіх етапах технологічного процесу його виробництва: із сировини, при підготовці м'яса, приготуванні фаршу, наповненні ковбасної оболонки. Мікроорганізми можуть потрапляти у фарш під час додавання шпику, крохмалю, борошна і спецій. Зі спеціями, особливо з перцем, у фарш потрапляють спороутворюючі бактерії. Переважна маса мікроорганізмів, що містяться в перці, припадає на аеробні бацили.

У зв'язку з цим було проведене мікробіологічне дослідження розроблених м'ясних продуктів за такими показниками: кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ), вміст бактерій групи кишкової палички (БГКП), мезофільних сульфітредукувальних клостридій, *Staphylococcus aureus*, пліснявих грибів, психрофільних бактерій, спороутворюючих бактерій.

Мікробіологічний аналіз сосисок і вареної ковбаси здійснювали відразу після приготування виробів, а також протягом 13 і 16 діб зберігання, для сосисок і вареної ковбаси відповідно, при температурі 0...6°С.

Мікробіологічні дослідження проводили згідно з вимогами ДСТУ 4529:2006 «Ковбаси варені з м'яса птиці та м'яса кролів. Загальні технічні умови». Зразки продуктів були упаковані в поліамідну оболонку і направлені на зберігання при температурі t = 0 + 6 °С протягом 13—16 діб. Дослідження проводили на 1, 3, 7, 10, 13 та 16 добу зберігання. В результаті на 1-й, 3-й дні колоній не виявлено, на 13-й день у сосисках (5,2 · 102) та 16-й день у вареній ковбасі (8,3 · 102) кількість виявлених колоній збільшувалась, але не спостерігалося перевищення понад нормативного КМАФАнМ, (1 · 103 КУО/г). Результати наведені в таблиці.

Таблиця. **Мікробіологічні показники розроблених продуктів**

Показник	Норма за ДСТУ 4529:2006	Термін зберігання, діб	Досліджуваний зразок	
			«Віденські»	«Куряча»
1	2	3	4	5
КМАФАнМ, КУО, в 1 г продукту, не більше ніж	$1 \cdot 10^3$	1	$0{,}7 \cdot 10^2$	$0{,}8 \cdot 10^2$
		3	$1{,}3 \cdot 10^2$	$2{,}6 \cdot 10^2$
		7	$3{,}1 \cdot 10^2$	$4{,}0 \cdot 10^2$
		10	$4{,}3 \cdot 10^2$	$6{,}4 \cdot 10^2$
		13	$5{,}2 \cdot 10^2$	$7{,}2 \cdot 10^2$
		16	—	$8{,}3 \cdot 10^2$
БГКП, в 1 г продукту	Не дозволено	1—13	Не виявлено	—
		1—16	—	Не виявлено
S. aureus, в 1 г продукту	Не дозволено	1—13	Не виявлено	—
		1—16	—	Не виявлено

Продовження табл.

1	2	3	4	5
Сульфіт-редукуючі Клостридії, в 0,01 г продукту	Не дозволено	1—13	Не виявлено	—
		1—16	—	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в т. ч. бактерії роду *Salmonella*, в 25 г продукту	Не дозволено	1—13	Не виявлено	—
		1—16	—	Не виявлено

У продуктах не було виявлено як патогенних, так і умовно-патогенних мікроорганізмів, а саме: відсутні БГКП і *Staphylococcus aureus* та *L. monocytogenes* в 25 г продукту. Отже, результати мікробіологічних досліджень свідчать, що введення БВМД замість м'ясної сировини відповідає показникам безпеки готової продукції.

Висновки. За значеннями пероксидного, кислотного чисел, мікробіологічних показників готових виробів із додаванням лейцину і БВМД з хітозаном встановлено, що їх термін зберігання подовжено на 2—3 доби, якщо порівняти з контрольними зразками. Тобто лейцин і хітозан виступає ефективним допоміжним засобом і призводить до уповільнення процесів перетворення жирів, які відбуваються за участю кисню. Новизну технологій підтверджено патентами України на винахід № 117426 «Білково-вуглеводно-мінеральна добавка «Рекорд 70» зареєстр. 25.07.2018, № 116706 «Ковбаса з білково-вуглеводною добавкою» зареєстр. 25.04.2018, та патентами України на корисну модель № 114811 «Ковбаса куряча з білково-вуглеводною добавкою» зареєстр. 27.03.2017, № 120713 «Білково-вуглеводно-мінеральна добавка «Рекорд 70» зареєстр. 10.11.2017, № 120718 «Білково-вуглеводно-мінеральна добавка «Рекорд 75» зареєстр. 10.11.2017.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хитин и хитозан: Получение, свойства и применение / Под ред. К.Г. Скрябина, Г.А. Вихоревой, В.П. Варламова. — М. : Наука, 2002. — 361 с.

2. *Jull A.B.* et al., Chitosan for overweight or obesity, Cochrane Database of Systematic Reviews. — Issue 3. — 2008. — P. 6—32.

3. *Sogias I.A.* Why is chitosan mucoadhesive? / Sogias I.A., Williams A.C., Khutoryanskiy V.V. // Biomacromolecules. 9 — 2008. — № 9. — P. 1837—1842.

4. *Casettari L.* Chitosan in nasal delivery systems for therapeutic drugs / Casettari L., Illum L. // Journal of Controlled Release. — 2014. — № 190. — C. 189—200.

5. *Sayas-Barbera E.* Effect of the molecular weight and concentration of chitosan in pork model burgers. / Sayas-Barbera E., Quesada J., Sanchaz-Zapata E. // Meat Science 88. — 2011. — P. 740—749.

6. *Peshuk L.* Rational use of the collagen / Peshuk L., Budnyk N., Galenko O.O. // Ukrainian Journal of Food Science. — Volume 2. — Issue 1, 2014. — P. 361—370.

7. *Пешук Л.В.* Застосування хітозану в технології м'ясних продуктів / Пешук Л.В., Горбач О.Я., Лисенко І.С. // Технічні науки: наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матер. 82 міжнар. наук. конф. Молодих учених, аспірантів і студентів 13—14 квітня 2016 р. — К. : НУХТ, 2016. — С. 294.

8. *Іванов С.В.* Технологія купажованих жирів збалансованого жирнокислотного складу: монографія / С.В. Іванов, Л.В. Пешук, І.Г. Радзієвська. — К. : НУХТ, 2013. — 210 с.

9. *Щербакова М.Ю.* Нарушение липидного обмена / М.Ю. Щербакова // Педиатрия. — 2000. — № 4. — С. 76—80.

10. *Aslrup A.* The role of dietary fat in body fatne: evidence a preliminary meta-analysis of ad hibitum low-fat dietary intervennion studies / A. Aslrup [et al.] // Br.Jnutr. — 2007. — Vol. 83, № 1. — P. 25—32.

11. Електронний ресурс. — Режим доступу : http://bodysportal.com/ sportivnoe-pitanie/aminokisloty/lejtsin.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА СОСИСОК ПРОДЛЕННОГО СРОКА ХРАНЕНИЯ С ВКЛЮЧЕНИЕМ ЛЕЙЦИНА И ХИТОЗАНА

Л.В. Пешук, А.Я. Горбач, И.Г. Радзиевська, Т.Н. Иванова
Национальный университет пищевых технологий

В статье обоснована целесообразность применения добавки природного хитозана с целью улучшения пищевой ценности и продления срока хранения мясных продуктов. Доказано преимущество выбранной добавки из-за высокой степени ее биосовместимости, способности к биодеструкции, нетоксичность и высокой сорбционной емкости относительно ионов металлов.
Исследованы закономерности процесса хранения разработанного продукта, в частности определено перекисное число и кислотное числа жира мясных изделий с добавлением лейцина и БУМД с хитозаном.
Полученные результаты кинетики накопления продуктов окислительной порчи хорошо коррелируют с данными микробиологических исследований в течение 16 суток. При определении мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, бактерий группы кишечной палочки, мезофильных сульфитредуцированных клостридий, Staphylococcus aureus, плесневых грибов, психрофильных бактерий, спорообразующих бактерий установлено безопасность разработанных изделий в течение рекомендованного срока хранения.
Ключевые слова: *технология, сосиски, вареные колбасы, белково-минерально-углеводная добавка, хитозан, лейцин.*

УДК 637.5: 664

INFLUENCE OF SOUS VIDE TECHNOLOGY ON VARIOUS TYPES OF POULTRY MEAT

V. Pasichnyi, D. Garmash, O. Ramik, B. Kochan
National University of Food Technologies

Key words:
Sous Vide technology, vacuum, poultry meat, duck meat, functional and technological properties, shelf life

Article history:
Received 25.09.2018
Received in revised form 08.10.2018
Accepted 26.10.2018

Corresponding author:
pasww1@ukr.net

ABSTRACT

There is considered the influence of Sous Vide processing on the poultry meat based products (broiler chicken fillet and duck meat) on functional and technological characteristics of the finished product. According to the research plan, recipe samples were developed that differed in the type of used raw meat materials and also included Hoisin sauce. The recipes of all samples included 80% of the main meat raw material (broiler chicken fillet, duck meat, for samples 1—2) and 20% of Hoisin sauce. The processing of products was carried out in the same way, including: sauces, mixing the main raw materials with sauce, frying at 120°C for 2 minutes on each side of the product, packing in polymer bags with the formation of vacuum on the vacuum apparatus, cooking of packed samples for 1 hour at 60°C, cooling shock method and storage for 14 days. Among the examinated parameters are selected: the content of moisture, water holding (WHC) and water retaining (WRC) capacity, the content of water-soluble and salt-soluble proteins are selected. All measurements were examinated after 7 and 14 days of storage 3 times each — values was taken as average. The moisture content was characteristic of the raw material used and reached the maximum value for sample 3 after 7 days of storage — 74.4%, and the minimum for sample 2 after 14 days storage — 62.4%. The WHC of all samples depends on the consistency of the product. Thus, it has the lowest values among the experimental samples for sample 1, since it includes in its recipe a fillet of broiler chickens, which is more sensitive to heat treatment and osmotic processes than the raw material used in other specimens. The maximum value of the ultrasound was recorded in the sample of 4 — 78.9 and 77.2%, respectively, in 7 and 14 days storage. From the sources and the work carried out, it can be concluded that Sous Vid treatment positively affects all investigated types of the main raw material, including duck meat, and can be successfully combined with the previous culinary treatment.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-11

© В.М. Пасічний, Д.В. Гармаш, О.С. Рамік, Б.А. Кохан, 2018

ВПЛИВ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ SOUS VIDE НА РІЗНІ ВИДИ М'ЯСА ПТИЦІ

В.М. Пасічний, д-р. техн. наук
Д.В. Гармаш
О.С. Рамік
Б.А. Кохан
Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто вплив обробки за технологією Sous Vide продуктів на основі м'яса птиці (філе курчат-бройлерів і м'яса качки) на основні функціонально-технологічні характеристики готового продукту. Згідно з планом дослідження було розроблено рецептури зразків, що відрізнялись видом використовуваної м'ясної сировини і також включали в себе соус хойсін. Рецептури всіх зразків включали в себе 80% основної м'ясної сировини (філе курчат бройлерів, м'ясо качки відповідно для зразків 1—2) та 20% соусу хойсін. З розглянутих джерел і проведеної роботи можна зробити висновки про те, що обробка за технологією Sous Vide позитивно впливає на всі досліджувані види основної сировини, включаючи м'ясо качки, та може успішно комбінуватись з попередньою кулінарною обробкою.
***Ключові слова**: технологія Sous Vide, вакуум, м'ясо птиці, м'ясо качки, функціонально-технологічні властивості, термін зберігання.*

Постановка проблеми. Технологія Sous Vide дає змогу покращити органолептичні характеристики та збільшити вихід готового продукту, а також скоротити енерговитрати на стадії термічної обробки сировини. Ці наслідки обумовлені в основному фізико-хімічною природою м'ясної сировини та специфічною її поведінкою під впливом розрідженого середовища, створення якого і є головною суттю вищезгаданої технології. Проте малодослідженим аспектом застосування технології Sous Vide є порівняння її впливу на різні види м'ясної сировини, насамперед м'яса птиці, частка якого у галузі переробки м'яса в останнє десятиліття значно збільшилась [1]. Вибір цих видів м'яса зумовлений поширеністю м'яса курчат бройлерів на ринку України і тим фактом, що питання впливу технології Sous Vide на м'ясо качки є малодослідженим.

Мета дослідження: для створення максимально наближених до реальної промислової ситуації України умов, розвитку й удосконалення технології Sous Vide провести аналіз останніх публікацій, присвячених застосуванню технології Sous Vide у виробництві м'ясопродуктів, впливу цієї технології на різні види м'ясної сировини, а також можливості комбінування технології Sous Vide з іншими видами обробки м'ясної сировини; дослідити вплив комбінування попередньої кулінарної обробки в поєднанні з технологією Sous Vide на показники м'яса качки та курчат бройлерів і вплив цієї технології на функціонально-технологічні характеристики готових продуктів протягом часу зберігання.

Методи досліджень включали в себе традиційні методи досліджень для м'ясних продуктів. Визначення вологовмісту проведено арбітражним методом за різницею маси наважки (3—5 г) продукту до і після сушіння у шафі за температури 120°С до сталої маси [2]. Визначення вологозв'язуючої здатності ВЗЗа продукту проводилось методом пресування [3]. Вологоутримувальну здатність вимірювали арбітражним методом — порівнянням залишкової та відділеної

вологи у зразку що проходив теплове оброблення [4]. Вміст водо- і солерозчинних білків вимірювали у водних і сольових екстрактах з м'яса біуретовим методом із застосуванням калібрувального графіка. Дослідження проводили в готових продуктах вироблених за технологією Sous Vide після 7 та 14 днів зберігання.

Результати досліджень. Аналіз літературних джерел засвідчив, що використанню технології Sous Vide присвячена велика кількість праць провідних науковців. Переважна більшість дослідників дійшла висновку про позитивний вплив цього виду обробки на органолептичні показники та вихід готового продукту для традиційних видів м'яса.

У [5] проаналізовано вплив термообробки на профіль летких сполук м'яса баранини, обробленої за технологією Sous Vide, залежно від зміни температури та часу обробки. Дослід було сплановано як двофакторний, враховуючи температуру та час термічної обробки. Згідно з планом обробку проходили чотири зразки баранини. Два зразки були термічно оброблені (шляхом варіння) за температура 60°С та за тривалості процесу 6 і 24 год. Зразки 3 та 4 варили за температури 80°С протягом аналогічного часу. На основі результатів аналізу летких сполук авторами зроблено висновок про визначальну роль температури як фактора, від якого залежать наявність базових смако-ароматичних сполуки м'ясної сировини. В результаті досліджень підтверджено, що базовими складовими профілю летких сполук баранини є аліфатичні альдегіди та вуглеводні. Впродовж варіння продукту при 60°С відзначено більше збереження речовин, які формуються в жирових фракціях і досить високе збереження речовин, що формуються внаслідок розщеплення амінокислот. Після варіння продукту при 80°С спостерігалось погіршення консистенції продукту та зниження рівня летких сполук у зразку. Авторами зроблено висновок про те, що оптимальним режимом термообробки є обробка за найнижчих допустимих температур (враховуючи мікробіологічну безпечність, — мінімум 55—60°С) протягом тривалого часу.

Також варто звернути увагу на статті, в яких описується вплив технології Sous Vide на термін зберігання готової продукції. У [6] досліджено вплив технології Sous Vide на термін зберігання січених напівфабрикатів з м'яса птиці (курчат-бройлерів) При плануванні експерименту було вироблено дві групи зразків. Одну групу зразків обробляли, запікаючи у печі при 90°С протягом 10 хв, а другу групу запікали протягом 20 хв за тією ж температурі. Після закінчення термообробки пакети з продуктом охолоджували за допомогою різних методів: при температурі 2°С протягом 10 та 20 хв, а також при 10°С з аналогічною варіативністю у часі. Згідно з наступною стадією в усіх зразках визначали базові показники мікробіологічної безпеки, наприклад, наявність і кількість мікроорганізмів, серед яких: молочнокислі бактерії, БГКП, МАФАМ, психрофільні мікроорганізми. Оптимальним методом обробки обрано метод охолодження, максимально близький до шокового заморожування (при 2°С протягом 10 хв), і тривалість термічної обробки 10 хв.

Ферментна активність в умовах вакууму при термічній обробці досліджена вченими з Токіо [7]. Дослідники розробили кінетичну модель реакції розкладання інозинумонофосфату (ІМП), що є компонентом умамі, й отримали кінетичні параметри, що базуються на кількості ІМП в ізотермічному експерименті. Кількість залишкового ІМП зменшувалась з часом нагрівання, а швидкість його

зменшення була найвищою при 40°С. Автори припустили, що активність ферменту розщеплення IMP обумовлена температурою вище 40°С і є постійною за температури нижче 40°С.

Дослідницький колектив під керівництвом Цільбауера розглянув кінетику процесу денатурації білків в умовах вакууму [8]. Застосувавши диференціальну калориметрію при спостереженні стану білків свинячого філе (Masculus psoas major), підданого термічній обробці різної тривалості (10—2880 хв) та при різних температурах (45—74°С). Індивідуальні часові й температурні залежності ентальпії показують, що білки стають денатурованими при температурах, які значно нижчі за пікову температуру, якщо вони обробляються протягом тривалого часу. І це твердження статистично обґрунтовано. Перехід первинних структур збільшується з часом і температурою, тоді як основна втрата зв'язаної вологи відбувається протягом перших 240 хв і при температурі вище 60°С.

Вченими з Бразилії розглянуто відмінності основних показників безпечності та органолептичних характеристик м'ясопродуктів, виготовлених різними методами термічної обробки та продуктів, виготовлених за технологією Sous Vide [9]. М'ясо грудинки курчат-бройлерів (pectoralis major) пройшло стадію посолу із застосуванням кухонної солі і нітриту натрію, після чого проводився процес сушіння, щоб виготовити продукт типу jerky. Отриманий продукт (сиров'ялене м'ясо) було заморожене, а потім приготований різними способами — на грилі, смаженням на стаціонарній поверхні, смаженням у великій кількості олії (фритюруванням) та за технологією Sous Vide. Оброблені зразки Sous-vide показали найнижчі результати втрати вологи порівняно зі смаженими та фритюрованими. Профілі жирних кислот зазнали незначних змін після приготування обраного виду сировини. Що стосується окислення білка, то флюоресценція триптофану, карбонілювання білка й утворення дисульфідних зв'язків м'яса зазнали впливу теплової обробки, тоді як вільні групи туолу й температура обробки в основному впливали на тривалість приготування. Визначений інструментальними методами колір зразків обумовлений методом термічної обробки, будучи тісно пов'язаним з утворенням продуктів реакції Майяра. Дослідниками зазначено, що найбільш ефективним способом оброки для одержання високоякісного готового продукту з курятини є метод Sous Vide.

Застосування ферментів (зокрема актинії дину) в процесі обробки яловичини з подальшою тепловою інактивацією (при обробці методом Sous Vide) розглянуто у працях колективу новозеландських вчених [10]. Проаналізовано вплив описаних видів обробки на текстурні характеристики, мікроструктуру та засвоюваність білка в умовах імітації середовища шлунку методом In Vitro. Оптимальна обробка м'яса була досягнута шляхом ін'єктування стейків 5% розчином 3мг/мл комерційного ектиміну актиніїду (Actazin ™ від Anagenix Ltd.), після чого вироби проходили вакуумну обробку в пакетах при 70°С протягом 30 хв. Тривалість обробки є значно меншою, ніж звичайний час приготування такої продукції в харчовій промисловості. М'ясо, оброблене цим ферментом, не змінювало pH, колір і не збільшувало втрати при термообробці, але демонструвало покращені органолептичні характеристики як (ніжність, соковитість та аромат), якщо порівняти із м'ясом, необробленим ферментами. Мікрофотографії, отримані електронним методом, демонстрували значне розшарування міофібрилярної структури, особливо навколо Z-дисків. Підвищена початкова швидкість розкладання м'язових білків в умовах симуляції процесів травлення

спостерігалась за допомогою SDS-PAGE, демонструючи позитивний вплив актинідину на засвоюваність у здатність до перетравлювання білків м'яса.

З урахуванням наведеного огляду літературних джерел в наших дослідженнях якості основної сировини було використане охолоджене біле м'ясо курчат-бройлерів і м'ясо качиної грудки.

Для сировини були визначені початкові значення ВЗЗа, pH і вміст вологи.

При проведені досліджень впливу технології Sous Vide на значення ВЗЗа, зміні pH і вмісту вологи використовували дві розроблені базові рецептури, які поряд з видом основної сировини — м'ясом качиної грудки або курчат-бройлерів в кількості 80% м'ясної сировини включала соус хойсін.

Соус хойсін — традиційний китайський соус, відомий у всьому світі, завдяки качці по-пекінськи. Володіє солодкуватим, навіть медовим смаком і ароматом прянощів. Густий соус хойсін готується у вигляді рідини або має желеподібну консистенцію. Його калорійність становить 30 ккал на 100 грам продукту. Хімічний склад соусу хойсін включає в себе: бета-каротин, вітаміни B1, B2, B5, B6, B9, C, E, K і PP, а також калій, кальцій, магній, цинк, селен, мідь і марганець, залізо, фосфор і натрій. Темний колір червоного дерева досягається завдяки наявності в складі червоного рису. Основними інгредієнтами соусу хойсін також є ферментовані соєві боби, часник, цукор, кунжутне масло і суміш китайських спецій (кориця, бодян сушений мелений, перець сичуанський, фенхель, гвоздика). Аналогами соусу хойсін в Європі можна вважати британський «коричневий» соус [11].

Етап підготовки сировини за технологією SousVide включав приготування соусу хайсін шляхом змішування інгредієнтів у блендері згідно з рецептурою табл. 1.

Таблиця 1. **Рецептура соусу хойсін**

Перець чилі мелений	5,0
Квасоля червона консервована у власному сокові	30,0
Часник свіжий подрібнений	5,0
Соєвий соус	30,0
Оцет рисовий	25,0
Кориця	1,0
Бодян сушений мелений	1,0
Перець сичуанський	1,0
Фенхель	1,0
Гвоздика	1,0
Разом	100,0

Після приготування соусу охолоджене м'ясо проходило короткочасне бланшування з соусом при температурі 120°С протягом 2—4 хв. В подальшому м'ясо з соусом пакувалось у полімерну плівку з вакуумуванням із залишковим тиском 0,01мПа. Запаяні зразки піддавалось варінню при 60°С протягом 1 год.

Після обробки та охолодження шоковим методом продукт зберігали при +4-6°С протягом 14 діб, проводячи вимірювання ВЗЗа, ВУЗ, значення pH, вміст вологи, наявність водо- та солерозчинних білків на 7 та 14 добу зберігання. Данні представлено в табл. 2.

Для дослідних зразків на сьому і чотирнадцяту добу, крім визначення функціонально-технологічних показників, проводили визначення сенсорних показників зразків за п'ятибальною шкалою.

Таблиця 2. **Функціонально-технологічні показники зразків м'яса птиці**

	7 діб зберігання		14 діб зберігання	
	Філе курчат-бройлерів	М'ясо качки	Філе курчат-бройлерів	М'ясо качки
Вміст вологи, %	72,4	64,3	71,9	62,4
ВЗЗа, %	64,5	77,1	63,4	76,4
ВУЗ, %	65,7	58,9	63,3	56,2
pH	6,4	6,2	5,8	6,0
Вміст водорозчинних білків, %	10,7	12,1	10,2	11,0
Вміст солерозчинних білків, %	9,5	11,6	9,2	10,8

З даних, наведених у табл. 2, видно, що в процесі зберігання запакованого з використанням вакуумування як качиного м'яса, так і філе курчат-бройлерів відбувається зміна функціонально-технологічних показників. А саме: зниження вмісту вологи для м'яса курчат-бройлерів до 1%, а для качиного м'яса — на 3%. При цьому значення зміни ВЗЗа більш виражені для курячого м'яса, яке має більший вміст вологи, що узгоджуєтьсяя з більшою зміною pH для білого м'яса курчат-бройлерів і меншою часткою водо- та солерозчинних білків.

М'ясо качки, вироблене з використанням технології Sous Vide, є більш стабільним при зберіганні, що може бути пояснено його меншим вологовмістом і більшою часткою водо- та солерозчинних білків, які потенційно сприяють стабільності функціонально-технологічних показників м'ясопродуктів в термінах зберігання [12; 13].

За сенсорними показниками на 7 добу зберігання качине м'ясо, вироблене за технологією «SousVide», мало значення 4,8, а на 14 добу зберігання — 4,6 бали.

Філе курчат-бройлерів, вироблене за технологією Sous Vide, отримало за п'ятибальною шкалою на 7 добу зберігання оцінку 4,2, а на 14 добу — 3,8, що вказує на гіршу придатність до зберігання курячого м'яса, виробленого за технологією Sous Vide.

Висновки. Дослідження протягом 14 діб зберігання якісних показників м'яса качки і білого м'яса курчат бройлерів, вироблених з використанням технології Sous Vide, підтверджують незначні зміни вологовмісту м'ясної сировини та вмісту в водо- і солерозчинних білків.

Отримані результати щодо незначних змін функціонально-технологічних і сенсорних показників продуктів протягом часу зберігання дають можливість рекомендувати для м'яса качки терміни зберігання до 14 діб.

Для білого м'яса курчат-бройлерів, з урахуванням зміни функціонально-технологічних і сенсорних показників, рекомендований термін зберігання не може перевищувати 7 діб.

Подальші дослідження будуть спрямовані на виявлення можливості підвищення функціонально-технологічних показників м'ясопродуктів, вироблених за технологією Sous Vide, при використанні цільової ферментації і білоквмісних композитів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Пасічний, В.М.* Характеристики основної м'ясної сировини та субпродуктів для виробництва ковбасних виробів вареної групи / В.М. Пасічний, О. Захандревич // Мясное дело. — 2008. — № 1. — С. 39 — 41.

2. *Пасічний В.М.* Внесення колагенвмісних сумішей в фаршеві системи / В.М. Пасічний, М.М. Полумбрик // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія : Харчові технології. — 2016. — Т. 18, № 2. — С. 150—153.

3. *Божко Н.В.* М'ясовмісткі варені ковбаси з використанням мяса качки [Електронний ресурс] / Н.В. Божко, В.М. Пасічний, В.В. Бордунова // Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького. — Сер. «Харчові технології»/ ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького. — Львів : ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького, 2016. — Т. 18. — № 2(68). — С. 143—147.

4. *Пасічний В.М.* Стабілізація показників напівкопчені ковбаси з м'ясом птиці. / В.М. Пасічний, О.О. Мороз, С.М. Мітяєва // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Ґжицького, Том. 10, № 2(37). Частина 5. — С. 101—104.

5. *Roldán Mar.* Volatile compound profile of sous-vide cooked lamb loins at different temperature-time combinations / Ruiz Carrascal, Jorge & Sánchez del Pulgar, José & Pérez-Palacios, Trinidad & Antequera, Teresa // Meat science. — 2015 —100 С. — P. 52—57.

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

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

8. *Zielbauer B.I.* Physical aspects of meat cooking: time dependent thermal protein denaturation and water loss / B.I. Zielbauer, J. Franz, B. Viezens, T.A. Vilgis // Food biophysics. — 2016. — Vol. 11, No. 1. — P. 34—42.

9. *Valquíria C.S.* Ferreira. Effect of pre-cooking methods on the chemical and sensory deterioration of ready-to-eat chicken patties during chilled storage and microwave reheating / Valquíria C.S. Ferreira, D. Morcuende, M.S. Madruga, S.H. Hernández-López, Fábio A.P. Silva, Sonia Ventanas, Mario Estévez // Journal of food science and technology. — 2016 — 53.6 — P. 2760—2769.

10. *Zhu X.* Thermal inactivation of actinidin as affected by meat matrix / Zhu X., Kaur L., Staincliffe M., Boland M. // Meat science. — 2018 — 145. — P. 238—244.

11. *Lee Soh Min*, et al. Exploration of flavor familiarity effect in Korean and US consumers' hot sauces perceptions. Food Science and Biotechnology. — 2016. — Vol. 25, No. 3. — P. 745—756.

12. *Yusop, Salma Mohamad*, et al. Sensory evaluation of Chinese-style marinated chicken by Chinese and European naïve assessors. Journal of Sensory Studies. — 2009. — Vol. 24, № 4. — С. 512—533.

13. *Пасічний В.М.* Дослідження характеристик м'ясних фаршів з використанням в процесі посолу молочної сироватки та сухого молока. / В.М. Пасічний, О.О. Мороз, О.А. Захандревич // Науковий вісник ЛНУВМТ ім. С.З Ґжицького. —2008, Т. 10. — № 2(37), Ч. 5. — С. 101—104.

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ SOUS VIDE НА РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ МЯСА ПТИЦЫ

Д.В. Гармаш, В.Н. Пасичный, О.С. Рамик, Б.А. Кохан
Национальный университет пищевых технологий

В работе рассмотрено влияние обработки по технологии Sous Vide продуктов на основе мяса птицы (филе цыплят-бройлеров и мяса утки) на основные функционально-технологические характеристики готового продукта. Согласно плану исследований была разработана рецептура образцов, которая отличалась видом используемого мясного сырья и также включала в себя соус хойсин. Рецептуры всех образцов включали в себя 80% основного мясного сырья (филе цыплят бройлеров, мясо качки соответственно для образцов 1—2) и 20% соуса хойсин. Из рассмотренных источников и проведенной работы можно сделать выводы о том, что обработка по технологии Sous Vide положительно влияет на все исследуемые виды основного сырья, включая мясо утки, и может успешно комбинироваться с предыдущей кулинарной обработкой.

***Ключевые слова**: технология Sous Vide, вакуум, мясо птицы, мясо утки, функционально-технологические свойства, срок хранения.*

УДК 663.1

ENERGY AND MASS-EXCHANGE PROCESSES IN THE CONDITIONS OF AEROBIC SYNTHESIS OF MICROORGANISMS

A. Sokolenko, S. But
National University of Food Technologies
V. Gizhelitsky, L. Golovkina
Uman National University of Horticulture

Key words:
aerobic fermentation,
yeast,
synthesis,
energy,
interfacial surface,
gas-retaining ability,
oxygen supply

Article history:
Received 23.10.2018
Received in revised form 10.11.2018
Accepted 21.11.2018

Corresponding author:
mif63@i.ua

ABSTRACT

The article is devoted to the peculiarities of energy and mass transfer processes in gas-liquid media in conditions of aerobic synthesis of microorganisms. The natural constraints on the growth of their biomass lead to the need to use technological apparatuses of considerable volumes, which is accompanied by technical difficulties in organizing the delivery of oxygen to the culture medium. The latter is carried out by introducing and dispersing into the fluid medium of compressed air, and the level of dissolved oxygen provides a transition to the modes of aerobic synthesis of microorganisms. On the example of cultivation of yeast-zukromicetes, mathematical dependencies in the ratios of individual technological parameters, which are associated with estimates of the possibilities of creating the interphase surface, are proposed. It is shown that for the same indicators of input air streams introduced into the liquid fraction, the result of the magnitude of the interphase surface of the mass transfer can be significantly different due to energy flows.

On the basis of the laws of equality of action and counteraction and Archimedes, a method is proposed to determine the motive factors for the creation of circulatory contours. The process of transforming the gas stream and the formation of the dispersed gas phase is an irreversible thermodynamic process, which does not involve the possibility of returning to the initial state without changes in the external environment. The physical interaction between the ascending gas flow and the liquid phase leads to the formation of stochastic circulation circuits, which determine the hydrodynamic state of the system with interconnected indicators of the reduced gas phase and gas-holding capacity. Obviously, these two characteristics have an impact on mass-exchange processes, but not only they. Among the influential parameters are the chemical composition of the liquid phase, viscosity, surface tension, temperature and hydrostatic pressure.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-12

© А.І. Соколенко, С.А. Бут, В.М. Гіджеліцький, Л.І. Головкіна, 2018

ЕНЕРГО- І МАСООБМІННІ ПРОЦЕСИ В УМОВАХ АЕРОБНОГО СИНТЕЗУ МІКРООРГАНІЗМІВ

А.І. Соколенко, д-р техн. наук
С.А. Бут, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій
В.М. Гіджеліцький, канд. техн. наук
Л.І. Головкіна
Уманський національний університет садівництва, Умань, Україна

Стаття присвячена особливостям енерго- і масообмінних процесів у газорідинних середовищах в умовах аеробного синтезу мікроорганізмів. На прикладі культивування дріжджів-цукроміцетів запропоновані математичні залежності у співвідношеннях окремих технологічних параметрів, які пов'язуються з оцінками можливостей створення міжфазної поверхні.
Показано, що за однакових показників вхідних повітряних потоків, що вводяться в рідинну фракцію, результат по величині міжфазної поверхні масопередачі може бути відчутно різним за рахунок енергетичних потоків. Показники останніх визначаються за інших рівних умов швидкостями контактування газової і рідинної фракцій. На основі законів рівності дії і протидії та Архімеда запропонована методика визначення рушійних факторів створення циркуляційних контурів.
Ключові слова: *аеробне бродіння, дріжджі, синтез, енергія, міжфазна поверхня, газоутримувальна здатність, доставка кисню.*

Постановка проблеми. Анаеробні і аеробні процеси бродіння є складовими загального колообігу вуглецю з його біотичними й абіотичними компонентами у величезній кількості процесів. Ланцюг перетворень синтезованих цукрів та інших природних полімерів розпочинається за участі таких речовин як вода і діоксид вуглецю, квантів сонячної енергії та за наявності при цьому хлорофілу як природного каталізатора. Наявність колообігу означає наявність унаступних операціях як деструктивних процесів на спрощення задіяних в них речовин, так і процесів синтезу, в яких створюються незрівнянно більш складні органічні конструкції [1—3]. При цьому процеси деструкції і, одночасно, синтезу за аеробного й анаеробного бродіння синхронізовані з різною матеріальною і енергетичною вартістю. Інтенсивність і загальний результат такого синтезу визначаються наявністю живлення, термодинамічними умовами і наявністю кисню в розчиненій формі. Харчування мікроорганізмів відбувається в процесі постійного обміну речовинами між ними і середовищем та супроводжується сукупністю хімічних реакцій, що визначають ріст, самооновлення, розвиток, приріст біомаси. Енергетичне забезпечення при цьому здійснюється за рахунок розкладання складних речовин живлення й окислення хімічних сполук. Досвід технічної мікробіології вказує на те, що швидкість приросту біомаси або синтезу цільових речовин визначається, по-перше, природними властивостями мікроорганізмів і, по-друге, умовами культурального середовища. Саме останні є факторами впливу, які можуть бути реалізовані. На цій основі бродильні процеси поділяють на аеробні й анаеробні за наявності або відсутності розчиненого в середовищі кисню. Прикладом діапазонів і можливостей впливу є технології синтезу хлібопекарських дріжджів, результативність яких за інших рівних умов визначається наявністю розчиненого кисню. За даними [4; 5] концентрації O_2 в кількості 25%

від стану насичення рідинної фази вже не стримують аеробний синтез і утворення спирту припиняється з максимальним виходом мікробної культури. Проте в сукупності параметрів впливу існуєсуперечність, пов'язане з вибором температури середовища. Оптимально для дріжджів-цукроміцетів цей показник знаходиться в діапазоні температур 28...32°С, однак розчинність кисню, як і інших газів, зменшується зі збільшенням температури. До того ж кисень відноситься до газів з обмеженою розчинністю, що змушує використовувати спеціальні заходи в обладнанні та технологіях аерації культуральних середовищ.

Мета дослідження: оцінка особливостей та параметрів енерго- і масообмінних процесів в умовах аеробного синтезу мікроорганізмів і напрямків їх інтенсифікації.

Методи дослідження: аналіз і узагальнення фізичних особливостей процесів на основі математичних моделей у рамках законів, що відповідають матеріальним і енергетичним балансам.

Потреби в динаміці доставки кисню в середовища оцінюються з врахуванням очікуваної швидкості приросту біомаси дріжджів на основі процесів повного окислювання глюкози, що відображується залежністю:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O\,. \tag{1}$$

Оскільки побудова всякого процесу синтезу здійснюється на основі швидкості приросту біомаси, то це дає змогу встановлювати алгоритм подавання в середовище притоку живлення [6]. За вказаних умов швидкість приросту біомаси $dM_{\text{др}}/d\tau$ є функцією часу $d\tau$:

$$\frac{dM_{\text{др}}}{d\tau} = \frac{dM_{\text{др}}}{d\tau}(\tau), \tag{2}$$

і відобразити динаміку споживання цукру:

$$\frac{dM_{\text{цук}}}{d\tau} = k\frac{dM_{\text{др}}}{d\tau}(\tau), \tag{3}$$

де k — коефіцієнт пропорційності.

У технічних розрахунках швидкість приросту біомаси задається у відсотках, але за відомої початкової маси визначається її абсолютний приріст. Так за початкової маси дріжджів $M_{\text{др(п)}}$ і за годинного приросту 17% маємо на завершення вказаного часу:

$$M_{\text{др(п)}} + \Delta M_{\text{др}} = M_{\text{др(п)}} + 0{,}17M_{\text{др(п)}} = 1{,}17M_{\text{др(п)}}\,. \tag{4}$$

Очевидно, що швидкість приросту біомаси в такому випадку складатиме:

$$\frac{dM_{\text{др}}}{d\tau}(\tau) = \frac{0{,}17M_{\text{др(п)}}}{3600}, \quad \frac{\text{кг}}{\text{с}}\,. \tag{5}$$

Годинний приріст у логарифмічній фазі в режимах набору, коли об'єм середовища зростає, і в режимах відбору за стабілізованого об'єму може бути сталим

при виразі його у відсотках, а в режимах відбору стабілізується й абсолютний приріст.

На основі умов (3) та (5) записуємо:

$$\frac{dM_{\text{цук}}}{d\tau} = k\frac{ПМ_{\text{др(п)}}}{3600}, \quad \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \tag{6}$$

де *П* — коефіцієнт погодинного приросту дріжджів, а коефіцієнт пропорційності k відображує числове співвідношення між масами використаного цукру і синтезованих дріжджів.

Знайдені співвідношення, що стосуються динаміки деструкції цукрів, дають змогу повернутися до оцінки споживання кисню в системі. За молекулярної маси цукру 180 одиниць і молекулярної маси шести молекул кисню 192 одиниці їх співвідношення становить:

$$x = \frac{192}{180} = 1,067 . \tag{7}$$

Останнє означає, що на кожний кілограм спожитого цукру в середовище необхідно ввести 1,067 кілограма кисню. Тоді маємо:

$$\frac{dM_{\text{кис}}}{d\tau} = 1,067k\frac{ПМ_{\text{др(п)}}}{3600}, \quad \frac{\text{кг}}{\text{с}}. \tag{8}$$

Запропонована умова (8) відображує матеріальний баланс у формі рівняння (1), що означає її правомірність незалежно від перебігу біохімічних реакцій, наслідком яких є права частина умови окислювання глюкози. На останньому слід зробити певний акцент, оскільки синтез біомаси не може завершуватися тільки утворенням діоксиду вуглецю і води, а обов'язково супроводжується утворенням складових з'єднань біомаси.

Витратам кисню на процеси синтезу біомаси мікроорганізмів присвячено значну кількість досліджень [5], узагальненням яких була визнана кількість кг кисню на приріст 1 кг абсолютно сухої маси дріжджів. У такій інтерпретації її основа знову стосується матеріального балансу, оскільки абсолютно сухі речовини складають 25% від загальної маси дріжджів. Якщо виходити з цього положення, то швидкість споживання кисню відображується залежністю:

$$\frac{dM_{\text{кис}}}{d\tau} = 0,25M_{\text{кис(п)}}\frac{dM_{\text{др}}}{d\tau}, \tag{9}$$

де $M_{\text{кис(п)}}$ — витрати кисню на приріст абсолютно сухої маси дріжджів.

З урахуванням умов (8) та (9) одержуємо:

$$0,25M_{\text{кис(п)}} = 1,067k . \tag{10}$$

Звідси за відомого значення *k* визначаємо:

$$M_{\text{кис(п)}} = 4,268k . \tag{11}$$

Результати. Наведені міркування приводять до логічного висновку про те, що можливості аераційних систем дріжджовирощувальних апаратів за показником швидкості розчинення кисню повинні відповідати динаміці споживання O_2 дріжджами в перерахунку на швидкість приросту біомаси або на швидкість зменшення концентрації цукру в середовищі. Така відповідність балансів відображується залежністю:

$$\frac{dM_{\text{кис}}}{d\tau} = k_{\text{м}} F \left(c_{\text{н}} - c_{\tau} \right), \quad \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \tag{12}$$

де $k_{\text{м}}$ — коефіцієнт масопередачі на межі поділу диспергованої газової фази і рідинного середовища, м/с; F — площа поверхні поділу фаз, м^2; $c_{\text{н}}$ і c_{τ} — відповідно концентрація насичення і плинна концентрація кисню. Добуток $k_{\text{м}}F$ називають об'ємним коефіцієнтом масопередачі:

$$k_v = k_{\text{м}} F, \quad \frac{\text{м}^3}{\text{с}}. \tag{13}$$

Числові значення коефіцієнтів масопередачі і поверхні поділу фаз залежать від таких фізичних параметрів рідинної і газової фаз, як температура, в'язкість, поверхневий натяг, гідродинамічний режим газорідинного середовища, умови утворення диспергованої газової фази, газоутримувальна здатність, швидкість спливання газових бульбашок тощо.

У свою чергу, умови створення диспергованої газової фази, швидкості її спливання, величини газоутримувальної здатності залежать від геометричних параметрів апаратів і газорідинних середовищ та величин енергетичних параметрів введення газової фази в рідинну. Швидкості висхідних і опускних ділянок циркуляційних контурів газорідинної суміші залежать від рівномірності розподілу вхідних газових потоків по перерізу апаратів в горизонтальних площинах. У результаті за практично стабілізованої відносної швидкості газової фази (відносно рідинної) на рівні 0,25...0,27 м/с швидкості рідинної фази досягають значень 0,3...0,5 м/с. Це означає, що абсолютні швидкості спливання газової фази наближаються до 0,60...0,75 м/с зі зменшенням газоутримувальної здатності системи і поверхні поділу фаз та з погіршенням кисневого режиму середовища.

Оскільки інтенсивність гідродинамічних режимів залежить від газоутримувальної здатності, то пошук першопричини або першопричин слід починати з визначення параметрів впливу на неї. Відповідь на запитання про вплив рівня аерації завжди позитивна. Так, збільшення кількості (інтенсивності) вхідного потоку повітря, що вводиться в систему, газоутримувальну здатність підвищує.

Ситуація щодо моделювання розв'язується застосуванням поняття приведеної швидкості газової фази [6], яка визначається відношенням газового потоку V в м^3/с до площі поперечного перерізу апарата $f_{\text{ап}}$:

$$w_{\text{пр}} = \frac{V}{f_{\text{ап}}}, \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}. \tag{14}$$

Отже, режиму моделювання гідродинаміки в середовищі відповідає наближення до виконання умови $w_{\text{пр}}$ = const. Саме це означає зменшення газового

потоку V при кратному зменшенні площі поперечного перерізу $f_{ап}$ і, навпаки, за відповідного збільшення стосовно ізооб'ємних апаратів.

Енергетичні витрати, що стосуються утворення міжфазної поверхні F, також пов'язані з газоутримувальною здатністю, оскільки:

$$A = \sigma F, \tag{15}$$

де A — робота утворення міжфазної поверхні, Дж; σ — коефіцієнт поверхневого натягу, Дж/м^2.

За інших рівних умов міжфазна поверхня є функцією газоутримувальної здатності:

$$F = F(u)$$

і тому

$$A = \sigma F(u). \tag{16}$$

Утворення міжфазної поверхні відбувається в зоні контактування рідинної фази з вхідним повітряним потоком з відповідною енергетичною трансформацією.

При цьому в локальній зоні створюється високотурбулізований режим на основі повного поглинання кінетичної енергії потоку з потужністю:

$$N = \rho V \frac{w^2}{2}, \text{ Вт}, \tag{17}$$

де w — швидкість входження в контакт газового потоку з рідинною фазою, м/с; ρ — питома маса газового потоку, кг/м^3.

Результатом такої взаємодії є утворення диспергованої газової фази в супроводженні дисипативних явищ. Якщо останніми знехтувати і вважати, що потужність утворення міжфазної поверхні і потужність вхідного потоку наближено рівні, то на цій основі виникає можливість оцінки швидкості її синтезу. Від моменту утворення газових бульбашок починає діяти закон Архімеда завдяки створенню рушійного фактора:

$$P_{руш} = \rho_{рід} g v_б, \tag{18}$$

де $\rho_{рід}$ — густина рідинної фази, кг/м^3; g — прискорення вільного падіння, м/с^2; $v_б$ — об'єм бульбашки, м^3.

Одночасно з початком переміщення бульбашки починається дія опору середовища $P_{оп.с.}$. Очевидно, що і рушійний фактор, і фактор опору залежать від об'єму бульбашки, як і динаміка перехідного процесу, завершенню якого відповідає рівність $P_{руш}$ і $P_{оп.с.}$.

Подальше спливання газових бульбашок супроводжується зменшенням гідростатичних тисків, що приводить до зростання об'ємів, розмірів і поверхонь контактування їх з середовищем. Очевидно, що зростання міжфазної поверхні впливає на користь збільшення швидкості розчиненню кисню, однак зменшення тиску відповідно до закону Генрі результативність процесу обмежує.

Повернувшись до умови (16), і з урахуванням (17) одержуємо:

$$\rho V \frac{w^2}{2} = \sigma \dot{F} \quad \text{і звідси} \quad \dot{F} = \rho V \frac{w^2}{2\sigma}. \tag{22}$$

Остання залежність вказує на те, що найбільш суттєвим фактором впливу на динаміку синтезу міжфазної поверхні є швидкість контактування газової фази з рідинною. Важливо, що технічна реалізація у виборі параметра w є цілком досяжною за рахунок вибору загальної площі барботажних отворів аераційної системи і рівномірності розподілу в них газового потоку.

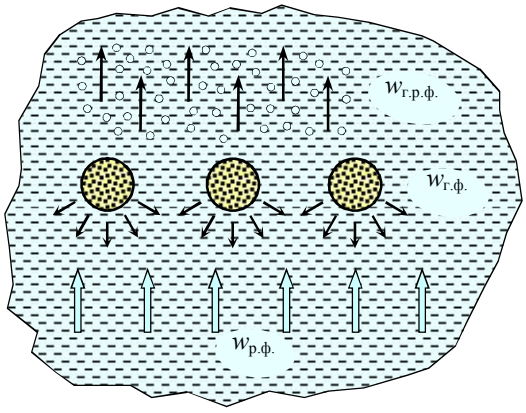


Рис. 1. Ілюстрація щодо спрямування рідинної $w_{р.ф.}$, газової $w_{г.ф.}$ та газорідинної $w_{г.р.ф.}$ фаз

Загальна площа отворів $f_{отв}$ визначається залежністю:

$$f_{отв} = \frac{V}{w}. \tag{23}$$

Швидкість газового потоку w в барботажних отворах слід призначати в межах 25...30 м/с [4].

У локальних зонах утворення міжфазної поверхні у зв'язку з перехідними процесами спливання диспергованої газової фази формується циркуляційний контур за участю рідинної фази. Очевидно, що за своїм напрямком він збігається з напрямком переміщення газової фази. Оскільки останній визначається властивостями гравітаційного поля в проявах закону Архімеда, то це означає технічну доцільність організації зустрічних потоків газової і рідинної фаз (див. рисунок). За зустрічних потоків маємо:

$$w = w_{г.ф.} + w_{р.ф.}. \tag{24}$$

Хоча швидкість руху рідинної фази $w_{р.ф.}$ на порядок менша за швидкість газової фази $w_{г.ф.}$, їхні зустрічні потоки доцільні саме у зв'язку з формуванням дисперсної газової фази.

Висновки.

1. Процес трансформації газового потоку й утворення диспергованої газової фази є незворотним термодинамічним процесом, який не припускає можливості повернення до початкового стану без змін у зовнішньому середовищі. Цей реальний процес відбувається в рамках певного часу й швидкості і супроводжується тертям, масообміном, дифузією та теплообміном в рамках початкових і кінцевих температур газової та рідинної фракцій.

2. Результат взаємодії газового потоку з середовищем є нерівноважним і незворотним, тоді як відносно рідинної фази питання її трансформації потребує подальшої уваги.

3. Фізична взаємодія між висхідним газовим потоком і рідинною фазою приводить до утворення стохастичних циркуляційних контурів, які визначають гідродинамічний стан системи з взаємопов'язаними показниками приведеної швидкості газової фази і газоутримувальної здатності. Очевидно, що ці дві характеристики мають вплив на масообмінні процеси, однак не лише вони. До числа впливових параметрів відносяться хімічний склад рідинної фази, в'язкість, поверхневий натяг, температура і гідростатичні тиски.

4. Оскільки висота рідинної фази може досягати десяти метрів і більше, то це означає співрозмірність максимальних гідростатичних тисків у середовищах і атмосферних тисків. Проте навіть і за менших гідростатичних тисків з'являються особливості в масообмінних процесах, які заслуговують на увагу.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Грин Н.* Биология / Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. // 1 том. Пер. с англ. — Москва : Мир, 1996. — 368 с.

2. *Кунце В.* Технология солода и пива / Кунце В.; пер. в нем. — С.-Перербург, 2001. — 912 с.

3. *Пирог Т.П.* Загальна біологія / Пирог Т.П. — Київ : НУХТ, 2010. — 632 с.

4. *Соколенко А.И.* Исследование процессов аэрации питательных сред и разработка новых конструкций дрожжерастильных аппаратов: дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / науч. рук. Гандзюк М.П. — Киев: КТИПП, 1972. — 171 с.

5. *Семихатова Н.М.* Хлебопекарные дрожжи / Семихатова Н.М. — Москва: Пищевая промышленность, 1980. — 200 с.

6. *Sokolenko A*. Process parameters of aerobic synthesis of microorganisms: scientific development and achievements: collective monograph / Sokolenko A., Koval O. — London: SCIEMCEE, 2018. — Volume 5. — P. 319—333.

ЭНЕРГО- И МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В УСЛОВИЯХ АЭРОБНОГО СИНТЕЗА МИКРООРГАНИЗМОВ

А.И. Соколенко, С.А. Бут
Национальный университет пищевых технологий
В.Н. Гиджелицкий, Л.И. Головкина
Уманский национальный университет садоводства, Умань, Украина

Статья посвящена особенностям энерго- и массообменных процессов в газожидкостных средах в условиях аэробного синтеза микроорганизмов. На примере культивирования дрожжей-сахаромицетов предложены математические зависимости в соотношениях отдельных технологических параметров, которые связываются с оценками возможностей создания межфазной поверхности. Показано, что при одинаковых показателях входящих воздушных потоков, вводимых в жидкостную фракцию, результат по величине межфазной поверхности массопередачи может быть ощутимо различным за счет энергетических потоков. Показатели последних определяются при прочих равных условиях скоростями контакта газовой и жидкостной фракций. На основе законов равенства действия и противодействия и Архимеда предложена методика определения движущих факторов создания циркуляционных контуров.

***Ключевые слова**: аэробное брожение, дрожжи, синтез, энергия, межфазная поверхность, газоудерживающая способность, доставка кислорода.*

УДК 641.526.7

USE OF ELECTRIC-CONTACT HEATING IN PROCESSES AND APPARATUS OF FOOD INDUSTRY

I. Babanov, O. Babanova
National University of Food Technologies
V. Mikhaylov, I. Babkina, A. Shevchenko
Kharkiv State University of Food Technology and Trade

Key words:
electro-contact heating, electrical current, processes and apparatus, food industry

Article history:
Received 08.09.2018
Received in revised form 27.10.2018
Accepted 23.11.2018

Corresponding author:
igbabanov@ukr.net

ABSTRACT

In the article presented the analysis of use of electric-contact heating in the processes and apparatus of the food retail industry. Executed a thermal calculation, the results of which confirm the efficiency of the use of electric-contact heating in the combined thermal processes in-use in the production of fried and cooked culinary items. Presented the results of the research on the choice of rational parameters of the electric current are voltage and frequencies.

Electric-contact heating used in the manufacture of sausages from various types of stuffing (the main condition here is the uniformity of the structure of semi-finished products). Under the influence of electric current, defrosting of food products, for example, fish blocks. However, despite a number of important benefits, use of electric-contact heating in heat treatment methods is not widely used in culinary products.

The purpose of the article is to analyze the use of electric-contact heating in food industry processes and apparatuses and to determine electric current rational parameters.

A linear increase in electrical conductivity with increasing frequency up to the value of 30 Hz was established, then the trend is violated and after 50 Hz the electrical conductivity is the same. An increase in the electrical conductivity is possible (at what is negligible) only with an increase in the frequency of electrical current hundreds of times when there is a fluctuation of particles at the molecular level. However, this requires the use of high-frequency generators, which are quite cumbersome and have high costs, which increases hardware costs. From this point of view, it is advisable to use frequencies that can be obtained using simple electrical circuits.

Thermal calculations have been used to show the effectiveness of the use of ECH in combined heat processes used in lubrication vibrations and cooked culinary products. The rational parameters of the current electric current are used: voltage 12 V, frequency 30...50 Hz.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-13

© І.Г. Бабанов, В.М. Михайлов, І.В. Бабкіна, А.О. Шевченко, О.І. Бабанова 2018

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО НАГРІВАННЯ В ПРОЦЕСАХ ТА АПАРАТАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

І.Г. Бабанов, О.І. Бабанова
Національний університет харчових технологій
В.М. Михайлов, І.В. Бабкіна, А.О. Шевченко
Харківський державний університет харчування та торгівлі

У статті наведено аналіз використання електроконтактного нагрівання (ЕКН) в процесах і апаратах харчової промисловості. Виконано тепловий розрахунок, результати якого підтверджують ефективність використання ЕКН в комбінованих теплових процесах, що використовуються при виробництві смаженої і запеченої кулінарної продукції. Представлено результати дослідження вибору раціональних параметрів електричного струму — напруги та частоти.
***Ключові слова**: електроконтактне нагрівання, електричний струм, процеси і апарати, харчова промисловість.*

Постановка проблеми. Теоретичні відомості та виробничий досвід здійснення процесів жарення і, зокрема, запікання кулінарних виробів, свідчать про ряд властивих їм недоліків, найбільш важливими з яких є висока витрата енергоресурсів, значна тривалість і трудомісткість, низький коефіцієнт корисної дії, а в деяких випадках невисока якість готових виробів. З метою усунення цих недоліків вищевказані процеси вдосконалюються, зокрема шляхом комбінування різноманітних способів підведення теплової енергії до продукту.

Одним із можливих напрямків підвищення техніко-експлуатаційних показників процесів теплової обробки харчових продуктів є комбінування традиційних методів підведення теплової енергії з електрофізичними методами, зокрема електроконтактим нагріванням (ЕКН). Однак, незважаючи на ряд переваг цього методу (високий ККД, рівномірність температурного поля і т. ін.), ЕКН у технологіях жарення застосовується рідко. Це обумовлено тим, що в умовах нагріву електричним струмом основний провідник, що входить до складу напівфабрикатів, — водний сольовий розчин, при нормальних умовах нагрівається тільки до 100°С. Така температура достатня для кулінарної готовності виробів, але для формування скоринки на поверхні продукту необхідно досягти близько 120…130°С, що і є бар'єром для використання ЕКН у процесах жарення. У той же час відомо, що готовність виробу визначається досягненням температури в центральних шарах до 80…85°С, тому ЕКН можна використовувати передусім для інтенсифікації нагрівання внутрішніх шарів продукту. Однак слід зазначити, що позитивний ефект використання ЕКН в комбінованих процесах можливий лише при раціональних параметрах, в іншому випадку можливий зворотний, негативний ефект. Тому важливим завданням є розрахунок показників, які свідчать про ефективність теплового процесу для випадку комбінування ЕКН з іншими методами нагрівання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. ЕКН використовується при виробництві ковбасних виробів на основі різноманітних видів фаршу (основною умовою при цьому є однорідність структури напівфабрикатів). При дії електричного струму здійснюють розморожування харчових продуктів, наприклад риб-

них блоків. ЕКН застосовують як в процесах сушіння на тютюновому виробництві, так і для пастеризації рідких харчових продуктів (молока, оцту). Однак, незважаючи на ряд важливих переваг, використання електроконтактного нагріву в способах теплової обробки кулінарної продукції не знайшло широкого застосування.

ЕКН дає змогу здійснювати обробку при переміщенні напівфабрикатів уздовж електродів та при їх нерухомому положенні. До першої групи слід віднести пристрій для електроконтактної термообробки рибного фаршу, пристрій для безперервного ЕКН харчових продуктів, пристрій для електроконтактного варіння харчових продуктів, пристрій для виготовлення варених ковбас, шнековий пристрій для електроконтактного теплової обробки харчових продуктів, пристрій для ЕКН фаршевих виробів. Перераховані розробки можуть в основному застосовуватися на різних великих переробних підприємствах, виробничих цехах м'ясокомбінатів. Друга група устаткування — періодичної дії, в якій більшість апаратів призначена для використання на харчових підприємствах невисокої потужності, у тому числі ресторанного господарства. Сюди можна віднести пристрій для обробки харчових продуктів електричним струмом, контейнер для харчових продуктів з пазами для електродів, пристрій для реалізації електроконтактного способу приготування харчових продуктів. На цьому ж принципі обробки заснований спосіб варіння і спосіб приготування харчових продуктів.

Мета статті: аналіз використання ЕКН у процесах та апаратах харчової промисловості і визначення раціональних параметрів електричного струму.

Викладення основних результатів дослідження. Проведений аналіз використання ЕКН дав змогу зробити висновок про перспективність досліджень з розробки технології застосування ЕКН для виробництва формованих виробів, наприклад, сосисок без оболонки, порційних рубаних виробів і запіканок на основі м'яса, риби, подрібнених овочів (картоплі, моркви, буряка), різних круп; виробів з тіста, в тому числі хлібобулочних виробів тощо. Одним з напрямків у вирішенні цього завдання є вдосконалення процесів смаження шляхом комбінації традиційних методів нагрівання з ЕКН.

Розроблені комбінований спосіб теплової обробки та багатофункціональний пристрій реалізують ідею використання ЕКН при смаженні і запіканні. В їх основу покладено комбінування поверхневого, інфрачервоного (ІК) та електроконтактного нагрівання [1]. При цьому поверхневе та ІЧ нагрівання забезпечують формування скоринки, відповідно з нижньої і верхньої поверхні напівфабрикату, а ЕКН забезпечує інтенсивне нагрівання внутрішніх шарів через бічні поверхні виробу.

Для обґрунтування ефективності використання ЕКН в комбінованому тепловому процесі, а також раціональних параметрів електричного струму розглянемо два варіанти теплової обробки напівфабрикатів:

1) при двосторонньому підведенні теплової енергії знизу і зверху (контроль);

2) при комбінації двостороннього підведення теплової енергії знизу і зверху з ЕКН від електродів, розташованих у бічних поверхонь продукту.

Вихідні дані: маса напівфабрикату 0,125 кг; площі нагрівальних поверхонь дорівнюють $5 \cdot 10^{-3}$ м^2; початкова температура продукту 20°С; питома теплову напруга з одного боку 10 кВт/м^2; тривалість нагрівання 750 с.

Як відомо, кількість теплоти визначається за формулою:

$$Q = q \cdot S \cdot \tau \text{, Дж,} \quad (1)$$

де q — питома теплова напруга, кВт/м^2; S — площа поверхні, що нагрівається, м^2; τ — тривалість нагрівання, с.

З виразу (1) енергія від джерела теплоти на процес нагрівання одного боку продукту становить Q = 37,5 кДж, тоді при двосторонньому нагріванні — Q = 75 кДж.

У таких умовах теплової обробки справедливий вираз

$$Q = k \cdot G \cdot c \cdot (t_к - t_н) + k \cdot G \cdot x \cdot r \text{, Дж,} \quad (2)$$

де k — частка продукту від загальної маси напівфабрикату (приймаємо для внутрішнього шару k = 0,8, для поверхневого k = 0,2); G — маса напівфабрикату, кг; c — середня питома теплоємність напівфабрикату, Дж/(кг·К) (приймаємо для внутрішнього шару c = 3157 Дж/(кг·К), для поверхневого — c = 1670 Дж/(кг·К)); $t_к$, $t_н$ — кінцева і початкова температура, відповідно, °С; x — кількість випареної вологи від початкової маси напівфабрикату (приймаємо для внутрішнього і поверхневого шару 15% і 45% відповідно); r — прихована теплота пароутворення, Дж/кг (приймаємо для внутрішнього шару r = 2382,2·10^3 Дж/кг; поверхневого — 2256,3·10^3 Дж/кг).

З формули (2) кінцева температура:

$$t_к = \frac{Q - k \cdot G \cdot x \cdot r}{k \cdot G \cdot c} + t_н \text{, °С.} \quad (3)$$

Оскільки [2] відношення необхідної енергії на нагрівання внутрішнього шару до енергії на нагрівання поверхневого 3:2, то енергія розподілиться в кількості, відповідно, 45 кДж і 30 кДж (при розрахунку процесу нагрівання поверхневого шару з одного боку слід прийняти 15 кДж) .

Виконавши розрахунки за рівнянням (3) для першого варіанта, визначаємо, що кінцева температура внутрішнього шару становить 49°С, що є недостатнім для кулінарної готовності вироби, а поверхневого — 130°С, при якій формується скоринка. Збільшенням потужності нагрівання безумовно можна досягти необхідного значення в центрі виробів 80°С, але при цьому відбудеться перегрівання і пригорання скоринки, що є небажаним.

При вирішенні завдання для другого варіанта нагрівання будемо виходити з необхідності досягнення кінцевої температури внутрішнього шару 80 °С. При цьому з виразу (1) випливає, що необхідна кількість теплової енергії повинна становити 54,7 кДж. Різниця між кількістю одержуваної від джерела енергії теплоти і необхідної теплотою становить 9,7 кДж. Відомо [2], що напруга для електроконтактного нагріву із закону Джоуля-Ленца:

$$U = \sqrt{\frac{Q}{\sigma \cdot \tau}}, \quad (4)$$

де U — напруга електричного струму, В; σ — електропровідність, Ом$^{-1}$ (приймаємо σ = 0,085 Ом$^{-1}$); Підставивши значення, отримаємо U = 12 В.

У розрахунку показано, що двостороннє нагрівання виробів не дає можливості отримати необхідний розподіл температур за його обсягом. Недолік енергії можна компенсувати застосуванням ЕКН. При цьому, з огляду на відмінність в електропровідних властивостях харчових продуктів, виникає необхідність регулювання потужності ЕКН за рахунок зміни напруги. Її раціональне значення при відомих значеннях середньої електропровідності напівфабрикату, часу на формування скоринки і кількості енергії на нагрівання можна визначити з формули (4).

Однак слід зазначити, що крім напруги, важливим електричним параметром, який значно впливає на процес ЕКН, є частота електричного струму, зміна якої впливає на електропровідність продукту, а також, відповідно, швидкість нагрівання і витрати енергії.

Було проведено відповідні дослідження [3]. Як предмет досліджень використовували м'ясний фарш. На рис. 1 наведені результати досліджень зміни електропровідності в інтервалах низьких 0,1…1 Гц, 2…10 Гц, 20…60 Гц і високих 100…300 Гц частот.

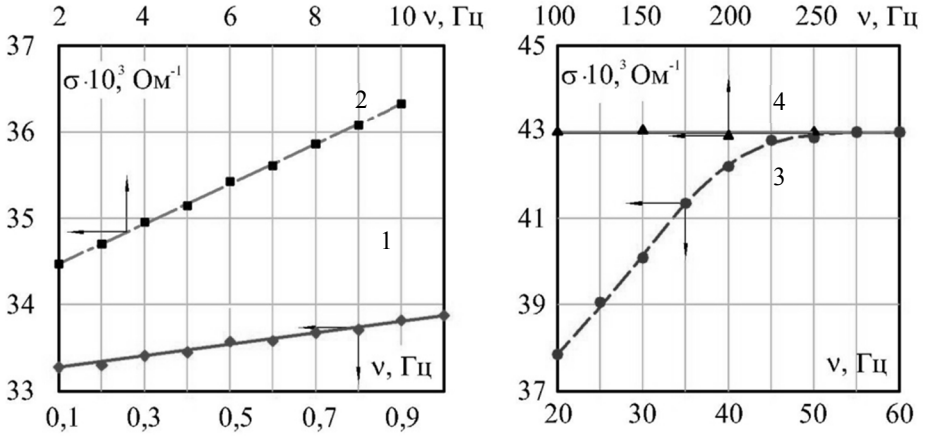


Рис. Залежність електропровідності м'ясного фаршу від частоти електричного струму:
1 — 0,1…1 Гц; 2 — 2…10 Гц; 3 — 20…60 Гц; 4 — 100…300 Гц

Аналіз наведених залежностей свідчить про лінійне збільшення електропровідності з підвищенням частоти аж до значення 30 Гц, далі тенденція порушується і після 50 Гц електропровідність однакова. Це, можливо, пояснити так: з огляду на відносно високий опір клітинної мембрани, при малій частоті електричний струм проходить в основному в позаклітинному середовищі, що й обумовлює невелику електропровідність. При збільшенні ж частоти електричного струму знижується опір мембран, наслідком чого є збільшення кількості енергії, що проходить через клітини продукту і, відповідно, зростання електропровідності. Крім того, при низьких частотах відбувається перерозподіл вологи всередині продукту, що погіршує провідність, а при 30...50 Гц частинки вологи в основному здійснюють лише коливальний рух і майже не переміщаються. Це означає, що структура продукту залишається рівномірної, що й обумовлює більш високу електропровідність. Подальше ж збільшення частоти до 300 Гц не

впливає на ці фактори і електропровідність залишається постійною. Підвищення електричної провідності можливе (при чому незначно) лише при збільшенні частоти електричного струму в сотні разів, коли виникне коливання часток на молекулярному рівні. Однак це вимагає використання генераторів надвисоких частот, які досить громіздкі і мають високу вартість, що підвищує собівартість апаратного забезпечення. З цієї точки зору доцільно застосовувати частоти, які можна отримати, використовуючи прості електричні схеми [4; 5].

Висновки. Виконаний аналіз використання ЕКН в процесах та апаратах харчової промисловості показав перспективність його використання для виробництва широкого асортименту кулінарної продукції, наприклад, порційних рубаних виробів і запіканок на основі м'яса, риби, подрібнених овочів, круп, хлібобулочних виробів тощо [6].

Тепловими розрахунками отримані дані, що свідчать про ефективність використання ЕКН в комбінованих теплових процесах, що використовуються при виробництві смаженої і запеченої кулінарної продукції [7]. Визначено раціональні параметри використовуваного електричного струму: напруга — 12 В, частота — 30...50 Гц.

Важливими завданнями подальшої роботи є дослідження електропровідних властивостей різних фаршевих систем, розробка рекомендацій щодо теплової обробки конкретних напівфабрикатів, розрахунки основних показників розроблених апаратів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Михайлов В.М.* Розробка комбінованого способу смаження та багатофункціонального пристрою для його здійснення / В.М. Михайлов, І.В. Бабкіна, А.О. Шевченко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. — Х. : ХДУХТ, 2008. — Вип. 2 (8). — С. 202—209.

2. *Михайлов В.М.* Теоретичне визначення ефекту інтенсифікації термообробки за умов комбінованого запікання кулінарної продукції / В.М. Михайлов, О.Г. Дьяков, А.О. Шевченко // Прогрес. техніка і технології харч. вир-в ресторан. господарства і торгівлі : зб. наук. пр. — 2009. — Вип. 2 (10). — С. 230—237.

3. *Шевченко А.О.* Використання електроконтактного нагрівання в процесах жарення кулінарної продукції : дис. канд. техн. наук : 05.18.12 / А.О. Шевченко. — Х. : ХДУХТ, 2012. — 333 с.

4. Нові технічні рішення в проектуванні обладнання для теплової обробки харчової сировини : монографія в 3 ч. Ч. 2. Використання електроконтактного нагрівання в процесах жарення кулінарної продукції / О.І. Черевко [та ін.]; за заг. ред. О.І. Черевка, В.М. Михайлова. — Х.: ХДУХТ, 2012. — 151 с.

5. Програми і матеріали 80 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті». Прогресивні електрофізичні методи теплового впливу на харчову сировину / И. Бабанов, В. Михайлов, А. Шевченко. — К.: НУХТ, 2014 р. — Ч. 2. — С. 68—70.

6. Усовершенствование производства колбасных изделей с применением электрофизических методов обработки / І.Г. Бабанов, О.І. Бабанова, В.М. Михайлов, А.О. Шевченко // Scientific Works of University of Food Techologies. — Plovdiv, 2015. — V/ LXII. — P. 763—766.

7. Дослідження процесів електроконтактного оброблення м'ясопродуктів / Бабанов І.Г., Бабанова О.І., Михайлов В.М., Шевченко А.О. // Журнал «Харчова промисловість». — Київ, 2017 р. — № 22. — С. 102—106.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО НАГРЕВА В ПРОЦЕССАХ И АППАРАТАХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

И. Бабанов, Е. Бабанова
Национальный университет пищевых технологий
В. Михайлов, И. Бабкина, А. Шевченко
Харьковский государственный университет питания и торговли

В статье приведен анализ использования электроконтактного нагрева (ЕКН) в процессах и аппаратах пищевой промышленности. Выполнен тепловой расчет, результаты которого подтверждают эффективность использования ЕКН в комбинированных тепловых процессах, используемых при производстве жареной и запеченной кулинарной продукции. Представлены результаты исследования выбора рациональных параметров электрического тока — напряжения и частоты.
***Ключевые слова**: электроконтактный нагрев, электрический ток, процессы и аппараты, пищевая промышленность.*

УДК 66.063

DISTRIBUTION OF EMULSION IN IMULTISTAGE CAVITATION APPARATUS

A. Litvinenko, S. Kadomsky, B. Pashchenko
National University of Food Technology

Key words:
cavitation,
cavitation treatment,
emulsions,
the multiplicity of processing,
hydrodynamic cavitation apparatus

Article history:
Received 10.10.2018
Received in revised form16.11.2018
Accepted 20.11.2018

Corresponding author:
hoykke@gmail.com

ABSTRACT

The article presents the experimental results of the processing of emulsions in hydrodynamic cavitation apparatus. It has been established that the use of multistage apparatus contributes to the simplification of the technological scheme and ensures the required quality of the finished product. The authors have designed and manufactured an experimental setup for research. The results obtained give grounds to conclude that the choice of multi-stage processing is due to the need to abandon the circulation scheme. The implementation of the circulation treatment leads to a deterioration in the quality of the final product. It is established that the using of single-stage cavitation apparatus for processing emulsions is inefficient, because the resulting product does not match the required characteristics. When the collapse of cavitation bubbles is accompanied "hard" shock-wave action on the components of the environment than the operating modes correspond to bubble form of cavitation. Comparative analysis of the results allows arguing that emulsion does not achieve high dispersion when processing in a single stage apparatus. The content of coarse disperse particles is significantly reduced at the two-stage processing, which indicates about the intensification of shock-wave action on the emulsified component of collapsing cavitation bubbles. This indicates a significant increase the content in the emulsion of the small disperse component. The using of devices with successive zones of cavitation treatment allows to obtaining an emulsion with the necessary dispersion parameters. The use of two-stage apparatus improves the quality of emulsions. However, a three-stage treatment in HDC with a value of Re 11.6—8.2 allows to obtaining a finely dispersed emulsion with an oil phase size of 3.5—4.6 mkm. It was found that with increasing Re dispersion decreases, and the emulsion acquires an increased delamination resistance. On the basis of the conducted research, the authors proposed a design of a hydrodynamic cavitation apparatus, where each subsequent cavitator along the flow has a smaller size than the previous one. In this case, the hydrodynamic treatment mode should ensure the stage of cavitation behind the last cavitator in the range of 2.5—2.6.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-14

© О.А. Литвиненко, С.В. Кадомський, Б. С. Пащенко, 2018

ДИСПЕРГУВАННЯ ЕМУЛЬСІЙ У БАГАТОСТУПЕНЕВИХ КАВІТАЦІЙНИХ АПАРАТАХ

О.А. Литвиненко, д-р техн. наук
С.В. Кадомський, канд. техн. наук
Б.С. Пащенко
Національний університет харчових технологій

У статті представлено експериментальні результати обробки емульсій у гідродинамічних кавітаційних апаратах. Встановлено, що використання багатоступеневих апаратів сприяє спрощенню технологічної схеми і забезпечує необхідну якість готового продукту. Отримані результати дають підставу зробити висновки, що вибір багатоступінчастої обробки обумовлений необхідністю відмови від циркуляційної схеми. Реалізація циркуляційної обробки призводить до погіршення якості кінцевого продукту. З'ясовано, що використання одноступінчатих кавітаційних апаратів для обробки емульсій неефективне, оскільки отриманий продукт не відповідає необхідним параметрам. Робочі режими відповідають бульбашковій формі кавітації, коли колапс кавітаційних бульбашок супроводжується «жорсткою» ударно-хвильовою дією на компоненти середовища. Порівняльний аналіз одержаних результатів дає підстави стверджувати, що при обробленні в одноступеневому апараті емульсія не досягає високих показників дисперсності. Використання апаратів з послідовними зонами кавітаційної обробки дає змогу одержувати емульсію з потрібними дисперсійними характеристиками.
Ключові слова: *кавітація, кавітаційна обробка, емульсії, кратність обробки, гідродинамічний кавітаційний апарат.*

Постановка проблеми. Реалізація більшості технологічних процесів у різних галузях промисловості — харчовій, хімічній, мікробіологічній, потребує застосування відповідного обладнання для інтенсифікації масообмінних процесів. Одним із перспективних напрямків їх реалізації є використання сучасних технологій для підвищення ефективності дії на середовища. Фізико-механічні явища, що супроводжують кавітацію, відповідають цим вимогам. Незалежно від способу її збудження виникає «розрив» суцільності локального об'єму або течії технологічного потоку. Утворювані при цьому кавітаційні бульбашки спричинюють інтенсивну ударно-хвильову дію на середовище [1; 2], внаслідок чого досягається необхідна якість кінцевого продукту при відносно невисоких питомих енерговитратах. Саме такі умови ефективно реалізуються в гідродинамічних кавітаційних апаратах (ГКА) проточного типу, які використовуються в типових технологічних схемах або у складі обладнання різного призначення.

Відомо [2], що диспергування емульсій у ГКА забезпечує їх належні технологічні показники — дисперсність, стійкість до розшарування тощо. Однак для одержання емульсій необхідної якості є обмежувальний фактор — кратність оброблення, тобто кількість «проходів» технологічного потоку через зону кавітаційної дії. Для продуктів з різними властивостями необхідна відповідна інтенсивність оброблення. Встановлено, що надмірна кратність оброблення в режимі рециркуляції приводить до агломерації жирових кульок емульсії [1], що нераціонально внаслідок втрати кінцевим продуктом своїх споживних властивостей. З цією метою можна розглянути як перспективний спосіб послідовне оброблення, яке реалізується в одному технологічному апараті, щоб уникнути перекачування продуктів насосом по циркуляційному контуру.

Мета досліджень. Вивчення особливостей диспергування емульсій і раціоналізація відповідних технологічних процесів з використанням багатоступеневих кавітаційних апаратів, що мають послідовні зони оброблення по довжині апарата, для забезпечення сприятливих умов підвищення якості кінцевого продукту без застосування циркуляційної схеми. Як свідчать результати [3], одержані в двохступеневих ГКА, така обробка емульсій є перспективним напрямом досліджень.

Матеріали і методи. Для уточнення одержаних показників авторами використана експериментальна кавітаційна установка, схема якої наведена на рис. 1. Вона має вигляд циркуляційного контуру з робочими ємкостями 1, 3, відповідно для вихідного та оброблюваного продукту, ГКА 5, запірно-регулювальною арматурою 2, 4, 7, насоса 6 та засобами контролю (на рисунку не показано). В дослідженнях використовували ГКА з можливістю реалізації багатоступеневого оброблення модельної речовини у вигляді водо-масляної емульсії з вмістом 5% масляної фази.

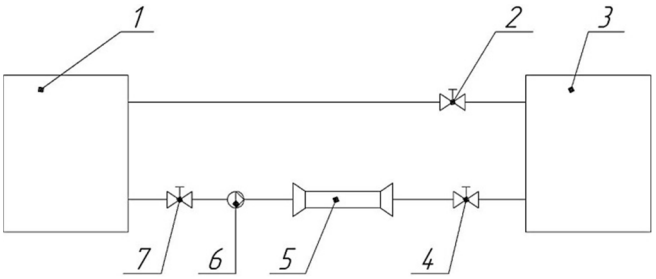


Рис. 1. Схема експериментальної кавітаційної установки:
1, 3 — робочі ємкості; 2, 4, 7 — запірно-регулювальна арматура; 5 — ГКА; 6 — насос

Однимі з показників, що характеризують ерозійну активність кавітаційної зони та її структуру, є характерний розмір бульбашок, які утворюються при розпаді каверни. Встановлено, що найбільш ефективне оброблення забезпечується при стадії кавітації 2,5 (стадія кавітації — відношення довжини кавітаційної зони, яку генерує розташований у проточній камері ГКА збудник кавітації — кавітатор, до його характерного діаметра) [1; 4]. Такі режими відповідають бульбашковій формі кавітації, коли колапс кавітаційних бульбашок супроводжується «жорсткою» ударно-хвильовою дією на компоненти середовища.

Результати досліджень. Мікроскопічний аналіз зразків емульсій, одержаних в одноступеневому апараті, показав, що при *Re* $13{,}7\cdot10^4$ кількість жирових кульок з розмірами в діапазоні до 4 мкм становить понад 30% і співставна із загальною кількістю кульок з розмірами 4…6 мкм. У зразках наявні кульки і понад 10 мкм, але їх кількість відносно невелика і не перевищує 6% від загальної кількості.

Дисперсність емульсій, одержаних при *Re* $9{,}8\cdot10^4$, показує, що кількість жирових кульок з розмірами до 2 мкм практично не збільшилась, а розміри кульок в діапазоні 4…8 мкм дещо підвищилась і в загальній кількості їх сумарна частка становить понад 50%. Водночас відбулось перегрупування кульок з розмірами понад 8…10 мкм, а їх відносний вміст зменшився в загальній кількості обчислених зразків. Концентрація кульок з розмірами понад 10 мкм дещо збільшилась, що можна пояснити менш сприятливими гідродинамічними умовами.

При *Re* $8{,}3 \cdot 10^4$ характер течії близький до турбулентного, чим можна пояснити відсутність дрібнодисперсних кульок, а їх більшість групується в діапазоні понад 4 до 6 мкм. Причому кількість жирових кульок з розмірами 6…8 мкм становить понад 30%. Середня кількість кульок з розмірами понад 8…10 мкм практично не змінилась порівняно з попереднім дослідом і становить близько 18%.

Такий повторювальний результат можна пояснити коагуляцією (агрегатуванням) жирових кульок внаслідок їх недостатнього подрібнення.

Порівняльний аналіз одержаних результатів дає підстави стверджувати, що при обробленні в одноступеневому апараті емульсія не досягає високих показників дисперсності, а ефективність емульгування визначається переважно величиною критерію *Re* і, зі зменшенням швидкості оброблюваного потоку, ефективність оброблення знижується, про що свідчить збільшення розміру $d_{оп}$ жирових кульок від 5,3 до 6,1 мкм.

На другому етапі досліджень використовували апарат з двома послідовними ділянками, що моделюють двоступінчатий ГКА, забезпечуючи обране раціональне співвідношення розмірів кавітаторів і стадію кавітації 2,5…2,6. При регулюванні швидкості потоку рідини в ГКА підтримували величини *Re* близькими до попередніх значень. Такий підхід дає можливість зіставляти одержані результати. Аналіз дисперсних характеристик одержаної емульсії показує, що при *Re* $12{,}0 \cdot 10^4$ суттєво збільшується кількість жирових кульок в діапазоні до 6 мкм і сумарно складає понад 70 % від загальної кількості обрахованих. Понад 38% кульок знаходиться в розмірному діапазоні 2…4 мкм. Порівняно з одноступеневим обробленням вміст кульок понад 8 мкм зменшився 10%, що свідчить про інтенсифікацію ударно-хвильової дії на емульсований компонент колапсуючих кавітаційних бульбашок.

При зменшенні величини *Re* до $9{,}5 \cdot 10^4$ встановлена закономірність розподілу дисперсії в цілому зберігається — понад 60% жирових кульок мають розміри 2…6 мкм. Вміст емульсованого компонента з розмірами понад 8 мкм практично не змінився і становить близько 10%. Порівняно з попередніми дослідами перерозподіл характерних розмірів кульок емульсії пов'язаний зі зменшенням швидкості технологічного потоку і, відповідно, критерію *Re*.

Зменшення величини *Re* до $8{,}4 \cdot 10^4$ також забезпечує утворення емульсії з вмістом емульсованого компонента з розмірами до 4 мкм майже 40%, а в розмірному діапазоні 6…8 мкм — понад 47%. Вміст жирових кульок понад 8 мкм порівняно з попереднім дослідом практично не змінився.

При приготуванні емульсій у триступеневому апараті гідродинамічний режим підбирали таким чином, щоб забезпечувати стадію кавітації за останнім по ходу потоку кавітатором 2,5…2,6. Встановлено, що при забезпеченні *Re* $11{,}6 \cdot 10^4$ в зразках обробленої емульсії переважає кількість дисперсної фази з розмірами до 4 мкм і становить майже 60% від загальної кількості. Це свідчить про суттєве збільшення вмісту в емульсії дрібнодисперсного компонента. Решта кульок знаходиться в розмірному діапазоні 4…8 мкм. Часточок диспергованого компонента понад 10 мкм не виявлено.

Відповідний графік залежності розподілу середніх розмірів жирових кульок в емульсії при досліджених умовах наведено на рис. 2.

Визначення дисперсності емульсій, одержаних при *Re* $9{,}1 \cdot 10^{4,}$ підтверджує закономірності розподілу розмірів кульок, який аналогічний попереднім дослідам. Спостерігається незначне зниження дрібнодисперсної фази до 30 мкм

майже до 51%, а решта групується в діапазоні понад 30 мкм до 75 мкм. Причому розмірний діапазон від 30 мкм до 45 мкм становить понад 25% від загальної кількості часточок диспергованого компонента.

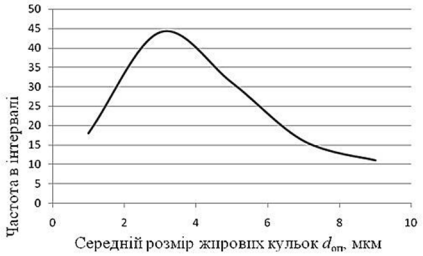


Рис. 2. Залежність вмісту жирових кульок у зразках від їх середніх розмірів при *Re* 11,6·10^4

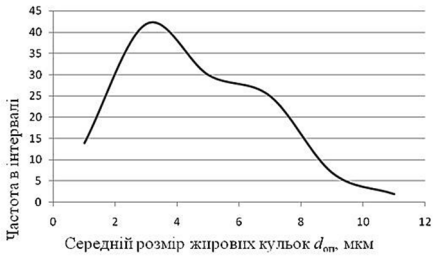


Рис. 3. Залежність вмісту жирових кульок у зразках від їх середніх розмірів при *Re* 9,1·10^4

Зменшення величини *Re* до 8,2·10^4 обумовлює зниження до 11 % вмісту дрібнодисперсного компонента емульсії з розмірами до 2 мкм. Переважна частина жирових кульок знаходиться в діапазоні від 4 до 6 мкм (близько 60%). Зовсім незначна кількість кульок перевищує розмір 8…10 мкм. Це можна пояснити агрегатуванням більш дрібнодисперсних часточок. Графік, наведений на рис. 4, ілюструє розподіл емульсованого компонента в досліджуваних зразках. Одержані результати показують, що зі збільшенням кількості ділянок ГКА і підвищенням величини критерія Рейнольдса одержана емульсія стає більш дрібнодисперсною. Крім того, потрібно врахувати, що кожний наступний за ходом потоку кавітатор створює гідравлічний опір (тобто «підпір» тиску) і не дає можливості приєднаній кавітаційній каверні розвинутись до кінцевих розмірів (суперкавітації) та забезпечує стадію кавітації 2,5…2,8.

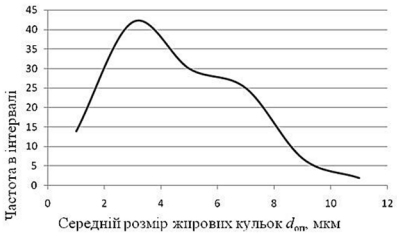


Рис. 4. Залежність вмісту жирових кульок у зразках від їх середніх розмірів при *Re* 8,2·10^4

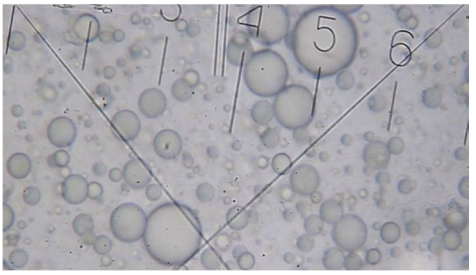


Рис. 5. Мікрофотографія (х600) жирових кульок емульсії

За таких умов змінюється структура кавітаційного поля, в якому переважають бульбашки відносно дрібних розмірів, які мають найбільшу ерозійну активність і є джерелом інтенсивної ударно-хвильової дії на частинки дисперсійного компоненту. Крім того, у триступеневому, як і в двоступеневому обробленні, в ГКА відбувається перегрупування розмірів жирових кульок емульсії в бік їх зменшення навіть при співставних величинах критерія *Re*, що можна пояснити збільшенням гідростатичного тиску в зоні захлопування кавітаційних бульбашок. Це приводить до узгодженого колапсу кластерів з приблизно однаковими

розмірами [4; 5], причому сумарний тиск захлопування підвищується майже на порядок порівняно із захлопуванням поодинокої бульбашки [5].

Величину граничних швидкостей поширення ударної хвилі і тисків можна приблизно оцінити, аналізуючи дані, наведені в [6].На рис. 5 наведена мікрофотографія характерних розмірів жирових кульок емульсії, одержаної при приготуванні в триступеневому апараті.

При дослідженні динаміки захлопування кавітаційної бульбашки за допомогою швидкісного фотореєстратора встановлено, що при колапсі бульбашки утворюється ударна хвиля зі швидкістю до $1{,}81 \cdot 10^3$ м/с, а граничний тиск досягає $7 \cdot 10^4$ МПа. Причому за основною хвилею поширюється вторинна, що генерується в зоні стиснення першої, досягає первинної і частково її підсилює [7]. Таким чином створюються сприятливі умови для інтенсифікації подрібнення дисперсного компонента, внаслідок чого якість одержаної емульсії підвищується.

Показником, що дає можливість кількісно порівняти ефективність кавітаційної дії на одержані емульсії, є розрахований показник об'ємно-поверхневий діаметр $d_{оп}$ [1] для всіх досліджених умов, наведений у таблиці.

Таблиця. **Порівняльні характеристики зразків одержаних емульсій**

Характеристика апарата	$Re \cdot 10^4$	$d_{оп}$, мкм
Одноступеневий	13,7	5,2
	12,8	5,4
	8,3	6,1
Двоступеневий	12,0	4,5
	9,5	4,7
	8,4	5,0
Триступеневий	11,6	3,5
	9,1	4,3
	8,2	4,6

Аналіз одержаних результатів показує, що найбільш дрібнодисперсна емульсія одержується в триступеневих апаратах, дещо менша — в двоступеневих відповідно при *Re* $11{,}6 \cdot 10^4$ та *Re* $12{,}0 \cdot 10^4$. Аналогічний розподіл спостерігається відповідно і при *Re* $9{,}1 \cdot 10^4$ та *Re* $9{,}5 \cdot 10^4$, причому найкращі показники дисперсності практично збігаються. При зменшенні величини *Re* середній розмір часточок дисперсної фази практично однаковий для всіх типів кавітаційних апаратів.

Варто відзначити, що досліджені показники дисперсності одержані для емульсій, при приготуванні яких не використовували емульгатор, а процес проводили при температурі 21…22°С. Очевидно, що при зміні технологічних умов характеристики емульсії можуть бути іншими.

На підставі проведених досліджень запропоновано гідродинамічний кавітаційний реактор, який містить проточну камеру, де на повздовжньо розміщеному стрижні встановлені кавітатори на відстані один від одного. Максимальний розмір у поперечному перетині першого за потоком кавітатора становить не менше $0{,}9d$, де d — внутрішній діаметр проточної камери. Розмір кожного наступного кавітатора зменшується на $0{,}1d$, їх кількість становить не більше трьох, а відстань між ними не менше $(7…10)d$ [8].

Висновки. Підтверджено та експериментально доведено доцільність використання оброблення емульсій у багатоступеневому кавітаційному апараті для досягнення високого технологічного результату без використання циркуляційної схеми оброблення.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Федоткин И. М.* Кавитационная техника и технология: их использование в промышленности / И. М. Федоткин, И. С. Гулый. — К. : Полиграфкнига, 1997. — 839 с.

2. Кавітаційні пристрої в харчовій, переробній та фармацевтичній промисловості / О.А. Литвиненко, О.І. Некоз, П.М. Немирович, З. Кондрат. — К. : РВЦ УДУХТ, 1999. — 87 с.

3. *Некоз О.І.* Інтенсифікація технологічних процесів у гідродинамічних кавітаційних апаратах / О.І Некоз, О.А. Литвиненко, З. Кондрат // Вібрації в техніці і технологіях. — 2009. — № 3(55). — С. 114—116.

4. *Мачинский А.С.* Кавитационные аппараты : обзорная информация / А.С. Мачинский, О.В. Козюк, Д.Н. Шишлов. — М., ЦНИИТЭИНефтехим. — 1990. — Вып. 1. — 52 с.

5. *Кувшинов Г.И.* Акустическая кавитация у твёрдых поверхностей / Г. И. Кувшинов, П. П. Прохоренко. — Минск, Навука і тэхніка, 1990. — 112 с.

6. Эрозия / А. Эванс, А. Рафф А., С. Видерхорн [и др.], под ред. К. Прис, пер. с англ. В.В. Альтова [и др.]. — М. : Мир, 1982. — 464 с.

7. *Теляшов Л.Л.* Экспериментальное исследование стадии схлопывания парогазовой полости в воде / Л.А. Теляшов, В.А. Охотин, А.Г. Полевых // Симпоз. по физике акустогидродинамических явлений: материалы симпоз. : 17-21 ноября 1975 г. — М. : Наука, 1975. — С. 118—125.

8. *Патент 99234 UA*, МПК B01J 19/24 (2006.01) Гідродинамічний кавітаційний реактор / Литвиненко О.А., Некоз О.І., Дзюб О.Г., Матяш О.В. ; заявник : Національний університет харчових технологій — № u 2014 13227 ; заявл. 11.12.2014 ; опубл. 25. 05. 2015, Бюл. № 10, 2015 р.

ДИСПЕРГИРОВАНИЕ ЭМУЛЬСИЙ В МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ КАВИТАЦИОННЫХ АППАРАТАХ

О.А. Литвиненко, С.В. Кадомский, Б.С. Пащенко
Национальный университет пищевых технологий

В статье представлены экспериментальные результаты обработки эмульсий в гидродинамических кавитационных аппаратах. Установлено, что использование многоступенчатых аппаратов способствует упрощению технологической схемы и обеспечивает необходимое качество готового продукта. Полученные результаты дают основание сделать вывод, что выбор многоступенчатой обработки обусловлен необходимостью отказа от циркуляционной схемы. Реализация циркуляционной обработки приводит к ухудшению качества конечного продукта. Определено, что использование одноступенчатых кавитационных аппаратов для обработки эмульсий неэффективно, поскольку полученный продукт не соответствует необходимым параметрам. Рабочие режимы соответствуют пузырьковой форме кавитации, когда коллапс кавитационных пузырьков сопровождается «жестким» ударно-волновым действием на компоненты среды. Сравнительный анализ полученных результатов позволяет утверждать, что при обработке в одноступенчатом аппарате эмульсия не достигает высоких показателей дисперсности. Использование аппаратов с последовательными зонами кавитационной обработки позволяет получать эмульсию с необходимыми дисперсионными показателями.

Ключевые слова: *кавитация, кавитационная обработка, эмульсии, кратность обработки, гидродинамический кавитационный аппарат.*

УДК 663.444

SIMULATION OF THE PROCESS OF LIGHTING THE BEER WORT IN THE HYDROCYCLONE APPARATUS

L. Martsinkevich, S. Udodov
National University of Food Technologies
D. Ryndyuk
National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

Key words:
hydrocyclone apparatus,
whirlpool,
beer wort,
lighting

Article history:
Received 20.09.2018
Received in revised form 15.10.2018
Accepted 05.11.2018

Corresponding author:
martcinkevich@ukr.net

ABSTRACT

The main structural and technological factors that influence the quality of the clarification of beer wort have been investigated to determine the rational parameters of the hydrocyclone apparatus. Analyzing the data it can be argued that the wort in the machine acquires the rotational movement, which is provided by tangentially mounted nozzle of product feed. A number of numerical experiments were conducted to investigate the effect of the velocity of feeding the wort into the apparatus for the time of precipitation of the protein sediment, namely the formation of a compact plate of protein sediment in the center of the apparatus bottom. Also, the influence of structural features of the apparatus, namely the shape of the bottom, on the process of sedimentation of particles of protein sediment has been investigated. Simulation was conducted on these models of hydrocyclone apparatus: the conical concave bottom, with the classical form of the bottom (flat), with a convex bottom, with conical bottom and ring inserts. The studies were carried out at the same rate of feeding the wort, equal to 3.5 m/s. That speed was defined as the rational rate of feeding beer wort into the apparatus. Analyzing the results we can conclude that in the hydrocyclone apparatus with the low conical bottom shape and the ring inserts, the spreading of the sediment on the device bottom significantly decreases; there are no secondary vortical streams in the lower part of the device. The plate of the sediment has a conical shape and the most of the protein sediment is concentrated in the central part. Using inserts the above design has a positive effect on the process (20% compared with the base construction). The research results substantiate the expediency of recommendations for implementation in the production of a hydrocyclone apparatus with a conical bottom with ring inserts.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-15

© Л.В. Марцинкевич, С.О. Удодов, Д.В. Риндюк, 2018

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОСВІТЛЕННЯ ПИВНОГО СУСЛА У ГІДРОЦИКЛОННИХ АПАРАТАХ

Л.В. Марцинкевич
С.О. Удодов, кан. техн. наук
Національний університет харчових технологій
Д.В. Риндюк, кан. техн. наук
Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»

У статті проаналізовано фактори, які впливають на процес освітлення пивного сусла. З метою визначення раціональної конструкції гідроциклонного апарата (вірпула) було проведено CFD-моделювання впливу конструктивних особливостей на якість проходження процесу. Результати показали доцільність впровадження у виробництво гідроциклонного апарата зі слабоконічним днищем і кільцевими вставками. Це дасть можливість скоротити час перебігу процесу та покращити якість пивного сусла.
Ключеві слова: *гідроциклонний апарат, вірпул, пивне сусло, освітлення.*

Постановка проблеми. Оброблення гарячого охмеленого пивного сусла перед проведенням процесу бродіння включає в себе охолодження сусла до температури бродіння; насичення сусла киснем; повне видалення осаду завислих речовин. Видалення завислих речовин гарячого сусла перед подачею його на процес бродіння повинно бути максимально повним, оскільки осад, утворений у процесі кип'ятіння, негативно впливає на швидкість бродіння та фільтрування пива, смакові властивості та стабільність готового продукту [1; 2].

Завислі речовини гарячого охмеленого сусла, які називають брухом, представляють собою переважно скоагульовані білки, що перейшли з розчиненої форми в нерозчинену, а також гіркі хмелеві продукти. Вони досить крупні, розмір їх становить 20—80 мкм. Зазвичай, вміст завислих речовин білкового осаду зменшують з 6000—8000 мг/л до 100 мг/л [1].

Недостатнє видалення завислих речовин залежить, як правило, від якісних показників сировини (сорту ячменю, якості солоду і хмелепродуктів тощо) та технологічних параметрів перебігу процесу (неоптимального складу помелу, способу затирання, якості фільтрування сусла, тривалості та інтенсивності кип'ятіння, степені аерації під час процесу кип'ятіння) [3]. Варто зазначити, що на якість процесу видалення завислих речовин також суттєво впливає і недосконаліть обладнання варильного відділення, яке використовується для кип'ятіння й освітлення пивного сусла.

Останнім часом на більшості пивоварних підприємств видалення завислих речовин гарячого сусла здійснюється за допомогою гідроциклонного апарата (вірпула). Він є найбільш економічною альтернативою всім іншим способам видалення осаду, а також оптимальним рішенням при використанні апаратів для кип'ятіння пивного сусла із зовнішнім кип'ятильником.

Мета статті: дослідження основних конструктивно-технологічних факторів, що впливають на якість процесу освітлення пивного сусла, з метою визначення їх раціональних параметрів.

Матеріали і методи. Гідроциклонний апарат (рис. 1) являє собою циліндричну ємність з конічною кришкою і плоским днищем, а також тангенціально розташованим у нижній частині апарата патрубком для подачі сусла.

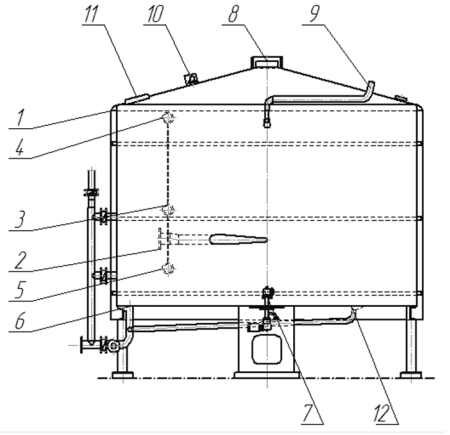


Рис. 1. Гідроциклонний апарат:
1 — корпус; 2 — патрубок подачі сусла; 3, 4, 5 — патрубки для спуску сусла; 6 — патрубок для видалення каламутного сусла; 7 — розмивник; 8 — витяжна труба; 9 — патрубок з миючою головкою; 11 — люк; 12 — патрубок для видалення осаду

Принцип швидкого відокремлення грубих і тонких завислих частинок полягає в тому, що гаряче сусло з відносно великою швидкістю подається насосом в гідроциклонний апарат по дотичній. Під дією відцентрової сили нерозчинні частинки сусла осаджуються у вигляді конуса по центру днища. Після закінчення процесу освітлення сусло видаляється через патрубки для спуску, а осад розмивається водою та зливається за допомогою патрубків, розташованих у днищі апарата.

Проведений аналіз роботи гідроциклонних апаратів (вірпулів) дав змогу визначити, що його оптимальна робота залежить від ряду факторів, а саме: якісних показників гарячого сусла та конструктивних особливостей обладнання для приготування пивного сусла тощо [4; 5].

Дослідження процесу освітлення пивного сусла здійснювалося за допомогою програмного комплексу, що базується на методі кінцевих об'ємів та призначеного для моделювання тримірних течій рідин і газу у технічних та природних об'єктах, а також візуалізації цих течій методами комп'ютерної графіки.

З метою визначення раціональних параметрів конструкції гідроциклонного апарата доцільно дослідити всі основні фактори, що впливають на якість процесу освітлення.

При моделюванні гідроциклонного апарата задавались такими параметрами:

- швидкість на вході в апарат — 3—10 м/с [2; 3] ;
- густина сусла — 1045 кг/м^3;
- динамічна в'язкість сусла — 0,0006;
- розміри частинок — $30 \cdot 10^{-6}$ м; $42{,}5 \cdot 10^{-6}$ м; $57{,}5 \cdot 10^{-6}$ м; $80 \cdot 10^{-6}$ м.

Дослідження впливу швидкості подачі сусла в апарат на процес освітлення проводилося на моделях гідроциклонного апарата з класичною формою днища (плоске).

Було проведено ряд числових експериментів, спрямованих на дослідження впливу швидкості подачі сусла в апарат на час осадження білкового осаду, а саме: утворення компактної тарілки білкового осаду в центрі днища апарата. Числові експерименти виконані з варіацією швидкостей подачі сусла в межах v = 3—10 м/с.

Також було досліджено вплив конструкційних особливостей апаратів — форми днища, на процес седиментації частинок білкового осаду. Дослідження проводилися на таких розрахункових моделях (рис. 2): гідроциклонний апарат зі слабоконічним (1—2°) увігнутим днищем; гідроциклонний апарат з плоским днищем; гідроциклонний апарат з випуклим днищем; гідроциклонний апарат з кільцевими вставками.

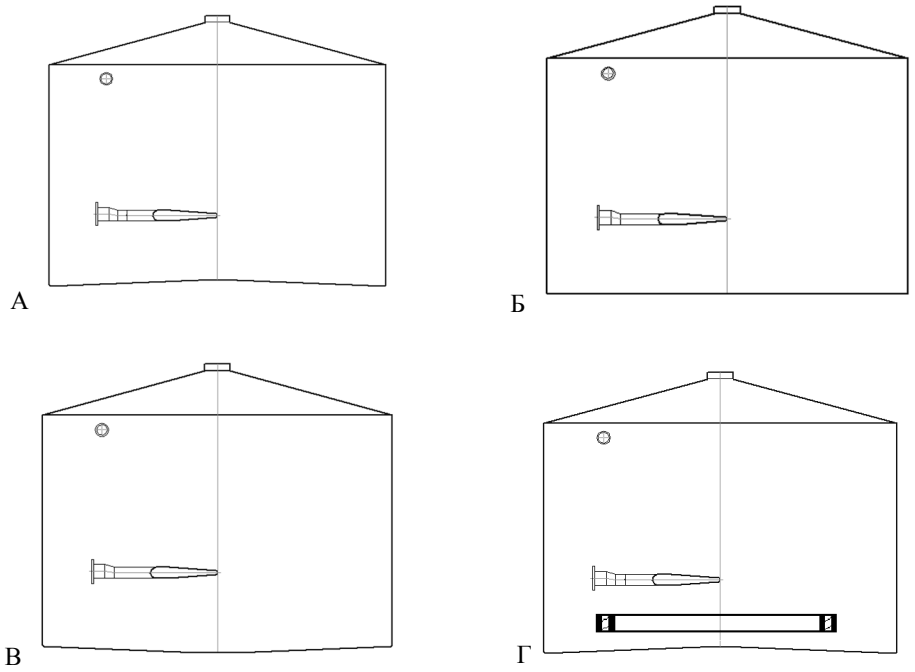


Рис. 2. А — апарат зі слабоконічним (1—2°) увігнутим днищем; Б — апарат з плоским днищем; В — апарат з випуклим днищем; Г — апарат з кільцевими вставками

Імітаційне моделювання проводили з однаковою швидкістю подачі сусла, рівною 3,5 м/с, яка була визначена як раціональна швидкість подачі пивного сусла в апарат. Інші параметри процесу залишені сталими.

Результати досліджень. Очевидно, що принцип роботи досліджених апаратів однаковий, проте конструктивне виконання ряду елементів досить важливе, оскільки значно впливає на якість та швидкість процесу освітлення.

Обробка результатів проведеного комплексу числових експериментів дала змогу встановити вплив фактора швидкості подачі сусла в апарат і конструктивних особливостей апарата на швидкість та якість седиментації частинок білкового осаду в гідроциклонному апараті.

Візуалізація руху сусла показана на прикладі гідроциклонного апарата класичної конструкції, яка є найбільш поширеною на пивоварних підприємствах (рис. 3). Аналізуючи отримані дані, можна стверджувати, що обертовий рух сусла в апараті забезпечується за рахунок його подачі через тангенційно встановлений патрубок. Утворений вихровий потік сприяє тому, що частинки осідають, утворюючи тарілку білкового осаду. Найбільша концентрація частинок відмічена в центрі на поверхні днища апарата.

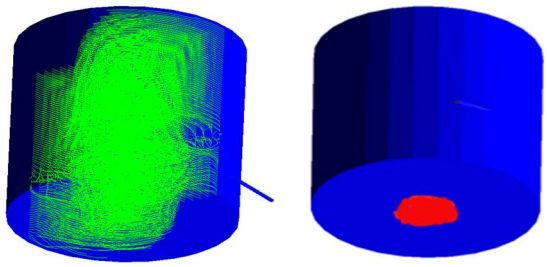


Рис. 3. Траєкторії руху та розподіл концентрації частинок в апараті

Як уже відмічалося, важливу роль у процесі осадження відіграє швидкість подачі сусла в апарат, тобто швидкість на виході із сопла вхідного патрубка. Встановлено, що підвищення швидкості подачі сусла в апарат вище 3,5 м/с призводить до збільшення швидкості пивного сусла в середині апарата і, як результат, до збільшення часу, затраченого на осадження частинок. Це призводить до зростання дотичних напружень, що діють на частинки всередині досліджуваного середовища. Наслідком чого є руйнування структури білкового осаду та розпливчатості тарілки трубу (осаду) по днищу апарата, що негативно впливає на продуктивність обладнання. При зменшенні швидкості подачі сусла в середині апарата виникають зворотні потоки (тороїдальні вихори), які збаламучують вже осаджені частинки та погіршують якість готового сусла.

Для вищевказаних варіантів конструкційного виконання гідроциклонних апаратів (вірпулів) проаналізовано циркуляційні зони, що виникають в апараті при тангенційній подачі сусла.

Аналіз отриманих результатів показав виникнення небажаних вторинних циркуляційних вихорів у варіантах виконання А, Б та В, причому у варіанті виконання 1 небажані вторинні циркуляційні вихори виникають у центральній і верхній зонах апарата, що перешкоджають ефективному осадженню білкового осаду. У варіантах Б та В циркуляційні вихори виникають в нижній зоні апарата, що призводить до руйнування конусу білкового осаду та скаламучування пивного сусла.

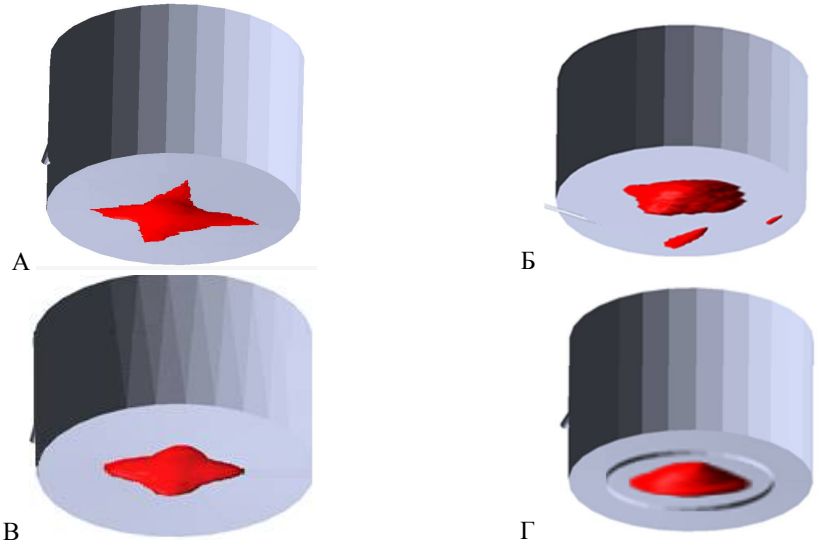


Рис. 4. Ізоповерхня розподілення величини концентрацій частинок осаду в апаратах

За рахунок встановлення кільцевих вставок (варіант Г) розпливчатість осаду по днищу апарата значно зменшується; в нижній частині апарата не виникають вторинні вихрові потоки. Тарілка труби має конічну форму і більша частина білкового осаду зосереджена в центральній частині.

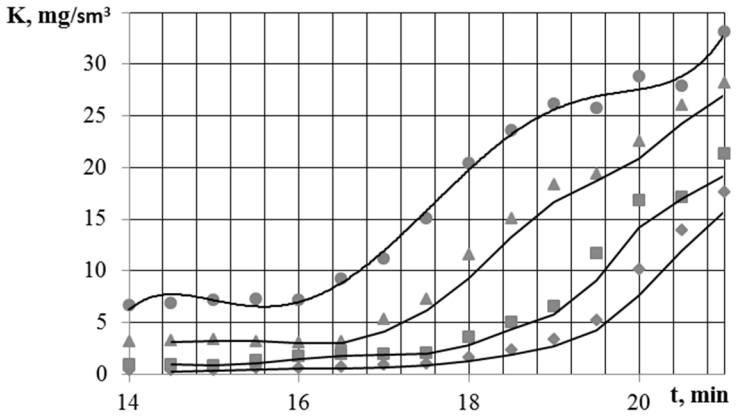


Рис. 5. Залежність концентрації завислих речовин від часу проходження процесу: А — апарат з плоским днищем; Б — апарат зі слабоконічним днищем вигнутим назовні; В — апарат зі слабоконічним днищем, увігнутим всередину; Г — апарат зі слабоконічним днищем, увігнутим всередину та кільцевими вставками

Встановлено також, що у варіанті виконання Г концентрація білкового осаду в центральній частині апарату є більшою, порівняно з варіантами А-В, на 20%.

Висновки. Отже, результат аналізу досліджених варіантів виконання гідроциклонного апарата (вірпула) доводить доцільність впровадження у виробництво саме варіанта виконання Г — гідроциклонного апарата зі слабоконічним днищем і кільцевими вставками. У подальших дослідженнях планується провести аналіз впливу на якість освітлення пивного сусла геометричних розмірів радіальних напрямних вставок, висоти їх розміщення над днищем апарата, кількості патрубків подачі пивного сусла та швидкості подачі.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Кунце В.* Технология солода и пива / В.Кунце. — С-Пб. : Профессия, 2008. — 1100 с.

2. *Denk V.* The Whirlpool State of the art 1997 / V. Denk.- Brauwelt International. — 1998. — № 1. — P. 31—43.

3. *Нарцисс Л.* Краткий курс пивоварения / Л. Нарцисс. — СПб. : Профессия, 2007. — 640 с.

4. *Федоренко Б.Н.* Пивоваренная инженерия: Технологическое оборудование отрасли. — СПб. : Профессия, 2009.

5. *Бемфорт У.* Новое в пивоварении / У. Бемфорт. — С-Пб. : Профессия, 2007.— 520 с.

6. *Марцинкевич Л.В.* Вплив конструктивних особливостей апарата гідроциклонного типа на процес освітлення пивного сусла / Л.В. Марцинкевич, С.О. Удодов, Д.В.Риндюк // Матеріали VI Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції «Ресурсота енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції - основні засади її конкуренто-здатності», 12 вересня 2017 р. — С. 89—90.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСВЕТЛЕНИЯ ПИВНОГО СУСЛА В ГИДРОЦИКЛОННЫХ АППАРАТАХ

Л.В. Марцинкевич, С.О. Удодов
Национальный университет пищевых технологий
Д.В. Рындюк
Национальный технический университет Украины «КПИ имени Игоря Сикорского»

В статье выполнен анализ факторов, которые влияют на процесс осветления пивного сусла. З целью определения рациональной конструкции гидроциклонного аппарата (вирпула) было проведено CFD-моделирование влияния конструктивных особенностей аппарата на качество прохождения процесса. Результаты показали целесообразность внедрения в производство гидроциклонного аппарата со слабоконическим днищем и кольцевыми вставками. Это даст возможность сократить время прохождения процесса и улучшить качество пивного сусла.
Ключевые слова: *гидроциклонний аппарат, вирпул, пивное сусло, осветление.*

УДК 663.1

INNOVATIONS IN EQUIPMENT FOR AEROBICSYNTHESIS OF MICROORGANISMS

K. Vasylkivsky, M. Yukhno, V. Kostyuk
National University of Food Technologies
V. Piddubny
Kyiv National University of Trade and Economics

Key words:
aerobic synthesis,
yeast,
fermentation,
sugar-bearing sediments,
circulatory contour,
energy potential,
bubbling system

Article history:
Received 23.10.2018
Received in revised form 09.11.2018
Accepted 19.11.2018

Corresponding author:
mif63@i.ua

ABSTRACT

The article presents the results of in-depth analysis of the peculiarities of the flow and organization of processes of aerobic fermentation of sugar-containing media with the use of yeast-sucrose. The effectiveness of these processes is determined by the dynamics of the ratios of nutritional components, dissolved oxygen, osmotic pressure and temperature. In baking yeast synthesis technologies, critical levels are associated with concentrations of dissolved oxygen, The difficulty of introducing it into a liquid fraction is associated with its limited solubility. The information on the features of mass transfer on the boundary between the separation of gas and liquid fractions, the causes of circulating circuits formation on the basis of the dispersed gas phase is given, comparing aerator dispersants, bubble systems of aeration of one-level, multi-level and combined ejection and bubbling systems.

The dependences, which determine the energy potential of the formation of the phase surface in gas-like environments, are proposed.

It is shown that the variable dynamics of biomass growth of microorganisms at the stages of the lag phase and the logarithmic phase leads to the need to maintain an oxygen balance so that its concentration in the liquid fraction of the medium is maintained at about 25% of the saturation state.

The limited solubility of oxygen leads to the need for continuous aeration of environments with the addition of its technical measures to intensify on the interphase surface. Such measures correspond to the uniformity of the distribution of bubbling elements and the dispersed gas fraction, respectively, in the cross section of the fermentation apparatus, increase of gas retention capacity due to the creation of circulating circuits of alternating directions, the transfer of the media to the modes of transients, the change in the pressure in the gas fraction in the superfine volume, the use of combined aeration systems.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-16

© К.В. Васильківський, М.І. Юхно, В.С. Костюк, В.А. Піддубний, 2018

ІННОВАЦІЇ В ОБЛАДНАННІ ДЛЯ АЕРОБНОГО СИНТЕЗУ МІКРООРГАНІЗМІВ

К.В. Васильківський, канд. техн. наук
М.І. Юхно, канд. техн. наук
В.С. Костюк, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна
В.А. Піддубний, д-р техн. наук
Київський національний торговельно-економічний університет, Київ, Україна

У статті наведено результати поглибленого аналізу особливостей перебігу і організації процесів аеробного збродження цукровмісних середовищ із застосуванням дріжджів-цукроміцетів. Запропоновано кількісні показники масових потоків оцінювати показниками приведеної швидкості газової фази. Наведено інформацію про особливості масопередачі на межі поділу газової і рідинної фракцій, причини утворення циркуляційних контурів на основі диспергованої газової фази, проведено порівняння аераторів-диспергаторів, барботажних систем аерації однорівневих, кількарівневих та комбінованих ежекційних і барботажних систем.
Відмічається доцільність переорієнтації циркуляційних контурів і створення режимів перехідних процесів, відгуком систем на які є змінні показники гідродинаміки, поява додаткових силових впливів у формі сил інерції та інтенсифікація масообмінних процесів. Запропоновано залежності, якими визначаються енергетичні потенціали утворення міжфазної поверхні в газоріднинних середовищах.
Ключові слова: *аеробний синтез, дріжджі, збродження, цукровмісні середовища, циркуляційний контур, енергетичний потенціал, барботажна система.*

Постановка проблеми. Процеси вирощування хлібопекарських дріжджів та інших аеробних мікроорганізмів здійснюються на живильних середовищах, які вміщують необхідні органічні і мінеральні комплекси, біостимулятори тощо за наявності розчиненого кисню. Результативність цих процесів значною мірою визначається динамікою співвідношень концентрацій мікроорганізмів, компонентів, кисню, величин осмотичних тисків середовищ тощо [1—3].

Визначальний вплив на приріст біомаси має температура культивування. Її підвищення до оптимальних рівнів при забезпеченні інших умов приводить до зростання приросту біомаси. З переходом на повітряно-приточні методи вирощування хлібопекарських дріжджів за барботажних аераційних систем досягаються концентрації мікроорганізмів на рівнях від 40 до 90 кг/м^3. Проте більшим значенням концентрацій відповідають погодинні прирости біомаси 9...11%, а за менших — до 16...17%. Очевидно, що при цьому принципове значення має абсолютний приріст, оскільки саме він визначає динаміку притоку живлення і навантаження на аераційні системи. Можливості останніх у більшості випадків лімітують технологічні процеси.

Пояснити це можливо тим, що ефективність найбільш розповсюджених барботажних систем складає по масі розчиненого кисню стосовно маси повітря близько 0,5% у перерахунку на 1 м висоти середовища. Останнє є наслідком відносно низької розчинності кисню як фізичної властивості останнього. Порівняння його з азотом в абсолютному обчисленні свідчить на користь O_2, але у зв'язку з тим, що парціальний тиск кисню у повітрі складає лише 21%, то за аерації сталі насичення на N_2 переважають.

Сучасні спроби розв'язання проблеми пов'язують з підвищенням рівня аерації, тобто за рахунок збільшення повітря, що продувається через середовище за одиницю часу. При цьому ще у 70-і роки минулого століття розпочалася дискусія про помилковість використання характеристики рівня аерації, як кількості повітря у $м^3$, що за 1 год продувається в розрахунку на 1 $м^3$ середовища. Некоректність її полягає у тому, що такий $м^3$ рідинної фази може мати висоту 0,5, 1 або більше метрів, що з точки зору інтересів розчинення кисню є зовсім неоднозначним. Консолідована думка дослідників того часу [4; 5] стосувалася пропозиції оцінювати рівень інтенсивності аерації величиною приведеної швидкості газової фази, тобто відношенням об'ємного газового потоку у $м^3/с$ до площі поперечного перерізу апарата у $м^2$, що дає розмірність приведеної швидкості у м/с. Якщо на той час така пропозиція була визнана працівниками галузі з виробництва хлібопекарських дріжджів, то в інших галузях (мікробіологічній, бродильній) вона залишилася мало поміченою.

Однак за величиною вхідного енергетичного потоку оцінка інтенсивності аерації збігаєтьсяз показником приведеної швидкості, що свідчить на користь останньої.

Мета дослідження: узагальнення інформації щодо особливостей масо- та енергообмінних процесів у газорідинних культуральних аеробних середовищах і оцінка напрямків їх удосконалення та інтенсифікації.

Методи дослідження: феноменологічна оцінка енергообмінних процесів у культуральних середовищах на основі сучасної інформації про їх технологічні й технічні складові з урахуванням законів Генрі, Архімеда та законів збереження мас і енергії.

Викладення основних результатів дослідження. Важливим компонентом роботи апаратів для вирощування хлібопекарських дріжджів є наявність у середовищі поверхнево-активних речовин. Наслідком їх існування є активне піноутворення, існування якого можливо оцінювати подвійно. З одного боку, утворення розвинутої коміркової структури забезпечує збільшення рівня насичення киснем рідинної фракції. Але при цьому різко обмежується масообмін, пов'язаний з іншими компонентами живлення, а тому такі ж обмеження стосуються приросту тієї частини біомаси, що знаходиться в пінній фракції. Окрім того, зростаючий рівень останньої, врешті-решт, заповнює весь газовий об'єм апарата, що загрожує втратами піни через витяжну трубу. Щоб запобігти таким наслідкам, використовують автоматичні системи піногасіння, за сигналом яких в апарат подаються жирні кислоти або їх емульсії, що активно руйнують піну. Однак наявність жирних кислот піногасника помітно впливає на масообмін на міжфазній поверхні, утворюючи на ній мономолекулярний шар плівки додаткового опору.

Світові тенденції розвитку аераційних систем представлені також аераторами-диспергаторами. Головна ідея їх виконання полягає в тому, що утворення міжфазної поверхні здійснюється на рухомій лопаті, яку активно обтікає рідинна фаза [6] (рис. 1).

Зазвичай, лопаті виконуються з поздовжніми щілинами на задній частині і ефект подрібнення газової фази залежить від швидкості обтікання їх культуральним середовищем. Таке конструктивне оформлення складніше ніж барботажна аераційна система і складність значною мірою стосується експлуатаційних режимів. Приведення в дію ротора в складі повітроводу, колектора і

лопатей може здійснюватися від верхнього привода через повітровод, який при цьому виконує роль трубовалу. Значна довжина останнього викликає додаткові вимоги до виготовлення, монтажу та експлуатації. У випадку нижнього розташування приводу необхідно вирішувати завдання створення й експлуатації ущільнювальних вузлів, що в умовах низьких значень pH = 2,8...4,0 середовищ є доволі складним.

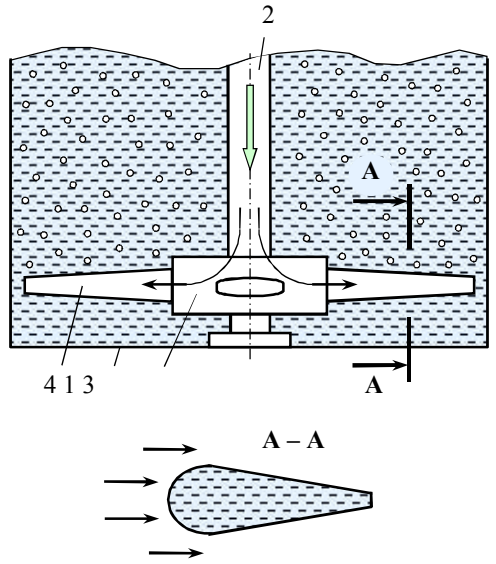


Рис. 1. Схема аератора-диспергатора:
1 — корпус апарата; 2 — повітровод; 3 — колектор; 4 — лопаті

Однак, незважаючи на такі недоліки, в Україні знайшли застосування подібні апарати, які експлуатуються в промисловості. В умовах безвідбірних технологій за обмеженого приросту біомаси (9...10%) досягаються концентрації дріжджів до 80 кг/м^3. Але вказана величина погодинного приросту за корисного об'єму апаратів близько 70 м^3 наближається до аналогічного показника апаратів з барботажною аераційною системою.

При цьому, окрім величини погодинного приросту біомаси, враховується вихід готової продукції по сировині. Саме ця характеристика є узагальнюючим індикатором системи по рівню кисню. Збільшення концентрації останнього посилює аеробний характер перебігу процесу синтезу біомаси, обмежуючи напрямок бродіння. Коливання виходу по малясі, що перероблюється, мають доволі широкий діапазон від 60 до 90%, хоча теоретично в розрахунку на дріжджі 75-відсоткової вологості він складає 110%. З переходом хоча б на часткове анаеробне бродіння в середовищі починає утворюватися етиловий спирт, який активно виноситься газовою фазою і є головною складовою технологічних втрат. Для досягнення найкращого результату зусилля технологів спрямовуються на підтримання мінімальної концентрації цукрів і максимально можливого вмісту кисню. Це означає необхідність використання чутливих засобів визначення технологічних параметрів процесу і керування ними.

У зв'язку з відміченим, саме кисню, розчиненому у середовищі, належить важлива роль регулятора, що й визначає важливість досконалості та ефективності аераційних систем. Паралельно до наукових досліджень мікробіологів і

технологів виробництв хлібопекарських дріжджів, як і мікроорганізмів взагалі, існує необхідність поглибленого аналізу всіх складових процесів, які завершуються безпосередньо синтезом біомаси і подальшими етапами її підготовки до товарного виду та реалізації.

У зв'язку з цим зростає вагомість матеріального й енергетичного аудиту, оцінка кожної складової економічних витрат у структурі собівартості продукції. На особливу увагу заслуговує вибір конструкції товарних апаратів. Аналіз показує, що в такому виборі вже на першому кроці, який стосується визначення співвідношень геометричних параметрів апаратів і мінімізації витрат матеріалу на циліндричний апарат, слід зупинитися на рівності його діаметра і висоти, оскільки саме за цієї умови досягається мінімізація його поверхні. Але у зв'язку з тим, що в апараті близько 30% його об'єму має передбачатися для газової фази, це означає, що в рідинній фазі, як і в газорідинній суміші, перевагу буде мати діаметр. Проте при цьому виникає проблема досягнення рівномірного розподілу повітря, що подається на аерацію, по поперечному перерізу апарата, обмежується величина гідростатичного тиску і пов'язані з ним парціальні тиски кисню в газовій фазі, та сталі насичення киснем, які визначають рушійний потенціал процесу масопередачі. Окрім того, співвідношення висоти і діаметра газорідинного шару впливає на гідродинамічний режим останнього, а отже, і на ефективність масообміну. Однак до цього часу відсутні чіткі визначення впливу вказаного співвідношення на результативність аерації.

Оскільки величини виходів біомаси не перевищують 80% по масі перероблюваної маляси, або навіть складають 60...70%, то це визначає необхідність і доцільність удосконалення як аераційних систем, так і апаратів в цілому, а також технологій вирощування хлібопекарських дріжджів.

На цей висновок наводять, зокрема, міркування про вплив окремих факторів, що супроводжують процеси вирощування мікроорганізмів. Наприклад, за зростання співвідношення висоти до діаметра має місце подвійний вплив. По-перше, зростає середня стала насичення, що йде на користь процесу масопередачі, проте підвищене вилучення кисню врешті решт може привести до того, що на певній висоті середовища концентрація O_2 в газових бульбашках стане обмеженою і масообмін киснем припиниться. По-друге, подвійний вплив також має температура культурального середовища, бо її зростання, наприклад, зменшуючи в'язкість рідинної фази, прискорює масообмін, але одночасно зменшує сталу насичення киснем на користь зменшення масопередачі. Щось подібне має місце і в параметрах гідродинаміки, бо зменшення гідростатичного тиску зі спливанням газових бульбашок збільшує їх розміри, а отже, і поверхню масопередачі, але одночасно зростає швидкість відносного руху, що зменшує газовміст або утримувальну здатність по газовій фазі.

Пошук узагальненої оцінки впливів різних фізичних і хімічних факторів, звичайно, завершується використанням відомої формули масообміну:

$$\frac{dM}{dt} = kSF\,, \qquad (1)$$

де k — коефіцієнт масопередачі; S — площа поверхні масопередачі; F — рушійна сила процесу, що ґрунтується на загальному підході у створенні та використанні лінійних кінетичних рівнянь, які у більшості випадків не охоплюють всю багатогранність і складність явищ.

Такого типу рівняння можуть бути використані для пошуку напрямків інтенсифікації в передбаченні про незначне відхилення параметрів від стану термодинамічної рівноваги і малості градієнтів потенціалів перенесення. Для аналізу нелінійних співвідношень між потоками перенесення і градієнтом потенціалу слід використовувати підходи і принципи термодинаміки незворотних процесів. Це означає, що пропорційність між параметрами M, k, S і F зникає і наразі виникає необхідність уточнення наведеної залежності. На це ж вказують і наведені раніше висновки щодо подвійних впливів окремих термодинамічних факторів на масообмін.

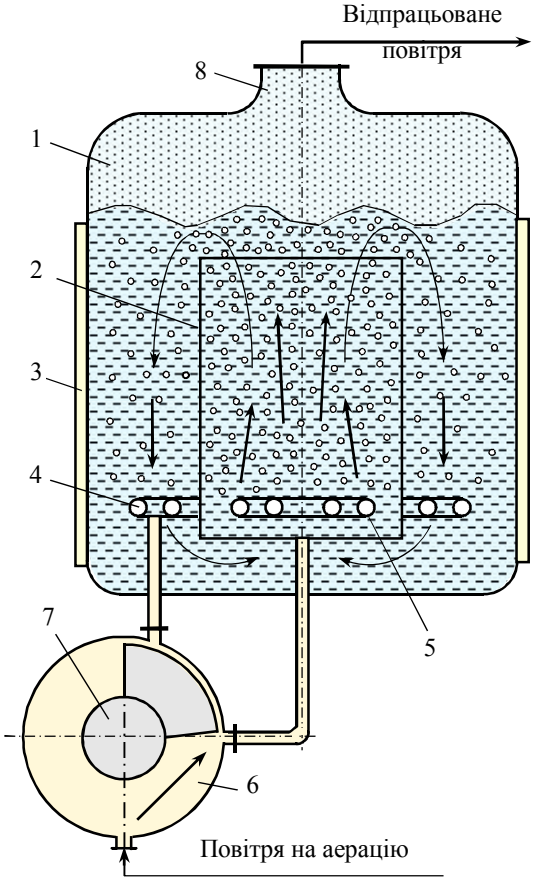


Рис. 2. Схема апарата зі змінними контурами циркуляції: 1 — корпус апарата; 2 — дифузор; 3 — сорочка охолодження; 4 — периферійна барботажна система; 5 — центральна барботажна система; 6 — розподільник повітря; 7 — сектор розподільника; 8 — витяжна труба

Результатом введення в рідинну фазу газової складової є виникнення активних вертикальних циркуляційних контурів, які також мають подвійний вплив на результати масообміну і технологічний процес взагалі. Їх існування приводить культуральне середовище до стану, близького до того, яке відповідає реактору ідеального змішування, вирівнюючи в ньому концентрацію всіх складових. Але разом з тим існування таких контурів спричиняє зростання абсолютної швидкості газової фази у 2 і навіть 3 рази, порівняно зі швидкістю відносного руху. Адже саме остання визначає швидкість оновлення поверхні масопередачі на межі поділу фаз на рівні рідинних плівок, в яких чиниться головний опір масопередачі для малорозчинних газів. У зв'язку з цим велися пошуки в напрямку створення аераційних систем рівномірного розподілу газової фази [7]. Разом з тим існування потужних циркуляційних контурів означає помітний перерозподіл вхідного енергетичного потоку на їх користь. Кінцевим результатом тут є енергетичні і економічні витрати на охолодження середовищ. У дослідженні [8] наведена оцінка співвідношення перерозподілу енергетичних потоків, за якою від 60 до 70% енергетичних витрат припадає саме на циркуляційні контури.

Розуміння такого становища у значній кількості випадків підштовхувало до спроб використання цієї енергетичної складової на користь масообміну. Слід додатково звернути увагу на те, що кінематичні параметри газорідинного сере-

довища оцінюються як наближено стабільні. Переведення їх до режимів, характерних для перехідних процесів, слід оцінювати як перспективний напрямок інтенсифікації масообміну. Такий підхід реалізується в розробках авторів, що працюють в НУХТ [9] (рис. 2).

Згідно з корисною моделлю барботажний апараційний пристрій виконано у вигляді центральної кільцевої частини, змонтованої в нижній частині дифузора та периферійної частини, встановленої між корпусом і дифузором зі з'єднанням обох частин подільником потоку повітря. При цьому подільник почергово підводить повітря то в центральну, то в периферійні частини апараційної системи, змінюючи таким чином спрямованість циркуляційних контурів. Результатом таких дій є зростання утримувальної здатності по газовій фазі та інтенсифікація тепломасообмінних процесів.

Намагання використати кінетичну енергію циркуляційних контурів за рахунок їх взаємодії з вхідним газовим потоком зі збільшенням рівня дисперсної газової фази знайшло своє відображення в розробці [10] (рис. 3).

На думку розробників, виконання трубчастого барботажного пристрою отворами донизу назустріч рідинному циркуляційному контуру дає можливість інтенсифікувати тепломасообмінні процеси, зменшити енергетичні витрати і витрати стиснутого повітря. Останнє подається в трубчастий апараційний барботажний пристрій 2. У зоні апарації має місце взаємодія між вхідним газовим потоком $m_г$ і рідинним потоком $m_р$ циркуляційного контуру, який у дифузорі 4 є висхідним. Рівень силової енергетичної взаємодії визначає ступінь дисперсності газової фази в рідинній, величину міжфазної поверхні і ефективність тепломасообмінних процесів. При цьому потужність енергетичної взаємодії потоків пропорційна приведеній масі системи і квадрату швидкостей газової $w_г$ та рідинної $w_р$ фаз, і втрата кінетичної енергії на удар для однонаправлених потоків дорівнюватиме:

$$\Delta E = \frac{m_р m_г}{2\left(m_р + m_г\right)}\left(w_р - w_г\right)^2. \qquad (2)$$

А для різнонаправлених:

$$\Delta E = \frac{m_р m_г}{2\left(m_р + m_г\right)}\left(w_р + w_г\right)^2. \qquad (3)$$

За випадку взаємодії рідинного і газового потоків величина ΔЕ визначає енергетичний потенціал утворення міжфазної поверхні. Саме тому спрямування потоків у зоні їх взаємодії доцільно мати протилежним.

Забезпечення процесу аерації культуральних середовищ пов'язане з необхідністю стискання повітря до значень, які перевищують величини гідростатичних тисків на рівнях розташування барботажних елементів. Процеси стискання здійснюються у більшості на осьових компресорах у кілька ступенів і їх вважають наближеними до адіабатних. Тиски, які при цьому досягаються, складають кілька метрів і максимально кілька десятків метрів водяного стовпчика. При цьому температури стиснутого повітря залежать саме від тисків. Вони залежно

від температури забірного повітря можуть мати величини від 50 до 100°С і більше. Очевидно, що цей параметр визначає у певному співвідношенні величину енергетичного потенціалу повітря і при цьому виникає можливість і доцільність охолодження саме його, а не газорідинного середовища, яке має температуру близько 30°С. Однак остаточний висновок про доцільність того чи іншого напрямку у виконанні задачі стабілізації температури в апараті можливо зробити лише на основі аналізу теплового балансу.

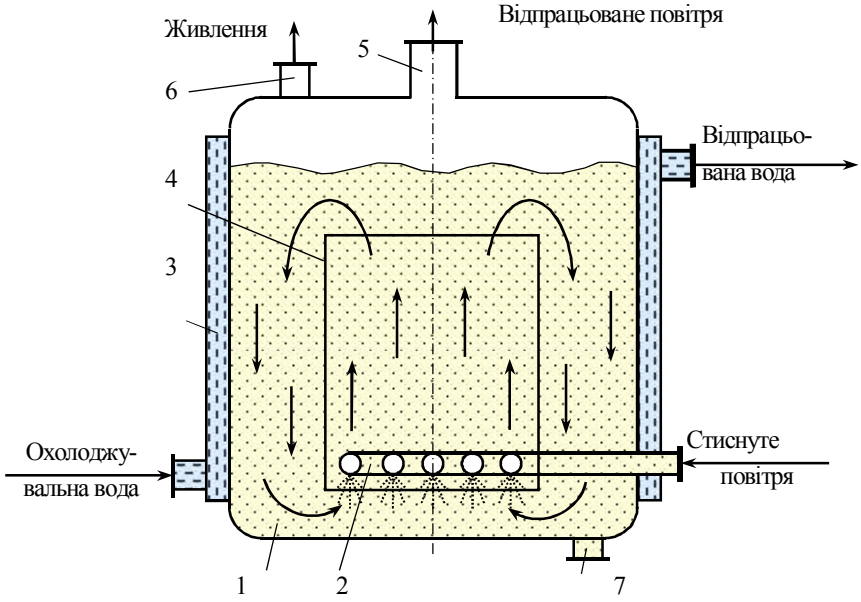


Рис. 3. Схема апарата для вирощування мікроорганізмів:
1 — реактор; 2 — трубчастий аераційний барботажний пристрій; 3 — охолоджувальна сорочка; 4 — дифузор; 5 — витяжна труба; 6 — патрубок підведення живлення; 7 — патрубок відведення культурального середовища

Автори розробки патенту № 25649 запропонували нетрадиційний шлях реалізації аераційної системи [11] (рис. 4), за яким пропонується барботажний аераційний пристрій розташувати у внутрішній частині дифузора в різних рівнях з об'єднанням їх загальним колектором повітроводу. Робота масообмінного апарата відбувається так: стиснуте повітря подається в центральний повітровод 5 з тиском, що може подолати тиск над верхнім барботажним пристроєм. Потрапляючи в колектор 4 верхнього барботажного пристрою 3, стиснуте повітря контактує з рідинною фазою, створюючи висхідну газорідинну частину циркуляційного контуру в дифузорі 2, знижуючи гідростатичний тиск над верхнім барботажним пристроєм і загальний гідростатичний тиск у дифузорі. Результатом цього є барботаж газової фази через середній барботажний пристрій і подальше зростання газоутримувальної здатності та зниження загального гідростатичного тиску в дифузорі і, як наслідок, барботаж газу через нижній барботажний пристрій.

При цьому поза увагою авторів залишається та обставина, що ступінчасте введення газової фази, по-перше, супроводжується розосередженням зон утворе-

ння міжфазної поверхні, яке слід оцінювати явно позитивно з точки зору інтересів масообміну і, по-друге, виникає ступінчаста зміна показника газоутримувальної здатності в зонах між барботажними елементами і над верхнім барботажним пристроєм. В умовах нерозривності рідинного потоку в дифузорі має виникати таке ж ступінчасте змінення швидкості самої рідинної фази і, одночасно, газорідинної суміші. Але ж ступінчасте змінення швидкості в механіці, аеро- і гідромеханіці оцінюється як зміна прискорення теоретично на величину, що прагне до нескінченності. Це означає безперервну генерацію силових впливів, які слід віднести до масових або сил інерції. Зрозуміло, що завдяки пружним властивостям газорідинної системи такі силові впливи не наближаються до нескінченності, проте їх вплив на загальний результат буде обов'язковим. У загальній оцінці таке конструктивне рішення має значні перспективи, незважаючи на його зовнішню простоту. При цьому слід мати ще одну очікувану перевагу, пов'язану з можливістю загального зниження тиску в повітродувній машині та системі повітропостачання. До речі, в літературі відсутні хоча б теоретичні розрахунки оцінки енергетичної доцільності роботи повітродувних машин такого призначення з різними вихідними тисками.

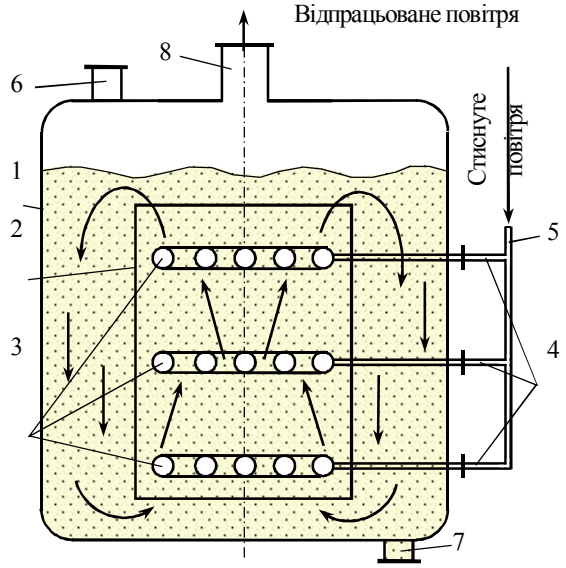


Рис. 4. Схема апарата для вирощування мікроорганізмів:
1 — реактор; 2 — дифузор; 3 — барботажні аераційні пристрої; 4 — колектори; 5 — центральний повітровод; 6 — патрубок підведення рідинного середовища; 7 — патрубок відведення рідинного середовища; 8 — витяжна труба

Виникнення циркуляційних контурів у газорідинних середовищах є наслідком порушення умови ізопотенціальності локальних зон за показником потенціальної енергії набухлого шару. Саме його потенціальна енергія трансформується в кінетичну енергію потоків, яку доцільно взяти під контроль і цільове організоване використання [12] (рис. 5).

Згідно з винаходом нижня горизонтальна частина повітроводу виконана у вигляді ежекційного пристрою, камера розрідження якого з'єднана з циркуляційною трубою, врізаною в реактор на висоті набухлого шару культурального

середовища. В барботажний аераційний пристрій 2 через ежекційний пристрій 6 підводиться стиснуте повітря. В зоні аерації утворюється диспергована у рідинному середовищі газова фаза у формі бульбашок, які під дією архімедових сил піднімаються і газорідинний шар в результаті наявності газової фази набухає. По циркуляційній трубі 5 здійснюється опускання рідинної фази під дією гідростатичного тиску і розрідження в камері 7 ежектора. Активний масообмін в ежекторі 6 приводить до додаткового насичення рідинної фази киснем, в результаті чого рівень використання кисню по газовій фазі підвищується до 5...6%. Зростання рівня кисню в культуральному середовищі активізує динаміку приросту біомаси і підвищує вихід мікроорганізмів.

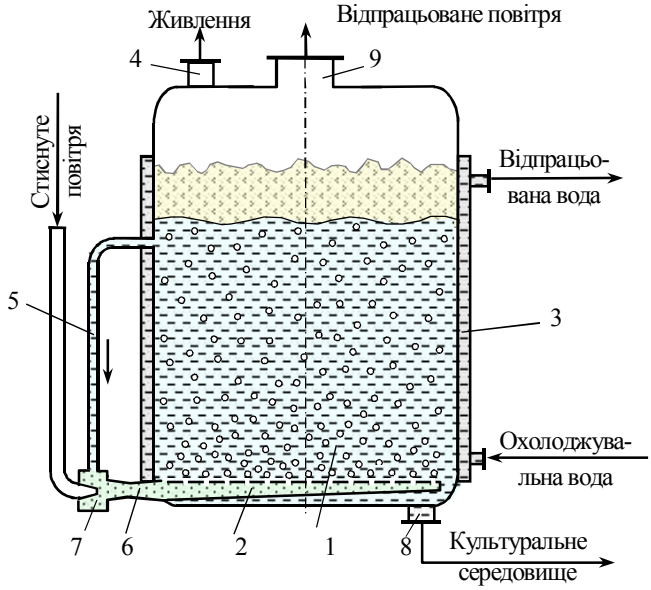


Рис. 5. Схема апарата для вирощування мікроорганізмів:
1 — реактор; 2 — барботажний аераційний пристрій; 3 — охолоджувальна сорочка
4 — патрубок підведення живлення; 5 — циркуляційна труба; 6 — ежекційний пристрій;
7 — камера розрідження; 8 — патрубок відведення рідинного середовища; 9 — витяжна труба

Принципово ця конструкція близька до розробки за авторським свідоцтвом СРСР № 322362, але має помітну перевагу, оскільки в схемі відсутній циркуляційний насос, який накладає суттєві обмеження на кратність циркуляції. У випадку ж розробки по патенту № 33120 такі обмеження практично не існують і дослідження у цьому напрямку також заслуговують на увагу.

Висновки. Виконаний аналіз особливостей масо- і енергообмінних процесів в умовах аеробного синтезу мікроорганізмів дає змогу зробити такі висновки:

1. Змінна динаміка приросту біомаси мікроорганізмів на стадіях лагфази і логарифмічної фази приводить до необхідності підтримання балансу по кисню для того, щоб його концентрація в рідинній фракції середовища підтримувалася близько 25% від стану насичення.

2. Обмежена розчинність кисню приводить до необхідності безперервної аерації середовищ з доповненням її технічними заходами по інтенсифікації на міжфазній поверхні. Таким заходам відповідають рівномірність розподілу барботажних елементів і, відповідно, диспергованої газової фракції по поперечному

перерізу бродильного апарата, підвищення газоутримувальної здатності за рахунок створення циркуляційних контурів змінних напрямків, переведення середовищ до режимів перехідних процесів, зміна тисків у газовій фракції в надрідинному об'ємі, використання комбінованих аераційних систем.

3. Газоутримувальна здатність є визначальною характеристикою гідродинамічних режимів, яка визначає енергетичний потенціал зброджуваних середовищ і пов'язана з приведеною швидкістю газової фракції та геометрією бродильного апарата.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Соколенко А.І.* Особливості трансформацій енергоматеріальних потоків у замкнених циркуляційних контурах // Наукові праці НУХТ. — 2017. — Т. 23, № 3. — С. 101—106.

2. *Пирог Т.П.* Загальна біологія / Пирог Т.П. — Київ: НУХТ, 2010. — 632 с.

3. Енергоматеріальні потоки харчових і мікробіологічних виробництв: монографія / Соколенко А.І., Піддубний В.А., Васильківський К.В. та ін. — Київ: Кондор-Видавництво, 2016. — 326 с.

4. *Семихатова Н.М.* Хлебопекарные дрожжи / Семихатова Н.М. — Москва: Пищевая промышленность, 1980. 200 с.

5. *Гандзюк М.П.* Совершенствование процесса культивирования хлебопекарных дрожжей и его аппаратурного оформления: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 05.18.12. / Гандзюк М.П. — Киев: КТИПП, 1984. — 49 с.

6. *Піддубний В.А.* Наукові основи і апаратурне оформлення перехідних процесів харчових і мікробіологічних виробництв: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук: 05.18.12./ Піддубний В.А. — Київ: НУХТ, 2008. — 47 с.

7. Аппарат для выращивания микроорганизмов: а.с. 334241 СССР: МКИ С12В 1/10 / Гандзюк М.П., Соколенко А.И., Мардер А.Ц.; № 1483966/28-13; заявл. 15/10/1970; опубл. 30.03.1972, Бюл. № 12.

8. *Соколенко А.І.* Енергоматеріальні трансформації в харчових технологіях на основі замкнутих контурів: монографія / Соколенко А.І., Піддубний В.А., Чагайда А.О. — Київ: Кондор, 2015. — 300 с.

9. Апарат для вирощування мікроорганізмів: пат. на корисну мод. 21064 Україна: МПК С12М 1/02 / Соколенко А.І., Піддубний В.А., Шевченко О.Ю., Максименко І.Ф.; власник НУХТ. № u200610360; заявл. 29.09.2006; опубл. 15.02.2007, Бюл. № 2.

10. Апарат для вирощування мікроорганізмів: пат. на корисну мод. 25561 Україна: МПК С12М 1/02 / Соколенко А.І., Піддубний В.А., Блаженко С.І., Шевченко О.Ю., Семенов О.М.; власник НУХТ. № u200704080; заявл. 13.04.2007; опубл. 10.08.2007, Бюл. № 12.

11. Масообмінний апарат: пат. на корисну мод. 25649 Україна: МПК B01D 3/18 / Соколенко А.І., Піддубний В.А., Підлісний В.В., Шевченко О.Ю., Варфоломєєв А.Й.; власник НУХТ. № u200704722; заявл. 27.04.2007; опубл. 10.08.2007, Бюл. № 12.

12. Апарат для вирощування мікроорганізмів: пат. на корисну мод. 33120 Україна: МПК С12М 1/02 / Піддубний В.А.; власник НУХТ. № u200801611; заявл. 07.02.2008; опубл. 10.06.2008, Бюл. № 11.

ИННОВАЦИИ В ОБОРУДОВАНИИ ДЛЯ АЭРОБНОГО СИНТЕЗА МИКРООРГАНИЗМОВ

К.В. Васильковский, М.И. Юхно, В.С. Костюк
Национальный университет пищевых технологий
В.А. Поддубный
Киевский национальный торгово-экономический университет

В статье приведены результаты углубленного анализа особенностей течения и организации процессов аэробного сбраживания сахаросодержащих

сред с применением дрожжей-сахаромицетов. Предложено количественные показатели массовых потоков оценивать показателями приведенной скорости газовой фазы. Приведена информация об особенностях массопередачи на границе раздела газовой и жидкостной фракций, причинах образования циркуляционных контуров на основе диспергированной газовой фазы, проводится сравнение аэраторов-диспергаторов, барботажных систем аэрации одно- и более уровневых и комбинированных эжекционных и барботажных систем.

Отмечается целесообразность переориентации циркуляционных контуров и создания режимов переходных процессов, откликом систем на которые являются переменные показатели гидродинамики, появление дополнительных силовых воздействий в форме сил инерции и интенсификация массообминных процессов. Предложены зависимости, которыми определяются энергетические потенциалы образования межфазной поверхности в газожидкостных средах.

***Ключевые слова**: аэробный синтез, дрожжи, сбраживание, сахаросодержащие среды, циркуляционный контур, энергетический потенциал, барботажная система.*

УДК 615.453.6.012:621.929]:006.022

SUBSTANTIATION THE WORKING MODE OF THE EQUIPMENT FOR MIXING OF COMPONENTS OF THE TABLETTING MIXTURE

O. Chepeliuk, O. Chepeliuk, O. Gubenia
National University of Food Technologies

Key words:
mixing,
tabletting mixture,
working member,
rotational speed,
energy consumption

Article history:
Received 11.10.2018
Received in revised form 28.10.2018
Accepted 26.11.2018

Corresponding author:
lenasandul@yahoo.com

ABSTRACT

The process of mixing the components of mixtures for tabletting, which aims to obtain a homogeneous mass with uniformly distributed components affects the quality of the drugs.

The object of the research is the process of mixing the components tabletting mixture which is in the mixer with two Z-shaped working members.

Due to the low speed of rotors, the mixing process in machines with such working members is long. The mixing duration, in turn, affects the equipment productivity and energy consumption during the process. The possibility of increasing the rotational speed of a high-speed rotor is considered and it is investigated how the equipment mode of operation influence by the economic performance indicators of the enterprise.

In modeling the mixing process performed in the licensed software system Flow Vision, as a controlled factor is considered rotational speed of mixer device, which is varied in the range of 17—62 rpm for high speed rotor and is maintained at 15 rpm for the slow-moving rotor.

When increasing the frequency of rotation the uniform distribution of components in the volume of mixer is faster. In particular, at frequency of rotation over 53 rpm the necessary degree of homogeneity is achieved in 18 minutes from the beginning. However, increasing the frequency of rotation leads to increased power consumption and the cost of it, and hence to the rise in the cost of production. The power consumed for mixing a high-viscosity mixture by the working members of a complex configuration was determined taking into account the drag forces calculated in the program Flow Vision. Analyzing the influence of a rotational speed on general expenses caused by the equipment productivity and energy consumption, the

optimum rotor speed was defined that is 39 rpm. Thus the achieving sustainable value of components concentration is observed for 24 minutes. Energy dissipation in the mixer does not lead to significant heating of the mixture.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-17

© О.О. Чепелюк, О.М. Чепелюк, О.О. Губеня, 2018

ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ СУМІШЕЙ ДЛЯ ТАБЛЕТУВАННЯ

О.О. Чепелюк, О.М. Чепелюк, О.О. Губеня
Національний університет харчових технологій

Безпека та ефективність лікарських засобів, зокрема у твердій формі, насамперед визначається дозою діючої речовини. У програмному комплексі Flow Vision виконані обчислювальні експерименти із визначення впливу частоти обертання робочого органу на ступінь однорідності суміші для таблетування, енергоспоживання, продуктивність обладнання і, відповідно, фінансові витрати. Оптимальна частота обертання ротора становить 39 об/хв. При цьому досягнення усталеного значення рівномірного розподілу компонентів спостерігається за 24 хв. Дисипація енергії в змішувачі не призводить до суттєвого нагрівання суміші.
Ключові слова: *змішування, суміш для таблетування, робочий орган, частота обертання, енерговитрати.*

Постановка проблеми. Процес виготовлення переважної більшості твердих лікарських форм включає технологічні операції змішування, гранулювання, сушіння, пресування, покриття оболонками, пакування. Причому на якість лікарського препарату суттєво впливає саме етап змішування, метою якого є отримання однорідної таблетмаси з рівномірно розподіленими компонентами. Гомогенність суміші надзвичайно важлива з точки зору вимог до рівномірного розподілу в об'ємі готової форми лікарської речовини [1]. Якісне змішування у виробництві порошків, таблеток і драже досить складне технологічне завдання, тому що об'єм діючих речовин малий відносно загального об'єму, який перемішується [2].

У процесі змішування в робочому об'ємі змішувача відбувається взаємне переміщення часточок різних компонентів, що перебувають до перемішування окремо або в нерівномірно розподіленому стані. В результаті переміщень можлива нескінченна різноманітність взаємного розташування часточок. У цих умовах співвідношення компонентів у мікрооб'ємах суміші — величина випадкова, тому більша частина відомих методів оцінювання однорідності (якості) суміші заснована на методах статистичного аналізу [3]. Для спрощення розрахунків всі суміші умовно вважають двокомпонентними, що складаються з так званого ключового компонента й умовного, який містить всі інші компоненти сумішей. Такий прийом дає можливість оцінювати однорідність суміші параметрами розподілу однієї випадкової величини — вмістом ключового компонента в пробах суміші. Ключовим компонентом у суміші для таблетування є діюча лікарська речовина.

Проведення фізичних експериментів з дослідження впливу різних факторів на якість отриманої суміші для таблетування — процес надзвичайно вартісний, тому доцільно використовувати можливості імітаційного моделювання, досліджуючи зміну розподілу початкових компонентів (їх концентрацію) в суміші для таблетування.

Досягти однорідності суміші, яка відповідає вимогам технологічного процесу, можливо шляхом здійснення тривалого оброблення сировини, але при цьому збільшується час контакту речовини з робочими органами, чого слід уни-

кати при обробці деяких хімічно-активних продуктів [4], і зростають витрати електроенергії. Це є економічно недоцільним через збільшення собівартості продукції. Потрібно шукати шляхи інтенсифікації процесу, якими, зокрема, є його здійснення при раціональних режимах роботи для існуючих зразків обладнання, їх модернізація та проектування нових.

Якісне змішування компонентів таблетувальних сумішей у виробництві фармацевтичних препаратів — процес складний. Ступінь і швидкість змішування залежать від великої кількості факторів: фізико-хімічних властивостей окремих компонентів (розподіл часточок за розмірами, їх густина і форма, характеристика поверхні, насипна маса, вміст вологи, текучість, коефіцієнт тертя тощо); характеристик устаткування для змішування (розміри і геометрія змішувача і робочих органів, тип і розміщення пристроїв завантаження і вивантаження, конструкційних матеріалів і чистоти оброблення поверхонь) та умов реалізації процесу змішування (співвідношення компонентів, рівень заповнення місткості, спосіб, послідовність, місце і швидкість додавання компонентів, інтенсивність змішування). Процес змішування компонентів сумішей для таблетування для виробництва визначеної продукції з використанням конкретного обладнання згідно з технологічним регламентом характеризується сталістю більшості перерахованих параметрів. Доцільним є розгляд шляхів підвищення інтенсивності процесу змішування компонентів.

Метою дослідження є визначення режимів роботи змішувача компонентів суміші для таблетування — частоти обертання робочих органів і тривалості змішування — для забезпечення необхідного ступеня однорідності отриманої суміші при якомога менших витратах на процес.

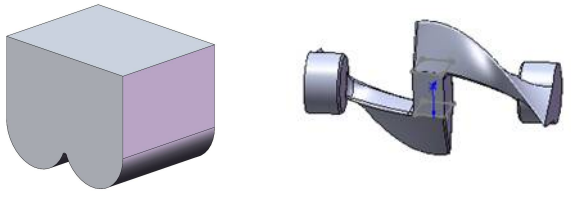
Матеріали і методи. Черв'ячно-лопатевий змішувач складається із коритоподібного корпусу і двох Z-подібних роторів, які обертаються в протилежні сторони з різними кутовими швидкостями. Відстань між осями валів становить 0,44 м, довжина роторів — 0,7м, а радіус найбільшого кола, яке описують ротори, — 0,2 м.

Порошок ампіциліну тригідрату завантажується разом з картопляним крохмалем загальною масою 80 кг у камеру змішування. Після отримання однорідної сипкої суміші додається крохмальний клейстер масою 20 кг і відбувається змішування сухих та вологих компонентів суміші.

Об'єктом дослідження є процес змішування компонентів таблетувальної суміші. Процес промодельований у програмному комплексі Flow Vision.

При моделюванні процесу змішування як керований фактор, який впливає на ступінь однорідності суміші, розглянуто частоту обертання перемішуючих пристроїв, яка змінювалася в межах 17—62 об/хв для швидкохідного ротора і підтримувалася на рівні 15 об/хв для тихохідного.

Геометричні моделі місткості для змішування і перемішуючих Z-подібних роторів (рис. 1) створені в програмі Solid Works.



а б

Рис. 1. Геометричні моделі місткості для змішування (а) і робочого органу (б)

Граничні умови описують взаємодію суміші компонентів з елементами обладнання (рис. 2).

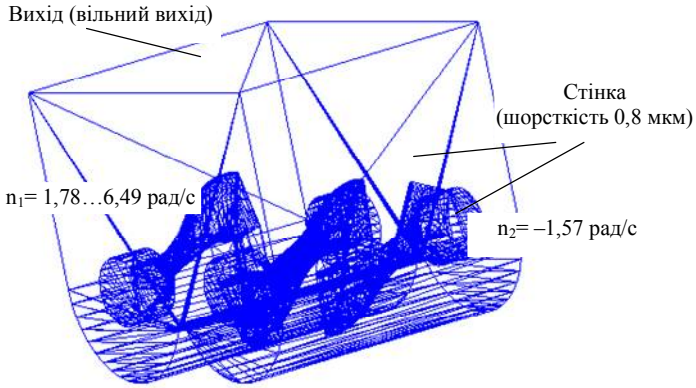


Рис. 2. Граничні умови для розрахунку процесу змішування

Для моделювання обрана модель «нестислива рідина», яка описує течію в'язкої рідини при малих числах Маха (M < 0.3), малих числах Рейнольдса (низькорейнольдсова k-ε модель). У модель входять рівняння Нав'є-Стокса, збереження енергії та рівняння конвективно-дифузійного перенесення речовини (закон збереження маси) [5].

Розглядається задача змішування сипких компонентів з крохмальним клейстером. Властивості речовин:

- Речовина 0: густина $\rho = 790$ кг/м^3, динамічна в'язкість $\mu = 0{,}1$ Па·с.

- Речовина 1: густина ρ=1430 кг/м^3, динамічна в'язкість μ=1,82 Па·с.

При постановці задачі вказані об'єми, які займають компоненти до початку змішування.

Відомо, що потужність, необхідна для змішування, прямопропорційно залежить від сили опору Fоп і швидкості руху робочих органів.

Силу опору руху робочих органів визначають властивості середовища, швидкість переміщення, збільшення якої призводить до зростання величини опору, і геометричні параметри робочих органів. Аналітично обчислити силу опору для робочих органів складної форми неможливо. Натомість це дає можливість зробити сучасне прикладне програмне забезпечення. Так, значення сили опору, отримані в ході проведення обчислювальних експериментів у пакеті Flow Vision, використані для розрахунку споживаної потужності.

Силу опору Fоп можна виразити через дві складові: силу опору, обумовлену внутрішнім тертям у масі, і силу тиску на робочий орган. Оскільки суміш, компоненти якої змішуються, є неньютонівською високов'язкою рідиною, основна роль у формуванні витрат енергії належить силі опору, обумовленій внутрішнім тертям в масі [6].

Результати досліджень. Однорідність отриманої суміші в програмному комплексі Flow Vision оцінюється за значенням розподілу концентрації. Концентрація однорідної суміші, яка складається з двох компонентів у співвідношенні 4:1 з початковими концентраціями 0 і 1, має становити 0,8. Для зручності сприйняття це значення було перераховано і представлено у вигляді безрозмірного показника — ступеня однорідності суміші α.

Варіювання частоти обертання ротора суттєво впливає на розподіл компонентів у суміші для таблетування (рис. 3). Найбільш прийнятною є частота обертання, при якій два компоненти — сипкі компоненти і клейстер — найбільш повно змішані, утворивши однорідну суміш для таблетування.

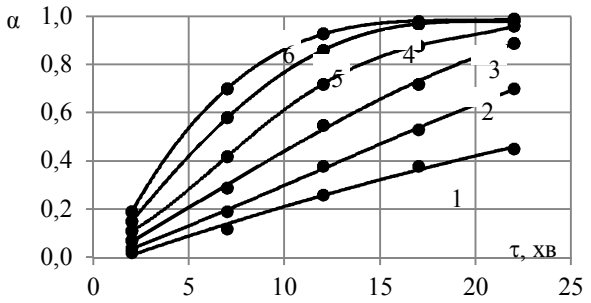


Рис. 3. Залежність ступеня однорідності таблетмаси від тривалості змішування при частоті обертання, об/хв: 1 — 17; 2 — 26; 3 — 35; 4 — 44; 5 — 53; 6 — 62

Зі збільшенням частоти обертання швидше відбувається рівномірний розподіл компонентів в об'ємі змішувача. Зокрема, при частоті обертання, яка перевищує 53 об/хв ступінь однорідності, близький до одиниці, досягається вже на 18 хв від початку перемішування.

З іншого боку, значення частоти обертання суттєво впливає на потужність, яка витрачається на змішування, а значить, і споживання електроенергії. Після моделювання у програмному комплексі Flow Vision отримані інтегральні значення сили опору руху робочих органів при різних частотах обертання. Використовуючи їх, обчислені чисельні значення потужності, необхідної для змішування (рис. 4). З урахуванням вартості електроенергії, яка для промислових споживачів на сьогодні становить 2,11303 грн/кВт·год, обчислені відповідні витрати B_1.

Збільшення частоти обертання від 17 до 62 об/хв призводить до збільшення споживання електроенергії в 3,3 раза і, відповідно, до здорожчання продукції.

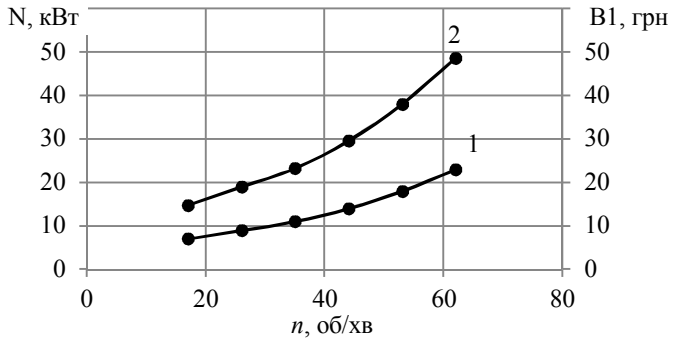


Рис. 4. Залежність потужності *N*, яка потрібна для змішування (1), і витрат на електроенергію B_1 (2), від частоти обертання швидкохідного ротора

Продуктивність змішувача як машини періодичної дії залежить від тривалості змішування, а та, у свою чергу, від частоти обертання роторів. Тому була розрахована продуктивність змішувача (рис. 5), яка зростає зі збільшенням

частоти обертання (крива 1). Збільшення продуктивності також сприятливо впливає на ефективність виробництва, знижуючи собівартість за рахунок скорочення загальнозаводських витрат B_2 (крива 2).

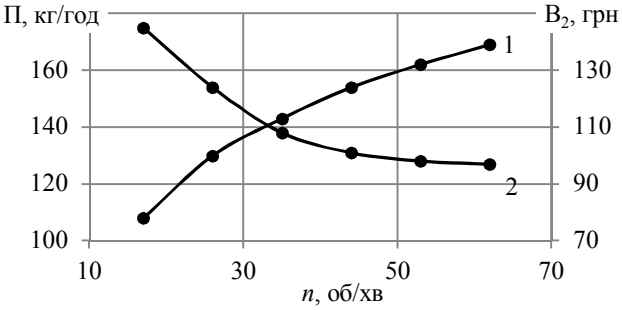


Рис. 5. Залежність продуктивності (1) і загальнозаводських витрат (2) від частоти обертання швидкохідного ротора

Отже, зміна частоти обертання робочих органів суттєво впливає на перебіг процесу та показники економічної ефективності виробництва. Для узагальнення цих даних побудовано рис. 6, який демонструє залежність сумарних витрат ($B = B_1+B_2$) від частоти обертання швидкохідного ротора.

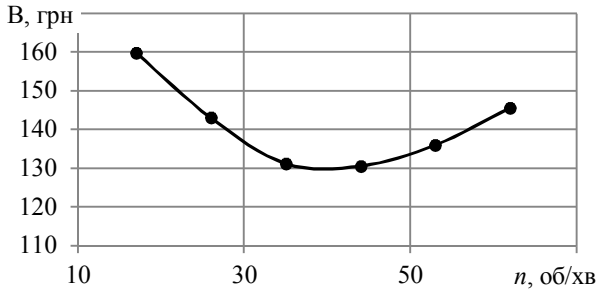


Рис. 6. Залежність сумарних витрат від частоти обертання швидкохідного ротора

Представлена залежність має мінімум, який відповідає частоті обертання 39 об/хв. Це значення, визначене графічно, є оптимальною частотою обертання швидкохідного ротора і забезпечить найкращий результат з точки зору якості перемішування та мінімізації економічних витрат при тривалості змішування 24 хв.

Інтенсивність змішування і швидкість обмінних процесів безпосередньо пов'язані зі швидкістю дисипації механічної енергії в місткості. Збільшення ступеня турбулентності системи, що досягається при перемішуванні, призводить до зменшення товщини пограничного шару, збільшення і безперервного поновлення поверхні фаз, які взаємодіють. Це викликає суттєве прискорення процесів тепло- і масообміну.

Швидкість дисипації турбулентної енергії в комплексі Flow Vision має розмірність [$м^2 \cdot с^{-3}$]. Для переведення розмірності цієї величини в загальноприйняту, Дж/с, розрахований інтегральний показник швидкості дисипації турбулентної енергії ε помножено на масу суміші. Отримуємо E = 204 Дж/с. Перетворення механічної енергії в теплову при перемішуванні не призводить до суттєвого підвищення температури суміші, яка збільшується на 0,7 °С.

Висновки. Розподіл концентрації компонентів суміші для таблетування і, відповідно, ступінь її однорідності, суттєво залежить від частоти обертання швидкохідного ротора і тривалості процесу. За умови, що частота обертання перевищує 53 об/хв, для досягнення ступеня однорідності, близького до 1, процес має тривати 18 хв.

Однак такі режими роботи змішувача не є раціональними з економічної точки зору, оскільки, забезпечуючи більшу продуктивність, призводять до суттєвого збільшення енергоспоживання. Оптимальним значенням частоти обертання швидкохідного ротора черв'ячно-лопатевого змішувача є 39 об/хв. Цей показник забезпечить найкращий результат з точки зору якості перемішування та мінімізації економічних витрат при тривалості змішування 24 хв.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Berthiaux H.* Continuous mixing of powder mixtures with pharmaceutical process constraints / Henri Berthiaux, Khadija Marikh, Cendrine Gatumel // Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. — 2008. — Volume 47, Issue 12. — P. 2315 — 2322.

2. *Mixing and Dissolution* Processes of Pharmaceutical Bulk Materials in Stirred Tanks: Experimental and Numerical Investigations / T. Hörmann, D. Suzzi, J.G. Khinast // Ind. Eng. Chem. Res., 2011, 50 (21). — P. 12011—12025.

3. *Hersey J.A.* Powder Mixing: Theory and Practice in Pharmacy / J. A.Hersey //Powder Technology. — 1976. — №15. — P. 149 — 153.

4. *Pharmaceutical Blending and Mixing* / P.J. Cullen, Rodolfo J. Romañach, Nicolas Abatzoglou, Chris D. Rielly // Wiley Online Library. — Published Online: 15 May 2015.

5. *Литовченко І.М.* Визначення раціональних параметрів первинного змішування компонентів в тістомісильних машинах / І.М. Литовченко, М.С. Шпак // Харчова промисловість. — 2008. — № 7. — С. 49—51.

6. *Литовченко И.Н.* Определение потребляемой мощности при замесе теста на основе учета сил сопротивления / И.Н. Литовченко, М.С. Шпак, С.В. Стефанов // Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. Ч. 2. — С. 64—67.

ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ СМЕСИ ДЛЯ ТАБЛЕТИРОВАНИЯ

Е. Чепелюк, А. Чепелюк, А. Губеня
Национальный университет пищевых технологий

Безопасность и эффективность лекарственных средств, в частности в твердой форме, прежде всего определяется дозой действующего вещества. В программном комплексе Flow Vision выполнены вычислительные эксперименты по определению влияния частоты вращения рабочего органа на степень однородности смеси для таблетирования, энергопотребление, производительность оборудования и, соответственно, финансовые затраты. Оптимальная частота вращения ротора составляет 39 об/мин. При этом установившееся значение равномерного распределения концентрации компонентов достигается за 24 мин. Диссипация энергии в смесителе не приводит к существенному нагреву смеси.

Ключевые слова: *смешивание, смесь для таблетирования, рабочий орган, частота вращения, энергозатраты.*

УДК 621.87

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE PRESSURE OF LIQUID FOOD PRODUCTS ON THE MOVEMENT LAW OF THE VALVE OF PRECISION DOSING APPARATUS

M. Iakymchuk, O. Horchakova, S. Tokarchuk, G. Valiulin
National University of Food Technologies

Key words:
dosing,
liquid food,
valve,
pressure,
precision dispenser

Article history:
Received 02.10.2018
Received in revised form 29.10.2018
Accepted 22.11.2018

Corresponding author:
HorchakovaOM
@gmail.com

ABSTRACT

The change in pressure of a liquid food product in the dosing channel on the laws of the movement of the valve of the precision dispenser discusses in the article. It has been established that the dosage of a liquid food product is a complex process which is connected with non-stationary modes of opening and closing of the actuating device. The quality of such a process essentially depends on the kinematic and dynamic parameters of the movement of a liquid food product.

The most important part of the dosing system is the locking element at the dosing liquid food product which is in direct contact with the dosed liquid. The conical and cylindrical locking elements are the most common. Traditionally, linear, parabolic and step laws of motion are used to implement the movement of the locking element. The listed laws of motion consist of three main stages: from opening, idle and closing. The most accurate for dosing is the parabolic law of motion of the dispenser valve which ensures the smoothness of that valve in the final stage.

According to the results of analytical researches it was found that there is a sharp increasing in pressure in the dosing channels at the time of closing. This phenomenon is accompanied by a hydraulic shock on the valve which is characterized by a significant excess of the nominal pressure in the hydraulic system. The authors proposed to implement the fourth stage of the movement of the check valve for high-quality work of a control system of the dispenser. This will affect the transient, which is crucial for the accuracy of dosing.

The results can be further used in the design of the new generation precision dispensers control systems, which implement the specified laws of motion of the valve.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-18

© М.В. Якимчук, О.М. Горчакова, С.В. Токарчук, 2018

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТИСКУ РІДКОГО ХАРЧОВОГО ПРОДУКТУ НА ЗАКОН ПЕРЕМІЩЕННЯ КЛАПАНА ПРЕЦЕНЗІЙНОГО ДОЗАТОРА

М.В. Якимчук, д-р техн. наук
О.М. Горчакова, аспірант
С.В. Токарчук, канд. техн. наук
Г.Р. Валіулін, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

У статті розглядаються впливи змін тиску рідкого харчового продукту в каналі дозування на закони переміщення клапана прецензійного дозатора. В результаті досліджень отримано аналітичну модель зміни тиску в каналах дозувального пристрою для випадку закриття клапану дозатора рідкого харчового продукту. Отримані результати можливо в подальшому використовувати при проектуванні системи керування прецензійних дозаторів нового покоління, які реалізують задані закони руху.
Ключові слова: *дозування, рідкий харчовий продукт, клапан, тиск, прецензійний дозатор.*

Постановка проблеми. Нині в лініях пакування широкого застосування набули прецензійні дозуючі пристрої, призначені для відмірювання і видачі заданої кількості продукту у вигляді порцій [1]. Основними перевагами таких пристроїв є забезпечення підвищених вимог до точності дозування, надійності, швидкодії експлуатації, а також можливості швидкого переналагодження. Пристрої використовуються для різних харчових продуктів, серед яких найбільш розповсюдженими є рідкі.

Дозування рідкого харчового продукту є складним процесом, пов'язаним з нестаціонарними режимами відкриття і закриття виконавчого пристрою дозатора. Якість такого процесу суттєво залежить від кінематичних і динамічних параметрів руху рідкого харчового продукту, що впливає на реалізацію заданого закону руху запірного елемента. Для його здійснення необхідною умовою є дослідження впливу тиску на клапан у каналах дозуючого пристрою.

Мета дослідження полягає у дослідженні закономірностей впливу тиску рідкого харчового продукту в каналі дозування на закон переміщення клапана прецензійного дозатора.

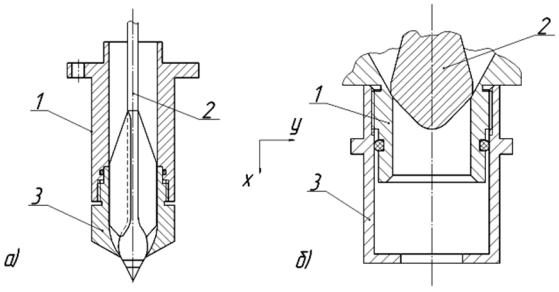


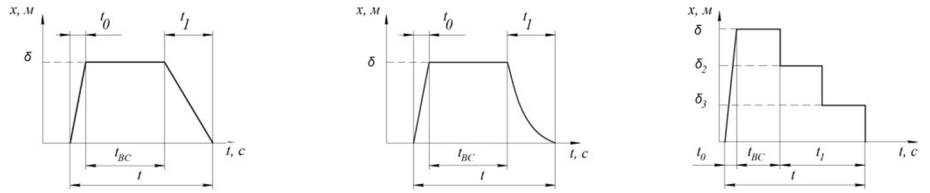
Рис. 1. Конструкції запірних елементів прецензійних дозаторів:
а) конусний; б) циліндричний: 1 — корпус; 2 — клапан; 3 — насадка

Матеріали і методи. При дозуванні рідких харчових продуктів найбільш відповідальною ланкою системи дозування є запірний елемент, що знаходиться в безпосередньому контакті з рідиною, що дозується [2]. Форма запірних елементів у прецензійних дозаторах залежить від продуктивності. Найбільш поширеними є запірні елементи конусної та циліндричної форм (рис. 1). Робота прецензійних дозаторів передбачає переміщення клапанів і складається з двох етапів:

перший етап — швидке формування основної частини дози продукції, другий — реалізація точності дози. Визначено, що найбільш розповсюдженим є запірний клапан конусної форми [3].

Традиційно для реалізації руху запірного елемента використовуються лінійний (рис. 2а), параболічний (рис. 2б) та ступневий (рис. 2в) закони руху. Перераховані закони руху складаються з трьох основних етапів: відкриття, вистою та закриття. Час відкриття клапана (t_0) дозатора є найменшим. Час вистою ($t_{ВС}$) дозатора залежить від об'єму упаковки, що наповнюється. Найбільш вагомим є час закриття клапана (t_1) дозатора, який суттєво впливає на точність дозування та на продуктивність дозатора.

На основі аналізу науково-технічної літератури [4] можна стверджувати, що найбільш точним для дозування є параболічний закон руху клапана дозатора (рис. 2б), який забезпечує його плавність на кінцевому етапі дозування (t_1). Схему потоків рідини в дозаторі в момент закриття клапана за параболічним законом руху показано на рис. 3.



а) б) в)

Рис. 2. Типові закони руху клапана прецензійного:
а — лінійний; б — параболічний; в — ступневий: t_0 — час відкриття клапана дозатора; t_1 — час закриття клапана дозатора; $t_{ВС}$ — час відкритого стану клапана дозатора; t — час дозування одиничної дози; δ_1 — переміщення клапана дозатора

Для математичної моделі були прийняті такі припущення: рідкий харчовий продукт розглядається як нестислива в'язка рідина [5]; густина рідкого харчового продукту залишається незмінною при зміні тиску, тобто $\rho = const$.

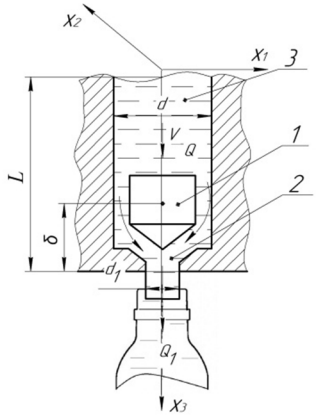


Рис. 3. Схема потоків рідкого харчового продукту в дозаторі в момент закриття клапана:
1 — клапан дозатора; 2 — спрощена модель каналу системи подачі рідкого харчового продукту; 3 — рідкий харчовий продукт: Q — об'єм дозатора; Q_1 — об'єм рідкого харчового продукту, що дозується в упаковку; V — швидкість руху рідини; d — внутрішній діаметр дозатора; d_1 — діаметр вихідного отвору; L — висота дозатора з патрубками; δ — переміщення клапана дозатора

Результати досліджень. Диференціальне рівняння руху рідини між клапаном і конусом дозатора, відповідно до вибраної системи координат, описується рівнянням:

$$\frac{dV}{dt} = -\frac{dp}{dx_3}\frac{1}{\rho} + 2nV, \tag{1}$$

де: ρ — густина рідкого харчового продукту; $2nV$ — сила в'язкого опору, де $n = \frac{2\nu}{\Delta^2}$, де Δ — висота пограничного шару рідкого харчового продукту; ν — кінематичний коефіцієнт в'язкості.

Рух клапана на етапі закривання відбувається за параболічним законом:

$$x = at^2/2 + bt + c\ . \tag{2}$$

Відповідно, швидкість клапана на цьому етапі:

$$V = \frac{dx}{dt} = at + b\ . \tag{3}$$

Зміна тиску в циліндричному каналі між клапаном і корпусом дозатора описується рівнянням:

$$\frac{dp}{dx} = 2nV\rho - \frac{dV}{dt}\rho = 2n\rho at + 2n\rho b - \frac{dV}{dt}\rho\ . \tag{4}$$

Початковими умовами на другому етапі руху є час $t = 0$, координата та швидкість клапана $x=0$; $V= V_0$; $p=p_0$. Кінцевими умовами етапу закриття є $t = t_1$, $x = L$, $V = 0$.

Підставимо початкові умови $b = V_0$, $a = -b/t_1 = -V_0/t_1$ в рівняння (3) та отримаємо зміну швидкості:

$$V = -\frac{V_0 t}{t_1} + V_0 = V_0\left(1 - \frac{t}{t_1}\right). \tag{5}$$

Підставимо вираз (5) в рівняння (4) та отримаємо зміну тиску:

$$\frac{dp}{dx} = 2n\rho V_0\left(1 - \frac{t}{t_1}\right) + \rho\frac{V_0}{t_1}\ . \tag{6}$$

Проінтигруємо рівняння (5) та визначимо тиск:

$$p = \int\left[\rho\frac{V_0}{t_1} + 2n\rho V_0\left(1 - \frac{t}{t_1}\right)\right]dx, \tag{7}$$

з урахуванням форми каналу:

$$p = \rho \frac{V_0}{t_1} x + 2n\rho V_0 \left(1 - \frac{t}{t_1}\right) x + C. \quad (8)$$

У рівнянні (8) визначимо постійну інтегрування C підставимо початкові умови та отримаємо:

$$C = p_0. \quad (9)$$

Підставимо рівняння (9) в рівняння (8) та отримаємо зміну тиску:

$$p = \rho \frac{V_0}{t_1} x + 2n\rho V_0 \left(1 - \frac{t}{t_1}\right) x + p_0. \quad (10)$$

Визначимо величину тиску в момент закриття клапану, що відповідає кінцевим умовам: $x = L$ та $t = t_1$:

$$\Delta p = p - p_0 = \rho \frac{V_0}{t_1} L. \quad (11)$$

Аналітичні розрахунки досліджень за запропонованою методикою представимо у вигляді графіка зміни тиску в каналі дозування від часу переміщення клапана дозатора.

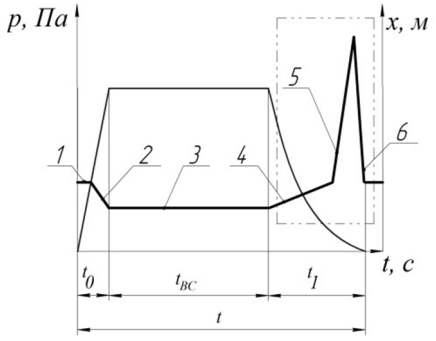


Рис. 4. Графік залежності зміни величини тиску в каналі дозування як функція від часу та переміщення клапана дозатора: 1 — тиск рідкого харчового продукту на закритий клапан; 2 — падіння тиску під час відкривання клапану; 3 — тиск рідкого харчового продукту на відкритий клапан; 4 — тиск, на початковому етапі закривання клапана; 5 — різке збільшення тиску в момент закриття клапана (гідроудар); 6 — зниження тиску після гідроудару та його нормалізація; t_0 — час відкриття клапана дозатора; t_1 — час закриття клапана дозатора; t_{BC} — час відкритого стану клапана дозатора; t — час дозування одиничної дози

Висновки. За результатами аналітичних досліджень було встановлено, що в момент закриття клапана дозатора відбувається різке збільшення тиску в каналах дозування. Таке явище супроводжується гідроударом рідини об клапан, що характеризується перехідними процесами, які призводять до значного перевищення номінального тиску в гідросистемі, і, як наслідок, збільшення похибки точності дозування. Для якісної роботи системи керування дозатором запропоновано реалізувати четвертий етап руху запірного клапана, що буде реагувати на перехідний процес, який є визначальним для точності дозування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пакувальне обладнання: підручник / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан. — К. : ІАЦ Упаковка, 2010. — 746 с.

2. *Гвоздєв О.В.* Обґрунтування конструкції запорного клапану дозатора — наповнювача рідких продуктів / О.В. Гвоздєв, І.М. Ялоха // Праці Таврійської державної агротехнічної академії — Мелітополь: ТДАТА. — 2001. — Вип. 1. — Т.23. — С. 40—44.

3. *Gorchakova O.* Research of mechatronic modules of dosing weighing devices for liquid products / O. Gorchakova, M. Iakymchuk, O.Gavva, B. Mykhailyk// Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies. — 2017. — № 12. — P. 27—32.

4. *Зайчик Ц.Р.* Упаковывание тихих напитков в бутылки / Ц.Р. Зайчик, В.А. Трунов — М. : ДеЛи, 2000. — 206 с.

5. *Яцун С.Ф.* Динамические режимы движения клапана прецизионного дозатора жидких сред [Текст] / С.Ф. Яцун, Ж.Т.Жусубалиев, О.В.Емельянова [и др.] // Изв. вузов. Серия «Машиностроение». — 2008. — №8. — С.37 — 48.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ ЖИДКИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ НА ЗАКОН ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КЛАПАНА ПРЕЦЕНЗИОННОГОДОЗАТОРА

Н.В. Якимчук, О.Н. Горчакова, С.В. Токарчук, Г.Р. Валиулин
Национальный университет пищевых технологий

В статье рассматривается изменение давления жидкого пищевого продукта в канале дозирования на законы перемещения клапана прецензионные дозатора. В результате исследований была получена аналитическуя модель изменения давления в каналах дозирующего устройства в случае закрытия клапана дозатора жидкого пищевого продукта.

Полученные результаты можно в дальнейшем использовать при проектировании системы управления прецизионных дозаторов нового поколения, которые реализуют заданные законы движения клапана.

***Ключевые слова**: дозирования, жидкий пищевой продукт, клапан, давление, прецензионный дозатор.*

УДК 331.452:614.87

IMPROVING THE RISK ASSESSMENT IN THE CONDITIONS OF THE EMERGENCY SITUATION

A. Nikitin, O. Hivrich
National Defense University of Ukraine "Ivan Chernyakhovsky"
N. Volodchenkova
National University of Food Technologies

Key words:
risk,
risk assessment,
effect,
emergency situation

Article history:
Received 06.10.2018
Received in revised form 09.11.2018
Accepted 21.11.2018

Corresponding author:
volna22@bigmir.net

ABSTRACT

Safety and safe activities in an emergency — a key issue any industrial enterprise. Taking into account the high risk of deteriorating health as for the personnel of the enterprise and the rescue units of the civil protection service and for the population living in the zone of possible influence of hazardous and harmful factors that arise in the event of accidents and / or emergencies in food (industrial) enterprises, preventive measures should be provided for unpredictable circumstances. In order to control and minimize the impact on the personnel of the harmful and dangerous factors that arise in the process of elimination of consequences, it is necessary to improve the methodology for assessing the risk and bringing to the optimal (acceptable) values, both for employees of the enterprise, the population, and for the rescue units of the civil protection service of Ukraine, which are affected by dangerous emergency factors.

The methodology of risk management involves identifying the main sources and factors of danger (risk assessment); study of patterns, principles and main directions of further development (risk forecasting); determination of the most effective ways of reducing the tension during the execution of tasks in the conditions of emergency situations of anthropogenic, natural and military character. The proposed method involves calculation of risk taking into account all known g- hazards factors at which a k-hazards factor can be formed, factor that is formed depending on the type of emergency. In addition, along with the calculation of probability of risk can additionally R_{ik} bottles included in the risk from other sources, and more. Improving the method of quantitative risk assessment will provide an opportunity for a comprehensive search for solutions for the use of civil protection forces during the elimination of the consequences of emergencies on the basis of risk assessment, which, in contrast to existing methods, determines the level of expediency of certain tasks and provides the minimum acceptable damage in an emergency.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-19

© А.А. Нікітін, О.В. Хіврич, Н.В. Володченкова, 2018

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

А.А. Нікітін
О.В. Хіврич, канд. військ. наук
Національний університет оборони України імені Івана Черняховського
Н.В. Володченкова, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій,

Питання безпеки та безпечної діяльності у надзвичайних ситуаціях — ключове питання будь-якого промислового підприємства.
З метою контролю та мінімізації впливу на персонал шкідливих і небезпечних факторів, які виникають у процесі ліквідації наслідків, необхідно удосконалити методику для оцінювання ризику та доведення до оптимальних (прийнятних) значень як для працівників підприємства, населення, так і для оперативно-рятувальних підрозділів служби цивільного захисту України, що потрапляють під вплив небезпечних факторів надзвичайної ситуації. Запропонована методика передбачає розрахунок ризику з урахуванням усіх відомих g-небезпечних факторів, при якому може діяти k-небезпечний фактор, що утворюється залежно від типу надзвичайної ситуації.
Удосконалення методу кількісного оцінювання ризику надасть можливість комплексного пошуку рішень щодо застосування сил цивільного захисту під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій на основі оцінки ризику, яка, на відміну від існуючих методик, визначає рівень доцільності тих чи інших завдань і забезпечує мінімально припустиме ураження в надзвичайній ситуації.
Ключові слова: *ризик, оцінка ризику, наслідки, надзвичайна ситуація.*

Постановка проблеми. Аналіз надзвичайних ситуацій, що трапилися в Україні за останні шість років, свідчить про те, що значна їх кількість виникає на об'єктовому рівні (підприємство). Для харчових (промислових) підприємств система заходів захисту від надзвичайних ситуацій включає:

- планування та здійснення необхідних заходів для захисту своїх працівників, об'єктів господарювання;
- розроблення планів локалізації та ліквідації аварій з подальшим погодженням з Державною службою України з надзвичайних ситуацій;
- підтримання у готовності до застосування сил і засобів із запобігання виникненню та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- створення та підтримання матеріальних резервів для запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій;
- забезпечення своєчасного оповіщення своїх працівників про загрозу виникнення або при виникненні надзвичайної ситуації.

Ліквідація наслідків надзвичайної ситуації є складним, тривалим і ризикованим процесом, який вимагає широкого застосування різних заходів і засобів.

При виникненні таких ситуацій та з метою ліквідації наслідків необхідно обґрунтовані методи управління, що ґрунтуються на міжнародному досвіді управліннями ризиками.

Мета дослідження: розроблення рекомендацій з управління (з визначенням критеріїв планування) під час здійснення аварійно-рятувальних робіт і ліквідації наслідків в умовах надзвичайної ситуації природного або техногенного характеру.

Завданням дослідження є удосконалення методики для оцінення ризику та доведення до оптимальних (прийнятних) значень як для працівників підприєм-

ства, населення, так і для оперативно-рятувальних підрозділів служби цивільного захисту України, що потрапляють під вплив небезпечних факторів надзвичайної ситуації.

Матеріали і методи. На сьогодні розроблено незначну кількість методів визначення прийнятного ризику під час аварійно-рятувальних робіт і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій на харчовому (промисловому) підприємстві. Основними є метод критеріальних кривих, метод системної динаміки, метод суб'єктивної логіки. Наразі наведені методи мають недоліки, пов'язані з використанням значної кількості статистичних і ймовірнісних показників і не можуть застосовуватися як експрес-методи при плануванні під час аварійно-рятувальних робіт та ліквідації в умовах надзвичайних ситуацій.

Зазначене вимагає розроблення відповідного методу кількісного оцінювання величини обґрунтованого «прийнятного» ризику під час аварійно-рятувальних робіт ті ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій на харчовому (промисловому) підприємстві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наука про ризик та його оцінку сформувалася в останній чверті XX ст., і вона, безумовно, може стати однією з панівних і системоутворювальних при вирішенні багатьох проблем у різних галузях науки XXI сторіччя. Питання визначення небезпек, дослідження ризику та менеджменту ризиків в галузі промислової безпеки та охорони праці розглянуто у наукових працях[1; 3]. Так, математичну модель розрахунку потенційного ризику техногенної небезпечної ситуації під час військових дій запропоновано у [2].

Важливим завданням управління на основі врахування ризиків є встановлення обґрунтованого «прийнятного» рівня ризику харчового (промислового) підприємства при проведенні аварійно-рятувальних робіт та ліквідації надзвичайних ситуацій [4]. Ефективність функціонування системи прийняття управлінського рішення у надзвичайних ситуаціях, при виникненні пожеж, катастрофах, стихійних лихах доведено у [5].

У Європейському Союзі ризик-орієнтований підхід закріплено стст. 2, 3 Європейської соціальної хартії (переглянутої), а також так званою «рамковою» Директивою № 89/391/ЄЕС Ради щодо встановлення заходів із заохочення поліпшення охорони здоров'я та безпеки праці працівників.

Задля встановлення соціальної справедливості, дотримання міжнародно-визнаних прав людини і прав у сфері праці Україна ратифікувала понад 170 конвенції, в тому числі вісім фундаментальних [6].

Законом України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» від 5 квітня 2007 року № 877-V ризик визначається як кількісна міра небезпеки, що враховує ймовірність настання негативних наслідків від здійснення господарської діяльності та можливий розмір втрат внаслідок цього.

Огляд наукових публікацій показує, що найчастіше застосовується підхід до визначення ризику несприятливої події, що враховує не тільки ймовірність цієї події, але також всі його можливі наслідки. Ймовірність події або процесу виступає одним з компонентів ризику, а міра наслідків (збитку) — іншим. Таке двовимірне визначення ризику використовується при кількісному оцінюванні ризику [1; 3; 4].

Ця завдання ускладнюється через наявність багатьох непрогнозованих, випадкових, суб'єктивних обставин, різних відхилень від очікуваного результату, що визначає неоднозначність прийнятих рішень.

Результати дослідження. При управлінні ризиками використовують методи, що дають змогу виявляти рівень невизначеності, прогнозувати настання ризикових подій і вживати заходи щодо запобігання або зменшення негативних наслідків їх реалізації з урахуванням соціально-економічних, екологічних та інших аспектів діяльності харчового підприємства. Методологія управління ризиками передбачає виявлення основних джерел і чинників небезпеки (оцінка ризику); дослідження закономірностей, принципів і основних напрямів подальшого розвитку (прогнозування ризику); визначення найбільш ефективних шляхів скорочення напруженості під час виконання завдань в умовах надзвичайних ситуацій техногенного, природного і воєнного характеру.

Проблемі ухвалення рішень в ситуації існування ризику притаманні риси раціональності. Адже причиною появи ризику є невизначеність й відсутність повної вичерпної інформації, що зумовлює невпевненість у тому, що саме прийнятний варіант рішення призведе до найкращого результату.

Розглянемо методику оцінки ризику. Ризик, як правило, оцінюється ймовірнісним методом [7; 8].

Нехай у районі проведення аварійно-рятувальних робіт і ліквідації надзвичайних ситуацій наявні g небезпечних факторів (наприклад, при g = 6 розглядається зараження повітря, сировини, готової продукції, обладнання, засобів захисту, місцевості), до яких додається ще один ($к$-й) фактор.

Повний ризик, зумовлений впливом всіх $к$-небезпечних факторів, визначається таким чином:

$$R_{ij} = \sum_{g}(\sum_{j=1}^{k-1} R_{ig} + R_{ik}), \qquad (1)$$

де R_{ij} — значення ризику для підрозділів цивільного захисту, що займаються ліквідацією i-го типу в надзвичайних ситуаціях j-го виду; R_{ig} — значення ризику для підрозділів цивільного захисту, що займаються ліквідацією i-го типу з g-м видом небезпечних речовин (компонента) надзвичайної ситуації; R_{ik} — значення ризику для підрозділів цивільного захисту, що займаються ліквідацією i-го типу у надзвичайній ситуації, пов'язаного з наявністю додаткового k-го типу ризику будь-якого виду. Наприклад, ризик виконання спеціальних робіт.

Крім того, поряд із розрахунком імовірності ризику додатково R_{ik} може бути включено в ризик від інших джерел:

$$R_{ik} = P_k(\Delta t) L_k, \qquad (2)$$

де $P_k(\Delta t)$ — ймовірність виникнення k-ї події у за встановлений термін; L_k — кількість $к$-х випадків.

Оцінення ризику може бути диференційним і комплексним. Диференційну оцінку проводять за допомогою одиничних або часткових показників, які дають характеристику тільки однієї із властивостей безпеки. У той час як комплексну оцінку можна проводити з використанням комплексу показників, що відображають властивості декількох рис безпеки як середовища знаходження людини, так і обладнання або технологічного процесу. Практикою організації процесу оцінення ризику від небезпечних речовин припускається, що зв'язок між отриманою дозою $Д_{ij}$, що накопичена протягом короткої часу застосування у надзвичайній ситуації та ризиком $[P_r(Д)]_{ij}$ має лінійну залежність.

$[P_r(Д)]_{ij}$ є ймовірнісною величиною, що дає змогу перейти до ймовірнісних розрахунків ризиків виконання завдань при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

У такому випадку вираз (1) матиме такий вигляд:

$$R_{ij} = \sum_{g} (\sum_{j=1}^{k-1} [P_r(Д)]_{ig} + P_r(Д)_{ik_1}), \tag{3}$$

Для лінійного зв'язку з дозою між $Д_{ij}$ і викликаним ефектом може бути використаний вираз [2]:

$$P_r\left(Д_{ij}\right) = F_r Д_{ij} = F_r c\, v\, t, \tag{4}$$

де c — концентрація (доза) небезпечного компоненту (мг, Р, рад); v — швидкість його надходження в організм (м^3/доба, л/хв., Р/г); t — тривалість ліквідації надзвичайної ситуації, перебування в зонах та інше (хв., год., зміна, доба, рік); F_r — фактор ризику небезпечного компоненті(мг$^{-1}$, P^{-1}). Всі показники мають розраховані і табульовані значення.

$$R_{ij} = \sum_{g} [\ (\sum_{j=1}^{k-1} (P_r(Д))_{ig} + P_r(Д))_{ik}) = \sum_{g} [\ (\sum_{j=1}^{k-1} (F_r c v t)_{ig} + (F_r c v t)_{sk}) \cdot \tag{5}$$

Варіант аналізу наслідків розповсюдження наслідків надзвичайної ситуації з хлором, аміаком і фосгеном наведений на рис. 1.

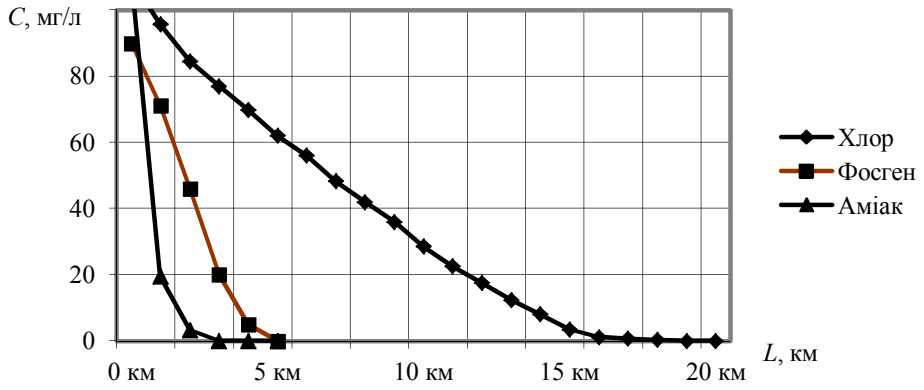


Рис. 1. Прогноз концентрацій Lct_{50} хімічного зараження повітря. (Lct_{50} — смертельний ризик ураження 50% населення (сил) у надзвичайній ситуації

У подальшому необхідне проведення порівняння отриманих значень R_{ij} з прийнятними $R_{ij}^{прийн}$:

$$R_{ij}^{прийн} \geq R_{ij} \cdot \tag{6}$$

Зазначений вираз має можливість бути перетвореним на інші вирази, завдяки яким можливо провести необхідні для організації ліквідації надзвичайної ситуації розрахунки c_k та t_k:

$$c_k = \frac{R_{ij}}{t_k v_{ij}}, \quad (7)$$

та відповідно

$$t_k = \frac{R_{ij}}{v_{ij} c_k} \quad (8)$$

За показниками c_k можливе проведення оцінки результатів проведення аварійно-рятувальних робіт і ліквідації надзвичайної ситуації за критеріями прийнятного ризику, а за показниками t_k — встановлення термінів залучення аварійно-рятувальної служби у надзвичайній ситуації.

Аналогічний підхід до розрахунку можна застосувати і для розрахунку ризику виконання інших завдань.

На жаль, в існуючих нормативних документах не виявлено будь-яких критеріїв прийнятного ризику часу до підготовки до роботи з аварійно- рятувальних робіт і ліквідації наслідків або діяльності, що формально дає багатий матеріал для проведення досліджень.

Запропонований метод забезпечує отримання кількісного значення величини прийнятного ризику для аварійно-рятувальної служби цивільного захисту у надзвичайних ситуаціях. При цьому гранична межа ризику встановлюється в рамках прийняття рішення на аварійно-рятувальні роботи та ліквідацію надзвичайної ситуації.

Так, ухвалення рішень щодо величини прийнятного ризику, що відповідає обраному рівню безпеки, який задовольняє керівництво (суспільство), є селекцією оптимальної стратегії на окремому етапі або цілої операції (компанії) з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

Висновки. Удосконалення методики щодо оцінки ризику при проведенні ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій дасть змогу розробити науково-обґрунтовані рекомендації та пропонувати практичні заходи щодо досягнення прийнятного рівня ризику як для працівників промислового підприємства, населення, так і для, особового складу ліквідаторів, що потрапили під вплив небезпечних факторів надзвичайної ситуації.

Завдяки комплексній оцінці можна обирати допустимі концентрації небезпечних речовин (доз) за заданим значенням прийнятного ризику, визначати величини граничних значень концентрації небезпечних речовин (доз) у надзвичайних ситуаціях та величини граничних значень часу перебування в зонах надзвичайної ситуації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Богданова О.В. Комбінований метод оцінки ризику травматизму для промислового підприємства / О. В. Богданова // Проблеми охорони праці в Україні : зб. наук. праць. — К. : ДУ «ННДІПБОП», 2016. — Вип. 31. — С. 52—63.

2. *Туровець Ю.С.* Потенційний ризик ураження техногенно-небезпечного об’єкту в локальному конфлікті // Вісник АМУ серія «Техніка» К.:ТНУ, 2012. — Вип. 5. — С. 159—163.

3. *Цьопа В.* Ризик-орієнтоване мислення: основи, навчання та впровадження // К. : Охорона праці, 2017. — № 8—10.

4. Про затвердження Методики визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки. Наказ № 637 від 04.12.2002

5. *Долгий М.Л.* Обґрунтування системного підходу до управління захистом та безпекою населення у надзвичайних ситуаціях// Державне управління: теорія та практика / М.Л. Долгий, С.І. Осипенко. — Режим доступу :.http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Dutp/-2006-2/.

6. Офіційний сайт Міжнародної організації праці (МОП) Режим доступа : http://geneva.mfa.gov.ua/ua/ukraine-io/labour

7. *Полєжаєв А.М.* Обґрунтування допустимого рівня небезпеки з урахуванням техногенного навантаження територіальних елементів / А.М. Полєжаєв // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. — 2014. — № 2(39). — С. 230—232.

8. *Jingkai L.* Establishment of Emergency Management System Based on the Theory of Risk Management // Procedia Engineering, Volume 43, 2012. — P. 108—112.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ РИСКОВ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

А.А. Никитин, А.В. Хиврич
Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского
Н.В. Володченкова
Национальный университет пищевых технологий

Вопросы безопасности и безопасной деятельности в чрезвычайных ситуациях —ключевой вопрос любого промышленного предприятия.
С целью контроля и минимизации воздействия на персонал вредных и опасных факторов, возникающих в процессе ликвидации последствий, необходимо усовершенствовать методику для оценки риска и доведение до оптимальных (приемлемых) значений как для работников предприятия, населения, так и для оперативно-спасательных подразделений службы гражданской защиты Украины, попадающих под воздействие опасных факторов чрезвычайной ситуации. Предложенная методика предполагает расчет риска с учетом всех известных g-опасных факторов, при котором может образовываться к-опасный фактор, который образуется в зависимости от типа чрезвычайной ситуации.
Совершенствование метода количественной оценки риска позволит комплексно принимать решения по применению сил гражданской защиты при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на основе оценки риска, которая в отличие от существующих методик определяет уровень целесообразности тех или иных задач и обеспечивает минимально допустимое поражения в чрезвычайной ситуации.
Ключевые слова: *риск, оценка риска, последствия, чрезвычайная ситуация.*

УДК 004.021:664.1

RESEARCH OF GENETIC ALGORITHMS IN THE SYSTEM OF AUTOMATED CONTROL OF THE APPARATUS II SATURATION

V. Polupan, V. Sidletskyi, I. Elperin
National University of Food Technologies

Key words:
automation,
sugar,
saturation genetic algorithm,
optimal control

Article history:
Received 14.09.2018
Received in revised form 09.10.2018
Accepted 02.11.2018

Corresponding author:
vmsidletskiy@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this work is to analyze the adaptive system of optimal control for the work of the apparatus of II saturation. Determine qualitative and quantitative indicators of the effectiveness of the adaptive system of optimal control during its implementation through genetic algorithms. The work of the structural model of the adaptive optimal control system is created and investigated. The simulation studies using the classical genetic algorithm have been performed. To ensure the effective work of the classical genetic algorithm, the influence of the size of the initial population on the number of iterations required to find the optimal parameters was investigated. From the experiments it becomes clear that there is an optimal size of the initial population. And for the set task are about 30 units. As well as the research of the modified genetic algorithm with the addition of the classical genetic algorithm of the hybrid function, namely, the particle swarm method (PSM). As can be seen from the research carried out, the addition of PSM to the genetic algorithm has allowed to significantly reduce the number of necessary iterations to achieve optimal parameters. This allowed to significantly reduce machine time to find optimal parameters. The investigated adaptive system of optimal control showed a significantly lower integral quadratic criterion $I = 683$ in comparison with a functioning system in production, the integral quadratic criterion $I = 815$. In addition, the introduction of the hybrid function of the PSM has reduced the machine time to find the optimal parameters: $T = 2098$ ms without the hybrid function and $T = 963$ ms using the hybrid PSM function. The simulation results confirmed that the developed adaptive system of optimum control for the apparatus of the second saturation is highly effective. The best integral quality criteria for the II saturation apparatus were achieved when the classic genetic algorithm was combined with the hybrid PSM function. Thus, developed adaptive optimal control for the apparatus of the second saturation is far ahead of existing solutions on quality indicators.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-20

© В.В. Полупан В.М. Сідлецький, І.В. Ельперін, 2018

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ У СИСТЕМІ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ АПАРАТОМ ІІ САТУРАЦІЇ

В.В. Полупан
В.М. Сідлецький, канд.техн. наук
І.В. Ельперін, канд.техн. наук
Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано адаптивну систему оптимального керування роботою апарата ІІ сатурації та визначено якісні і кількісні показники ефективності функціонування адаптивної системи оптимального керування при її реалізації за допомогою генетичних алгоритмів. Проведено імітаційні дослідження з використанням класичного генетичного алгоритму, а також досліджено модифікований генетичний алгоритм з додаванням у класичний генетичний алгоритм гібридної функції, а саме: метод рою часток (МРЧ). Результати моделювання підтвердили, що розроблена адаптивна система оптимального керування апаратом ІІ сатурації є високоефективною. Найкращі інтегральні критерії якості для апарата ІІ сатурації були досягнуті, коли класичний генетичний алгоритм був об'єднаний з гібридною функцією МРЧ.
Ключові слова: *автоматизація, сатурація, генетичний алгоритм, оптимальне керування.*

Постановка проблеми. Одним з основних процесів очистки цукрового сиропу є процес сатурації. Цей процес забезпечує очищення дифузійного соку і значною мірою — якість цукрового сиропу. Поточний стан автоматизації апаратів ІІ сатурації цукрового заводу характеризується використанням сучасних мікропроцесорних систем керування. У той же час для підвищення ефективності технологічних процесів, включаючи процеси очищення дифузійного соку, необхідно забезпечувати динамічну оптимізацію контрольованих параметрів, що дасть змогу покращити якість проведених процесів.

Апарат ІІ сатурації є нестаціонарним об'єктом з точки зору керування — з часом технологічні параметри можуть змінюються в широкому діапазоні залежно від збурень, що впливають на роботу апарата.

Автоматичні регулятори, які, зазвичай, використовуються, не можуть забезпечити достатню якість керування за таких умов. За останні кілька десятиліть були запропоновані різні вдосконалення для проектування систем керування [1—3]. Проте використання генетичного алгоритму (ГА) в системах керування апаратами ІІ сатурації цукрових заводів не було належним чином вивчено. Тому виникає необхідність у вдосконаленні алгоритмів керування та створення адаптивної системи оптимального керування [4; 5].

Мета дослідження: проаналізувати адаптивну систему оптимального керування роботою сатуратора, визначити якісні та кількісні показники ефективності функціонування адаптивної системи оптимального керування при її реалізації за допомогою генетичних алгоритмів, дослідити роботу класичного генетичного алгоритму, а також вплив гібридної функції методу рою часток на результати виконання алгоритму.

Матеріали і методи. Об'єктом керування є апарат ІІ сатурації цукрового заводу, в якому у результаті взаємодії фільтрованого соку І сатурації з вугле-

кислим газом солі кальцію випадають у осад. Мета оптимізації цього процесу — максимальне осадження солей кальцію, що відповідає мінімальній кількості іонів Са у відсатурованому соку[6].

Параметрична схема об'єкта наведена на рис. 1.

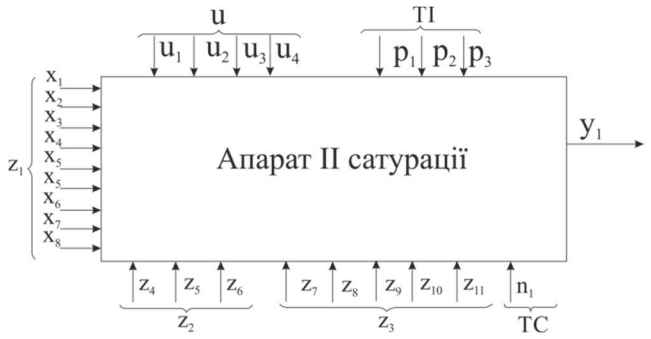


Рис. 1. Параметрична схема апарата ІІ сатурації, де z_1 — збурення, викликане зміною витрати матеріальних потоків: x_1 — фільтрованого соку І сатурації, $м^3$/год; x_2 — вапнякового молока, $м^3$/год; x_3 — сатураційного газу, $м^3$/год; x_4 — сірчаного газу, $м^3$/год; x_5 — фільтраційного осаду, $м^3$/год; x_6 — соку на клеровку жовтого цукру, $м^3$/год; x_7 — випаруваної води в апараті ІІ сатурації, $м^3$/год; y_1 — витрата сульфітованого соку, $м^3$/год; z_2 — збурення, викликані зміною: z_4 — концентрації CO_2 в сатураційному газі, %; z_5 — густиною вапнякового молока, г/$см^3$; z_6 — засміченістю вапнякового молока, %; z_3 — збурення, викликане зміною характеристик: z_7 — насосів; z_8 — підігрівників; z_9 — фільтрів; z_{10} — апарата ІІ сатурації; z_{11} — справністю обладнання; ТС — технологічні обмеження, які викликані: n_1 — підвищеним рівнем у збірнику сульфітованого соку, м; u — керуючий вплив направлений на підтримання заданих значень: u_1 — витрати фільтрованого соку І сатурації, $м^3$/год; u_2 — вапнякового молока, $м^3$/год; u_3 — сатураційного газу, $м^3$/год; u_4 — сірчаного газу, $м^3$/год; ТІ — технологічні показники: p_1 — реакція середовища pH, од. pH; p_2 — чистота соку ІІ сатурації, %; p_3 — реакція середовища сульфітованого соку pH

Основним матеріальним потоком на дільниці є потік фільтрованого соку І сатурації x_1. Збурення групи z_2 при нормальних умовах роботи не надає суттєвого впливу на рівномірність потоку соку на ділянці ІІ сатурації.

Більш суттєвими є збурення групи z_3, але їх зміна проходить протягом тривалого відрізку часу. Для підтримання кількісних показників соку ІІ сатурації (p1, p2, p3) необхідно здійснити управляючі дії u_2, u_3, u_4, а при глибоких збуреннях z_1 або z_2, навіть до керування потоком соку, що поступає на ділянку.

При значному підвищенні рівня в збірнику перед випарною установкою або при відмові обладнання z_3 вдаються до обмеження притоку соку на ділянку.

Зменшення концентрації іонів кальцію С в соку ІІ сатурації супроводжується зменшенням pH соку, тому, враховуючи можливість вимірювання pH у виробничих умовах, ця величина використовується як змінна стану.

При цьому концентрація іонів Са та pH соку, як і електропровідність Х та pH соку, взаємопов'язані нестаціонарною екстремальною залежністю. Дрейф цих характеристик має ту особливість, що мінімум обох кривих завжди відповідає однаковому значенню pH. Це дає можливість перейти до нового критерію управління — електропровідності відсатурованого соку, тому що безпосередній вимір концентрації іонів Са зараз неможливий через відсутність відповідних датчиків. Тоді мета і критерій керування процесом ІІ сатурації, враховуючи покрокову процедуру вирішення задачі, має такий вигляд:

$$I = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1}\left(pH_{opt.i} - pH_i\right)^2 \to \min, \qquad (1)$$

де n — кількість визначень $pH_{опт}$ через однакові проміжки часу Δt упродовж достатньо великого часу TIMIE реалізації процесу n = TIME/Δt:

$$\begin{aligned} \mathrm{pH}(F_{сг}, T_{дс}, C_{\mathrm{CO2}}, F_{\mathrm{CaO}}) = {} & -15{,}01 - 54{,}123F_{сг} - 34{,}982T_{дс} + \\ & +0{,}982C_{\mathrm{CO2}} + 6{,}862C_{CP} + 71{,}936F_{\mathrm{CaO}} - 3{,}973F_{сг}T_{дс} + 7{,}946F_{сг}C_{\mathrm{CO2}} + \\ & +28{,}361F_{сг}C_{CP} - 1{,}804F_{сг}F_{\mathrm{CaO}} - 1{,}765T_{дс}C_{\mathrm{CO2}} - 9{,}082T_{дс}C_{ср} + \\ & +4{,}095T_{дс}F_{\mathrm{CaO}} + 9.635C_{CP}F_{\mathrm{CaO}} - 2.985{T_{дс}}^2 + 4{,}729{F_{сг}}^2 + \\ & +5{,}028{C_{\mathrm{CO2}}}^2 - 8{,}027{C_{CP}}^2 + 8{,}941{F_{\mathrm{CaO}}}^2. \end{aligned} \qquad (2)$$

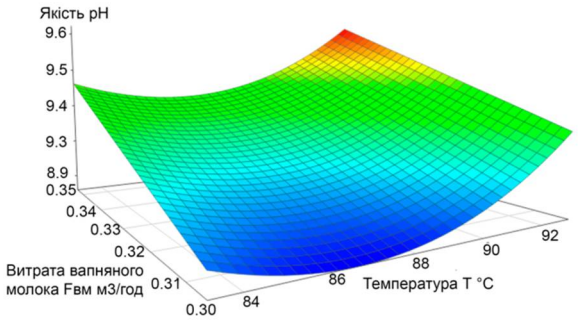


Рис. 2. Поверхня відгуку моделі для якісного показника другої сатурації

Для розв'язання задачі (1) було використано регресійну модель апарата II сатурації (2). Поверхня відгуку цієї моделі зображена на рис. 2. Для вирішення такого завдання побудована система оптимального управління, структурна схема якої наведена на рис. 3. Керуючий обчислювальний комплекс КОК системи складається з блока математичної моделі ММ, який опитує датчики з певною частотою, та блока оптимального керування БОК, що розраховує значення $pH_{опт}$ та організує процедуру динамічної оптимізації [7]. Автоматичний регулятор компенсує збурення, що впливають на pH відсатурованого соку.

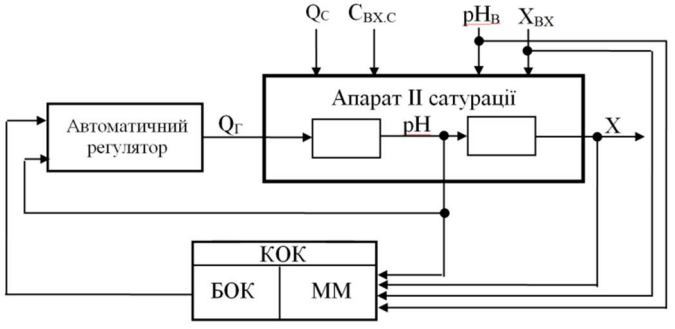


Рис. 3. Структура системи оптимального керування

Блок КОК при вирішенні задачі керування процесом II сатурації було реалізовано з використанням генетичного алгоритму.

Для того, щоб отримати хороші результати виконання ГА, проведено вибір розміру популяції. На рис. 4 зображена залежність кількості обчислень функції пристосованості для знаходження максимуму унімодальної функції від розміру популяції. Видно, що існує оптимальний розмір популяції.

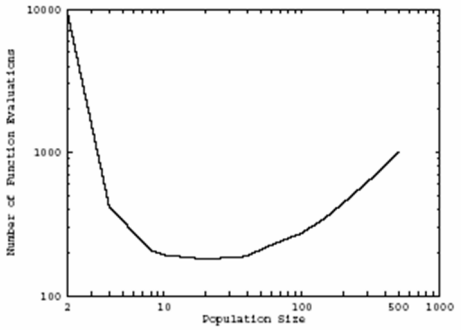


Рис. 4. Залежність розміру популяції від кількості поколінь

Далі було проведено дослідження впливу гібридної функції на роботу ГА. Ідея гібридних алгоритмів полягає в поєднанні генетичного алгоритму з іншим методом пошуку, що відповідає завданню (у цьому випадку обрано МРЧ). На кожному поколінні кожен отриманий нащадок оптимізується цим методом, після чого виконуються звичайні для ГА дії. Реалізований гібридний ГА наведено на рис. 5.

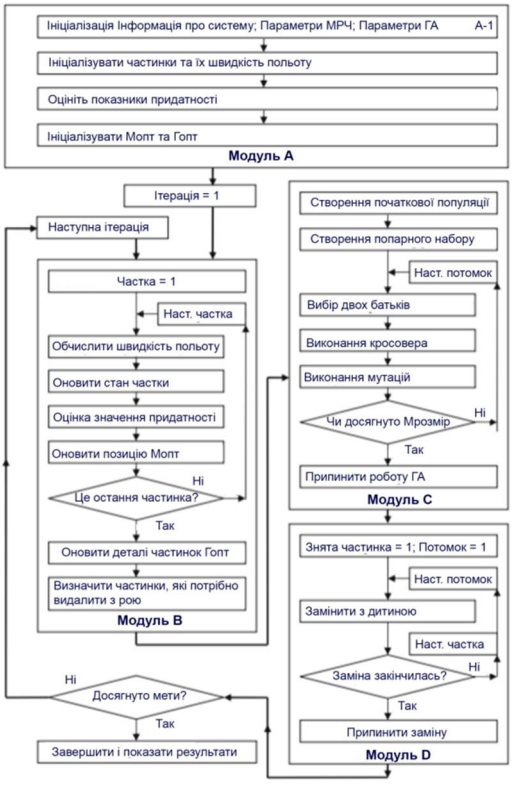


Рис. 5. Модифікований генетичний алгоритм

Для визначення ефективності класичного і гібридного генетичного алгоритму (рис. 6) виконаємо пошук оптимуму моделі (2) за допомогою критерію (1).

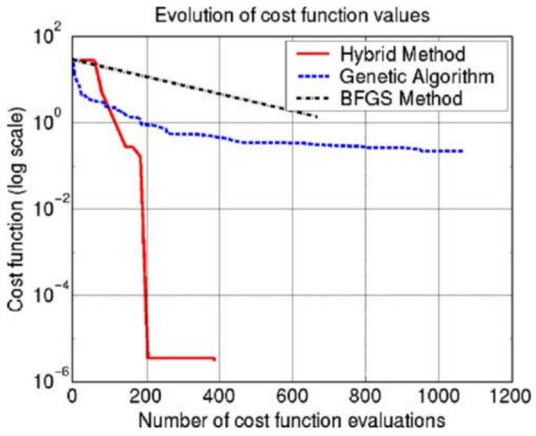


Рис. 6. Результати виконання алгоритму

Як видно з рис. 6, додавання гібридної функції в класичний ГА значно зменшує кількість ітерацій необхідних на пошук оптимальних параметрів.

Результати досліджень. Для перевірки роботи досліджуваної системи було розроблено імітаційну модель, зображену на рис. 7.

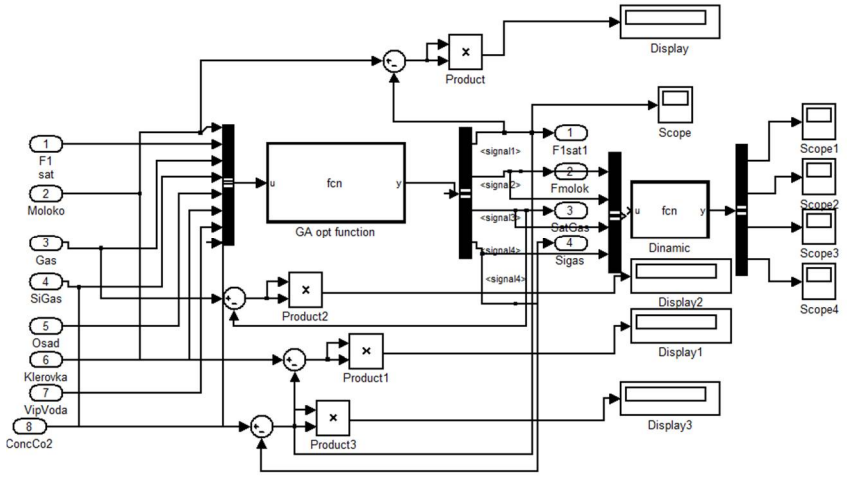


Рис. 7. Модель імітаційного моделювання роботи апарата ІІ сатурації

Програма працює у такій послідовності:

-перед початком роботи вводиться початкові значення для параметрів 1-8 (блоки 1-8 на рис. 7);

-далі в блоці GA opt function генетичним алгоритмом розв'язується рівняння (2) з визначенням точки оптимуму;

-протягом часу T = 3000с в блоці „Dinamic" розраховується перехідні процеси з урахуванням як pH, так і pH_орт (pH_ін + pH_орт), результати містяться в блоці "Scope", а дрейф pH_орт — в масиві pH_орт.

Результати імітаційного моделювання наведено в таблиці. Моделювання проводилось як для класичного ГА, так і для ГА з додаванням гібридної функції МРЧ.

Таблиця. **Результати моделювання**

Гібридна функція	Продуктивність системи керування		
	I		Час адаптації T, ms
	Без адаптації	Адаптивна	
—	815	683	2098
—	902	793	2162
—	856	698	2321
МРЧ	815	683	963
МРЧ	902	793	984
МРЧ	856	698	906

Як бачимо з таблиці, адаптивна система оптимального керування має значно нижчий інтегральний квадратичний критерій порівняно з функціонуючою системою на виробництві. Крім того, введення гібридної функції МРЧ дало змогу скоротити машинний час на пошук оптимальних параметрів з використанням гібридної функції МРЧ. Результати моделювання підтвердили, що розроблена адаптивна система оптимального керування апаратом ІІ сатурації є високоефективною. Найкращі інтегральні критерії якості для апарата ІІ сатурації були досягнуті, коли класичний генетичний алгоритм був об'єднаний з гібридною функцією МРЧ.

Висновки. Результати моделювання підтвердили, що розроблена адаптивна система оптимального керування апаратом ІІ сатурації є високоефективною. Найкращі інтегральні критерії якості для апарата ІІ сатурації були досягнуті, коли класичний генетичний алгоритм був об'єднаний з гібридною функцією МРЧ. Отже, розроблена адаптивна система оптимального керування роботою апарата ІІ сатурації значно випереджає існуючі рішення за якісними показниками. Ось чому настійно рекомендується при проведенні модернізацій існуючих систем керування на цукровому виробництві, а також при створенні нових систем реалізовувати систему керування апаратом ІІ сатурації на базі досліджуваної адаптивної системи оптимального керування.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Schroder P.*, (2000), Intelligent observer and Control Design for Nonlinear Systems, Springer-Verlag, Berlin.

2. *Zinober A.,* Nonlinear and adaptive control, (2003), Springer-Velag, New York.

3. *Ельперін І.В.* Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.

4. Аналіз невимірюваних параметрів на рівні розподіленого керування для автоматизованої системи, об'єктів і комплексів харчової промисловості / В.М. Сідлецький, І.В. Ельперін, В.В. Полупан // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2016. Том 22, № 3. — С. 7—15.

5. *Korobiichuk I., Ladanyuk A., Shumyhai D., Boyko R., Reshetiuk V., Kamiński M.,* (2017) How to Increase Efficiency of Automatic Control of Complex Plants by Development and Implementation of Coordination Control System, Proceedings International Conference on Systems, Control and Information Technologies SCIT. — 2016. — Vol. 543. — P. 189—195.

6. Системний аналіз складних систем управління: навч. посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко та ін. — К. : НУХТ, 2013. — 274 с.

7. *Полупан В.В.* Структура автоматизованої системи розширеного керування для координації суміжних станцій цукрового заводу / В.В. Полупан, В.М. Сідлецький // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2017. — Т. 23, № 1. — С. 16—24.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТОМ II САТУРАЦИИ

В.В. Полупан, В.М. Сидлецкий, И.В. Эльперин
Национальный университет пищевых технологий

В статье проанализирована адаптивная система оптимального управления работой аппарата II сатурации и определены качественные и количественные показатели эффективности функционирования адаптивной системы оптимального управления при реализации с помощью генетических алгоритмов. Проведены имитационные исследования с использованием классического генетического алгоритма, а также исследование модифицированного генетического алгоритма с добавлением в классический генетический алгоритм гибридной функции, а именно: метод роя частиц (МРЧ). Результаты моделирования подтвердили, что разработана адаптивная система оптимального управления аппаратом II сатурации является высокоэффективной. Лучшие интегральные критерии качества для аппарата II сатурации были достигнуты, когда классический генетический алгоритм был объединен с гибридной функцией МРЧ. Таким образом, разработанная адаптивная система оптимального управления работой аппарата II сатурации значительно опережает существующие решения по качественным показателям.

Ключевые слова: *автоматизация, сахар, сатурация, генетический алгоритм, оптимальное управление.*

УДК 658.5

SOME ASPECTS OF THE ACTUALIZATION OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS AND FOOD SAFETY MANAGEMENT SYSTEMS TO THE REQUIREMENT OF NEW VERSIONS OF INTERNATIONAL STANDARDS

L. Stoyanova, K. Ivashchenko
SIE "OIPDE" NUFT

Key words:
quality management systems,
Food Safety Management Systems,
food chain,
risk management,
context,
leadership

Article history:
Received 04.04.2018
Received in revised form 05.09.2018
Accepted 07.11.2018

Corresponding author:
ivachencok.yu@gmail.com

ABSTRACT

At the initiative of GFSI, new versions of standards for management systems (CM)have been developed: ISO 9001:2015 "Quality management systems. Requirements" and ISO 22000: 2018 "Food Safety Management Systems. Requirements for any organization in the food chain". New versions of the standards ISO 9001:2015 and ISO 22000:2018 include a series of changes that are designed for ease of reading and understanding, and some significant changes in the methodology for the development and operation of QMS and FSMS that facilitate their integration into a unified Q and FS MS.The requirement of integrating management systems procedures into the business processes of the organization and incorporating the concept of risk management should be considered as the most important in terms of the impact on business. Risk-based thinking involves an approach that takes into account both negative and positive uncertainties in the development of the QMS, which can affect the business processes of the organization. In both standards, the concept of "the context of an organization" is introduced as a set of external and internal factors that may influence the organization's approach to its products, interaction with all stakeholders, investments, etc. Another significant change in the new versions of both standards is the emphasis on leadership, the replacement of "leadership responsibility" with active "leadership". The concept of validation and verification of documented procedures and management functions in the processes of continuous improvement and updating of management systems has been expanded and updated. The main steps in updating MS: identify and resolve organizational problems; develop a plan for amending the documented procedure in accordance with the requirements of the new standards; update documented procedures in accordance with the requirements of the new standards; provide proper training for all personnel, which can affect the performance of the Q and FS MS.

A three-year transitional period is defined for updating existing management systems to new versions of standards.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-21

© Л.О. Стоянова, К.Ю. Іващенко, 2018

ДЕЯКІ АСПЕКТИ АКТУАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТУ ЯКОСТІ І БЕЗПЕЧНОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ДО ВИМОГ НОВИХ ВЕРСІЙ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ

Л.О. Стоянова, канд. техн. наук
К.Ю. Іващенко, канд. техн. наук
ДЗО «ОІПДО» НУХТ

За ініціативи GFSI розроблені нові версії стандартів на системи менеджменту (СМ): ISO 9001:2015 «Системи менеджменту якості. Вимоги» та ISO 22000:2018 «Системи менеджменту безпечності харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації у харчовому ланцюзі». Нові версії стандартів включають ряд змін, які призначені для зручності читання та розуміння, і деякі суттєві зміни в частині методології розробки і функціонування СМЯ і СМБХП, які полегшують їхню інтеграцію в єдину СМЯ і БХП.
В обох стандартах введено поняття «контекст організації» як сукупності зовнішніх і внутрішніх факторів, які можуть впливати на підхід організації до своєї продукції, взаємодії з усіма зацікавленими сторонами, інвестицій тощо. Суттєвою зміною в нових версіях обох стандартів є акцент на лідерстві, заміна «відповідальності керівництва» на активне «лідерство». Для актуалізації чинних СМ до вимог нових версій стандартів визначено трирічний перехідний період.
Ключові слова: *системи менеджменту якості, системи менеджменту безпечності, ризик-менеджмент, контекст, лідерство.*

Постановка проблеми. Згідно із Законом України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» на більшості харчових підприємств функціонують системи менеджменту якості та безпечності харчових продуктів (СМЯ і БХП). У 2015-2018 рр. розроблені нові версії міжнародних стандартів ISO 9001:2015 [3] та ISO 22000:2018 [4]. Для забезпечення міжнародної сертифікації чинних СМЯ і БХП їх необхідно актуалізувати до вимог нових версій стандартів.

Мета дослідження: визначення основних аспектів і цілей аналізування та актуалізації чинних на підприємствах СМЯ і БХП до вимог нових версій міжнародних стандартів.

Матеріали та методи. В основу методології досліджень покладено методи порівняльного аналізу попередніх і нових версій міжнародних стандартів на системи менеджменту, міжнародних технічних специфікацій на програми-передумови і національних санітарних заходів, вивчення та узагальнення практичного досвіду вітчизняних і закордонних підприємств та організацій з розробки, функціонування й удосконалення СМЯ і БХП.

Результати досліджень. Системи менеджменту якості продуктів і послуг (СМЯ), розроблені в 30-х роках XX ст. за завданням військового відомства США для гарантування високої якості забезпечення армії США, вже в середині 80-х років XX ст. були визнані міжнародною спільнотою доцільними до застосування у всіх сферах господарської діяльності на основі міжнародних стандартів серії ISO 9000.

Мета система мала своєю метою забезпечити задоволеність споживача, передбачала наявність необхідних ресурсів, постійний покроковий моніторинг етапів процесу і заходи для управління невідповідностями [2].

У Радянському Союзі системи носили назву КСУКП (комплексная система управления качеством продукции). Зокрема, в харчовій промисловості це передбачало не тільки нормування показників якості у стандартах на продукцію, але й наявність у технологічних документах системи контролю і коригування параметрів технологічного процесу. А реалізація цих вимог відображалась в цехових технологічних журналах і лабораторних протоколах.

У 60-х роках ХХ ст., на початку ери космічних польотів людей, за дорученням НАСА в США була розроблена система управління безпечністю харчових продуктів, якими харчувались астронавти під час польотів. У системі зроблено більш жорсткий акцент саме на безпечності харчових продуктів. Система отримала назву НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points) — аналіз ризиків і критичні контрольні точки.

У 70-80-і роки система була рекомендована для застосування на харчових підприємствах США, а в дев'яності була визнана ефективною для гарантування безпечності харчових продуктів у різних країнах, тому на її основі були розроблені національні стандарти.

У 2005 р. розроблено міжнародний стандарт ISO 22000:2005 «Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга і серія допоміжних стандартів для впровадження і оцінювання ефективності функціонування СМБХП на принципах НАССР». Стандарт введено методом підтвердження (без перекладу з мови оригіналу) чи ідентичним переводом у більшості країн світу, у т.ч. і в Україні [1].

Ключовими елементами системи є:

- взаємний обмін інформацією в межах усього харчового ланцюга;
- системне управління;
- програми-передумови;
- принципи НАССР.

Основна мета впровадження системи — гарантія забезпечення споживачів безпечними харчовими продуктами.

Наразі наявність сертифікованої системи менеджменту безпечності харчових продуктів (СМБХП) є обов'язковою для будь-якого оператора на міжнародному ринку. З імплементацією Угоди про асоціацію України з ЄС Законом «Про основні принципи та вимоги до безпечності харчових продуктів» впровадження систем менеджменту безпечності харчових продуктів передбачене як обов'язкове для всіх операторів харчового ринку.

Ці дві системи (СМЯ і СМБХП) можуть бути впроваджені як самостійні, але споживач навряд чи зможе вважати харчовий продукт якісним і прийнятним, якщо він не відповідає вимогам за показниками безпечності. Це розуміють і експерти, тому все частіше рекомендують впроваджувати інтегровані системи менеджменту якості і безпечності харчових продуктів за вимогами стандартів ISO 9001 та ISO 22000 .

При розробці таких інтегрованих систем виникали деякі складнощі в зв'язку з відмінностями у стандартах.

Стандарт ISO 22000:2005 в усьому світі визнано перспективним у частині управління безпечністю харчових продуктів за рахунок необхідних попередніх

програм-передумов, аналізування ризиків на операційному рівні і можливостей управління ними за рахунок операційних програм і плану НАССР [1]. Системи на принципах НАССР впроваджені і сертифіковані на підприємствах більш ніж в 150 країнах світу.

Однак у 2000 р. Форумом споживчих товарів була створена неприбуткова міжнародна організація «Глобальна ініціатива з безпечності харчових продуктів» (GFSI), яка зобов'язала удосконалити й гармонізувати стандарти у сфері якості і безпечності харчової продукції.

За висновками GFSI у стандарті ISO 22000:2005[1] не досить конкретні вимоги до програм-передумов саме харчових підприємств різного профілю, з посиланням на міжнародний стандарт GMP (Належна виробнича практика), розроблений для фармацевтичних підприємств. На думку експертів GFSI, у стандарті дещо заплутана структура, є дублюючі вимоги, і він не завжди прийнятний для малих сільськогосподарських підприємств, виробників кормів тощо. Як результат, за ініціативи GFSI розроблена серія міжнародних технічних сертифікацій ISO/TS 22002 «Програми попередніх умов для забезпечення безпечності харчових продуктів»:

1. Виробництво харчових продуктів [5].
2. Громадське харчування.
3. Сільське господарство.
4. Виробництво упаковки для харчових продуктів.
5. Виробництво кормів і продуктів для тварин.

У новій версії стандарту ISO 22000:2018 [4] чітко вказана необхідність урахування при розробці та функціонуванні програм-передумов вимог придатної технічної сертифікації серії ISO/TS 22002 [5] (в попередній версії конкретних вказівок не було, але методичні настанови та допоміжні стандарти передбачали посилання на міжнародні стандарти для фармацевтичних підприємств (GMP, GLP, GHP).

Нові версії стандартів ISO 9001:2015 «Системи менеджменту якості. Вимоги» [3] та ISO 22000:2018 [4] «Системи менеджменту безпечності харчових продуктів. Вимоги до будь якої організації у харчовому ланцюзі» включають ряд змін, які призначені для зручності читання та розуміння, і деякі суттєві зміни у частині методології розробки і функціонування СМЯ і СМБХП, які полегшують їхню інтеграцію в єдину СМЯ і БХП.

Найбільш кардинальними з точки зору впливу на бізнес слід вважати включення до стандарту ISO 9001:2015 концепції ризик-менеджменту. Ризикорієнтоване мислення передбачає підхід, який враховує при розробці СМЯ як негативні, так і позитивні невизначеності, що можуть вплинути на бізнес-процеси організації [3].

Версія ISO 9001:2008[2] не передбачала необхідності виявляти ризики (невизначеності) і визначати управлінські заходи для їх мінімізації. Вимоги визначати, аналізувати й управляти ризиками висувалися тільки до стандартів, призначених для розробки й оцінювання систем менеджменту безпечності харчових продуктів (СМБХП) на операційному рівні при розробці плану НАССР.

Нова версія ISO 9001:2015 [3] підкреслює актуальність врахування впливу невизначеності на «безпечність якості». Високий рівень невизначеності, наприклад, яка сировина буде доставлена, який рівень кваліфікації персоналу, чи достатньо чітко регламентовані вимоги до якості кінцевого продукту тощо, може призвести до незадоволеності споживачів.

Нова версія ISO 22000:2018 [4] також містить нове трактування поняття «ризик» як ключового для харчових підприємств. Стандарт передбачає як аналіз ризиків на стратегічному рівні систем менеджменту (бізнес-ризики), більшість яких повинні управлятися в рамках програм-передумов, так і врахування ризиків на операційному рівні при визначенні критичних контрольних точок і розробці операційної програми-передумови управління (ОППУ) та НАССР-плану.

На стратегічному рівні аналізують і враховують природні, техногенні, фінансові (у т. ч. комерційні) та соціальні, а також значну частину виробничих ризиків.

На операційному рівні розробляють заходи для мінімізації професійних і частини виробничих ризиків.

Методи аналізування, оцінювання й управління ризиками наведені у стандартах ISO 31000:2009 «Менеджмент ризику. Принципи та керівництво» та ISO/IEC 31010:2010 «Менеджмент ризику. Методи оцінювання ризику».

Приклад аналізування деяких ризиків на стадії актуалізації функціонуючої інтегрованої СМЯ і БХП до вимог нових версій стандартів ISO 9001:2015 і ISO 22000:2018 наведено в таблиці.

Для ефективного аналізування і мінімізації негативних ризиків та/або плідного використання нових версій обох стандартів (ISO 9001:2015 і ISO 22000:2018) введено поняття «контекст організації» як сукупності зовнішніх і внутрішніх факторів, які можуть впливати на підхід організації до своєї продукції, взаємодії з усіма зацікавленими сторонами, інвестицій тощо [3; 4]. Включення вимог щодо розуміння сутності власної організації, її місця в «харчовому ланцюзі» до першого (зі змістовних) розділу стандартів — це досить ефективний прийом авторів стандартів .

Таблиця. **Аналіз та управління ризиками в системі менеджменту якості та безпечності при організації виробництва харчових продуктів**

№ з/п	Причина ризику	Ризик			Попереджувальні заходи	Відповідальний
		Наслідок ризику (на що впливає)	Імовірність виникнення в балах	Значимість у балах		
1	2	3	4	5	6	7
1	Невідповідність планування виробничих приміщень	Перехресне забруднення продуктів	Н	С	ПП-01 Вимоги щодо належного планування виробничих, допоміжних та побутових приміщень	Гол. інженер
2	Невідповідність обслуговування технологічного обладнання	Забруднення продуктів, сторонні домішки	Н	С	ПП-02- Стан території, приміщень, обладнання. ПП-04 Чистота поверхонь	Гол. інженер
3	Використання обладнання, пристроїв з матеріалу, недозволеного до контакту з ХП	Забруднення продуктів хімічними контамінантами	Н	В	ПП-02 Використання тільки сертифікованого обладнання	Директор

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7
4	Несвоєчасна оплата інгредієнтів, тари	Відсутність ресурсів для виробництва	Н	Впливає на виробничу програму	Управління фінансовими потоками і графіком виробництва	Гол. бухгалтер і технолог
5	Закупівля інгредієнтів низької якості	Зниження якості і безпечності продукції	С	С	ПП-08 Недопущення партії інгредієнтів у виробництво. Зміна постачальника, штрафні санкції	Гол. технолог Директор
6	Порушення процесу підготовки питної води у водоканалі	Невідповід-ність води, вплив на якість та безпечність продукції	Н	С	ПП-03 Забезпечення якості питної води. Припинення виробництва продукції до усунення недоліків	Гол. технолог
7	Недостатня кваліфікація персоналу	Зниження якості продукції	Н	С	ПП-12 Порядок професійного навчання та атестації персоналу. Додаткове навчання, зміна персоналу	Директор Менеджер з персоналу
9	Інфекційні захворювання персоналу	Мікробіоло-гічне забруднення продукції	С	С	ПП-05 Вимоги щодо здоров'я та гігієни персоналу. Медичні огляди, недопущення до роботи	Гол. технолог Медпрацівник
10	Несанкціоноване відключення електроенергії	Порушення технологічного циклу, зниження якості чи псування продукції	Н	В	Наявність аварійного енергозабезпечення (ПП-01, ПП-02). Коригування параметрів (ОППУ)	Гол. інженер Начальник зміни
11	Порушення умов транспортування продукції	Псування продукції	Н	В	ПП-07 Вимоги до зберігання та транспортування. Використання належного транспорту	Транспорт ний відділ
12	Порушення умов і термінів зберігання у замовника	Псування продукції	С	В	Включення до контрактів відповідних умов. Належне маркування продукції	Відділ маркетингу Гол. технолог
13	Зміни у нормативних і законодавчих документах норм якості та безпечності ХП	Невідповід-ність продукції вимогам НД	Н	Н	Внесення змін у технологічну документацію та документовану інформацію СМЯ і БХП	Керівник ГБ Гол. технолог

Управління ризиками в технологічному процесі передбачено документами СМЯіБХП: ОППУ, план НАССР.

Саме вимоги до проведення моніторингу й аналізу інформації щодо зовнішніх і внутрішніх факторів, які можуть впливати на якість і безпечність продукції організації, створюють основу для правильного визначення сфери функціонування

СМЯ і БХП і розроблення процедур, які вимагаються послідуючими розділами стандартів і визначають здатність організації досягати визначених результатів.

До зовнішніх можуть бути віднесені фактори юридичної, культурної, соціальної і економічної сфер діяльності. Це по суті державні законодавчі та виконавчі органи, регуляторні структури, постачальники, замовники і споживачі.

Внутрішні фактори пов'язані з цінностями, культурою, знаннями, професійною діяльністю функціональних підрозділів організації.

У цілому сутність «контексту організації» можна охарактеризувати як «усі зацікавлені сторони».

Приклад схематичного відображення контексту організації наведено на рис. 1.

Рис. 1. Приклад схематичного відображення контексту організації

В обох стандартах в основу системи менеджменту покладено цикл Демінга (Plan-Do-Check-Act). У стандарті ISO 9001:2015 наведена схема PDCA з врахуванням контексту організації та більш чіткого позиціонування принципу лідерства (рис. 2) [3].

У стандарті ISO 22000:2018 роз'яснені відмінності між двома циклами (PDCA). Перший цикл включає систему управління ризиками СМБХП в цілому, а другий, вбудований в перший цикл, включає діяльність на операційному рівні, охоплюючи принципи HACCP (рис. 3) [4].

У нових версіях обох стандартів наведені нові поняття, значно розширено терміни та визначення, передбачено дещо більше свобод організації у розробці і функціонуванні СМЯ і БХП.

По-перше, в обох стандартах передбачена градація вимог, висловлена в оригіналах стандартів різними дієслівними формами: «shall» — означає вимогу; «should» — означає рекомендацію; «may» — означає дозвіл; «can» — означає можливість [3; 4].

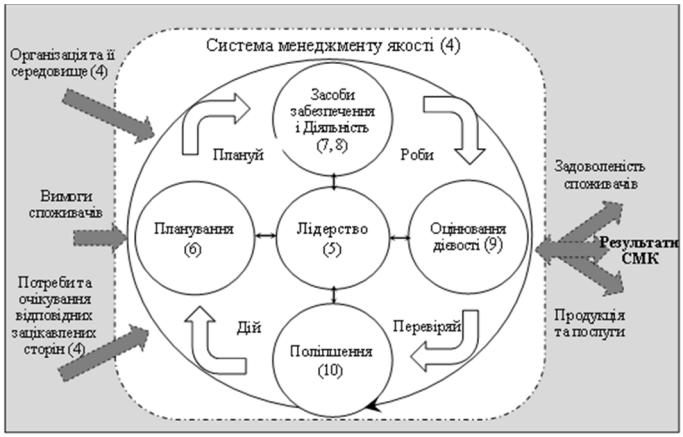


Рис. 2. Цикл Демінга з урахуванням контексту організації і лідерства

По-друге, відмінена жорстка регламентація щодо кількості і форми обов'язкових документів. Наприклад, у СМЯ відмінена обов'язкова наявність «Настанови з якості».

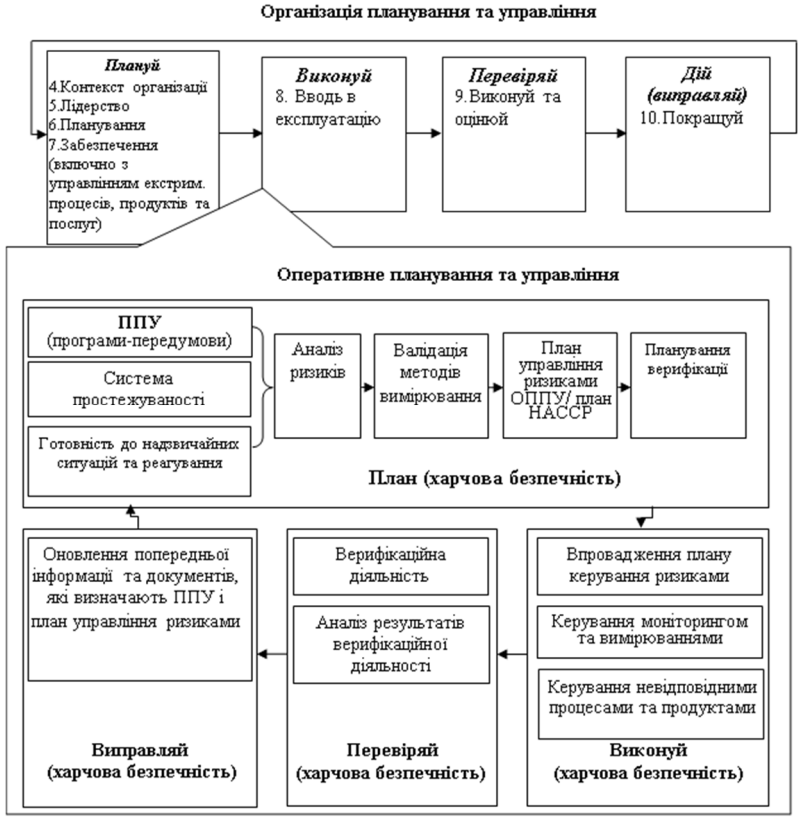


Рис. 3. Ілюстрація подвійного циклу Демінга

Кожна організація повинна самостійно визначати форми і кількість «документованої інформації», яка залежить від розміру, роду діяльності, форми орга-

нізації, відношення керівництва і колективу організації до понять «якість» і «безпечність» продукції.

У стандартах визначені чіткі вимоги щодо управління «документованою інформацією» в частині її оформлення, збереження від несанкціонованих змін, доступності для виконавців і конфіденціальності, термінів зберігання.

Ще одне із значимих змін у нових версіях обох стандартів — це акцент на лідерстві, заміна «відповідальності керівництва» на «лідерство» [3; 4].

У стандартах ISO 9001:2008 та ISO 22000:2005 обов'язки топ-менеджерів (керівництва) передбачали: інформувати, забезпечити, аналізувати, оцінювати, доводити до відома, призначати.

Згідно з останніми версіями стандартів керівнику організації пропонується стати дійсно лідером:

- оцінювати бізнес-середовище, в якому функціонує організація;
- інтегрувати вимоги СМЯ і СМБХП до бізнес-процесів організації;
- не тільки направляти персонал на результативність СМЯ і БХП, а й заохочувати лідерство на кожному етапі реалізації вимог СМЯ і БХП;
- постійно навчатися самому і навчати інших.

Для забезпечення ефективного функціонування СМЯ і БХП важлива не тільки наявність грамотного й енергійного лідера, а й компетентність групи якості і безпечності та усього персоналу, причетного до виконання документованих процедур, передбачених системою(ами).

Тому на додаток до компетентності у нових версіях стандартів введено вимоги до поінформованості персоналу щодо розуміння обов'язків і відповідальності за виконання вимог документованих процедур систем [3; 4]. Розширено спектр інструментів для забезпечення цих вимог. Це теж повинно стати дієвим важелем забезпечення ефективності системи.

У стандарті ISO 9001:2015 вказаний конкретний інструмент для забезпечення компетентності персоналу — «знання організації», який передбачає збір, аналізування, зберігання і розповсюдження знань і, як засіб, — ІТ-технології [3].

Формалізація, реєстрація знань, умінь, практичних навичок кращих спеціалістів і розповсюдження їх серед всього персоналу шляхом наставництва, виробничого навчання тощо забезпечить результативність виконання виробничих процесів, впровадження інновацій, підвищення якості і безпечності продукції. Для керівника організації це зменшить залежність від унікальних спеціалістів, забезпечить спадковість.

Розширено й оновлено поняття щодо валідації та верифікації документованих процедур і функцій керівництва у процесах постійного удосконалення і оновлення систем менеджменту.

Оскільки нові версії стандартів ISO 9001:2015 та ISO 22000:2018 встановлюють ряд нових додаткових вимог до вже функціонуючих і сертифікованих СМЯ і СМБХП, то для ресертифікації необхідний аналіз і актуалізація їхніх до вимог цих стандартів.

Висновки. Основними при актуалізації СМ слід вважати такі кроки:

1. Виявити та усунути організаційні проблеми.

2. Розробити план внесення змін до документованої процедури відповідно до вимог нових стандартів.

3. Актуалізувати документовані процедури відповідно до вимог нових стандартів.

4. Забезпечити належне навчання усього персоналу, який може впливати на результативність СМЯ і БХП.

Завдання групи безпечності:

- підготовка групою безпечності (якості) наказу на введення у чинність актуалізованої документованої інформації;
- аналізування й актуалізація політики і цілей організації у сфері безпечності і якості;
- визначення контексту організації шляхом оцінювання всіх зацікавлених сторін;
- проведення аналізу ризиків на стратегічному рівні з урахуванням вже чинних програм-передумов і актуалізація програм-передумов та/чи розробка додаткових документованих процедур для мінімізації негативних ризиків чи використання позитивних можливостей;
- проведення аналізу й актуалізація документованих процедур щодо визначення ризиків на операційному рівні і встановлення ККТ та розробки НАССР-плану. Оцінювання можливостей операційних програм (ОППУ) для ефективності управління ризиками і доцільності мінімізації ККТ;
- актуалізація документованих процедур, включаючи стандарти організації, паспорти (опис) процесів тощо до вимог нових стандартів;
- розробка і впровадження методик валідації і верифікації документованих процедур системи.

При актуалізації СМЯ і БХП організації доцільно постійно підтримувати зв'язок з органом сертифікації для узгодженого переходу на нові стандарти до кінця трирічного перехідного періоду, передбаченого новими версіями.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ ISO 22000:2007. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга : чинний з 2007-08-01. — К. : Держспоживстандарт України, 2007. — 38 с.

2. ДСТУ ISO 9001:2008 Системи управління якістю. Вимоги : чинний з 2009-09-01. — К. : Держспоживстандарт України, 2009. — 31 с.

3. ДСТУ ISO 9001:2015 Системи менеджменту якості. Вимоги : чинний з 2016-07-01. — К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. — 31 с.

4. ISO 22000:2018. Food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain : Second edition 2018-06. — Switzerland, Technical Committee ISO/TC 34, 2018. — 48 p.

5. ISO/TS 22002-1:2009 Prerequisite programmes on food safety — Part 1: Food manufacturing : First edition 2009-12-15. — Geneva, Technical Committee ISO/TC 34, 2009. — 22 p.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ АКТУАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ К ТРЕБОВАНИЯМ НОВЫХ ВЕРСИЙ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ

Л.А. Стоянова, К.Ю. Иващенко
ГУО «ОИПДО» НУПТ

По инициативе GFSI разработаны новые версии стандартов на системы менеджмента (СМ): ISO 9001: 2015 «Системы менеджмента качества. Требова-

ния» и ISO 22000:2018« Системы менеджмента безопасности пищевых продуктов. Требования к любой организации в пищевой цепи». Новые версии стандартов включают ряд изменений, которые предназначены для удобства чтения и понимания, и некоторые существенные изменения в части методологии разработки и функционирования СМК и СМБПП, облегчающие их интеграцию в единую СМК и БПП.

В обоих стандартах введено понятие «контекст организации» как совокупности внешних и внутренних факторов, которые могут влиять на подход организации к своей продукции, взаимодействие со всеми заинтересованными сторонами, инвестиции. Еще одно из значимых изменений в новых версиях обоих стандартов — это акцент на лидерстве, замена «ответственности руководства» на активное «лидерство».

Для актуализации действующих СМ к требованиям новых версий стандартов определен трехлетних переходный период.

***Ключевые слова**: системы менеджмента качества, системы менеджмента безопасности, риск-менеджмент, контекст, лидерство.*

УДК 633.002.68: 620.9

OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF GASIFICATION OF PLANT BIOMASS

O. Osmak, O. Seryogin
National University of Food Technology

Key words:
gasification,
plant biomass,
optimization,
synthesis gas

Article history:
Received 15.09.2018
Received in revised form 11.10.2018
Accepted 25.10.2018

Corresponding author:
seryoginoo@ukr.net

ABSTRACT

The purpose of the work was to determine the optimal parameters of the process of gasification of plant biomass (husk of sunflower). A systematic analysis of the technological scheme for utilization of waste of organic origin with the help of the gas-generating power complex was carried out. From the analysis of the experimental data of the operation of the gas-generating unit it follows that the controllable parameters of the heat-generating capacity of the synthesis gas are significant: the moisture content of the plant raw material and the temperature in the combustion zone.

The most important task facing Ukraine is to maximize the use of its own renewable energy resources, in particular biomass, instead of imported natural gas.

At the state level, the energy use of biomass is stimulated by the introduction of a "green tariff" for biomass electricity.

One of the ways of energy conversion of biomass is its gasification. Most of the known gasification technologies aimed at producing combustible gas from biomass. But the gasification of the biowalls of the processing industry, namely, the fractional fuel plants and the bards of the distilleries, was not investigated. The simulation of biofuel gasification processes will improve the energy and technological characteristics of various components of bioremediation.

The thermochemical processes occurring in the biofuel layer in the gas generator are components for research and study. Interest is represented by the processes of heating and cooling of solid particles of organic substances and gas at the expense of radiation and heat-mass transfer. Once the physicochemical system reaches a certain temperature, these processes are accompanied by intense thermo-chemical transformations of various types.

Through mathematical modeling, an analysis of the thermo- and hydro-gas-dynamic processes of biofuels in the layer of oxidation zone is carried by the convective diffusion gas stream and pyrolysis liquids.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-24-22

© О. Осьмак, О. Серьогін, 2018

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ГАЗИФІКАЦІЇ РОСЛИННОЇ БІОМАСИ

О. Осьмак, О. Серьогін
Національний університет харчових технологій

У статті встановлено оптимальні параметри процесу газифікації рослинної біомаси (лушпиння соняшнику). Проведено системний аналіз технологічної схеми для утилізації відходів органічного походження за допомогою газогенераційного енергетичного комплексу. Оптимізацію технологічного процесу газифікації здійснено шляхом розробки параметричної схеми центральної підсистеми, організації повного факторного експерименту і статистичної обробки результатів. З аналізу експериментальних даних роботи газогенераторної установки випливає, що на теплотворну здатність синтез-газу істотний вплив мають обрані керовані показники: вологість рослинної сировини і температура в зоні горіння.
Ключові слова: *газифікація, рослинна біомаса, оптимізація, синтез-газ.*

Постановка проблеми. Оптимізація в широкому сенсі знаходить застосування в науці, техніці і будь-який інший сфері людської діяльності. Загалом, оптимізацію визначають як цілеспрямовану діяльність, яка полягає в отриманні найкращих результатів при відповідних умовах [1; 3].

Розрахунки процесів і апаратів харчових виробництв, як правило, пов'язані з необхідністю вибору кращого варіанта з багатьох можливих. В умовах харчового виробництва цей вибір здійснюється на основі суб'єктивної оцінки і накопиченого досвіду технологів. Але навіть найдосвідченіші працівники не можуть розглянути й оцінити всі різні варіанти, які можуть виникнути в процесі виробництва. Рішення проблеми стає можливим завдяки постановці завдання оптимізації і знаходженню оптимальних результатів за допомогою комп'ютерної техніки.

Постановка завдання оптимізації вимагає:

- наявність об'єкта оптимізації та виявлення мети оптимізації;
- наявність ресурсів оптимізації, під якими розуміють можливість вибору значень деяких параметрів об'єкта. Об'єкт повинен мати певні міри свободи - керуючі впливи, що дають змогу змінювати його стан, зважаючи на вимоги й умови виробництва;
- можливість оцінки кількісної величини, оскільки тільки за цієї умови можна порівнювати ефекти від вибору тих чи інших дій, що управляють.

Оптимальний, або кращий варіант будь-якого об'єкта, повинен вимірюватися кількісною мірою - критерієм оптимальності. На основі обраного критерію оптимальності складається цільова функція, яка залежить від параметрів процесу і повинна бути записана в аналітичному вигляді. Завдання оптимізації зводиться до визначення її екстремуму (максимуму або мінімуму).

Критерій оптимальності детермінованого процесу в загальному вигляді може бути представлений як функція вхідних, вихідних і керуючих параметрів [2; 3].

Для вирішення завдання оптимізації необхідно знайти екстремум критерію оптимальності: максимум або мінімум. Крім того, в більшості завдань оптимізації виникають обмеження на параметри, що накладаються технологічними, експлуатаційними, конструктивними вимогами.

Мета дослідження: встановлення оптимальних параметрів процесу газифікації рослинної біомаси (лушпиння соняшнику).

Для вирішення завдань оптимізації необхідно виконати певні умови (табл. 1).

Таблиця 1. **Основні умови вирішення оптимізаційних завдань**

Основні умови	скласти математичну модель об'єкта оптимізації
	вибрати критерій оптимальності і сформувати функцію мети
	встановити обмеження на параметри моделі
	вибрати метод оптимізації, який дає змогу знайти екстремальні значення шуканих величин

Найбільш часто оптимальним завданням служить вираз критерію оптимальності у вигляді економічної оцінки (наприклад, продуктивність, собівартість продукції). Однак в окремих задачах оптимізації, коли об'єкт є частиною технологічного процесу (апарат або агрегат в масштабі цеху, заводу, комбінату), не завжди вдається або не завжди доцільно виділяти прямий економічний показник, який характеризував би ефективність роботи цього об'єкта. У таких випадках критерієм оптимальності може служити технологічна характеристика.

Матеріали і методи. Термохімічні процеси, які відбуваються в шарі біопалива в газогенераторі є складовими для дослідження і вивчення. Газифікації біопалива передбачає сукупність взаємопов'язаних процесів (процеси подачі і змішування потоків реагентів біопалива, гідродинамічні процеси, процеси окислення та газифікації).

Інтерес представляють процеси нагрівання та охолодження твердих частинок органічних речовин і газу за рахунок випромінювання й тепломасообміну. Після досягнення фізико-хімічною системою певної температури, ці процеси супроводжуються інтенсивними термохімічними перетвореннями різних типів. Шляхом математичного моделювання, проведена оптимізація термо- і гідрогазодинамічних процесів біопалива в шарі зони окислення.

Викладення основних результатів дослідження. Свого часу для газифікації різного палива були розроблені і введені в експлуатацію різні газогенераторні установки, які конструктивно адаптувалися для досягнення конкретних експлуатаційних завдань: отримання тепла, електроенергії, синтез-газу, рудних концентратів рідкісних металів тощо.

Газогенераціонний енергетичний комплекс ГЕКА-3 (Блок А на рис. 1) є основною складовою частиною цілого спектра обладнання для утилізації дисперсних органічних відходів. Результати, отримані при газифікації в ньому різних видів низькосортного і високозольного палива, показали перспективність застосування технології газифікації для вирішення завдань зміни агрегатного стану рослинної біомаси.

Схема на рис. 1 є одним із запропонованих технологічних варіантів застосування ГЕКА-3. Комплекс працює таким чином: з приймального майданчика паливо (18) грейфером (3) за допомогою монорейки (1) і електричної талі (2) подають в буферну ємність для відходів (4), звідки воно направляється через шлюз-дозатор (5) у газогенератор (6) на газифікацію. Після цього мінеральний залишок у вигляді золи через люк вивантаження золи (8) відвантажують у бункер золи (17) і відправляють споживачам. Для здійснення процесу газифікації в газогенератор (6) подають повітря, одержане від повітродувної машини (7).

Отриманий генераторний газ через патрубок газу (9) направляють у циклон (10) для очищення від звислих частинок, циклон періодично розвантажують через спеціальний пристрій у бункер (17). Далі газ потрапляє в радіатор (11), де охолоджується. Потім генераторний газ спрямовується в фільтр тонкого очищення газу (12) для видалення тонко-дисперсних твердих частинок і додаткового охолодження до температури нижче 45...60°С і конденсованих парів смоли й води. Підготовлений таким чином генераторний газ подають через пристрої додаткового очищення (14) до споживача. У ролі споживача виробником рекомендується використання агрегата опалювального модульного АВМ-02,5 в комбінації з пальником типу ДСГМ-30 (15), або двигун внутрішнього згоряння типу ДДМА-75 (16) тощо.

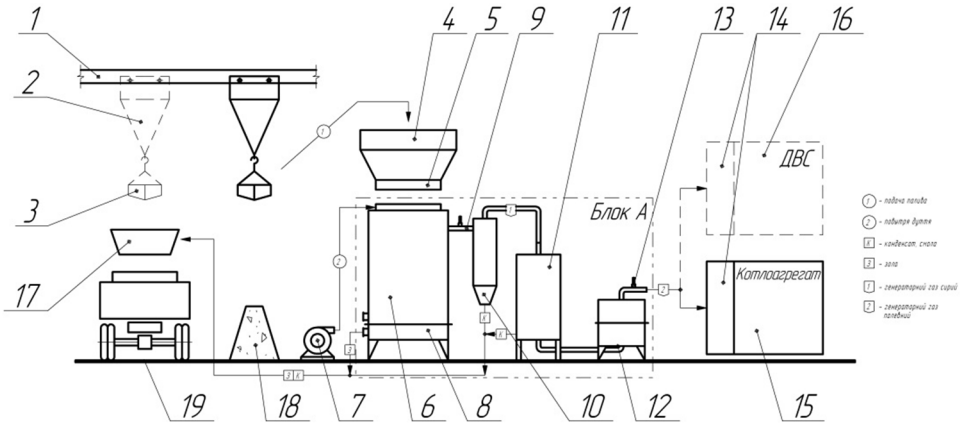


Рис. 1. Технологічна схема для утилізації відходів органічного походження за допомогою газогенераційного енергетичного комплексу ГЕКА-3:
1 — монорельс; 2 — таль електрична; 3 — грейфер; 4 — буферна ємність для відходів; 5 — шлюз—дозатор; 6 — газогенератор; 7 — повітродувна машина; 8 — зольник; 9 — газовий патрубок; 10 — циклон; 11 — радіатор (охолоджувач); 12 — фільтр тонкого очищення; 13 — прилад для вимірювання температури; 14 — додаткове очищення газу; 15 — котел; 16 — ДВС; 17 — бункер золи, конденсату; 18 — паливо; 19 — рама

Важливим етапом моделювання технологічного процесу є системний аналіз досліджуваної технологічної системи [1; 2]. Технологічна схема для утилізації відходів органічного походження за допомогою газогенераціонного енергетичного комплексу ГЕКА-3 потрібно розглядати як складну велику систему, яку доцільно аналізувати виділенням у ній більш простих підсистем.

Для встановлення оптимальних параметрів процесу газифікації рослинної біомаси (лушпиння соняшнику) доцільно більш детально розглянути підсистему газифікації (рис. 2).

У результаті аналізу підсистеми газифікації рослинної біомаси встановлено, що головними керуючими параметрами підсистеми, які суттєво впливають на якісні характеристики процесу, є: температура, вологість і гранулометричний склад біосировини.

Вибір цільової функції підсистеми залежить від цілей функціонування системи [3; 5]. Мета цієї підсистеми — створити оптимальні умови для проведення процесу газифікації. Вихідним керованим показником, який найбільш повно характеризує цю технологічну операцію, є показник теплотворної здатності.

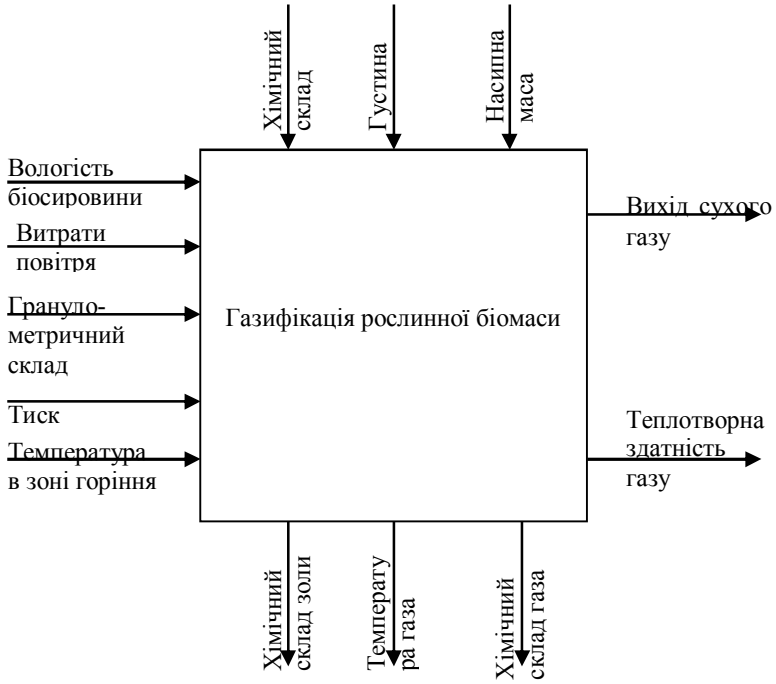


Рис. 2. Параметрична схема підсистеми газифікації рослинної біомаси

Найбільш повно досліджувати ступінь впливу кожного з показників і їхню взаємодію дає змогу проведення композиційного планування другого порядку (ОКП) [4; 5]. Вихідними даними для проведення ОКП є:

x_1 — гранулометричний склад 6 мм, інтервал варіювання 4 мм;

x_2 — вологість палива 40%, інтервал варіювання 30%;

x_3 — температура 1200°С, інтервал варіювання 300°С.

Кількість дослідів для ОКП розраховується за формулою:

$$N = N_0 + 2k + n_0,$$

де N — кількість дослідів; n_0 — кількість дослідів у центрі планування; k — число факторів +; N_0 — число дослідів повного факторного експерименту $2k$.Тобто $N = 8 + 2 \cdot 3 + 1 = 15$.

Натуральні значення факторів перевели в кодовані змінні за формулою (1) [4; 5]:

$$x_i = \frac{C_i - C_{i0}}{\alpha_i}, \quad (1)$$

де C_i, C_{i0} — значення фактора в натуральних величинах, відповідно на верхньому, нижньому і нульовому рівні; α_i — інтервал варіювання фактора; i — номер фактора.

Матриця ОКП представлена в табл. 2.

Таблиця 2. **Матриця планування експерименту в кодованих змінних**

№ досліду	x_1	x_2	x_3
1	2	3	4
1	–1	–1	–1

Продовження табл. 2

1	2	3	4
2	1	–1	–1
3	–1	1	–1
4	1	1	–1
5	–1	–1	1
6	1	–1	1
7	–1	1	1
8	1	1	1
9	–1,215	0	0
10	1,215	0	0
11	0	–1,215	0
12	0	1,215	0
13	0	0	–1,215
14	0	0	1,215
15	0	0	0

Перевірку однорідності отриманих даних проводився за формулою (2) [4; 5]:

$$S_u^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(y_l - \overline{y})}{m-1}. \quad (2)$$

Для перевірки гіпотези про однорідність оцінок дисперсій користувалися критерієм Кохрена, який визначається за формулою (3) [4; 5]:

$$G\max = \frac{S_{u\max}^2}{\sum_{n=1}^{N} S_u^2}. \quad (3)$$

Після реалізації експерименту здійснено статистичне опрацювання результатів, яке полягає в отриманні коефіцієнтів регресії математичної моделі й оцінці її адекватності дослідницькому процесу. Відомо, що один із факторів більше впливає на зміну стану системи, ніж інший [4]. Отже, на основі результатів досліджень була поставлена мета — визначити коефіцієнти регресії, провести оцінку їх значимості і перевірити адекватність отриманої моделі.

Коефіцієнти рівняння регресії розраховували за формулами (4) і (5) [4; 5].

$$b_i = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_{iu} \cdot y_u}{N}; \quad (4)$$

$$b_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_{iu} \cdot x_{ju} \cdot y_u}{N}. \quad (5)$$

Коефіцієнти рівняння регресії вважаються значущими, якщо виконується така нерівність:

$$t_{ip} > t_{табл},$$

де t_{ip} — розрахунковий критерій Стьюдента; $t_{табл}$ — табличне значення критерію Стьюдента.

Провели розрахунок критерію Стьюдента для кожного з коефіцієнтів регресії за формулою (6) [4; 5]:

$$t_{ip} = \frac{b_i}{S_{bi}}. \quad (6)$$

Перевірку адекватності рівняння регресії проводять за критерієм Фішера. Дисперсію адекватності розраховували за формулою (7) [4; 5]:

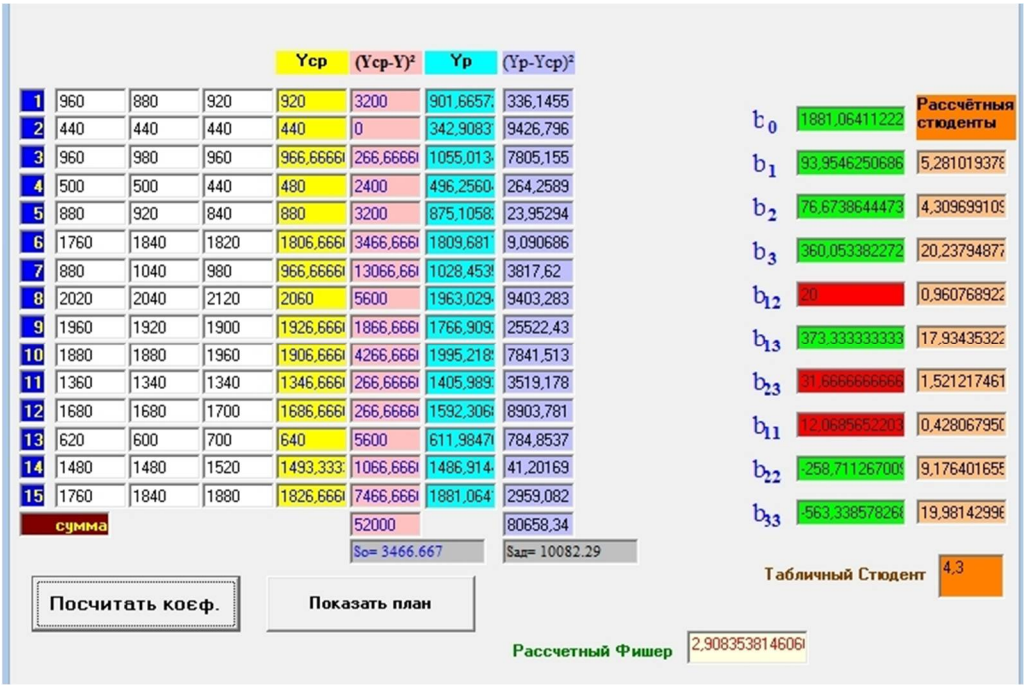
$$S^2_{ad} = \frac{\sum_{n=1}^{N}\left(\overline{y_u} - y_u\right)^2}{f}. \quad (7)$$

Перевірку адекватності рівняння проводять за формулою (8) [4; 5]:

$$F = \frac{S^2_{ag}}{S^2}. \quad (8)$$

Результати експерименту представлені в табл. 3.

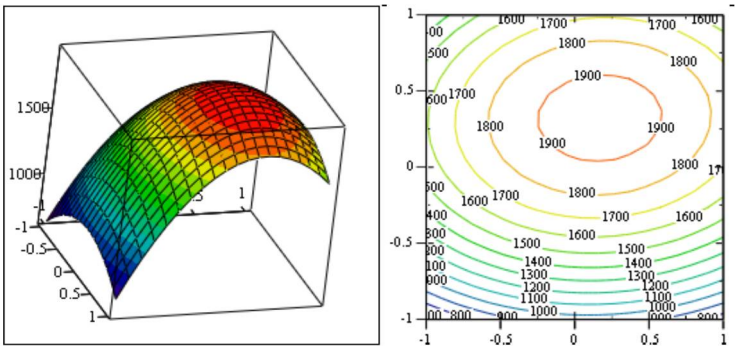
Таблиця 3.



Отже, для коефіцієнтів b_{12}, b_{23}, b_{11} умова> не виконується, тобто коефіцієнти необхідно вважати несуттєвими [4; 5]. Рівняння регресії в кодованому вигляді набуло вигляду:

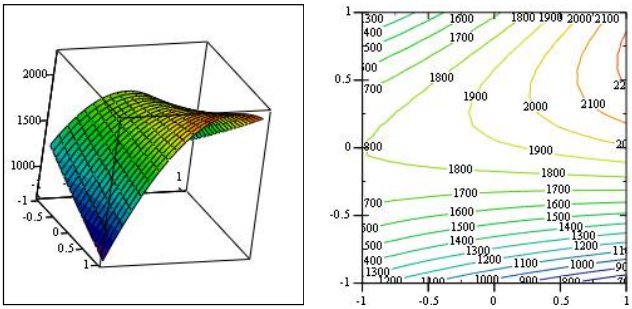
$$y = 1881{,}064 + 93{,}955\,x_1 + 76{,}674\,x_2 + 360{,}053\,x_3 + 20\,x_1x_2 + 373{,}333\,x_1x_3 +$$
$$+31{,}667\,x_2x_3 + 12{,}069\,x_1^{\,2} - 258{,}711\,x_2^{\,2} - 563{,}339\,x_3^{\,2}.$$

На рис. 3, 4, 5 відображені отримані поверхні. Лінії рівня побудовані відповідно до рівняння регресії.



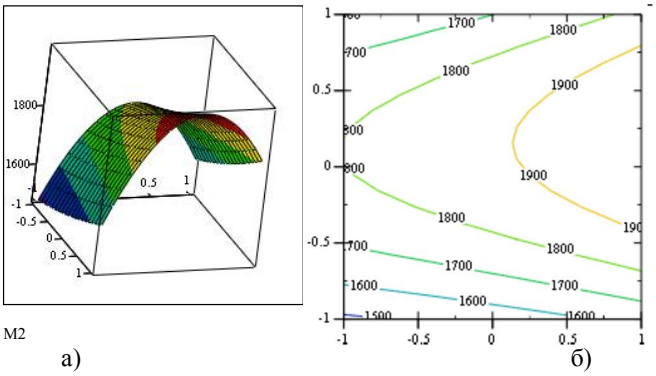
а) б)

Рис. 3. Вплив температури і вологості рослинної біомаси на теплотворну здатність синтез-газу: а) графік поверхні; б) графік контура



а) б)

Рис. 4. Вплив температури і гранулометричного складу рослинної біомаси на теплотворну здатність синтез-газу: а) графік поверхні; б) графік контура



а) б)

Рис. 5. Вплив гранулометричного складу і вологості рослинної біомаси на теплотворну здатність синтез-газу: а) графік поверхні; б) графік контура

Висновки. Доведено адекватність рівняння регресії процесу газифікації рослинної біомаси, оскільки виконується умова $F_р < F_т$, тому що 2,908 < 3,01.

З аналізу експериментальних даних роботи газогенераторної установки випливає, що на теплотворну здатність синтез-газу істотний вплив мають обрані керовані показники. Зокрема, істотно впливає передусім вологість рослинної сировини і температура в зоні горіння. Тому для підвищення ефективності роботи газогенератора доцільно проводити попередню сушку вихідної сировини високотемпературними продуктами згорання газу на виході з енергетичного устаткування.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Анискин В.И.* Перспективы использования растительных отходов в качестве биотоплив / В.И. Анискин, А.В. Голубкович // Теплоэнергетика. — 2004. — № 5. — С. 60—65.

2. *Ясенецький В.* Відновлювальна енергетика XXI століття / В. Ясенецький, В. Клименко // Новини агротехніки. — 2007. — № 5. — С. 38—39

3. *Налимов В.Н.* Логические основания планирования эксперимента: учебник Е.А. Шалыгина / В.Н. Налимов; 2-е изд. — М. : Колос, 2001. — 236 с.

4. Планирование эксперимента — Режим доступа : http://opds.sut.ru/electronic_-manuals/pe/f053.htm.

5. *Спирин Н.А.* Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: конспект лекции Н.А. Спирина / Н.А. Спирин, В.В. Лавров. — Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ — УПИ, 2004. — 257 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ГАЗИФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ

А. Осьмак, А. Серегин

Национальный университет пищевых технологий

Целью проведенной работы было установление оптимальных параметров процесса газификации растительной биомассы (лузга подсолнечника). Проведен системный анализ технологической схемы для утилизации отходов органического происхождения с помощью газогенерационного энергетического комплекса. Оптимизацию технологического процесса газификации осуществлено путем разработки параметрической схемы центральной подсистемы, организации полного факторного эксперимента и статистической обработки результатов. Из анализа экспериментальных данных работы газогенераторной установки следует, что на теплотворную способность синтез-газа существенное влияние имеют управляемые показатели: влажность растительного сырья и температура в зоне горения.

Ключевые слова: *газификация, растительная биомасса, оптимизация, синтез-газ.*

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, яким присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обгрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

До публікації приймаються не публіковані раніше статті, що містять результати фундаментальних теоретичних розробок та найзначніших прикладних досліджень викладачів, наукових співробітників, докторантів, аспірантів і студентів. Усі статті підлягають обов'язковому рецензуванню провідними спеціалістами у відповідній галузі харчових технологій, яких призначає науковий редактор журналу.

Рукопис статті надсилається у двох примірниках, українською мовою, включаючи таблиці, рисунки, список літератури.

Статті подаються у вигляді **вичитаних** роздруківок на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, шрифт Arial або Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word) на електронному носії. На електронному носіїі не повинно бути інших версій та інших статей, у тексті статті — порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані.

На першій сторінці наводяться: у лівому верхньому куті — шифр УДК (напівжирним шрифтом), нижче ініціали і прізвища авторів (напівжирним шрифтом), наукові ступені авторів, назва установи, де працює автор; далі — назва статті великими напівжирними літерами, під назвою — анотація українською мовою з ключовими словами (5—6 слів/ключових словосполучень) набрана світлим курсивом; фраза «**Ключові слова» —** напівжирним шрифтом.

У кінці першої сторінки, під короткою рискою, ставиться знак авторського права, ініціали, прізвища авторів, рік.

Матеріали, представлені у статті, мають бути розділені на основні змістові розділи, такі як: постановка проблеми, огляд літератураи, мета досліджень, матеріали та методи, результати досліджень, висновки. Кожен із наведених розділів статті починається з нового абзацу («**Постановка проблеми**», «**Огляд літератури**», «**Мета досліджень**», «**Матеріали і методи**», «**Результати досліджень**», «**Висновки**» — напівжирним курсивом).

Після тексту статті в алфавітному або порядку згадування в тексті наводиться список літературних джерел (кожне джерело з абзацу). Бібліографічні описи оформляються згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та рпавила складання». У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на роботи останніх років.

Прізвища зарубіжних авторів у тексті статті треба наводити в українській транскрипції.

Після списку літератури наводяться: анотація та ключові слова російською мовою; ініціали і прізвища авторів, назва статті великими напівжирними літерами, анотація та ключові слова (Summary) англійською мовою (розмір анотації не менше 1800 знаків, має містити коротку інформацію по кожному із основних змістових розділів); фрази «**Ключевые слова**» та «**Key words**» — напівжирним шрифтом.

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

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

Роздрукований варіант статті підписують усі автори.

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

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

Ілюстрації мають бути виконані ретельно, в програмі CorelDraw або будь-якому іншому графічному редакторі, на білому папері й розміщені в тексті та в окремих файлах (формати CDR, TIF, JPG; роздільна здатність не менше 300 dpi).

Фотографії друкуються лише у разі крайньої потреби, вони мають бути чіткими, контрастними, виконаними на білому фотопапері, розмірами 6×9 см.

Підписи до рисунків набираються на окремій сторінці або безпосередньо під рисунками прямим шрифтом.

Повторення одних і тих самих даних у тексті, таблицях і на рисунках не допускаються.

Формули вставляються прямо в текст за допомогою редактора формул. Нумерація формул — арабськими цифрами у круглих дужках біля правого поля сторінки.

Використовувані в статті фізичні, хімічні, технічні та математичні терміни, одиниці фізичних величин та умовні позначення мають бути загальноприйнятими. Скорочення позначень одиниць фізичних величин мають відповідати Міжнародній системі одиниць (SI).

До статей додаються: витяг з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку; відомості про авторів (прізвище, повне ім'я та по батькові, науковий ступінь, місце роботи, номери контактних телефонів, адреса), кафедральний висновок/експертний висновок (для статей сторонніх організацій), заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і не подана до будь-яких інших видань

Головний редактор журналу: доктор технічних наук, професор
Анатолій Іванович Соколенко.
Відповідальний секретар журналу: кандидат технічних наук, доцент
Сергій Володимирович Токарчук.
Контактні телефони: міський — (044) 287-92-45, внутрішній — 92-45
E-mail: tmipt_xp@ukr.net

Наукове видання

ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

Науковий журнал

№ 24

Журнал «Харчова промисловість» затверджений наказом МОН України (постанова № 241 від 09.03.2016) як наукове видання з технічних наук.
Реєстаційне свідоцтво: серія КВ № 6890 від 23.01.2003.
Засновник і видавець: Національний університет харчових технологій.

Журнал є продовженням міжвідомчого тематичного збірника «Харчова промисловість», заснованого в 1965 р. Виходить двічі на рік.

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 29.11.2018 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