

Включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь
для опубликования результатов диссертационных исследований
Приказ Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь
от 2 февраля 2011 г. № 26



ISSN 2073-4794

Том 13
№4(50)
2020

**РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

Основан в 2008 году

Выходит 4 раза в год

Адрес редакции:

ул. Козлова, 29, г. Минск,
220037, Республика Беларусь
Тел./факс: (375-17) 252-55-70,
395-39-71, 361-11-41 (редактор)
e-mail: aspirant@belproduct.com

Редакция не несет ответственности
за возможные неточности по вине авторов.

Мнение редакции может не совпадать
с позицией автора

Отпечатано в типографии

УП «ИВЦ Минфина»

Подписано в печать 14.12.2020.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура NewtonС. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 11,16. Уч.-изд. л. 12,80.

Тираж 100 экз. Заказ 486.

ЛП № 02330/89 от 3 марта 2014 г.

Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.

Учредитель

Республиканское унитарное предприятие
«Научно-практический центр Национальной
академии наук Беларуси по продовольствию»

Зарегистрирован в Министерстве информации
Республики Беларусь (свидетельство
о регистрации № 590 от 30 июля 2009 г.)

Журнал включен в базу данных
Российского индекса научного
цитирования (РИНЦ)

Подписные индексы:

для индивидуальных подписчиков 01241

для ведомственный подписчиков 012412



FOOD INDUSTRY: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Vol. 13, №4(50) 2020

Founder:

**Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre
for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”**

Editor-in-Chief:

Lovkis Zenon Valentinovich – General Director of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Honored Science Worker of the Republic of Belarus, corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Engineering sciences, Professor

Editorial Board:

Shepshelov Aleksandr Anatolievich – Associate Editor-in-Chief – deputy General Director for science of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Engineering sciences

Akulich Aleksandr Vasilievich – Deputy Principal for science work of the educational institution “Mogilev State Foodstuffs University”, Doctor of Engineering sciences, Professor, Honored Inventor of the Republic of Belarus (with consent).

Zhakova Kristina Ivanovna – Academic Secretary of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Engineering sciences

Kolosovskaya Larisa Stanislavovna – Director of the scientific and production republican affiliated unitary enterprise “Beltechnohleb” (with consent)

Lisitsyn Andrei Borisovich – Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering sciences, Professor, Director of the Federal State Budgetary Scientific Establishment “V.M. Gorbatov Federal Scientific Food Systems Centre” of the Russian Academy of Sciences (with consent)

Meleshchenya Aleksey Victorovich – Director of the Republican Unitary Enterprise “Institute for Meat and Dairy Industry”, PhD in Economy sciences, Associate Professor (with consent)

Margunova Alena Mikhailauna – Deputy General Director for Foodstuffs Standardisation and Quality of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Engineering sciences, Associate Professor

Petyushev Nikolay Nikolaevich – head of the Department of the technology of tuberous root products of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Engineering sciences

Pochitskaya Irina Mikhailovna – Head of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Agricultural sciences

Roslyakov Yuriy Fedorovich – Head of the Department of technology of bread baking, macaroni, and confectionery production of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Technological University”, Doctor of Engineering sciences, Professor (with consent)

Savenkova Tatsiana Valentinovna – Director of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian research institution of confectionery industry” – subdivision of FSBSI “Gorbatov Federal Science Centre for Food Systems” of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering Sciences, Professor (with consent)

Trotskaya Taisiya Pavlovna – Chief researcher of the Nutrition Department of the the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Doctor of Engineering sciences, Professor

Sharshunov Vyacheslav Alekseevich – Professor of the Department of machines and devices of food industry of the Educational Institution “Mogilev State Foodstuffs University”, Honored Science Worker of the Republic of Belarus, corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Engineering sciences, Professor (with consent)

Mironova Natalya Pavlovna – responsible editor, head of the Postgraduate Studies Department of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Philological sciences

The Journal is included in the List
of Journals for Publication of the Results of Dissertation Research

Supreme Certifying Commission of the Republic of Belarus
decree of 2 February 2011



ISSN 2073-4794

Vol 13

№4(98)

2020

**PEER-REVIEWED SCIENTIFIC
AND TECHNICAL JOURNAL**

FOOD INDUSTRY: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

The Journal was founded in 2008

Issued four times a year

Address of the Editorial Office:

29, Kozlova str., Minsk
220037, Republic of Belarus
Tel./Fax: +375-17-252-55-70,
+375-17-395-39-71, +375-17-361-11-41
(editor)

E-mail aspirant@belproduct.com

Printed at UE "IVC Minfina"

It is sent of the press 14.12.2020

Format 60x84/8. Offset paper.

NewtonC type. Offset printing.

Printed pages 1,16.

Publisher's signatures 12,80.

Circulation 100 copies. Order 486.

LP № 02330/89 of 3 March 2014

17, Kalvaryiskaya str., Minsk 220004

Founder

Republican Unitary Enterprise "Scientific-
Practical Centre for Foodstuffs of the National
Academy of Sciences of Belarus"

Registered in Ministry of Information of the
Republic of Belarus

(Registration Certificate № 530 of July 2009)

The journal is included into
the database of Russian Science
Citation Index (RSCI)

Subscription indexes

For individuals 01241

For legal entities 012412

СОДЕРЖАНИЕ

Мардар М.Р., Давыдова Е.А., Лилишенцева А.Н. Дескрипторные методы органолептического анализа в оценке качества сыра.....	6
Ловкис З.В., Белякова Н.И., Шилов В.В., Садовская А.В., Усеня Ю.С., Артюх Ю.А., Шемшелева А.М. Разработка низкобелковых картофельных продуктов для питания людей с нарушением обмена фенилаланина.....	15
Павловская Л.М., Сафронова Д.А., Баровская Н.А. Специализированное овощное питание для детей дошкольного и школьного возраста.....	24
Павловская Л.М., Егорова В.З. Разработка новых видов грибных консервов с учетом тенденций развития рынка	33
Едимечева И.П., Сосновская А.А., Шадыро О.И. Применение природных и синтетических антиоксидантов для повышения окислительной устойчивости льняного масла.....	41
Пушкарь А.А., Хлиманков Д.В., Соловей В.И., Рыбак А.В., Щербицкая Ж.Н. Инновационные направления развития уксусного производства в Республике Беларусь.....	52
Смагина М.Н., Смагин Д.А., Смоляк А.А. Влияние изменения теплофизических характеристик материала на процесс нагревания изделий из мясного фарша	61
Пушкарь А.А., Штепа В.Н., Кулаковская В.И., Соловьев В.В. Способ снижения белковой нагрузки на пивное сусло путем применения процессов электрокоагуляции и ультразвука	70
Кошак Ж.В., Рукшан Л.В., Кошак А.Э. Сухое молоко — альтернатива протеину животного происхождения в комбикормах для радужной форели	80
Колоскова О.В., Никулина О.К., Яковлева М.Р. Оценка пригодности спектрофотометрического метода для определения содержания молочной кислоты в диффузионном соке	89
Лобазова И.Е., Козельцева Е.И., Петрова Э.А. Оценка качества мясной продукции по микробиологическим показателям	95
Трусова М. М., Павлова О. В. Разработка комбинированного сорбента для стабилизации коллоидной системы напитков брожения	103

CONTENTS

Mardar M.R., Davidova H.A., Lilishentseva A.N. Description methods of organoleptic analysis evaluating cheese quality	6
Lovkis Z.V., Belyakova N.I., Shylau V.V., Sadovskaya A.V., Usenya Yu.S., Artyukh Yu.A., Shemsheleva H.M. Development of low protein potato products for nutrition of people with phenylalanine metabolism	15
Paulouskaya L.M., Safronova D.A., Barouskaya N.A. A specialized vegetable food for children of preschool and school age	24
Pavlovskaya L.M., Egorova V.Z. Development of new types of canned fish taking into account market trends	33
Edimecheva I. P., Sosnovskaya A. A., Shadyro O. I. The application of natural and synthetic antioxidants to increase the oxidation resistance of linseed oil.....	41
Pushkar A.A., D. Khlimankov D.V., V. Solovei V. I., Rybak A.V., J Shcherbitskaya J. N. Innovative directions of development of vinegar production in the Republic of Belarus	52
Smagina M.N., Smagin D.A., Smolyak A.A. Influence of changes in the thermal characteristics of the material on the heating process of minced meat products	61
Pushkar A.A., Shtepa V.N., Kulakouskaya V.I., Solovyov V.V. Method of reducing protein load on beer wort by applying electrocoagulation and ultrasound processes	70
Koshak Zh.V., Ruksan L.V., Koshak A. E. Powdered milk - an alternative to animal protein in rainbow trout	80
Koloskova O.V., Nikulina O.K., Yakovleva M.R. Estimation of the suitability of methods for determining lactic acid content in diffusion juice for application in chemical and technical control of sugar production.....	89
Labazava I.E., Kozeltsava E.I., Piatrova E.A. Quality assesment of meat product by microbiological indicators	95
Trusova M.M., Pavlova O.V. Development of a combined sorbent for stabilizing the colloidal system of fermented drinks.....	103

УДК 637.3.05
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4\(50\)-6-14](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-6-14)

Поступила в редакцию 11.03.2020
Received 11.03.2020

М. Р. Мардар¹, Е. А. Давыдова², А. Н. Лилишенцева³

¹*Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса, Украина*

²*Учреждение образования «Белорусский государственный институт повышения квалификации и переподготовки кадров по стандартизации, метрологии и управлению качеством», г. Минск, Республика Беларусь*

³*Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ДЕСКРИПТОРНЫЕ МЕТОДЫ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА СЫРА

Аннотация. Повышение качества и конкурентоспособности отечественной пищевой продукции невозможно без развития и совершенствования методологии и практики органолептического анализа. Сыр имеет сложный вкусо-ароматический профиль, формирующийся при длительном созревании продукта под влиянием ряда факторов, поэтому целесообразно проводить органолептическую оценку его качества с использованием дескрипторных методов. В статье рассматриваются основные подходы и методология дескрипторных исследований, приводятся разработанные базовые сенсорные лексиконы для органолептической оценки сыров, панели дескрипторов текстуры сыра и ее количественная оценка.

Ключевые слова: органолептический анализ, дескрипторы, текстура сыра, сенсорный лексикон

M. R. Mardar¹, H. A. Davidova², A. N. Lilishentseva³

¹*Odessa national academy of food technologies, Odessa, Ukraine*

²*Education institution “Belarusian State Institute for Advanced Studies and Retraining of Personnel in Standardization, Metrology and Quality Management”, Minsk, Republic of Belarus*

³*Education institution «Belarusian state economic university», Minsk, Republic of Belarus*

DESCRIPTION METHODS OF ORGANOLEPTIC ANALYSIS EVALUATING CHEESE QUALITY

Abstract. Improving the quality and competitiveness of domestic food products is impossible without the development and improvement of the methodology and practice of organoleptic analysis. Cheese has a complex taste and aromatic profile which is formed during prolonged ripening of the product under the influence of a number of factors. So should be conducted an organoleptic assessment of its quality using descriptor methods. The basic approaches and methodology of descriptor studies are discussed in the article, the basic sensory vocabulary for organoleptic evaluation of cheese, descriptor panels of cheese texture and its quantitative assessment are developed.

Keywords: organoleptic analysis, descriptors, cheese texture, sensory vocabulary

Введение. Сложно переоценить роль органолептического анализа в обеспечении качества пищевой продукции. Как показывают многочисленные исследования, проводимые во всем мире по определению критериев потребительского выбора, вкусовые и другие органолептические характеристики являются одними из приоритетных для потребителя [1].

Органолептический (сенсорный) анализ — исследование органолептических характеристик продукции с помощью органов чувств. Он основывается на естественных ощущениях человека, на ответной реакции органов чувств на свойства пищевого продукта как исследуемого объекта, что позволяет получить достаточно точное заключение о качестве продукции без привлечения измерительных приборов, другого оборудования и реактивов. Однако довольно сложно объективно оценить уровень качества продукции, если оно не может быть измерено инструментально, особенно это характерно для оценки по органолептическим показателям, определяемым на уровне органов чувств человека.

Органолептический анализ традиционно считается субъективным методом оценки качества продукции, поскольку зависит от психофизического состояния испытателя, его опыта, владения методами органолептического анализа, сенсорных способностей, условий проведения испытаний и т.д. Однако при правильной организации органолептическая оценка по своей точности и достоверности приближается к физико-химическим методам, а в некоторых случаях является единственной, так как аналогичные результаты невозможно получить другими методами. Кроме того, инструментальные методы контроля не могут отразить все оттенки качества продукта, как это способны сделать органы чувств квалифицированного эксперта [2, 3].

Органолептическая оценка необходима для определения качества сыра или характеристики сыров при разработке нового продукта или же для исследования отношения потребителей к сыру. Органолептический анализ используется для выявления нежелательных свойств или пороков сыра, для идентификации различий в органолептических показателях двух или более сыров, для оценки различий между специфическими органолептическими характеристиками различных сыров или для оценки потребительских предпочтений. Применяют целый ряд методов оценки органолептических характеристик [4].

Все методы дегустационного анализа можно разделить на аналитические (экспертные) и методы потребительской оценки. Аналитические (экспертные) включают различительные методы, методы шкал и категорий и описательные [4].

Наиболее распространенным методом дегустационного анализа является определение органолептических свойств путем подсчета баллов при оценке соответствия техническим условиям. Его общие требования изложены в международном стандарте ISO 22935-3:2009 «Milk and milk products — Sensory analysis — Part 3: Guidance on the method for evaluation of compliance with product specification for sensory properties by scoring». Этот метод наиболее применим в процессе производства и контроля качества, когда требуется регулярно проводить оценку большого количества проб, а также в случае недостатка времени или при ограниченном числе экспертов. Балльная оценка сыра позволяет быстро определить качество в целом, но не учитывает в достаточной мере выраженность вкуса и аромата, свойства консистенции, характерные для продукта конкретного производителя или определенного района изготовления.

Для пищевых продуктов, имеющих сложный вкусо-ароматический профиль, таких как созревающие сыры, где при длительном созревании продукта формируется сложный букет, более приемлемым является метод дескрипторного анализа, имеющий большие возможности для решения различных задач производственного или исследовательского характера.

Дескрипторные исследования — наиболее высокоинформативный класс сенсорных испытаний. Эти методы предусматривают количественное отображение наиболее значимых органолептических признаков пищевого продукта, отражающих его индивидуальные качества, в виде графических профиллограмм. Это возможно благодаря использованию набора шкал, каждая из которых предусматривает числовой ответ для воспринятой интенсивности того или иного сенсорного признака. Каждый конкретный дескриптор представляет собой независимый и относящийся только к данному продукту описательный признак [5].

Методология построения профилей дополнена теорией создания дескрипторной модели с количественным определением интенсивности свойств. Это позволяет совместить методы дегустационной оценки со статистическими расчетами и сравнивать продукты между собой. Созданный метод QDA™ используется, чтобы сравнить вкусо-ароматические характеристики пищевых продуктов и их конкурентоспособность. Качественная оценка выражается с помощью словесных описаний (дескрипторов), а количественная, характеризующая интенсивность ощущения, — в числах (шкалах) или графически.

Профильный или дескрипторно-профильный метод (Flavour Profile Method) — органолептический метод оценки совокупности признаков-свойств (аромата, вкуса, консистенции) с использованием предварительно выбранных описательных характеристик-дескрипторов [6]. Метод подразумевает словесное описание и количественное выражение органолептических признаков, оцениваемых в баллах и графически, расположенных по схеме. Характерные нюансы признаков, их интенсивность, порядок проявления оттенков, последствие называются профилем продуктов [7].

В 70-е годы XX века сотрудники компании «Tragon» (США) Sidel J. и Stown H. запатентовали метод качественного дескрипторно-профильного анализа, названного ими Qualitative Data Analysis (QDA™) — качественный анализ данных, и ввели в обиход понятие «дескриптор». Дескрипторный сенсорный анализ, разработанный в 1950-х годах, постепенно заменил существующие измерительные методы, благодаря его многосторонности и специфичности [8].

Дескриптор — это индивидуальная характеристика, присущая продукту, наиболее ярко отражающая его заданные свойства, позволяющая отличать конкурентные продукты друг от друга. Наиболее значимые дескрипторы вкуса, аромата, текстуры и т.д. формируют панель дескрипторов, которая отражает сенсорное восприятие продукта в целом [9].

Построение органолептических профилей может осуществляться по кластерам:

- ♦ дескрипторы внешнего вида;
- ♦ дескрипторы вкусовых характеристик;
- ♦ дескрипторы характеристик аромата;
- ♦ дескрипторы, описывающие осязательные характеристики;
- ♦ дескрипторы оральной текстуры.

Следует выделить понятие «флейвора», являющегося комплексным ощущением в полости рта, вызванным вкусом, запахом и текстурой пищевого продукта во время дегустационной оценки [10].

Методы проведения органолептической оценки молока и молочных продуктов изложены в международном стандарте ISO 22935-2:2009 «Milk and milk products. Sensory analysis. Part 2. Recommended methods for sensory evaluation». В данном стандарте представлены методы органолептической оценки внешнего вида, рисунка (для сыра), вкуса и аромата, консистенции некоторых молочных продуктов, которые можно использовать при построении сенсорных панелей и профилей продукта.

В соответствии с требованиями ГОСТ ISO 13299-2015 «Органолептический анализ. Методология. Общее руководство по составлению органолептического профиля» при органолептических испытаниях дескрипторным методом необходимо составить общий список дескрипторов и выбрать подходящие для применения к тому или иному виду продукции.

Для оценки сенсорных характеристик конкретного вида продукта используются описательные сенсорные панели, для чего разрабатываются профильные дескрипторы [11-14].

В международной практике для органолептической оценки сыров методом дескрипторного анализа используется базовый сенсорный лексикон, представленный в таблице 1, который был разработан для оценки качества сыра Чеддер [15].

Т а б л и ц а 1. Базовый сенсорный лексикон для оценки качества сыра Чеддер
Table 1. Basic Cheddar cheese flavor language

Дескриптор	Определение	Фактор
Кипяченое молоко	Ассоциируется с кипяченым молоком	Обезжиренное молоко, выдержанное при 85°С в течение 30 мин
Сывороточный	Ассоциируется с подсырной сывороткой, полученной при производстве сыра Чеддер	Свежая подсырная сыворотка, полученная при производстве сыра Чеддер
Диацетильный	Ассоциируется с диацетилом	Диацетил, 20 ppm
Молочный жир/лактон	Ассоциируется с молочным жиром	Свежая мякоть кокоса, жирные сливки, δ-додекалактон 40 ppm
Фруктовый	Ассоциируется с различными фруктами	Свежий ананас, этилгексаноат 40 ppm
Серный	Ассоциируется с серосодержащими компонентами	Вареные яйца, свежезажженная спичка, пропущенный через воду H ₂ S
Масляный	Аромат ассоциируется с жирными кислотами с короткой цепью	Масляная кислота
Бульонный	Аромат, ассоциирующийся с вареным мясом	Консервированный картофель, говяжьи бульонные кубики с низким содержанием соли
Ореховый	Ассоциируется с орехами различных видов, зародышами пшеницы	Слегка обжаренные несоленые орехи, арахисовое масло
Кошачий	Аромат, ассоциирующийся с кошачьей мочой	2 mercapto-2 methyl-pentan-4 one, 20 ppm
Запах коровника, амбарный	Аромат, ассоциирующийся с коровником; напоминающий пот и отходы жвачных животных	Смесь изовалериановой кислоты и p-крезола 100 ppm
Нафталиновый, кормовой	Аромат, ассоциирующийся с нафталином или катаболизмом белков, иногда напоминающий силос или компост	Нафталин, индол или скатол 50 ppm
Кислый	Фундаментальный вкус, вызванный кислотой	Лимонная кислота (0,08%-ный водный раствор)
Горький	Фундаментальный вкус, вызванный кофеином или хинином	Кофеин (0,08%-ный водный раствор)
Соленый	Фундаментальный вкус, вызванный солью	Хлористый натрий (0,5%-ный водный раствор)
Сладкий	Фундаментальный вкус, вызванный сахаром	Сахар (5,0%-ный водный раствор)
Умами	Вкус, вызванный некоторыми пептидами и нуклеотидами	Глютамат натрия (0,1%-ный водный раствор)

Базовый сенсорный лексикон, разработанный для сыра Чеддер, с незначительными модификациями позже был адаптирован для сыров голландского типа, сыров швейцарского типа, для моцареллы, пармезана и сыров, изготовленных из козьего молока [16–18].

Четкие определения и эталоны характерных признаков обеспечивают сравнение с результатами других исследований и инструментальных методов. Установлено, что определенный лексикон, используемый в различных странах, позволяет получать идентичные результаты при оценке одинаковых образцов [19], а кроме того, может быть использован для сравнительной оценки с другими дескрипторными панелями, а также интерпретации инструментальных методов анализа [20].

Важным шагом в органолептическом исследовании качества сыра является оценка его текстуры, для описания которой разрабатывается отдельный лексикон дескрипторов.

В соответствии с международным стандартом ISO 5492:2008 «Sensory analysis - Vocabulary» под текстурой сыра понимают все механические, геометрические, поверхностные и телесные свойства продукта, воспринимаемые с помощью кинестетических и телесных рецепторов, а также (если уместно) зрительных и слуховых рецепторов с первого откусывания до последнего проглатывания.

Механические характеристики связаны с реакцией продукта на давление. Они включают твердость, слипание частиц, эластичность и клейкость. Геометрические характеристики описывают величину, форму, ориентацию частиц в продукте, а также плотность, зернистость и структуру. Поверхностные характеристики связывают с ощущениями, появляющимися во рту из-за наличия влаги и/или жира на или возле поверхности продукта. Телесные характеристики описывают ощущения, проявляющиеся во рту из-за наличия влаги и/или жира в веществе продукта, и способ, которым эти составляющие высвобождаются.

В табл. 2 представлены определенные характерные признаки текстуры, которые могут быть использованы для органолептической оценки сыров разных видов. Характерные признаки продукта определяются при использовании пальцев рук, при первом укусе передними зубами, первом укусе коренными зубами или несколькими укусами (характеристики, определяемые при жевании). Некоторые визуальные признаки, такие как влажность поверхности или однородность цвета, могут быть рассмотрены как характерные признаки в зависимости от вида сыра [21].

Таблица 2. Термины, используемые для идентификации и определения испытателями при оценке характеристик текстуры различных видов сыров
Table 2. Terms that have been identified and defined by trained descriptive panels to document texture attributes of various cheese

Термин/ Характерный признак	Методы анализа / определение
Характеристики, определяемые при использовании пальцев руки	
Когезионная способность	Манипуляция образца тремя пальцами 5 раз и оценка степени сцепления частиц образца вместе
Рассыпчатость	Манипуляция образца тремя пальцами 5 раз и определение степени, с которой образец разбивается и рассыпается с манипуляцией
Прочность	Определение 1. Сила, с которой требуется сдавливать куб сыра (1,5x1,5x1,5 см) в полосу между пальцами Определение 2. Надавить на образец, используя пальцы руки, в течение 1-2 секунд без разрушения. Сила, которая необходима для сдавливания образца
Скорость восстановления	Сжатие образца между большим и указательным пальцем на 30%. Определить скорость восстановления, с которой образец восстановит прежнюю форму
Мягкость	Податливость прессованию, легкость формования, гибкость
Упругость	Определение 1. Сжать образец осторожно пальцами 1-2 сек без разрушения. Определить степень, с которой образец пружинит после компрессии; Определение 2. Сжать образец между большим и указательным пальцем на 30%, оценить общую степень восстановления образца
Липкость	Воздействовать на образец, используя большой, средний и указательный пальцы, 5 раз. Определить степень, с которой образец прилипает к пальцам
Характеристики сыра, определяемые при первом укусе	
Корковость	Сила, требуемая для разрушения корочки сыра при первом укусе, оцениваемая передними зубами
Прочность	Определение 1. Количество силы, требуемое для первого укуса сыра, оцениваемое передними зубами Определение 2. Количество силы, требуемое для полного прокусывания массы сыра, оцениваемое коренными зубами

Окончание табл. 2

Термин/ Характерный признак	Методы анализа / определение
Липкость	Чувство липкости при первом укусе
Эластичность	Степень эластичности сыра, оцениваемая при первом укусе
Твердость	Сила, требуемая для укуса образца (первый укус)
Характеристики сыра, определяемые при жевании	
Адгезионная способность	Степень, с которой жеванная сырная масса прилипает к зубам. Оценивается после 5 жевательных движений
Пережевываемость	Степень жевания, требуемая для разрушения сыра при его пережевывании до текстуры конфет ирисок
Когезионная способность	Степень, с которой жеваная масса сцепливается вместе. Оценивается после 5 жевательных движений
Жирность	Определение 1. Степень, с которой образец сыра разбивается до сливочной полужидкой текстуры, оцениваемая между языком и небом в процессе жевания; Определение 2. Чувство, ассоциирующееся с жирными взбитыми сливками (массовая доля жира более 30%)
Рассыпчатость	Определение 1. Степень, с которой структура сыра рассыпается во рту. Определяется после первых 2-3 жевательных движений; Определение 2. Ощущение во рту, когда образец сыра быстро рассыпается во рту в процессе жевания
Творожистость	Степень, с которой творожистая или мучнистая структура воспринимается во рту в процессе жевания
Степень разламывания	Количество разломов, образующихся в образце в процессе жевания. Оценивается после 5 жевательных движений
Сухость	Степень сухости или влажности, ощущаемой во рту в процессе жевания
Прочность	Степень сопротивления разрушению, оказываемая образцом сыра в процессе жевания. Оценивается в процессе первых 5 жевательных движений, используя передние зубы. Ранжируется от мягкой до прочной
Зернистость	Определение 1. Степень, с которой формируется гранулированная структура образца, оцениваемая в конце процесса жевания; Определение 2. Чувство грубых частиц во рту в процессе жевания
Мучнистость	Ощущение во рту в процессе жевания, когда образец разламывается на куски и трудно собирается для проглатывания
Влажность	Определение 1. Воспринимаемая влажность сыра. Ранжируется от сухой до влажной. Определение 2. Влажная или сухая текстура сыра, степень которой воспринимается небом в процессе жевания
Маслянистость	Ощущения во рту жирности, маслянистости, сальности и т.п.
Эластичность	Степень, с которой образец сыра восстанавливает первоначальную форму после кусания, оценивается после первых 2-3 жевательных движений
Слизистость	Слизистый, мягкий, клейкий или вязкой субстанции, влажный или липкий
Гладкость	Определение 1. Гладкость сыра, разрушающаяся в процессе жевания. Определение 2. Степень гладкости поверхности сыра, определяемая после 5 жевательных движений
Липкость	Определение 1. Липкость сыра к небу и вокруг зубов, определяемая в процессе жевания Определение 2. Общее ощущение липкости в процессе жевания
Вязкость	Ощущения, связанные с употреблением вязких жидкостей, подобно жирным взбитым сливкам или меду

Для построения органолептических профилей и количественной оценки весомости дескрипторов выбирается шкала интенсивности, которая будет использоваться с дескрипторами.

С целью создания количественных методов оценки текстуры разработаны стандартные оценочные шкалы, приведенные в ГОСТ ISO 11036 «Органолептический анализ. Методология. Характеристики структуры». Такие шкалы иллюстрируют основную концепцию знакомых эталонных продуктов для количественной оценки интенсивности каждого органолептического признака текстуры. Шкалы

отражают диапазон интенсивности механических признаков, обычно встречающихся в пищевых продуктах и подлежащих оценке количественно-описательным методом. Эти шкалы могут быть приняты либо без изменений, либо могут быть выбраны другие эталонные продукты, с учетом локальной доступности, привычек питания и т.д.

Цель установления шкал эталонных продуктов состоит в том, чтобы указать на возможность построения шкал интенсивностей для органолептических структурных признаков и возможность подбора хорошо известных продуктов в качестве примеров заданных интенсивностей этих признаков.

Для оценки текстуры различных видов сыров разработан дескрипторный лексикон [22], представленный в табл. 3. Он имеет четко определяемые термины и вводит эталонные образцы сыра для использования и определения интенсивности признаков. Показатели текстуры сыра сгруппированы в три категории: определяемые при помощи пальцев руки, при первом укусе и при жевании сыра. Каждый из представленных характерных признаков играет ключевую роль в общем профиле текстуры. Различия каждого вида сыра могут быть дифференцированы, и что, возможно, еще более важно, эффект различных параметров, таких как срок созревания, заквасочные или добавочные культуры, состав и массовая доля жира, конкретного вида сыра может быть определен.

Таблица 3. Дескрипторный сенсорный лексикон для оценки текстуры сыра
Table 3. Descriptive sensory language for cheese texture

Показатель/ дескриптор	Метод определения	Эталонный образец сыра
Показатель сыра, определяемый при помощи руки		
Твердость	Сдавить пальцами руки образец сыра. Оценить силу, требуемую для полного сжатия образца	Velvetta = 3 Muenster = 7 Cheddar = 10 Parmesan = 15
Упругость	Сдавить образец сыра на 30% между большим и указательным пальцами руки. Оценить общую степень восстановления образца (при разрушении образца при прессовании он не является упругим)	Parmesan = 1 Velvetta = 4 Cheddar = 7 Muenster = 13
Скорость восстановления	Сдавить образец сыра на 30% между большим и указательным пальцами руки. Оценить скорость восстановления образца (как долго образец восстанавливает первоначальную форму)	Feta = 1 Velvetta = 3 Cheddar = 6 Muenster = 9
Показатели сыра, определяемые во рту при первом укусе (Используя коренные зубы, делается один полный укус всего образца)		
Твердость	Определяется количество силы, требуемое для полного укуса	Velvetta = 2 Muenster = 6 Cheddar = 9 Parmesan = 14
Ломкость	Степень ломкости образца после укуса	Velvetta = 1 Cheddar = 5 Feta = 14
Показатели сыра, определяемые во рту при жевании (сделать 5 жевательных движений образца и оценить полученную массу сыра)		
Степень разрушения	Определить насколько сильно образец сыра разрушается в процессе жевания	Parmesan = 1 Muenster = 9 Cheddar = 11 Velvetta = 14
Когезионная способность	Степень, с которой образец слеплен вместе во рту	Parmesan = 1 Feta = 3 Muenster = 7 Cheddar = 11 Velvetta = 14
Адгезионная способность	Степень, с которой образец липнет к полости рта и поверхности зубов	Parmesan = 1 Muenster = 7 Cheddar = 10 Feta = 12 Velvetta = 14

Окончание табл. 3

Показатель/ дескриптор	Метод определения	Эталонный образец сыра
Гладкость	Оценить гладкость образца после жевания	Parmesan = 1 Feta = 3 Muenster = 8 Cheddar = 10 Velvetta = 14
Остаточные признаки, определяемые во рту (оценить остаточные характеристики после сплевывания образца)		
Гладкость ротовой полости	Оценить степень ощущения гладкости во рту	Parmesan = 1 Feta = 5 Muenster = 10 Cheddar = 11 Velvetta = 14

Важное значение в дескрипторном анализе имеет процедура, в ходе которой испытатели знакомятся с эталонными веществами или продуктами, которые соответствуют сенсорным характеристикам дескрипторов, желательна по всем пунктам шкалы интенсивности восприятия, или по крайним, или средним значениям. Это позволит всем испытателям базироваться на одинаковых подходах к органолептической оценке.

Однако, следует учесть, что некоторые виды пищевых продуктов не доступны в отдельных частях мира, а внутри одной страны для некоторых видов пищевых продуктов интенсивность признаков может изменяться из-за использования различных сырьевых материалов или особенностей технологии производства [23, 24].

Закключение. Органолептические свойства молочных продуктов, такие как внешний вид, флейвор и текстура, непосредственно определяют качество продукта, а наряду с полезными свойствами, пищевой ценностью и ценой — предпочтения потребителей. Для оценки текстуры различных видов сыров разработан дескрипторный лексикон. Показатели текстуры сыра сгруппированы в три категории: определяемые при помощи пальцев руки, при первом укусе и при жевании сыра.

Показано, что различия каждого вида сыра могут быть дифференцированы, а влияние различных параметров, таких как срок созревания, заквасочные или добавочные культуры, состав и массовая доля жира, может быть определено с помощью дескрипторно-профильного анализа.

Список использованных источников

1. Ловкис, З.В. Органолептический анализ качества пищевых продуктов. Требования к испытателям / З.В. Ловкис, Е.М. Моргунова, В.И. Шевченко, Е.А. Давыдова // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2018. — Том 11, №1 (39). — С. 13–19.
2. Шилов, А.И. Экономика потребительского рынка Беларуси: структура, тенденции / А.И. Шилов, А.Н. Лищенко, Т.А. Сенкевич, О.А. Шилов // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. — 2015. — № 5(34). — С 112–118.
3. Delahunty, C.M. Sensory character of cheese and its evaluation / C.M. Delahunty, M.A. Drake, P.F. Fox, N.P. Guinee, eds. // Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology / Vol.1. — 3rd edn. — Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004. — P. 455 — 488.
4. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство: ГОСТ ИСО 6658-2016. — Стандартиформ. — 20 с.
5. Robichaud, J. Using Consumers Sensory Experience to Achieve Strategic Market Segmentation // Cosmetics & Toiletries Magazine. — 2007. — №10. — P. 21–27.
6. Органолептический анализ. Методология. Методы профильного анализа флейвора: СТБ ИСО 6564-2007.— 12 с.
7. Stone, H. Sensory Evaluation Practices / H. Stone, J. L. Sidel.— San Diego M.F. Sancho-Madriz: Academic Press, 1993. — P.215.
8. Schiano, A.N. A 100-Year Review: Sensory analysis of milk / A.N. Schiano, W.S. Harwood, M.A. Drake // J. Food Sci. — 2017. — Vol. 100. — P.9966–9986.
9. Заворохина, Н.В. Потенциал дескрипторно-профильного метода дегустационного анализа / Н.В. Заворохина, О.В. Чугунова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые биотехнологии». — 2014. — Том 2, №2. — С. 58–61.
10. Матисон, В.А. Применение дескрипторно-профильного метода для оценки качества продуктов питания / В.А. Матисон, Н.И. Арутюнова, Е.Д. Горячева // Пищевая промышленность. — 2015. — №6. — С. 52–54.

11. Drake, M.A. Modern Sensory Practice / M.A. Drake // The Sensory Evaluation of Dairy Products / S.Clark [et al.]. — N.Y., 2007. — P. 505–530.
12. Drake, M.A. Flavor lexicons / M.A. Drake, G.V. Civille // Compr. Rev. Food Sci. — 2003. — V. 2 (1). — P. 33–40.
13. Guinee, T.P. Control and Prediction of Quality Characteristics in the Manufacture and Ripening of Cheese, / T.P. Guinee, D.J. Callaghan // Technology of Cheese making / 2nd edn. — Ed. By B.A.Law, A.Y. Tamime. — Oxford: Blackweell Publishing Ltd., 2010. — P. 260–314.
14. Смоляр, А.В. Дескрипторно-профильный метод определения качества образцов яблочного сока/ А.В. Смоляр, А.Н. Лилишенцева// Пищевая промышленность: наука и технология.— 2020. — № 1. — С. 84–94.
15. Drake, M.A. Defining dairy flavors / M.A. Drake // J. Dairy Sci. — 2004. — Vol. 87. — P. 777–784.
16. Development of a descriptive language for Cheddar cheese / M.A. Drake, S. McIngvale, P.D. Gerard, K.R. Cadwallader, G.V. Civille / J. Food Sci. — 2001. — Vol. 66. — P. 1422–1427.
17. Lighett, R. Impact of flavor attributes on consumer liking of Swiss cheese / R. Lighett, M.A. Drake, J. Delwiche // J. Dairy Sci. — 2008. — Vol. 91. — P.466–476.
18. Park, Y. Impact of frozen storage on flavor of caprine milk cheeses /Y.Park, P.D. Gerard, M.A. Drake // J. Sens. Stud. — 2006. — Vol. 21. — P. 654–663.
19. Comparison of differences between lexicons for descriptive analysis of Cheddar cheese flavour in Ireland, New Zeland and the United States in America/ M.A. Drake, M.D. Yates, P.D. Gerard, C.M. Delahunty, E.M. Sheehan, R.P. Turnbull, T.M. Dodds /America Int. Dairy J. — 2005. — Vol. 15. — P. 473–483.
20. Cross validation of sensory language for Cheddar cheese / M.A. Drake, P.D. Gerard, S. Wright, K.R. Cadwallader, G.V. Civille / J. Send. Stud. — 2002. — Vol. 17. — P. 215–229.
21. Foegeding, E.A. Invited Review: Sensory and Mechanical properties of cheese texture / E.A. Foegeding, M.A. Drake / J. Dairy Sci. — 2007. — Vol. 90. — P. 1611–1624.
22. Brown, J.A. Changes in rheological and sensorial properties of young cheeses as related to maturation / J.A. Brown, E.A. Foending, C.R. Daubert, M.A. Drake / J. Dairy Sci. — 2003. — Vol. 86. — P. 3054–3067.
23. Molina, E. Sensory profiling of market milk / E. Molina, L. Amigo, A. Quiros // Milk processing and Quality management / Ed. By A.Y. Tamime. — Oxford: Blackweell Publishing Ltd., 2009. — P. 294–313.
24. Cadwallader, K. Measuring cheese flavor / K. Cadwallader // Improving the flavor of cheese / Ed. by B.C. Weimez — Cambrige: Woodhead Publishing Ltd., 2007. — P. 401–417.

References

1. Lovkis Z.V., Morgunova E.M., Shevchenko V.I., Davydova E.A. Organolepticheskiy analiz kachestva produktov. rekomendacii dlya ispitatelye. [*Organoleptic analysis of food quality. Requirements for testers*]. Pischevaya industria: nayka i tehnologiya=Food industry: science and technolog, 2018, no. 1 (39), pp. 13–19.
2. Shilov A.I., Lilishentseva A.N., Senkevich T.A., Shilov O.A. Ekonomika potrebitelskogo rinka Belaruce: structura, tendencii [*Economy of the Belarusian consumer market: structure, trends*]. Technology and commodity science of innovative food products, 2015, no. 5 (34), pp. 112–118.
3. Delahunty C.M., Drake A., Fox P.F., Guinee N.P., eds. Sensory character of cheese and its evaluation. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol.1. — Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004. — 488 p.
4. Organoleptic analysis. Methodology. General guidance: GOST ISO 6658-2016. — Standartinform. — 20 p.
5. Robichaud J. Using Consumers Sensory Experience to Achieve Strategic Market Segmentation / Cosmetics & Toiletries Magazine, 2007, № 10, pp. 21–27.
6. Organoleptic analysis. Methodology. Methods of profile analysis of flavor: STB ISO 6564-2007. — 12 p.
7. Stone H., Sidel J. L. Sensory Evaluation Practices, 1993, 215 p.
8. Schiano A.N., Harwood W.S., Drake M.A. A 100-Year Review: Sensory analysis of milk. J. Food Sci., 2017, V100, pp. 9966–9986.
9. Zavorokhina N.V., Chugunova O.V. Potential deskriptorno-profilnogo analiza dlya testirovaniya [Potential of the descriptor-profile method of testing analysis]. Pischevaya biotekhnologiya =Food Biotechnology, 2014, Volume 2, no. 2, pp 58–61.
10. Mathison V.A., Arutyunova N.I., Goryacheva E.D. Ispolzovanie deskriptorno-profilnogo analiza dlya opredeleniya kachestva produktov [The use of the descriptor-profile method for assessing the quality of food]. Pischevaya industria = Food Industry, 2015, no. 6, pp. 52–54.
11. Drake M.A. Modern Sensory Practice. The Sensory Evaluation of Dairy Products S.Clark [et al.], N.Y., 2007, pp. 505–530.

12. Drake M.A., Civille G.V. Flavor lexicons Compr. Rev. Food Sci, 2003, no. 2(1), pp. 33–40.
13. Guinee T.P., Callaghan D.J., Guinee T.P. Control and Prediction of Quality Characteristics in the Manufacture and Ripening of Cheese, Technology of Cheesemaking Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2010, pp. 260–314.
14. Smolyar A.V., Lilishentseva A.N. Deskriptorno-profilni metod dlya opredeleniya kachestva obrascov yablochnogo soka [*The descriptor-profile method for determining the quality of samples of apple juice*] Pischevaya industriya: nayka i tehnologiya = Food industry: science and technology, no. 1, 2020, pp. 84–94.
15. Drake M.A. Defining dairy flavors. J. Dairy Sci, 2004, no. 87, pp. 777–784.
16. Drake M.A., McIngvale S., Gerard P.D., Cadwallader K.R., Civille G.V. Development of a descriptive language for Cheddar cheese. J. Food Sci., 2001, no. 66, pp. 1422–1427.
17. Lighett R., Drake M.A., Delwiche J. Impact of flavor attributes on consumer liking of Swiss cheese. J. Dairy Sci., 2008, V. 91, pp. 466–476.
18. Park Y., Gerard P.D., Drake M.A. Impact of frozen storage on flavor of caprine milk cheeses. J. Sens. Stud., 2006, V. 21, pp. 654–663.
19. Drake M.A., Yates M.D., Gerard P.D., Delahunty C.M., Sheehan E.M., Turnbull R.P., Dodds T.M. Comparison of differences between lexicons for descriptive analysis of Cheddar cheese flavour in Ireland, New Zeland and the United States in America/ America Int. Dairy J., 2005, V. 15, pp. 473–483.
20. Drake M.A., Gerard P.D., Wright S., Cadwallader K.R., Civille G.V. Cross validation of sensory language for Cheddar cheese. J. Send. Stud., 2002, V. 17, pp. 215–229.
21. Foegeding E.A., Drake M.A. Invited Review: Sensory and Mechanical properties of cheese texture. J. Dairy Sci., 2007, V. 90, pp. 1611–1624.
22. Brown J.A., Foending E.A., Daubert C.R., Drake M.A. Changes in rheological and sensorial properties of young cheeses as related to maturation. J. Dairy Sci., 2003, V. 86, pp. 3054–3067.
23. Molina E., Amigo L., Quiros A. Sensory profiling of market milk. Milk processing and Quality management. Ed. By A.Y. Tamime. Oxford: Blackwell Publishing Ltd., 2009, pp. 294–313.
24. Cadwallader, K. Measuring cheese flavor Improving the flavor of cheese Ed. By B.C. Weimez — Cambridge: Wood head Publishing Ltd., 2007, pp. 401–417.

Информация об авторах

Мардар Марина Ромиковна — доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе и международным связям Одесской национальной академии пищевых технологий (ул. Канатная, 112, 65039, г. Одесса, Украина). E-mail: marina_mardar@mail.ru.

Давыдова Елена Александровна — кандидат технических наук, доцент учреждения образования «Белорусский государственный институт повышения квалификации и переподготовки кадров по стандартизации, метрологии и управлению качеством», (ул. Мележа, 3, 220000, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: kafedra@bgipk.by.

Лилишенцева Анна Николаевна — кандидат технических наук, доцент учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет» (пр. Партизанский, 26, 220070, г. Минск Республика Беларусь). E-mail: lilishenceva@yandex.ru.

The information on authors

Mardar Marina R. — Doctor of Sciences (Dr. Hab.) in Engineering, Professor Odessa national academy of food technologies, (112 Kanatna Str., Odessa 65039, Ukraine). E-mail: marina_mardar@mail.ru.

Davidova Elena A. — Ph.D. (Engineering), educational institution “Belarusian State Institute for Qualification Improvement and Retraining of Staff on Standardization, Metrology and Quality Management” (3 Melesha Str., Minsk 3220000, Republic of Belarus). E-mail: kafedra@bgipk.by

Lilishentseva Anna N. — Ph.D. (Engineering) educational institution “Belarus State Economic University”, (26 Partizanski Ave., Minsk 220070, Republic of Belarus). E-mail: lilishenceva@yandex.ru.

УДК 664.83:613.2
https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-15-23

Поступила в редакцию 23.10.2020
Received 23.10.2020

**З. В. Ловкис¹, Н. И. Белякова¹, В. В. Шилов¹, А. В. Садовская¹, Ю. С. Усеня¹,
Ю. А. Артюх², А. М. Шемшелева²**

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь

²Белорусское республиканское общественное объединение помощи детям больным фенилкетонурией
«Будущее без границ»

РАЗРАБОТКА НИЗКОБЕЛКОВЫХ КАРТОФЕЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ПИТАНИЯ ЛЮДЕЙ С НАРУШЕНИЕМ ОБМЕНА ФЕНИЛАЛАНИНА

Аннотация. В статье представлены данные научно-исследовательской работы по разработке технологии производства низкобелковых картофельных продуктов (картофельное пюре, клецки) для питания людей с нарушением обмена фенилаланина, приведены результаты оценки разработанных продуктов по органолептическим, структурно-механическим, реологическим свойствам. Значения пищевой ценности опытных образцов концентратов низкобелковых картофельных продуктов, изготовленных по разработанной технологии, составили: белок — от 2,5 до 4 г, фенилаланин — от 120 до 245 мг в 100 г сухой смеси, в порции приготовленного продукта (100 г) содержание белка составляет 0,5–1 г, фенилаланина 30–48 мг. В статье также представлены результаты исследования изменения постпрандиального уровня глюкозы в крови при приеме в пищу низкобелковых картофельных продуктов (клецок и пюре).

Ключевые слова: фенилкетонурия, специализированные пищевые продукты, продукты картофельные низкобелковые, белок, фенилаланин, пищевая ценность, постпрандиальный глюкозный ответ

**Z. V. Lovkis¹, N. I. Belyakova¹, V. V. Shylau¹, A. V. Sadovskaya¹, Yu. S. Usenya¹,
Yu. A. Artyukh², H. M. Shemsheleva²**

¹RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian Republican Public Association for Helping Children with Phenylketonuria
“Future without Borders”

DEVELOPMENT OF LOW PROTEIN POTATO PRODUCTS FOR NUTRITION OF PEOPLE WITH PHENYLALANINE METABOLISM

Abstract. The article presents the data of research work on the development of technology for the production of low-protein potato products (mashed potatoes, dumplings) for the nutrition of people with impaired phenylalanine metabolism, the results of evaluating the developed products in terms of organoleptic, structural-mechanical, rheological properties. The values of the nutritional value of the prototypes of concentrates of low-protein potato products made according to the developed technology were: protein — from 2.5 to 4 g, phenylalanine — from 120 to 245 mg per 100 g of product, in a portion of the prepared product (100 g) the protein content is 0.5–1 g, phenylalanine 30–48 mg. The article also presents the results of a study of changes in postprandial blood glucose levels when eating low-protein potato products (dumplings and mashed potatoes).

Keywords: phenylketonuria, specialized food products, low-protein potato products, protein, phenylalanine, nutritional value, postprandial glucose response

Введение. Фенилкетонурия — наследственное заболевание, в основе которого лежит нарушение аминокислотного обмена. Диетотерапия у этой категории больных является способом лечения, способствуя нормальному нервно-психическому развитию ребенка. В рационе снижается количество пищевого белка и фенилаланина до минимальной возрастной потребности, а употребляемые в пищу

продукты разрабатываются на основе мальтодекстрина и различных видов крахмала (пшеничного, безглютенового пшеничного, кукурузного, картофельного, модифицированного). При этом картофель и продукты из него вводят в рацион питания людей с нарушением обмена фенилаланина с осторожностью, равномерно распределяя данные продукты [1]. На белорусском рынке специализированные низкобелковые продукты представлены в основном изделиями импортного производства, имеющими высокую стоимость. Поэтому разработка отечественных продуктов питания для данной категории населения является важной задачей, имеющей социальную значимость.

Цель исследований — разработка технологии производства низкобелковых картофельных продуктов.

Результаты и их обсуждение. Низкобелковые картофельные продукты широко выпускаются в европейских странах (торговые марки Loprofin SHS (Нидерланды), Balviten (Польша), Mevalia (Италия)), их производство также организовано в России (МакМастер), в Беларуси до 2020 года выпуск данных продуктов не осуществлялся. В рамках реализации научно-технического задания, выполняемого в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», по разработке специализированных пищевых продуктов со сниженным содержанием белка и фенилаланина проведены научные исследования по разработке технологии низкобелковых картофельных продуктов для питания людей с нарушением обмена фенилаланина.

Основным сырьем в выпускаемых импортных низкобелковых картофельных продуктах (смесях для приготовления картофельного пюре, клецек, драников) является крахмал картофельный, крахмал модифицированный и сухие картофельные хлопья.

В Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания проведены исследования содержания крахмала, белка и фенилаланина в низкобелковом сухом картофельном пюре (торговая марка Mevalia) и смеси для клецек низкобелковой (Loprofin SHS). Установлено, что общее содержание крахмала в пюре составляет 79% в 100 г продукта и включает как крахмал, содержащийся в картофельных хлопьях, на долю которых, согласно информации, приведенной на упаковке продукта, приходится 55%, так дополнительно добавленный модифицированный картофельный крахмал. Смесь для низкобелковых клецек (торговая марка Loprofin) содержит в своем составе крахмал картофельный, крахмал модифицированный, картофельные хлопья, соль, эмульгатор моно- и диглицериды жирных кислот, мускатный орех, куркуму. Массовая доля крахмала в смеси для картофельных клецек составила 81,4%.

Пищевая ценность 100 г картофельного пюре, согласно маркировке на этикетке, составляет: белки — 4,1 г (в 100 г приготовленного пюре — 0,5 г), жиры — 0,6 г, углеводы — 86,0 г. Содержание фенилаланина — 200 мг (в 100 г приготовленного пюре — 24 мг). Проведенные исследования показали, что фактическое содержание белка в 100 г картофельного пюре составляет 3,88г, в том числе фенилаланина — 216,0 мг.

Пищевая ценность 100 г картофельных клецек, согласно маркировке на этикетке, составляет: белки — 2,7 г (в готовой порции клецек — 0,9 г), жиры — 0,7 г, углеводы — 80,0 г. Содержание фенилаланина — 95 мг (в готовой порции клецек — 31 мг). Проведенные исследования показали, что фактическое содержание белка в 100 г смеси составляет 3,07 г, в том числе фенилаланина — 49,0 мг.

Внесение крахмала в состав смеси для картофельного пюре и клецек не только влияет на пищевую ценность продукта, снижает содержание белка и фенилаланина, но и выполняет технологическую функцию: в смеси для клецек и пюре крахмал выступает загустителем и связующим компонентом, а готовый продукт приобретает приятную и нежную структуру.

При разработке белорусского низкобелкового продукта в качестве основных критериев оптимизации были приняты содержание белка и фенилаланина в 100 г смеси и порции приготовленного продукта, органолептические свойства продукта, продолжительность кулинарной обработки.

Основными компонентами при разработке рецептурных составов смесей для картофельного пюре и клецек использовали сухое картофельное пюре в виде хлопьев, крахмалы, а также соль и куркуму для придания продуктам вкуса и цвета (желтого), свойственного данной категории продуктов.

Количественные соотношения компонентов подбирались таким образом, чтобы продукт обладал не только высокими вкусовыми характеристиками, но и был удобен в формовании (для клецек), а также обеспечивалась нужная плотность и консистенция как в процессе изготовления, так и при кулинарной обработке.

На первом этапе был проведен анализ подходящих модифицированных крахмалов различных производителей и исследования по определению условной вязкости (времени истечения) 5 %-го раствора крахмала в вискозиметре ВЗ-246.

Анализ данных условной вязкости 5 %-го раствора крахмалов показал, что наибольшим значением вязкости обладают следующие крахмалы: дикрахмаладипат ацетилованный (пищевая добавка E1422), картофельный экструзионный крахмал, дикрахмалфосфат ацетилованный «сшитый» (пищевая добавка E1414). Данные виды крахмалов применяются в пищевой промышленности в качес-

тве загустителей и эмульгаторов, для связывания влаги, являются разрешенными для применения для производства продуктов детского питания.

Далее был осуществлен подбор соотношения компонентов в смеси картофельных клецек таким образом, чтобы в порции приготовленных клецек (100 г) содержание белка составляло не более 1 г, регулировали содержание сухих картофельных хлопьев и крахмала. На рис. 1 приведен внешний вид клецек сырых и кулинарно приготовленных.

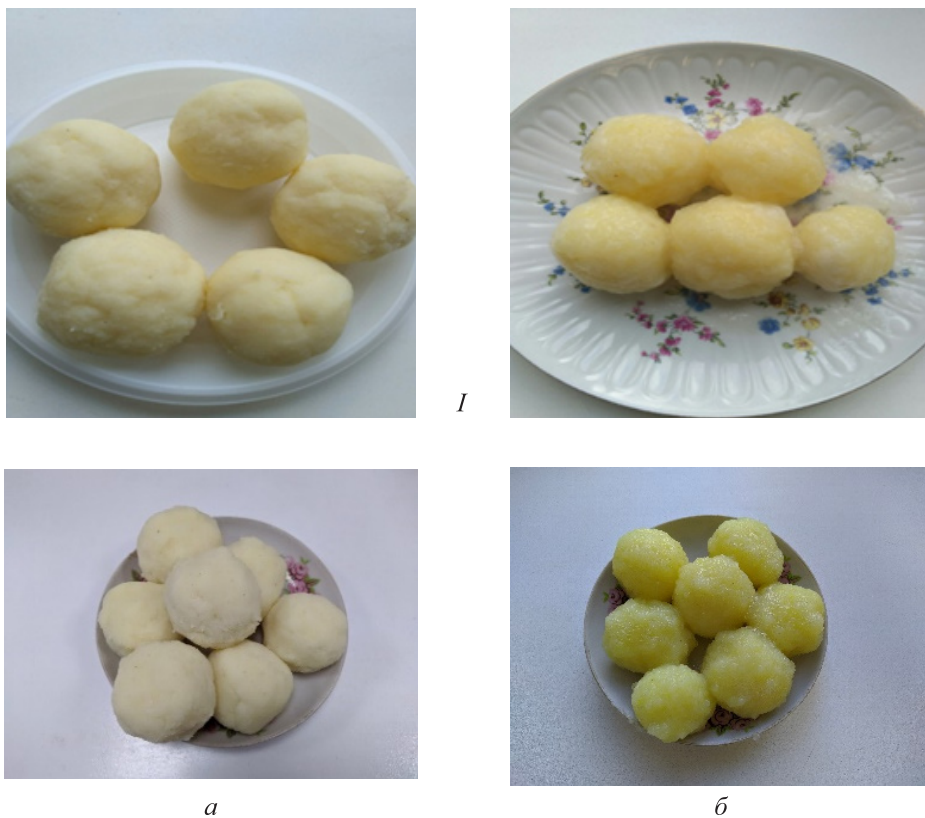


Рис. 1. Внешний вид образцов сырых (а) и сваренных (б) картофельных клецек низкобелковых:

I — клецки низкобелковые (Loprofin SHS); II — опытный образец клецек низкобелковых

Fig. 1. Appearance of raw (a) and cooked (b) samples low protein potato dumplings:

I — low protein dumplings (Loprofin SHS); II — prototype of low-protein dumplings

Установлен способ приготовления картофельных клецек: сухую смесь для приготовления клецек всыпают в воду в соотношении 1:2, тщательно перемешивают, формируют клецки размером 20–25 мм и варят в слегка кипящей подсоленной воде после всплытия 10–15 минут.

В состав смеси низкобелковой для приготовления клецек входят крахмал картофельный высшего сорта, пюре картофельное сухое, крахмал модифицированный, соль поваренная пищевая йодированная, моно- и диглицериды жирных кислот (пищевая добавка E471), куркума молотая.

Фактическое содержание белка в сухой смеси для приготовления картофельных клецек составило 2,5 г, фенилаланина — 120,0 мг в 100 г смеси. Восстановленные клецки (100 г) из данной смеси содержат 1,0 г белка и 48,0 мг фенилаланина.

Дальнейшая работа была направлена на разработку низкобелкового картофельного пюре, установления влияния технологических операций и вносимых компонентов на физико-механические (вязкость) и органолептические свойства восстановленного готового продукта.

Сырьем для производства низкобелкового картофельного пюре являются сухие картофельные хлопья (пюре) и крахмалы. Основным производителем картофельных хлопьев в Беларуси является ОАО «Машпищепрод». Технологический процесс производства картофельных хлопьев включает в себя операции очистки, нарезки, бланшировки, приготовления пюре картофельного, высушивания и разбивки листа пюре на картофельные хлопья, введение технологических добавок, фасовку и упаковку.

Для питания людей, страдающих фенилкетонурией, употребление картофельного пюре как приготовленного из традиционных картофельных хлопьев, так и из свежего картофеля необходимо строго ограничивать, так как в 100 г сухих картофельных хлопьев содержится от 5,5 г белка, а в пор-

ции картофельного пюре (200 г), приготовленного из таких картофельных хлопьев содержится 2 г белка (при соотношении восстановления продукта с водой 1:4,5). Для снижения количества белка в картофельном пюре для людей, страдающих фенилкетонурией, в состав продукта необходимо вносить крахмалы.

С этой целью в лабораторных условиях были проведены работы по исследованию влияния внесения крахмалов различных видов и модификаций на структурно-механические свойства готового продукта, его пищевую ценность. Составлено 10 лабораторных образцов картофельного пюре для проведения исследований, проведен сравнительный анализ органолептических свойств полученных лабораторных образцов с импортным аналогом (картофельное пюре Mevalia, Италия).

В рецептурные составы картофельного пюре вносили картофельный крахмал высшего сорта различных белорусских производителей, экструдированный картофельный крахмал, модифицированные картофельные крахмалы Lyskeby (Швеция), Ingredion (Германия).

Структурно-механические свойства импортного низкобелкового картофельного пюре Mevalia (контрольный образец) и лабораторных образцов картофельного пюре, подготовленных в соответствии с предварительно разработанными рецептурными составами проводили на реовискозиметре Reolab QC (рис. 2).

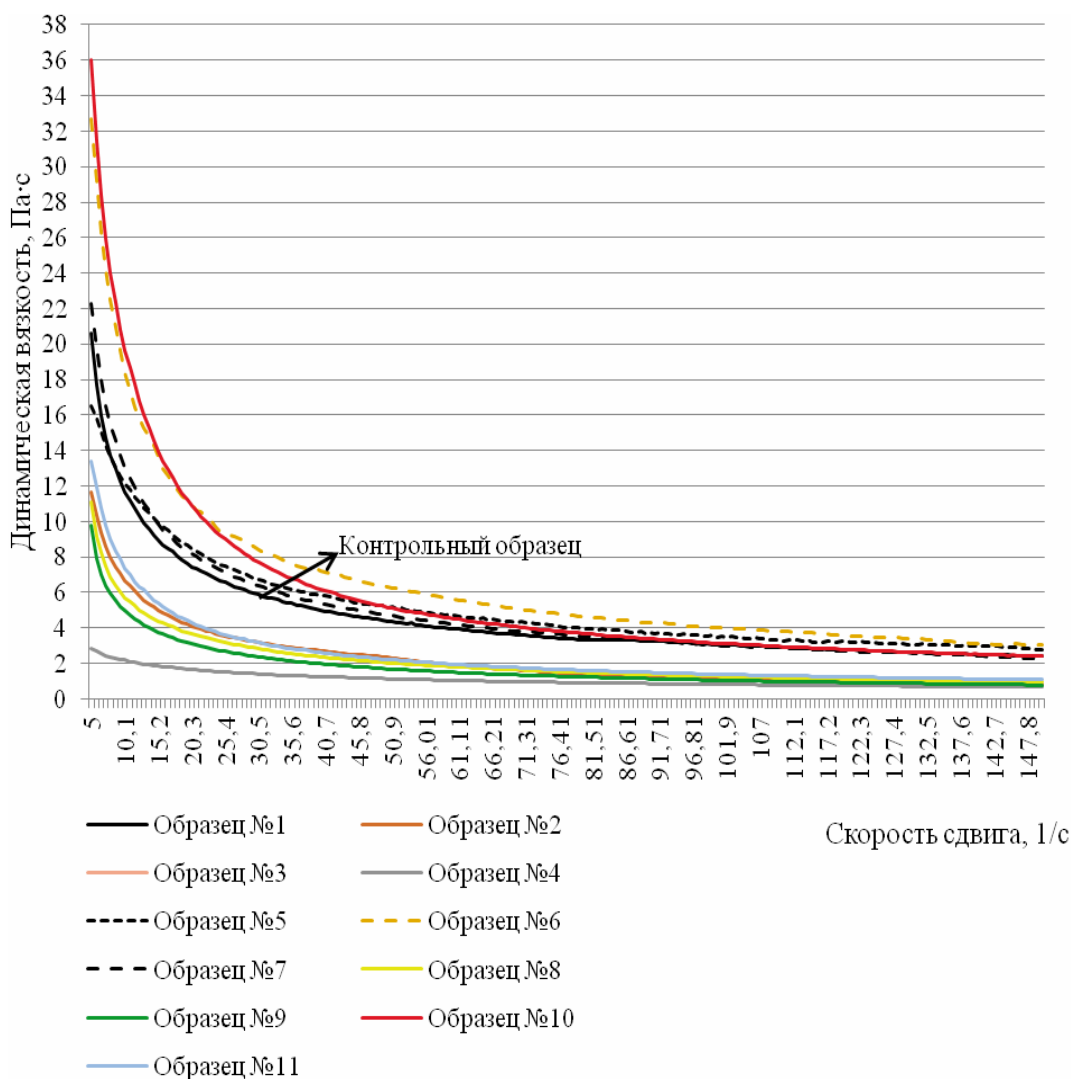


Рис. 2. Изменение динамической вязкости лабораторных образцов низкобелкового картофельного пюре в зависимости от скорости сдвига

Fig. 2. Change in dynamic viscosity of laboratory samples of low-protein mashed potatoes depending on the shear rate

Из графика, представленного на рис. 2 видно, что характер и значения изменения динамической вязкости образцов № 5, 7 близки контрольному образцу картофельного пюре Mevalia (образец №1). Лабораторный образец картофельного пюре №5, в состав которого входит экструдированный картофельный крахмал, полученный методом физической модификации, содержит 3,08 г белка в 100 г сухого продукта, восстановление сухого картофельного пюре в данном случае осуществляется при весовом соотношении картофельное пюре: вода — 1:3,0, значение динамической вязкости соответствует изменению динамической вязкости контрольного образца. Однако в готовой порции картофельного пюре массой 200 г содержится 1,54 г белка, что превышает допустимое значение для низкобелковых продуктов. При корректировке рецептурного состава продукта с целью уменьшения содержания белка до 1 г, происходит увеличение содержания крахмала в рецептуре на 30% и уменьшение содержания сухих картофельных хлопьев, при этом ухудшаются органолептические свойства картофельного пюре, приготовленный продукт обладает повышенной липкостью и вязкостью.

В образце №7 содержится до 50% модифицированного картофельного крахмала (оксипропилированного дикрахмалфосфата), весовые соотношения для восстановления сухого картофельного пюре составляют картофельное пюре : вода — 1:6, значения и характер изменения динамической вязкости лабораторных образцов картофельного пюре от скорости сдвига близки к контрольному образцу.

Для сравнительной оценки реологических свойств лабораторного образца картофельного пюре №7 проведен анализ предельного напряжения сдвига и адгезии. Результаты представлены на рис. 3 и 4.

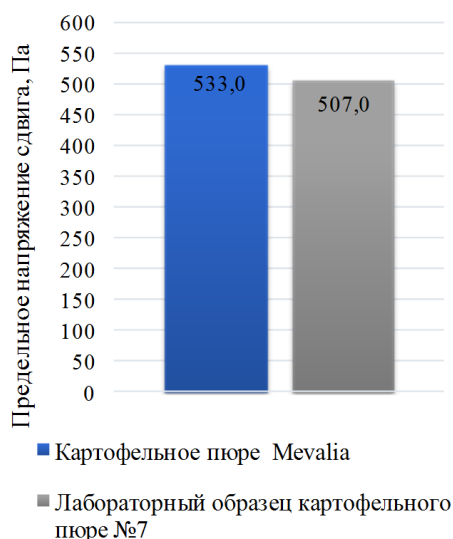


Рис. 3. Изменение предельного напряжения сдвига лабораторного образца картофельного пюре №7 и картофельного пюре Mevalia

Fig. 3. Change in the ultimate shear stress of a laboratory sample of mashed potatoes and Mevalia mashed potatoes

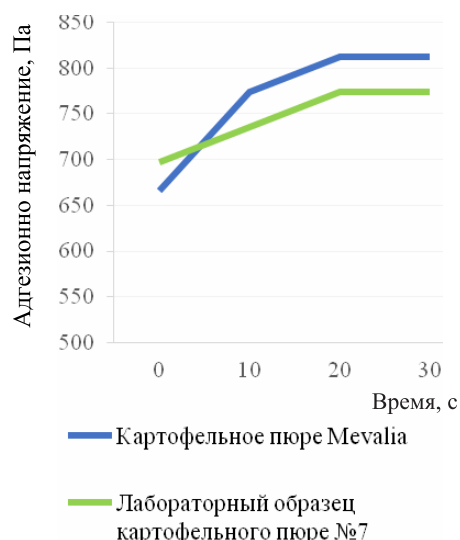


Рис. 4. Изменение адгезионного напряжения лабораторного образца картофельного пюре №7 и картофельного пюре Mevalia от продолжительности контакта

Fig. 4. Change in the adhesive stress of a laboratory sample of mashed potatoes and Mevalia mashed potatoes from the duration of contact

Как видно из рис. 4, адгезионное напряжение лабораторного образца картофельного пюре на 2,7 % ниже, чем контрольного образца картофельного пюре Mevalia. Величина предельного напряжения сдвига (рис. 3) лабораторного образца картофельного пюре на 5,2 % ниже, чем контрольного образца картофельного пюре Mevalia. Адгезионное напряжение (липкость) определяет поверхностные свойства продукта и проявляется на границе раздела между продуктом и твердой поверхностью, а также вызывает сцепление тел. Таким образом, силы сцепления или усилие межмолекулярного взаимодействия на поверхности раздела выше у контрольного образца картофельного пюре, липкость картофельного пюре Mevalia незначительно выше. Предельное напряжение сдвига (предел текучести) характеризует напряжение, при котором происходит пластическое течение материала. Расхождение величины адгезионного напряжения и предельного напряжения сдвига контрольного образца и лабораторного образца картофельного пюре находится в пределах 5%, поэтому можно утверждать, что по структурно-механическим свойствам изготовленный лабораторный образец картофельного пюре и картофельное пюре Mevalia имеют похожую структуру.

На основании проведенных исследований структурно-механических свойств образцов картофельного пюре и оценки их органолептических свойств разработана рецептура низкобелковой смеси для приготовления картофельного пюре с использованием модифицированного картофельного крахмала.

Лабораторные образцы картофельного пюре и клецек, изготовленных по разработанным рецептурам, были представлены 30 октября 2019 года на заседании Центральной дегустационной комиссии по пищевым концентратам отрасли, получили высокие балльные оценки (4,83 и 4,94 из пяти возможных), отмечены также хорошие органолептические качества и внешний вид продукции.

В порции (200 г) картофельного пюре содержится 1 г белка, содержание фенилаланина — 60 мг. В 100 г сухой смеси для приготовления низкобелкового картофельного пюре содержится 4,0 г белка и 245,0 мг фенилаланина.

Разработана технологическая инструкция на производство продуктов сухих картофельных низкобелковых, предназначенных для реализации в торговой сети и объектах общественного питания, рекомендованных для больных фенилкетонурией, а также для употребления всеми категориями населения. Продукт получен путем смешивания сухого картофельного пюре в виде хлопьев с крахмалом, солью, пищевыми добавками в определенных соотношениях для быстрого приготовления гарнирного пюре, вторых обеденных блюд, клецек и т.п.

Технологическая схема изготовления продуктов состоит из следующих основных операций: входной контроль поступающего сырья и материалов; подготовка сырья; дозирование и смешивание; фасование; упаковка и маркировка (рис. 5).

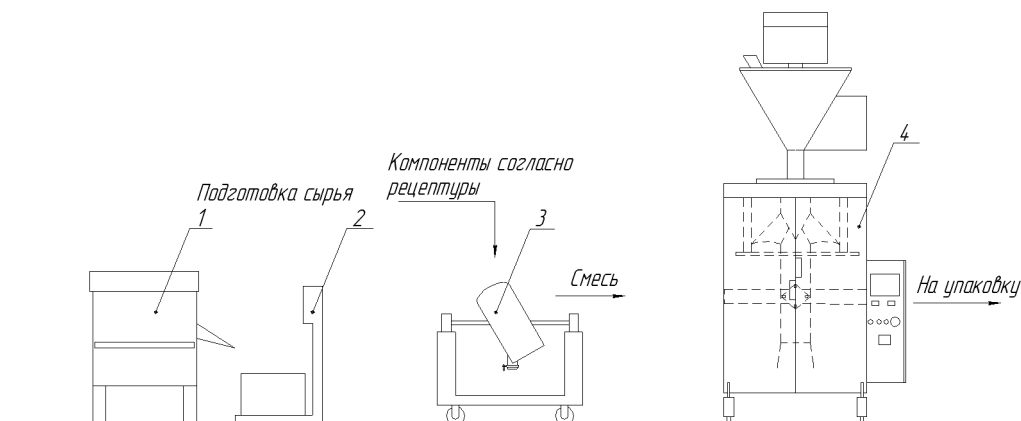


Рис. 5. Технологическая схема изготовления низкобелковых картофельных продуктов
 Fig. 5. Technological scheme for the manufacture of low-protein potato products

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» разработаны технические условия «Продукты сухие картофельные низкобелковые» ТУ ВУ 190239501.950-2020 и 2 рецептуры «Пюре картофельное сухое низкобелковое», «Клецки картофельные низкобелковые».

В табл. 1 приведены значения пищевой и энергетической ценности разработанных низкобелковых картофельных продуктов.

Таблица 1. Пищевая и энергетическая ценность низкобелковых картофельных продуктов
 Table 1. Nutritional and energy value of low-protein potato products

Наименование продукта	Белки, г	Фенилаланин, мг	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, кДж/ккал
Клецки картофельные низкобелковые	2,5	120	0,6	75	1340/320
Клецки картофельные низкобелковые восстановленные	1,0	48	0,25	30	540/130
Пюре картофельное сухое низкобелковое	4,0	245	0,5	85	1530/360
Пюре картофельное низкобелковое восстановленное	0,5	30	0,1	10	180/45

Исследование эффективности продуктов низкобелковых картофельных продуктов с участием добровольцев. Для оценки эффективности разработанных низкобелковых продуктов было проведено сравнительное исследование постпрандиального глюкозного ответа (уровень подъема глюкозы в крови в ответ на прием пищевого продукта) на прием клецек картофельных низкобелковых и пюре картофельного низкобелкового производства РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию», ТМ «Balviten» (Польша) и ТМ «Mevalia» (Италия). Поскольку основу продуктов низкобелковых составляет крахмал картофельный, являющийся медленным углеводом, изучение уровня подъема глюкозы у данной категории больных является актуальной задачей. Хроническая гипергликемия после приема пищи приводит к поражению стенки кишечника и является одним из факторов развития и поддержания воспалительного процесса в организме, что в свою очередь влечет развитие таких заболеваний как ожирение, диабет 2-типа и других.

В исследовании принимало участие 13 добровольцев: 11 женщин и 2 мужчины. Средний возраст женщин составил — $36,63 \pm 1,28$ года, мужчин — $41,00 \pm 1,00$ год. Перед включением в исследование всеми добровольцами было подписано информированное согласие на участие.

Для исследования были взяты следующие пищевые продукты (схема приема продуктов питания приведена в табл. 2):

- ♦ смесь для клецек картофельных низкобелковая, разработанная РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию»;
- ♦ смесь для клецек низкобелковая («Balviten», Польша);
- ♦ пюре картофельное сухое низкобелковое, разработанное РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию»;
- ♦ пюре картофельное низкобелковое («Mevalia», Италия).

Таблица 2. Схема приема продуктов питания
Table 1. Food intake scheme

День	Схема исследования*	Вес, г
1	Глюкоза	50
2	Смесь для клецек картофельных низкобелковая (РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию»)	80
3	Смесь для клецек низкобелковая («Balviten», Польша)	66
4	Пюре картофельное сухое низкобелковое (РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию»)	60
5	Пюре картофельное низкобелковое («Mevalia», Италия)	60

В первый день испытуемые принимали 50 г глюкозы. Вес других продуктов рассчитывался исходя из эквивалентного содержания в них углеводов (табл. 2). Продукты принимались натощак, заменяя завтрак. Перерыв между приемом исследуемых продуктов и последующим приемом пищи составлял не менее 2 часов.

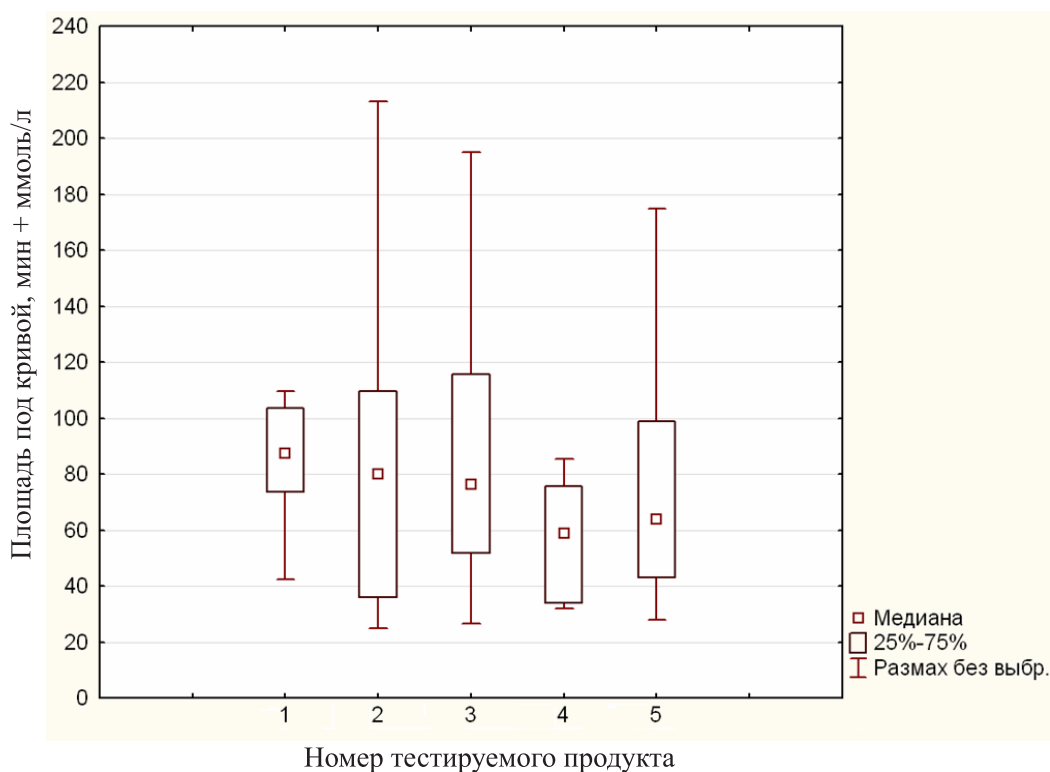
Длительность исследования составила 5 суток. Для измерения постпрандиального ответа использовалась система iPro2 для непрерывного мониторинга уровня глюкозы (CGM) производства компании Medtronic, США. Для калибровки данных сенсора добровольцами проводилось измерение уровня глюкозы крови глюкометром ACCU-CHEK ACTIVE, производства компании «Рош» (Швейцария).

Аналізу подверглись показатели глюкозы крови на протяжении 2 часов от момента начала употребления тестируемого продукта питания с определением площади под кривой AUC.

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием компьютерной программы «Statistica» (V.10.0). Анализ различий между анализируемыми группами методом непараметрической статистики с использованием U-критерия Вилкоксона-Манна-Уитни. Достоверными признавались показатели при $p < 0,05$.

Сравнительный анализ применения в пищу низкобелковых продуктов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук по продовольствию» (смеси для приготовления картофельных пюре и клецек) и низкобелковых продуктов зарубежного производства показал отсутствие значимых различий в подъеме уровня глюкозы (площадь под кривой) у здоровых добровольцев. Это касается сравнительного анализа при употреблении как клецек картофельных низкобелковых ($p = 0,694887$), так и пюре картофельного низкобелкового ($p = 0,116665$).

Данные результаты исследований свидетельствуют о том, что продукты, разработанные РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию», не уступают по качеству зарубежным аналогам как по качеству используемого сырья, так и по оказываемому действию на организм человека и могут быть использованы для питания детей, больных фенилкетонурией.



1 — глюкоза, 2 — клецки РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию», 3 — клецки ТМ «Balviten» (Польша), 4 — пюре РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию», 5 — пюре ТМ «Mevalia» (Италия).

Рис. 5. Сравнительный анализ постпрандиального глюкозного ответа на прием тестируемых продуктов
Fig. 5. Comparative analysis of postprandial glucose response to test foods

В настоящее время к реализации в торговой сети подготовлены клецки картофельные низкобелковые, пюре картофельное сухое низкобелковое (рис. 6).



Рис. 6. Упаковка продуктов для реализации в торговой сети
Fig. 6. Packaging products for sale in the retail network

Заключение. На основании изучения пищевой ценности, состава, способов приготовления низкобелковых картофельных продуктов, представленных на рынке, исследования структурно-механических свойств как основных компонентов, входящих в состав, так и лабораторных образцов про-

дуктов, разработана технология, нормативно-техническая и технологическая документация на производство продуктов сухих картофельных низкобелковых (пюре и клецки картофельные сухие). Разработанные продукты содержат не более 1 г белка в порции 100 г восстановленных (приготовленных) клецок и пюре. В сухом продукте содержится 2,5–4 г белка в 100 г продукта. В составе продуктов содержится до 50% картофельных хлопьев и до 50% картофельных крахмалов (в зависимости от вида продукта). Разработанные продукты не уступают по качеству аналогичным импортным низкобелковым картофельным продуктам, расширяют ассортимент продукции на рынке Беларуси.

Информация об авторах

Ловкис Зенон Валентинович — заслуженный деятель науки Республики Беларусь, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, генеральный директор РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

Шилов Валерий Викентьевич — кандидат биологических наук, начальник отдела питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: otpit@tut.by

Белякова Наталья Иосифовна — кандидат медицинских наук, ведущий специалист отдела питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: otpit@tut.by

Садовская Анна Викторовна — старший научный сотрудник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: sadoyskaya@gmail.com

Усень Юлия Сергеевна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник — заместитель начальника отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037 г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: yulia1484@mail.ru

Артюх Юлия Анатольевна — председатель Белорусского республиканского общественного объединения помощи детям больным фенилкетонурией «Будущее без границ» (223056, Минская область, Минский район, Сеницкий сельсовет, юго-восточнее д. Копиевичи, здание ПК ООО «КАМКОС», офис 4). E-mail: pku.org@tut.by

Шемшелева Анна Михайловна — член Белорусского республиканского общественного объединения помощи детям больным фенилкетонурией «Будущее без границ» (223056, Минская область, Минский район, Сеницкий сельсовет, юго-восточнее д. Копиевичи, здание ПК ООО «КАМКОС», офис 4). E-mail: pku.org@tut.by

Information about authors

Lovkis Zenon V. — Honored Science Worker of the Republic of Belarus, corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Engineering sciences, Professor, General Director of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com.

Shylau Valery V. — Ph.D. (biological), Head of the Nutrition Department of the Scientific-practical center for foodstuffs of the National academy of sciences of Belarus, RUE (Kozlova st. 29, Minsk, 220037, Republic of Belarus). E-mail: otpit@tut.by

Belkova Natallia I. — Ph.D. (medicine), Leading Specialist of the Nutrition Department of the Scientific-practical center for foodstuffs of the National academy of sciences of Belarus, RUE (Kozlova st. 29, Minsk, 220037, Republic of Belarus). E-mail: otpit@tut.by

Sadouskaya Anna V. — Ph.D. (Technical), senior researcher of the department of the technology of tuberous root products of Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus, RUE (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sadoyskaya@gmail.com

Usenia Yulia S. — Ph.D. (Technical), senior researcher — Deputy Head of the Department of Technology of tuberous root products of the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food, RUE (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: yulia1484@mail.ru

Artsiukh Yulia A. — Head of the Belarusian Republican Public Association «Future without borders» for children with PKU (Minsk region, Minsk district, Senitsky village council, southeast of the village of Kopievichi, building of PK KAMKOS LLC, office 4, 223056, Republic of Belarus). E-mail: pku.org@tut.by

Shemshelava Hanna M. — Member of the Belarusian Republican Public Association «Future without borders» for children with PKU (Minsk region, Minsk district, Senitsky village council, southeast of the village of Kopievichi, building of PK KAMKOS LLC, office 4, 223056, Republic of Belarus). E-mail: pku.org@tut.by

УДК 641.56-053:612.26
https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-24-32

Поступила в редакцию 24.09.2020
Received 24.09.2020

Л. М. Павловская, Д. А. Сафронова, Н. А. Баровская

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», Минск, Республика Беларусь

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ОВОЩНОЕ ПИТАНИЕ ДЛЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО И ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Аннотация. Проведены исследования по созданию специализированной консервированной продукции на основе овощей для питания детей дошкольного и школьного возраста, отвечающей критериям качества, безопасности и пищевой ценности продукции этой группы. Разработаны рецептуры овощных соусов с помощью программного обеспечения «MatModel», созданного в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». Проанализирована пищевая ценность разработанного ассортимента консервов, определено содержание нутриентов в продукции, выраженное в процентах от норм физиологических потребностей детей дошкольного и школьного возраста. Отработаны технологические параметры производства специализированной продукции на ОАО «Быховский консервно-овощесушильный завод». Разработаны режимы стерилизации (пастеризации) консервов на основе овощей для питания детей дошкольного и школьного возраста.

Ключевые слова: консервы, питание для детей дошкольного и школьного возраста

L. M. Paulouskaya, D. A. Safronova, N. A. Barouskaya

¹RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus

A SPECIALIZED VEGETABLE FOOD FOR CHILDREN OF PRESCHOOL AND SCHOOL AGE

Abstract. Researches on creation of specialised tinned production on the basis of vegetables for a food of children of the preschool and school age, answering to criteria of quality, safety and food value of production of this group are conducted. Compoundings of vegetable sauces by means of the software «MatModel», created in РУП «the Scientifically-practical centre of National academy of Sciences of Belarus on the foodstuffs» are developed. Food value of the created assortment of canned food is analysed, the maintenance нутриентов in production, expressed in percentage of norms of physiological requirements for them of children of preschool and school age is defined. Technological parameters of manufacture of specialised production on Open Society «Bykhovsky konservno-ovoshchesushilnyj factory» are fulfilled. On the basis of vegetables modes of sterilisation (pasteurisation) of canned food are developed for baby food for children of preschool and school age.

Keywords: canned food, a food for children of preschool and school age

Введение. Питание является одним из важнейших факторов, определяющих здоровье детского населения. Правильное питание обеспечивает нормальный рост и развитие детей, способствует профилактике заболеваний, повышению работоспособности, создает условия для адаптации к окружающей среде.

Нарушения в питании детей являются причинами возникновения заболеваний желудочно-кишечного тракта, анемии, болезней обмена веществ и других.

В настоящее время решается вопрос об оптимизации питания в детских коллективах с использованием специализированных продуктов для детского питания, то есть пищевых продуктов, предназначенных для питания детей определенных возрастных групп, которые отличаются от аналогичных продуктов общего потребления использованием для их приготовления сырья более высокого качества, с более низким содержанием соли, сахара, жира, кислот, ограниченным содержанием пищевых добавок и отвечающих повышенным требованиям к показателям безопасности, а также соответствующим

ющих возрастным потребностям детского организма в основных питательных веществах, макро- и микронутриентах.

В перечень продуктов, рекомендованных Министерством здравоохранения Республики Беларусь для питания детей в организованных коллективах, входит овощная продукция (консервированные овощи, овощные соусы, овощные консервированные полуфабрикаты), соответствующая специальным требованиям к их качеству [1], [2]. Такая специализированная овощная продукция для детского питания в Республике Беларусь пока не производилась, поэтому учреждения дошкольного и школьного образования использовали продукцию общего назначения с коррекцией ее ингредиентного состава.

В этой связи актуальной является разработка специализированной консервированной продукции на основе овощей, предназначенная для питания детей дошкольного и школьного возраста, в том числе при организации питания в образовательных учреждениях.

Овощи относятся к незаменимым пищевым продуктам и являются важнейшим источником ряда витаминов и аминокислот, макро- и микроэлементов, углеводов, белков, фитогормонов, ферментов, фитонцидов, ароматических, пряных и других биологически активных веществ.

К овощам, используемым при изготовлении детского питания, предъявляются высокие требования. Они должны иметь повышенную биологическую и пищевую ценность, быть высокосортными, свежими, не содержать патогенных микроорганизмов и токсичных веществ.

Из овощного сырья для разработки ассортимента консервов для детского питания использовали огурцы, томаты, томаты черри, морковь, кабачки. Наряду с основным сырьем применяли пряности и пряно-ароматические растения (гвоздику, имбирь, кориандр, тмин, корицу, куркуму, лавровый лист, петрушку, укроп, чеснок).

Введение пряностей и пряно-ароматических растений в состав консервов повысило не только их пищевую, но и биологическую ценность, что способствует повышению антиоксидантного статуса организма, нормализует жизненно важные функции систем организма, предотвращает различные заболевания [3].

При изготовлении консервов для детей дошкольного и школьного возраста, согласно требованиям ТР ТС 21, [5] и [6], не допускается использование жгучих специй (перца, хрена, горчицы), уксуса, красителей, ароматизаторов, подсластителей, консервантов, генетически модифицированного сырья и полуфабрикатов, изготовленных из этого сырья.

Цель работы — создание специализированной консервированной продукции на основе овощей для питания детей дошкольного и школьного возраста, отвечающей критериям качества, безопасности и пищевой ценности продукции этой группы.

Методы исследований. При проведении исследований использовались общепринятые и специальные физические, химические, микробиологические и органолептические методы оценки и анализа продукции, регламентированные техническими нормативными правовыми актами в области технического нормирования и стандартизации.

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных исследований создан ассортимент консервированных овощей (огурцов, томатов, томатов черри) и овощных соусов («Сказка», «Антошка», «Рыжик») для питания детей дошкольного и школьного возраста из овощей, который отличается от аналогичной продукции общего назначения низким содержанием соли и кислоты, отсутствием жгучих специй, уксуса.

В процессе проведения исследований по созданию технологии консервированных огурцов для детского питания первоначально были изготовлены образцы с низким содержанием соли, составляющим 0,5–0,7 %, что в 3–4 раза ниже, чем в консервированных огурцах общего назначения. Однако на основании проведенной сенсорной оценки эти образцы были признаны неудовлетворительными по несбалансированности во вкусе. Для улучшения органолептических показателей была увеличена закладка соли до 1 %, что в 1,5–2 раза ниже, чем в консервированных огурцах общего назначения, откорректировано содержание сахара.

В процессе создания данного вида продукции была проанализирована причина изменения внешнего вида огурцов в отдельных образцах консервов, связанного с количеством добавляемых вкусовых ингредиентов (сахара, соли).

Так, в одном из образцов консервированных огурцов с суммарным содержанием соли и сахара, составляющим 9 %, было отмечено изменение внешнего вида огурцов, они сморщились, уменьшились в объеме. Это связано с явлением плазмолиза, которое наблюдается при более высоком осмотическом давлении в заливке по сравнению с давлением внутри клетки огурцов. В результате плазмолиза произошло выделение из огурцов клеточного сока, что привело к уменьшению объема и изменению формы огурцов.

Возникновение этого явления можно исключить, подбирая концентрацию растворов сахара и соли в заливке. В данном случае 9 % концентрация сахара и соли оказалась пороговой для возникновения

плазмолиза. Были одобрены образцы консервированных огурцов с суммарным содержанием соли и сахара, составляющим 4 % и 6 %, что обеспечило отсутствие плазмолиза и сбалансированность вкуса.

Образцы консервированных огурцов, консервированных томатов и консервированных томатов черри для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста представлены на рис. 1.



Рис. 1. Образцы консервированных томатов, томатов черри и огурцов
 Fig. 1. Samples of tinned tomatoes, tomatoes cherry and cucumbers

В созданном ассортименте консервированных овощей для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста по сравнению с консервированными овощами общего назначения содержание соли снижено в 2 раза, кислотность — в 1,5 раза.

Подбор компонентов овощных соусов для питания детей дошкольного и школьного возраста был осуществлен с помощью программного обеспечения «MatModel», разработанного в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». В качестве наиболее значимых критериев оптимизации при моделировании компонентного состава овощных соусов были определены массовые доли растворимых сухих веществ, хлоридов, титруемых кислот и жира.

В общем виде математическая модель рецептуры представляет собой систему уравнений, описывающих зависимость конкретных качественных показателей исходных компонентов и готового продукта, а также весовые соотношения ингредиентов.

Для каждого наименования овощного соуса были определены критерии качества и их значения, составлены и решены системы уравнений для определения весовых долей каждого компонента рецептурной композиции продукта.

Решение этих уравнений с помощью программы «MatModel» позволило определить рецептурное количество (массу) компонентов овощного соуса «Антошка» (из кабачков и томатной пасты) на 1000 кг готового продукта при гарантированных значениях заданных критериев качества готового продукта.

Диалоговое окно оптимизации состава овощного соуса «Антошка» представлено на рис. 2.

Аналогичным образом составлены математические модели рецептур для овощного соуса «Рыжик» и томатного соуса «Сказка».

По разработанным проектам рецептур были изготовлены лабораторные образцы, сенсорный анализ которых подтвердил высокие органолептические характеристики продукции. Для подтверждения полезности продукции был проведен анализ пищевой ценности разработанного ассортимента.

Сравнительный анализ содержания калия и каротина в 100 г консервированных овощей и 25 г овощных соусов в процентах от нормы физиологических потребностей в них представлен на рис. 3 и 4.

Сравнительный анализ содержания витамина С в консервированных томатах и консервированных томатах черри для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста с нормами физиологических потребностей в нем представлен на рис. 5.

Как видно из рис. 3–5, наибольшее количество пищевых веществ содержится в консервированных томатах и консервированных томатах черри. Так, при употреблении 100 г этих консервов ребенок, исходя из норм физиологических потребностей в нутриентах, получит в сутки:

- ♦ дошкольного возраста: калия — 28–30 %, витамина С — 18–19 %, каротина — 11–12 %;
- ♦ школьного возраста: калия — 7 %, витамина С — 10 %, каротина — 6 %.

Для сравнения: при употреблении 100 г консервированных огурцов удовлетворение организма в калии составит 13 % от суточной потребности (для детей дошкольного возраста) и 4 % от суточной потребности (для детей школьного возраста).

На основании проведенных исследований разработаны рецептуры на консервированные огурцы, томаты и томаты черри, рецептуры на овощные соусы «Антошка», «Рыжик» и «Сказка» к ТУ ВУ 190239501.936-2020 «Консервы на овощной основе для детского питания для детей дошкольного

и школьного возраста», а также технологическая инструкция по их изготовлению. Образцы консервов на основе овощей для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста, изготовленные на ОАО «Быховский консервно-овощесушильный завод» по разработанным техническим и технологическим документам, представлены на рис. 6.

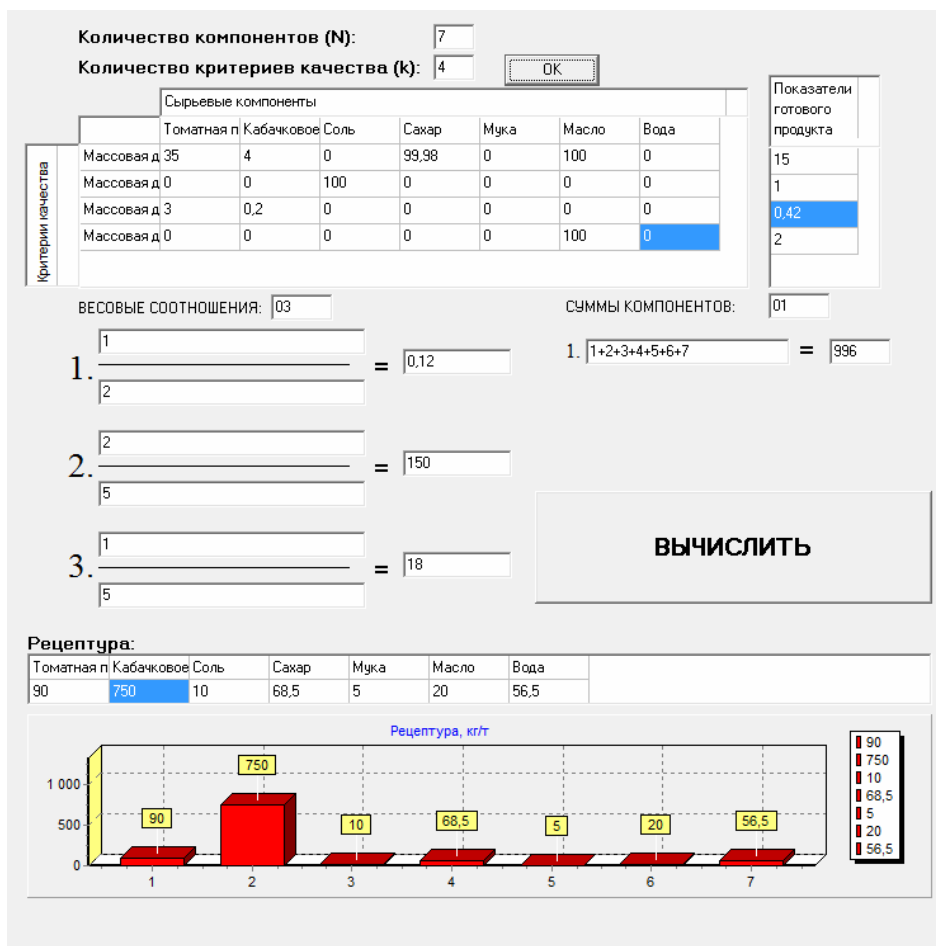


Рис. 2. Рецептурный состав овощного соуса «Антошка»
 Fig. 2. Prescription structure of vegetable sauce «Antoshka»



Рис. 3. Сравнительный анализ содержания калия в консервированных овощах и овощных соусах в процентах от нормы физиологических потребностей в калии
 Fig. 3. The comparative analysis of the maintenance of potassium in tinned tomatoes and vegetable sauces in percentage of norm of physiological requirements for potassium

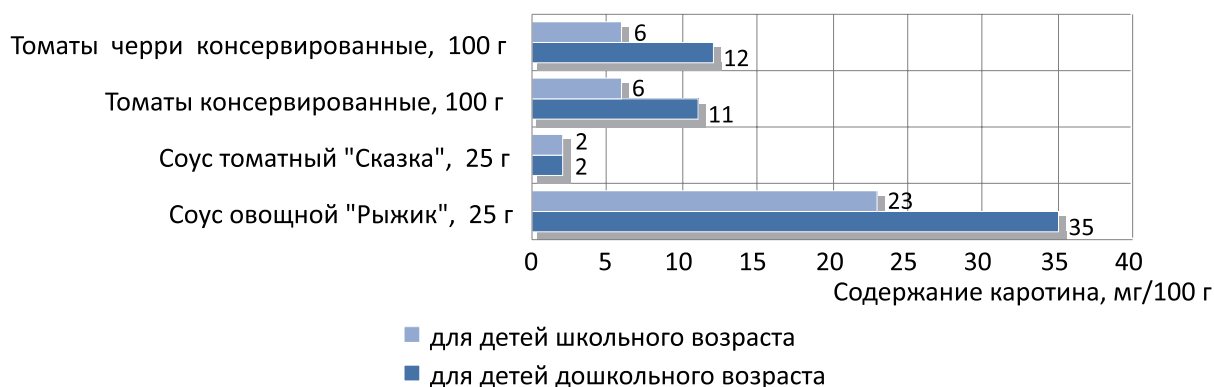


Рис. 4. Сравнительный анализ содержания каротина в консервированных овощах и овощных соусах в процентах от нормы физиологических потребностей в каротине
 Fig. 4. The comparative analysis of the maintenance of carotin in tinned vegetables and vegetable sauces in percentage of norm of physiological requirements for carotin

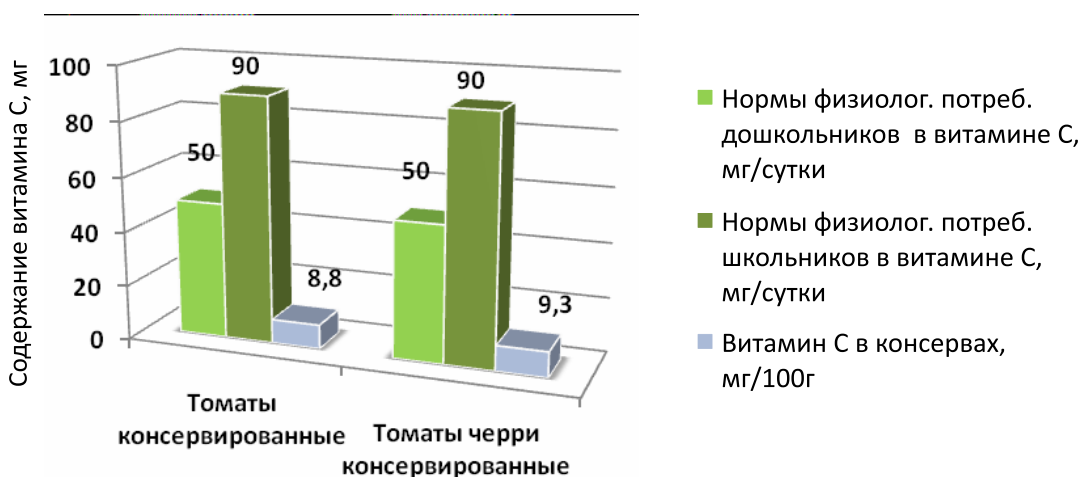


Рис. 5. Сравнительный анализ содержания витамина С в консервированных томатах и консервированных томатах черри с нормами физиологических потребностей в нем
 Fig. 5. The comparative analysis of the maintenance of vitamin C in tinned tomatoes and tinned tomatoes cherry with norms of physiological requirements for it



Рис. 6. Образцы консервов на основе овощей для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста
 Fig. 6. Samples of canned food on the basis of vegetables for baby food for children of preschool and school age

Изготовление специализированной продукции для питания детей дошкольного и школьного возраста отличается повышенными требованиями к качеству используемого сырья, санитарному режиму производства, химико-технологическому контролю.

К основным направлениям совершенствования технологии производства консервов для детского питания относятся:

- ♦ использование рекомендуемых сортов овощного сырья, выращенного в экологически чистых зонах, с высокой биологической и пищевой ценностью, по показателям безопасности, соответствующим требованиям для сырья, используемого для изготовления детского питания;
- ♦ соблюдение сроков и температурных режимов перевозки и последующего хранения сырья;
- ♦ соблюдение технологических режимов первичной обработки сырья (мойки, инспекции, очистки, измельчения и др.);
- ♦ соблюдение технологических режимов тепловой обработки сырья, стерилизации (пастеризации) консервов, обеспечивающих сохранение биологически активных веществ исходного сырья;
- ♦ использование для упаковывания консервов химически инертной упаковки с привлекательным дизайном.

Технологические параметры производства консервированных овощей и овощных соусов для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста были отработаны на ОАО «Быховский консервно-овощесушильный завод».

В процессе изготовления овощных соусов была экспериментально отработана подготовка пшеничной муки. Проведены исследования по установлению оптимального соотношения муки и воды при приготовлении суспензии для последующего внесения ее в смесь подготовленных компонентов соуса. Было подготовлено три варианта соотношения муки и воды: 1:3, 1:4 и 1:5. По первому варианту суспензия была густой и с трудом подвергалась перемешиванию, по третьему — слишком жидкой и объемной, поэтому наилучшим был признан второй вариант, то есть при соотношении муки и воды 1:4, который использовали при изготовлении соуса томатного «Сказка».

При изготовлении овощных соусов «Рыжик» и «Антошка» с применением растительного масла подсушенную пшеничную муку предварительно смешивали с подсолнечным маслом в соотношении 1:4 и перемешивали миксером до образования однородной суспензии, затем вносили в подготовленную смесь остальных пищевых ингредиентов и тщательно перемешивали до равномерного распределения по всему объему соуса.

Также были проведены исследования по установлению продолжительности кипячения овощного соуса с тремя вариантами: в течение 2 мин, 5 мин и 8 мин. Назначение данного технологического процесса состоит в доведении соуса до готовности по внешнему виду, консистенции и вкусу, а также по содержанию растворимых сухих веществ. Продолжительность кипячения в течение 2 мин не обеспечила достижения требуемой консистенции и вкуса, а при продолжительности кипячения в течение 8 мин наблюдалось уваривание соуса, сопровождающееся повышением содержания растворимых сухих веществ. Оптимальным было признано кипячение соуса в течение 5 мин.

В процессе изготовления опытных партий овощных соусов были исследованы технологические параметры разваривания моркови и кабачков. Разваривание овощей производили с целью разрушения структуры ткани для облегчения их протирания. На ОАО «Быховский консервно-овощесушильный завод» процесс разваривания осуществляли в шнековом бланширователе острым паром. Продолжительность разваривания зависит от вида, степени зрелости, размера частиц измельченных овощей. В процессе разваривания следили за равномерностью прогревания и не допускали перегрева продукта. Продолжительность разваривания кабачков может составлять от 10 мин до 20 мин при температуре 100 °С, моркови — от 10 мин до 25 мин при температуре 100–110 °С. Экспериментально установленная продолжительность разваривания кабачков составила 15 мин, моркови — 20 мин при температуре 100 °С.

На следующем этапе создания новых видов консервов была осуществлена разработка научно обоснованных режимов стерилизации (пастеризации) консервов, в соответствии с требованиями [7].

Для изготовления опытных партий консервированных овощей и овощных соусов для питания детей дошкольного и школьного возраста на ОАО «Быховский консервно-овощесушильный завод» предварительно были рассчитаны временные режимы стерилизации (пастеризации) консервов.

Проверка теплофизических свойств лабораторных образцов консервов производилась на лабораторной стендовой установке — горизонтальном автоклаве SA 1583 E «LAGARDE», для исследования прогреваемости продукции применялась беспроводная измерительная система сбора данных TrackSense® Pro «ELLAB» (Дания).

Для разработки оптимального режима стерилизации (пастеризации) и предварительного подбора его параметров в качестве тест-микроорганизма выбирался наиболее термоустойчивый вид микроорганизмов из числа типичных представителей микрофлоры продуктов, вызывающих порчу иссле-

дуремых консервов или опасных для здоровья людей, производился расчет необходимой летальности процесса F^z_T (требуемого стерилизующего эффекта) с учетом теплофизических свойств продукта, консистенции, величины pH и упаковки (геометрических размеров, материала, толщины стенки).

На рис. 7 представлена термограмма процесса стерилизации соуса овощного «Антошка» в горизонтальном автоклаве SA 1583 E «LAGARDE».

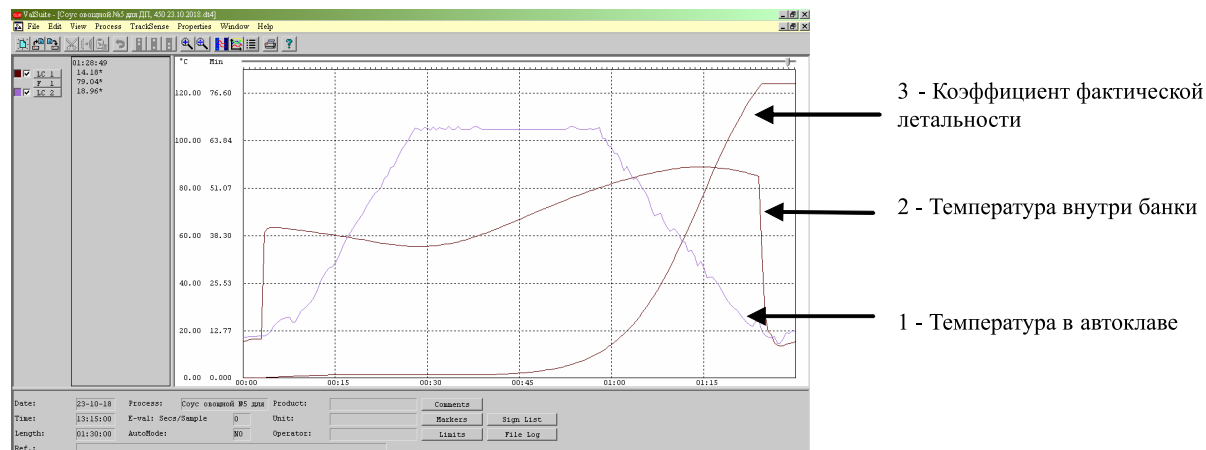


Рис. 7. Термограмма процесса стерилизации соуса овощного «Антошка»
 Fig. 7. Thermogram of process of sterilisation of sauce of vegetable «Antoshka»

Временные режимы стерилизации (пастеризации) консервов для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста прошли производственную проверку на ОАО «Быховский консервно-овощесушильный завод». Опытные партии консервов в стеклянных банках разной вместимости стерилизовали (пастеризовали) в горизонтальных водяных автоклавах каскадного типа фирмы PANINI (Италия) с программным управлением процесса стерилизации. Для исследования прогреваемости продукции в автоклаве применяли беспроводную измерительную систему сбора данных TrackSense® Pro «ELLAB» (Дания).

Термограмма процесса стерилизации овощного соуса «Антошка» для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста в горизонтальном статическом автоклаве PANINI представлена на рис. 8.

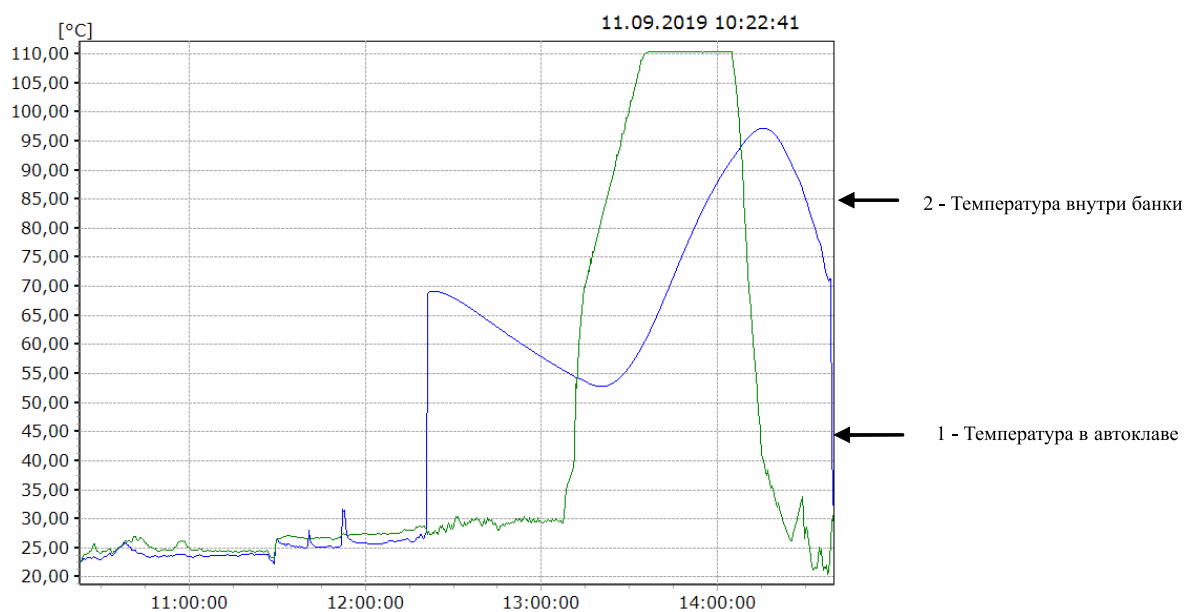


Рис. 8. Термограмма процесса стерилизации овощного соуса «Антошка»
 в стеклянных банках Ш-82-450
 Fig. 8. Thermogram of process of sterilisation of vegetable sauce «Antoshka» in glass jars Ш-82-450

На основании проведенных микробиологических исследований образцов опытных партий консервированных овощей и овощных соусов для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста было установлено их соответствие требованиям промышленной стерильности, указывающее на то, что разработанные режимы стерилизации (пастеризации) консервов обеспечивают безопасность продукции для потребителя.

Заключение. Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что на основании проведенных исследований впервые в Республике Беларусь создана специализированная консервированная продукция на основе овощей для питания детей дошкольного и школьного возраста, отвечающая критериям качества, безопасности и пищевой ценности продукции этой группы. Осуществлен подбор компонентов овощных соусов для питания детей дошкольного и школьного возраста с помощью программного обеспечения «MatModel», разработанного в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». В качестве наиболее значимых критериев оптимизации при моделировании компонентного состава определены массовые доли растворимых сухих веществ, хлоридов, титруемых кислот и жира. Анализ пищевой ценности созданного ассортимента консервированных овощей и овощных соусов показал, что исходя из норм физиологических потребностей в нутриентах, наибольшее количество калия, каротина и витамина С в сутки получают дети дошкольного и школьного возраста при употреблении 100 г консервированных томатов и консервированных томатов черри. На основании проведенных исследований разработаны рецептуры на консервированные огурцы, томаты и томаты черри, рецептуры на овощные соусы «Антошка», «Рыжик» и «Сказка», технические условия и технологическая инструкция по их изготовлению. Разработаны научно обоснованные режимы стерилизации (пастеризации) консервов с предварительной проверкой теплофизических свойств образцов консервов в лабораторном горизонтальном автоклаве SA 1583 E «LAGARDE» и производственной проверкой в горизонтальном водяном автоклаве каскадного типа фирмы PANINI (Италия) с программным управлением процесса стерилизации в процессе изготовления опытных партий продукции на ОАО «Быховский консервно-овощесушильный завод». Для исследования прогреваемости продукции в автоклавах применялась беспроводная измерительная система сбора данных TrackSense®Pro «ELLAB» (Дания).

Список использованных источников

1. Санитарные нормы и правила «Требования для учреждений дошкольного образования»: утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 25.01.2013. № 8. — 55 с.
2. Санитарные нормы и правила «Требования для учреждений общего среднего образования»: утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 27.12.2012. № 206. — 54 с.
3. Тутельян, В.А. Научные основы здорового питания / под ред. В.А. Тутельян. — М.: ИД «Панорама. Наука и практика», 2010. — 816 с.
4. ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции. — Минск: БелГИСС, 2013. — 242 с.
5. Санитарные нормы и правила «Требования для организаций, осуществляющих производство пищевой продукции для детского питания», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 3 июня 2013г. № 42. — Минск: Минздрав РБ, 2013. — 40 с.
6. Санитарные нормы и правила «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам». Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов»: утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 21 июня 2013 г. № 52. - Минск: Минздрав РБ, 2013. — 266 с.
7. Методические указания по разработке научно-обоснованных режимов стерилизации и пастеризации плодоовощных консервов. — Минск: Минсельхозпрод РБ, 2008. — 61 с.

References

1. Sanitarnye normy i pravila «Trebovaniya dlya uchrezhdenij doshkol'nogo obrazovaniya»: utv. Postanovleniem Ministerstva zdravoohraneniya Respubliki Belarus' ot 25.01.2013. № 8. — 55 s.
2. Sanitarnye normy i pravila «Trebovaniya dlya uchrezhdenij obshchego srednego obrazovaniya»: utv. Postanovleniem Ministerstva zdravoohraneniya Respubliki Belarus' ot 27.12.2012. № 206. — 54 s.
3. Tutel'yan V.A. Nauchnye osnovy zdorovogo pitaniya / pod red. V.A. Tutel'yan. — M.: ID «Panorama. Nauka i praktika», 2010. — 816 s.

4. TR TS 021/2011 O bezopasnosti pishchevoj produkcii. — Minsk: BelGISS, 2013. — 242 s.
5. Sanitarnye normy i pravila «Trebovaniya dlya organizacij, osushchestvlyayushchih proizvodstvo pishchevoj produkcii dlya detskogo pitaniya», utv. postanovleniem Ministerstva zdavoohraneniya Respubliki Belarus' ot 3 iyunya 2013g. № 42. — Minsk: Minzdrav RB, 2013. — 40 s.
6. Sanitarnye normy i pravila «Trebovaniya k prodovol'stvennomu syr'yu i pishchevym produktam». Gigenicheskij normativ «Pokazateli bezopasnosti i bezvrednosti dlya cheloveka prodovol'stvennogo syr'ya i pishchevuh produktov»: utv. Postanovleniem Ministerstva zdavoohraneniya Respubliki Belarus' ot 21 iyunya 2013 g. № 52. - Minsk: Minzdrav RB, 2013. — 266 s.
7. Metodicheskie ukazaniya po razrabotke nauchno-obosnovannyh rezhimov sterilizacii i pasterizacii plodoovoshchnyh konservov. — Minsk: Minsel'hozprod RB, 2008. — 61 s.

Информация об авторах

Павловская Людмила Михайловна — начальник отдела технологий консервирования пищевых продуктов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: conserv-npc@tut.by.

Сафронова Диана Анатольевна — заместитель начальника отдела технологий консервирования пищевых продуктов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: 203sok@tut.by.

Баровская Наталья Анатольевна — главный специалист отдела технологий консервирования пищевых продуктов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: 203sok@tut.by.

The information on authors

Paulouskaya Liudmila M. — Head of the Department of the Technologies of Canned Food Products of RUE “Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, RUE (29 Kozlova Str., Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: conserv-npc@tut.by.

Safronova Diana A. — the deputy the chief of department of technologies of conservation of RUE “Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova Str., Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: 203sok@tut.by.

Barouskaya Natalia A. — the chief specialist of department of technologies of conservation of RUE “Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova Str., Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: 203sok@tut.by.

УДК 664.848

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4\(50\)-33-40](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-33-40)

Поступила в редакцию 17.06.2020

Received 17.06.2020

Л. М. Павловская, В. З. Егорова

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВИДОВ ГРИБНЫХ КОНСЕРВОВ С УЧЕТОМ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ РЫНКА

Аннотация. В статье приведены результаты изучения мирового опыта в области технологии, ассортимента грибной консервированной продукции и возможности их адаптации для белорусского производителя. Дано краткое описание полученных результатов патентных исследований имеющих авторских свидетельств и заявок на изобретения, касающиеся технологии, способов производства консервированной продукции из грибов или с их добавлением, состава продуктов и упаковочных материалов. В целях изучения мирового опыта в области технологии и способов производства грибных консервов проведены обзорные маркетинговые исследования ассортимента выпускаемой продукции с грибами, представленной в отдельных европейских странах, таких как Швеция, Дания, Норвегия, и некоторых странах Восточной Европы. Установлены потребительские предпочтения ассортиментных групп грибных консервов в постсоветских республиках и европейских странах и основные мировые тенденции в производстве блюд на основе грибов. Проведенные исследования послужили базой для подбора компонентов и технологических приемов производства для разработки новых видов грибной продукции, адаптированной под меняющиеся предпочтения и спрос отечественного и российского потребителя с учетом растущего влияния мировых и европейских тенденций в области питания.

Ключевые слова: грибы, грибные консервы, патентная информация, ассортимент грибной продукции, лабораторные исследования, опытные образцы

L. M. Pavlovskaya, V. Z. Egorova

*RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus*

DEVELOPMENT OF NEW TYPES OF CANNED FISH TAKING INTO ACCOUNT MARKET TRENDS

Abstract. The article presents the results of studying the world experience in the field of technology, assortment of canned mushroom products and the possibility of their adaptation for domestic producers. A brief description of the results of patent research, available copyright certificates and applications for inventions related to technology, methods of production of canned products from mushrooms or with their addition, the composition of products and packaging materials. In order to study the world experience in the field of technology and methods of production of canned mushrooms, a review of marketing research of the range of products with mushrooms presented in certain European countries, such as Sweden, Denmark, Norway, and some Eastern European countries was conducted. Consumer preferences of assortment groups of canned mushrooms in the post-Soviet republics and European countries and the main world trends in the production of dishes based on mushrooms are established. The research provided the basis for selecting components and manufacturing techniques for developing new types of mushroom products adapted to the changing preferences and demand of domestic and Russian consumers, taking into account the growing influence of global and European trends in nutrition.

Keywords: mushrooms, canned mushrooms, patent information, assortment of mushroom products, laboratory research, prototypes

Введение. На рынке консервированной продукции Республики Беларусь в настоящее время наблюдается рост количества консервов на основе грибов, импортируемых в нашу страну из-за рубежа. Данная ситуация заставляет отечественных производителей постоянно находиться в поиске новых

ниш в конкретном сегменте рынка, повышать качество и потребительские свойства продукции, оперативно реагировать на изменения вкусов и предпочтений разных категорий потребителей.

Актуальность вывода на рынок новых видов консервированной продукции на основе грибов с целью более полного удовлетворения потребностей населения в данной группе продукции, повышения экспортного потенциала отечественных предприятий с использованием местных сырьевых ресурсов весьма высока.

Запросы предприятий и ситуация на рынке грибной продукции поставили перед учеными задачу создания ассортиментного ряда продукции на основе грибов, приближенного к мировым тенденциям потребления этих продуктов, использования нетрадиционных подходов компонентного сочетания и технологических приемов, способствующих улучшению как потребительских свойств, так и пищевой ценности консервов.

В рамках задания «Разработать и внедрить новые виды консервированной грибной продукции на основе совершенствования технологических приемов переработки грибного сырья», финансируемого за счет средств республиканского централизованного инновационного фонда, учеными РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» были созданы 11 новых видов консервов из грибов различных ассортиментных групп, разработана технология их производства и технические условия, в которых отражены формализованные требования к качеству, безопасности продукции, порядку их подтверждения и вывода на рынок.

Материалы и методы исследований. В основу работы были положены результаты патентных исследований имеющихся авторских свидетельств и заявок на изобретения, касающиеся технологии, способов производства консервированной продукции из грибов или с их добавлением, а также состава продуктов. Изучение по доступным информационным источникам и в результате личных наблюдений ассортимента продукции на основе грибов на рынках Российской Федерации, Украины, стран Евросоюза, применяемых компонентов для их изготовления, а также накопленного мирового опыта в области технологии и способов производства такой продукции позволило выявить основные тенденции развития индустрии переработки и потребления грибной продукции за рубежом.

Результаты и их обсуждение. В результате патентного поиска найдено 18 патентов Российской Федерации, 1 патент Украины, 13 патентов Китая на производство грибной продукции. Анализ имеющегося массива патентной документации показал, что в разрезе ассортиментных групп запатентовано значительное количество способов приготовления и рецептурных составов консервированных первых обеденных блюд (щи, борщи, рассольники и др.), содержащих в своем составе грибы. Выявлено наличие достаточного количества патентов на консервированные продукты из категории салатов, закусовых и вторых обеденных блюд с грибами.

В результате изучения патентной информации установлено, что на постсоветском пространстве наиболее распространенными грибами, которые используются для промышленного консервирования, являются грибы лесные. Но в последние годы определилась тенденция использования культивируемых грибов - шампиньонов, вешенки, шиитаке и др. Авторские права на изобретения компонентного состава таких продуктов принадлежат преимущественно Китаю.

Анализ рынка грибной продукции Российской Федерации и Украины показал, что в этих странах производителями и поставщиками грибной продукции в основном представлены консервы пяти ассортиментных групп [1, 2].

Основную группу составляют маринованные грибы, включая шампиньоны, опята, лисички, шиитаке, вешенки, маслята, грузди, белые грибы, подосиновики, рыжики, а также ассорти из грибов. Консервы изготовлены целыми или нарезанными, с использованием уксусной и/или лимонной и/или молочной кислоты, натурального винного и яблочного уксуса, с добавлением не только специй и пряностей, но и лука репчатого, моркови, зелени (рис. 1).

Вторую группу представляют консервированные грибы (в основном культивируемые шампиньоны), которые присутствуют на рынке в меньших объемах.

В третью группу входят закусовые консервы типа «икра грибная» и «закуска грибная», а также продукция с грибами на основе овощей типа лечо, рагу (рис. 2)

В четвертую группу входят различные обеденные блюда с грибами: солянки из свежей и квашеной капусты, картофель тушеный с грибами и жареный с грибами, фасоль с грибами в соусах и заливках, плов и каши (рис. 3);

Отдельную группу составляют соусы и кетчупы с грибами.

Также на российском и украинском рынке встречаются и более деликатесные виды продукции, такие как жюльены из лесных и культивируемых грибов, грибы белые и шампиньоны для жарки в соусе, и даже совсем экзотические консервы для гурманов — «благородные» консервированные трюфели (рис. 4).



Рис. 1. Грибы маринованные и консервированные
Fig. 1. Pickled and canned mushrooms



Рис. 2. Консервы закусочные с грибами
Fig. 2. Canned snacks with mushrooms



Рис. 3. Консервы обеденные с грибами
Fig. 3. Canned lunch with mushrooms



Рис. 4. Трюфели консервированные
Fig. 4. Truffles canned

Указанные выше группы продукции расфасованы в основном в стеклянную упаковку самых разнообразных форм и конфигураций и различной вместимости (от 250 мл до 550 мл), также в металлическую упаковку вместимостью от 320 мл до 800 мл.

В целях изучения мирового опыта в области технологии и способов производства грибных консервов проведены обзорные маркетинговые исследования ассортимента выпускаемой продукции с грибами, представленного на рынке Швеции, Дании, Норвегии и некоторых стран Восточной Европы.

По результатам анализа имеющихся материалов следует отметить, что ассортимент грибных консервов принципиально отличается от традиционного для нашего рынка и включает в себя:

- ♦ незначительную долю грибов маринованных и консервированных, производимых в основном в Польше и балканских странах, расфасованных как в традиционную стеклянную и металлическую упаковку, так и в упаковку из полимерных материалов и затем стерилизованных или пастеризованных, в т.ч. асептически упакованных (рис. 5);



Рис. 5. Грибы маринованные: шампиньоны, лисички, «боровички», опята; консервированные сморчки (строчки)

Fig. 5. Canned mushrooms: champignons, chanterelle mushrooms, «white mushrooms», mushrooms; canned morels (lines)

- ♦ в специализированных магазинах продается грибная продукция, представляющая собой измельченную мажущуюся массу типа пасты или пюре, которую мы традиционно относим к икре или паштету. Изготовлена она в основном из белых лесных грибов, лисичек, шампиньонов и трубчатых лесных грибов (вороночника рожковидного) и используется для бутербродов и приготовления супов, ризотто, соусов, макарон, спредов, начинки булочек, ravioli (рис. 6);



Рис. 6. Грибное пюре, грибной паштет и ravioli с начинкой из грибов

Fig. 6. Mushroom puree and mushroom pate, ravioli with mushroom filling

- ♦ широкий ассортимент представлен разнообразными соусами с грибами или «грибными кремами» с добавлением оливкового масла, специй, зелени, пряноароматических растений, имеется также соевый соус с грибами.

Проведенная работа позволила установить главное и принципиальное отличие в потребительских предпочтениях населения постсоветского пространства и скандинавских и европейских стран, а также применяемых технологических приемов и способов производства продукции с грибами:

♦ значительная часть консервированной продукции на рынке последних представлена так называемыми крем-супами или супами-пюре, включая овощную, с морепродуктами, мясо-растительную, растительно-мясную, рыбо-растительную, растительно-рыбную, группы первых обеденных блюд, включая супы с грибами. Ингредиентный состав в своей основе охватывает широкий диапазон овощного сырья, как традиционного в общепринятом понимании, так и более непривычных для нас или уже «забытых» компонентов, таких как морковь черная, желтая и оранжевая, свекла желтая и оранжевая, репа, турнепс, чечевица, артишоки, спаржа, фенхель, шпинат и т.д.

Для фасования первых обеденных блюд применяются различные типы потребительской упаковки: стеклянная (преимущественно широкогорлые бутылки), металлическая, упаковка из комбинированных («Tetra-Pack», «Tetra-Recart», «Doypack» и др.) либо полимерных материалов, в т.ч. предназначенных для высокотемпературной обработки. Вместимость упаковки — от 250–500 мл (1 порция) до 1 л. При этом продукция может быть как стерилизованной (пастеризованной), включая стерилизацию в потоке и фасование в асептических условиях, не требующей особых условий хранения, так пастеризованной и затем замороженной («ланч-боксы») (рис. 7–12).



Рис. 7. Супы-пюре в полимерной и стеклянной упаковке
Fig. 7. Soups-puree in polymer and glass packaging



Рис. 8. Супы-пюре в полимерной упаковке
Fig. 8. Soups-purees in polymer packaging



Рис. 9. Супы-пюре в упаковке «Tetra-Recart»
Fig. 9. Soups-purees in the package «Tetra-Rexart»



Рис. 10. Крем-супы грибные в упаковке «Doypack»
 Fig. 10. Cream-soups mushroom in the package «Doypack»

Некоторые продукты позиционируются в категории «органического» и «экологического» ассортимента или деликатесов (рис.11).



Рис. 11. Деликатесные супы-пюре с грибами:
 Грибной ризотто с сыром. Ригатони с жареными грибами
 Fig. 11. Delicious soups - puree with mushrooms:
 Mushroom risotto with cheese. Rigatoni with fried mushrooms



Рис. 12. Супы-пюре с грибами в упаковке «Tetra-Recart», «Tetra-Pack»
 в металлической и полимерной упаковке
 Fig. 12. Soups-puree with mushrooms in the package «Tetra-Repact», «Tetra-Pack»
 in metal and polymer packaging

В странах восточной Европы наряду с супами-пюре широко представлены так называемые «ку-сочковые» первые обеденные блюда — грибные супы с использованием грибов лесных белых и зонтичных, а также культивируемых грибов (плевротус, намеко, шампиньоны, шиитаке), картофеля, фасоли, лука, моркови, масла, муки, приправ.

Установлено, что в качестве пищевкусовых ингредиентов для грибной продукции на европейском рынке чаще всего применяют розмарин, тимьян (чабрец), плоды можжевельника, базилик, корень имбиря и т.д.

Проведенные исследования послужили основой для подбора компонентов и технологических приемов производства для разработки новых видов грибной продукции, адаптированной под меняющиеся предпочтения и спрос отечественного и российского потребителя с учетом растущего влияния мировых и европейских тенденций в области питания, но при этом устойчивого тяготения к сохранению традиционных привычек и решить сложную задачу создания блюд «смешанной» кухни или так называемого направления «фьюжн».

В лабораторных условиях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» были изготовлены образцы 22 наименований продукции на основе грибов, расфасованы в стеклянные банки и бутылки и подвергнуты стерилизации в лабораторной (стендовой) стерилизационной установке по расчетным режимам.

Образцы охватывают основные группы консервированной продукции: грибы маринованные с разнообразными пряностями, блюда обеденные и закусочные, а также грибные соусы (рис. 13).

Ассортиментный перечень возможных для постановки на производство консервов был определен с учетом сырьевой базы предприятия-соисполнителя, его технической оснащённости. Также учитывались предварительно проведенные маркетинговые исследования рынка грибной продукции в разных ценовых сегментах.

Проведены лабораторные исследования по использованию свежего, замороженного и сушеного грибного сырья, изучены особенности его тепловой обработки.



Рис. 13. Лабораторные образцы новых видов консервов на основе грибов
Fig. 13. Laboratory samples of new types of canned food based on mushrooms

Для подбора компонентов рецептуры и их оптимального соотношения проведен ряд лабораторных экспериментов и дегустаций с приглашением специалистов УП «Стародорожский плодоовощной завод» ОАО «Слуцкий сахарорафинадный комбинат». Отработка технологических параметров в условиях реального производства позволила поставить на производство грибные консервы следующих наименований: грибы маринованные «по-скандинавски»; грибы маслята «3 бочачки»; икра грибная «Панская»; крем-суп луковый с грибами; фасоль с грибами в томатном соусе «Шляхецкая»; грибы шампиньоны маринованные «Gourmet»; плов с грибами; каша перловая с грибами «томленая»; каша гречневая с грибами «томленая»; кетчуп «Хреновина с грибами»; соус томатный «Лечо» с грибами (рис. 14).



Рис. 14. Промышленные образцы грибных консервов
Fig. 14. Industrial samples of canned fish

В 2020 году вышли с конвейера УП «Стародорожский плодоовощной завод» ОАО «Слуцкий сахарорафинадный комбинат» первые 16,5 тысяч условных банок грибных консервов.

Заключение. Результаты проведенных исследований позволили разработать и внедрить на УП «Стародорожский плодоовощной завод» ОАО «Слуцкий сахарорафинадный комбинат» новые виды консервированной грибной продукции, адаптированной под меняющиеся предпочтения и спрос отечественного и российского потребителя, с учетом возрастающего влияния мировых и европейских тенденций в области питания, но при этом устойчивого тяготения к сохранению традиционных привычек.

Список использованных источников

1. Обзор внешнеторгового рынка грибов за 2018 год [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://vvs-info.ru/helpful_information/poleznaya-informatsiya/obzor-vneshnetorgovogo-rynka-gribov-za-2018-god/. — Дата доступа: 25.01.2019.
2. Рынок консервированных грибов в России — 2020. Показатели и прогнозы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://tebiz.ru/mi/rynok-konservirovannykh-gribov-v-rossii>. — Дата доступа: 12.03.2019.

References

1. Review of the foreign trade market of mushrooms for 2018 [Electronic resource]. — Mode of access: https://vvs-info.ru/helpful_information/poleznaya-informatsiya/obzor-vneshnetorgovogo-rynka-gribov-za-2018-god/. — Date of access: 25.01.2019.
2. canned mushroom Market in Russia-2020. Indicators and forecasts [Electronic resource]. - Access mode: <https://tebiz.ru/mi/rynok-konservirovannykh-gribov-v-rossii>. - access date: 12.03.2019.

Информация об авторах

Павловская Людмила Михайловна — начальник отдела технологий консервирования пищевых продуктов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: conserv-npc@tut.by.

Егорова Валентина Зеноновна — старший научный сотрудник — руководителя группы по нормированию и стандартизации отдела технологий консервирования пищевых продуктов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: 203sok@tut.by.

The information on authors

Paulouskaya Liudmila M. — Head of the Department of the Technologies of Canned Food Products of RUE “Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, RUE (29 Kozlova Str., Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: conserv-npc@tut.by.

Yegorova Valentina Z. — the senior researcher-head of the group on standardization of department of technologies of conservation of RUE “Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova Str., Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: 203sok@tut.by.

УДК 665.345.4: 665.256.15

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4\(50\)-41-51](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-41-51)

Поступила в редакцию 11.10.2020

Received 11.10.2020

И. П. Едимечева, А. А. Сосновская, О. И. Шадыро*Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», г. Минск, Республика Беларусь*

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ АНТИОКСИДАНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЬНЯНОГО МАСЛА

Аннотация. Изучена эффективность ряда синтетических и природных антиоксидантов (АО) в ингибировании окисления льняного масла. В условиях ускоренного окисления при 100 °С определены значения периода индукции окисления и факторов стабилизации льняного масла в присутствии добавок известных фенольных АО, токоферолов, жирорастворимых эфиров аскорбиновой кислоты и композиций на их основе. Полученные данные свидетельствуют о том, что эфиры аскорбиновой кислоты эффективно ингибируют окисление льняного масла. Стабилизирующее действие аскорбилпальмитата (АП) усиливается с увеличением содержания в масле α -линоленовой кислоты и снижением окислительной устойчивости масла. Аскорбилпальмитат без добавок обеспечивал лучшую эффективность стабилизации, чем некоторые известные композиции на его основе. Получены кинетические закономерности накопления продуктов окисления в процессе хранения льняного масла с добавлением АП при комнатной температуре и свободном доступе воздуха, которые свидетельствуют о высокой ингибирующей активности АП в таких условиях, что обеспечивает возможность увеличения срока хранения стабилизированного масла до 18 и более месяцев.

Ключевые слова: масло льняное, окислительная устойчивость, антиоксиданты, аскорбилпальмитат, сроки хранения

I. P. Edimecheva, A. A. Sosnovskaya, O. I. Shadyro*Research Institute for Physical Chemical Problems, Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus*

THE APPLICATION OF NATURAL AND SYNTHETIC ANTIOXIDANTS TO INCREASE THE OXIDATION RESISTANCE OF LINSEED OIL

Abstract. The effectiveness of several synthetic and natural antioxidants (AO) in inhibiting the oxidation of linseed oil has been studied. Under the conditions of accelerated oxidation at 100 °C, the values of the induction period of oxidation and stabilization factors of linseed oil in the presence of additives of known phenolic AOs, tocopherols, fat-soluble ascorbic acid esters and compositions based on them were determined. The data obtained indicate that ascorbic acid esters effectively inhibit the oxidation of linseed oil. The stabilizing effect of ascorbyl palmitate (AP) increases with an elevation in the content of α -linolenic acid in the oil and a decrease in the oxidative stability of the oil. One AP provided better stabilization efficiency than some known compositions based on it. Kinetic data on the accumulation of oxidation products in linseed oil with AP additives during the storage at room temperature and with free access of the air were obtained, demonstrating high inhibiting activity of AP under these conditions, which provides a possibility to increase the shelf life of the stabilized oil up to 18 months or more.

Keywords: linseed oil, oxidation stability, antioxidants, ascorbyl palmitate, storage stability

Введение. Льняное масло является самым богатым растительным источником α -линоленовой кислоты (АЛК), относящейся к семейству полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) омега-3, благодаря чему оно оказывает благотворное влияние в предупреждении и лечении сердечно-сосудистых, онкологических и целого ряда других заболеваний [1, 2]. Однако наличие трех двойных связей в молекуле АЛК обуславливает высокую склонность льняного масла к окислению, которое приводит к значительному ухудшению его органолептических свойств и пищевой ценности за короткое время хранения, что ограничивает широкое внедрение льняного масла на рынок пищевых и фармацевтических продуктов.

Для защиты растительных масел, особенно полиненасыщенных, от окислительного старения и увеличения сроков хранения масел традиционно используют антиоксиданты (АО) в качестве ко-

торых, как правило, применяются соединения фенольной природы, способные эффективно взаимодействовать со свободными радикалами, образующимися при окислении [3]. Синтетические АО, такие как бутилгидроксианизол (БОА), бутилгидрокситолуол (БОТ) и трет-бутилгидрохинон (ТБГХ) широко используются в пищевой индустрии, так как они эффективны и менее дороги, чем натуральные АО. Однако их применение в последнее время в ряде стран ограничено из-за возможных токсических последствий [4, 5], что делает актуальной замену синтетических антиоксидантов натуральными, которые являются более безопасными, не проявляющими отрицательного воздействия на организм даже при длительном применении.

Изучению эффективности различных АО в ингибировании окисления льняного масла посвящен ряд исследований. С этой целью использовали синтетические фенольные АО [6] и их композиции с натуральными АО [7], полиамины [8], токоферолы (γ -, δ -, α -) и их смеси [9], аскорбилпальмитат и его композиции с другими с синтетическими и природными антиоксидантами и их синергистами [10–12]. Применяли также экстракты розмарина [13], лабазника [14], синюхи голубой [15], стручкового перца [16], пророщенных соевых бобов [17], имбиря, душистого и черного перца, а также эфирного масла гвоздики [18] и другие растительные экстракты. Литературные данные свидетельствуют о том, что исследованные натуральные и синтетические антиоксиданты не всегда эффективно ингибируют процессы окисления и окислительной деструкции липидов льняного масла. Например, синтетические АО ВНТ и ВНА, а также токоферолы и большинство изученных растительных экстрактов проявляют довольно низкую ингибирующую активность в льняном масле [6, 9, 13, 18]. Поэтому поиск эффективных антиоксидантов и композиций, позволяющих существенно повысить окислительную стабильность и продлить сроки хранения льняного масла и содержащих его продуктов, до сих пор является актуальным.

Цель исследования — разработка эффективных, безопасных и экономичных методов стабилизации льняного масла, позволяющих увеличить сроки его хранения, пригодных для использования в промышленном производстве пищевого льняного масла.

Материалы и методы исследования. Льняное масло для исследований получали от компании ООО «Клуб «Фарм-Эко» (Республика Беларусь). Масло было получено путем холодного отжима из сухих очищенных семян льна масличного на шнековом прессе (температура масла на выходе из пресса не превышала 40 °С) с последующим отстаиванием в течение суток. Пробы масла до начала исследований хранились не более 2–3 суток в темных герметически закрытых стеклянных бутылках при температуре 4–10 °С. Все другие исследованные растительные масла были произведены в промышленном масштабе, получены из торговой сети и не содержали добавок ингибиторов окисления. В исследование использовались следующие нерафинированные масла холодного отжима были: масло расторопши пятнистой (изготовитель — ООО «Клуб «Фарм-Эко», Беларусь), кунжутное масло (ООО «Аромавита», РФ), оливковое масло (extra vergine) (Olititalia s.r.l., Италия), подсолнечное (ООО «Тан», РФ). Также были изучены кукурузное рафинированное масло (Olititalia s.r.l., Италия, рапсовое рафинированное дезодорированное масло (ОАО «Минский маргаринный завод»).

В работе использовали 2,6-ди-трет-бутил-4-метилфенол (БОТ), трет-бутилгидрохинон (ТБГХ), 2,5-ди-трет-бутилгидрохинон (ДТБГХ), *n*-пропил-3,4,5-тригидроксibenзоат (пропилгаллат, ПГ), (\pm)- α -токоферол от Sigma-Aldrich; (+)- δ -токоферол, 6-О-пальмитоил-L-аскорбиновую кислоту (АП) от Sigma; 2,2'-метилен-бис (4 метил-6-третбутилфенол) (АО-2246, агидол-2) от Merck; 6-О-стеароил-L-аскорбиновую кислоту (АС) от ChemExper. Роноксан А и смесь токоферолов (Mixed tocopherols 95) были от DSM Nutritional Products Ltd. Аналитические стандарты: смесь метиловых эфиров жирных кислот (RM-2) (C16–C18) от Supelco, метилгептадеканоат, 5- α -холестан, коэнзимы Q₉ и Q₁₀, наборы каротиноидов и фитостеролов от Sigma-Aldrich; смесь токоферолов (α -, β -, γ -, δ -токоферолы) от Calbiochem (Merck). Все реагенты, используемые для анализа растительных масел, были аналитической степени чистоты (> 95 %) и использовались без дополнительной очистки. Прочный *n*-анизидин перед использованием очищали с использованием метода вакуумной сублимации. Растворители для ВЭЖХ были хроматографической чистоты от Sigma-Aldrich.

Фенольные АО, эфиры аскорбиновой кислоты и роноксан А добавляли к маслу в виде 1 %-ных растворов в льняном масле, для получения которых исследуемые соединения растворяли в масле при нагревании и перемешивании в атмосфере азота до получения прозрачных растворов. Эти растворы добавляли к льняному маслу в количествах, необходимых для получения требуемой концентрации в масле.

Оценку окислительной устойчивости льняного масла и эффективности антиоксидантов в масле проводили с использованием стандартного метода ускоренного окисления в соответствии с [19]. Использовали прибор 892 Professional Rancimat, окисление масла проводили при температуре 100 °С и продувке воздуха со скоростью 20 л/ч, масса пробы масла составляла 3 г. Регистрацию индукционного времени выполняли в автоматическом режиме с помощью программы StabNet 1.0. Для каждого образца определяли время индукции не менее 3 раз, полученные результаты усредняли. Эффективность стабилизации (фактор стабилизации (ФС)) оценивали отношением периодов индукции окисления (ИП) льняного масла со стабилизирующими добавками и без них.

Скорость окисления льняного масла оценивали также и в условиях его хранения при комнатной температуре (20 ± 5) °C и свободном доступе кислорода воздуха, для чего контрольные образцы масла массой ($100 \pm 0,1$) г и опытные образцы с добавками стабилизаторов хранили в течение 12 и более месяцев в открытых бутылках из темного стекла, в темноте. При этом соотношение площади поверхности контакта с воздухом к объему масла было $0,16 \text{ см}^{-1}$. Для каждой концентрации стабилизатора готовили серии проб масла. Периодически с интервалом 1–2 месяца из каждой серии проб изымали три флакона для определения количества гидропероксидов и других показателей качества масла.

Пероксидное, кислотное, анизидиновое и иодное числа (ПЧ, КЧ, АЧ, ИЧ) в пробах определяли в соответствии со стандартными методами [20–23].

Для определения жирнокислотного состава глицеридов льняного масла проводили их переэтерификацию по стандартному методу [24] с последующим хроматографическим анализом полученных метиловых эфиров на газовом хроматографе «Shimadzu» GC-17A согласно [25]. Содержание жирных кислот (ЖК) рассчитывали методом внутреннего стандарта, используя метилгептадеканоат в качестве стандарта.

Содержание индивидуальных токоферолов и фитостеролов в пробах определяли методом ГЖХ, как описано в [26]. Для определения каротиноидов и коэнзимов Q использовали методы ВЭЖХ, описанные в работе [25].

Все измерения были выполнены в трехкратной повторности, результаты представлены как среднее арифметическое \pm стандартное отклонение (SD). Достоверность результатов оценивали с помощью t-критерия Стьюдента. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Окислительная устойчивость льняного масла зависит от многих факторов — жирнокислотного состава масла, содержания витаминов и других минорных компонентов, условий отжима масла, качества исходных семян, сроков и условий их хранения, ряда других факторов. В табл. 1 приведены экспериментальные данные для изученных образцов масла из семян разных сортов льна масличного, отличающихся по составу композиций жирных кислот и биологически активных минорных компонентов, а также значениям основных общепринятых показателей качества и ИП, характеризующего окислительную стабильность.

Таблица 1. Характеристика изученных образцов льняного масла из семян различных сортов льна
Table 1. Characteristics of the studied flax oils obtained from seeds of different flax varieties

	Номер образца масла		
	1	2	3
Жирные кислоты, г/100 г:			
Пальмитиновая С 16:0	$4,52 \pm 0,20^a$	$5,64 \pm 0,21^b$	$4,68 \pm 0,19^a$
Стеариновая С 18:0	$3,09 \pm 0,14^a$	$4,72 \pm 0,22^b$	$5,54 \pm 0,20^c$
Олеиновая С 18:1 (ω -9)	$13,16 \pm 0,63^a$	$16,25 \pm 0,72^b$	$23,73 \pm 1,11^c$
Линолевая С 18:2 (ω -6)	$15,27 \pm 0,70^a$	$15,97 \pm 0,73^a$	$16,55 \pm 0,76^a$
α -Линоленовая С 18:3 (ω -3)	$63,76 \pm 2,87^c$	$56,93 \pm 2,96^b$	$48,99 \pm 2,34^a$
Другие	$0,25 \pm 0,01^a$	$0,80 \pm 0,04^c$	$0,50 \pm 0,02^b$
Сумма ПНЖК	$79,03 \pm 4,55^b$	$72,90 \pm 4,88^b$	$65,54 \pm 4,62^a$
Токоферолы, мг/100 г:			
гамма	$46,17 \pm 2,21^a$	$55,53 \pm 2,66^b$	$65,32 \pm 3,02^c$
альфа	$2,30 \pm 0,11^c$	$0,78 \pm 0,03^a$	$1,13 \pm 0,05^b$
дельта	$1,66 \pm 0,08^c$	$0,80 \pm 0,03^a$	$0,95 \pm 0,04^b$
сумма	$50,13 \pm 2,40^a$	$57,11 \pm 2,71^b$	$67,40 \pm 3,11^c$
Каротиноиды, мг/100 г:			
β -каротин	$0,21 \pm 0,02^a$	$0,28 \pm 0,02^b$	$0,40 \pm 0,02^c$
лютеин	$1,87 \pm 0,09^a$	$2,17 \pm 0,11^b$	$2,47 \pm 0,12^c$
другие	$0,47 \pm 0,03^a$	$0,57 \pm 0,03^b$	$0,54 \pm 0,03^b$
сумма	$2,55 \pm 0,14^a$	$3,02 \pm 0,16^b$	$3,41 \pm 0,17^c$
Коэнзимы Q, мг/100 г:			
Q ₁₀	$2,93 \pm 0,14^b$	$4,41 \pm 0,37^c$	$2,14 \pm 0,14^a$
Q ₉	$1,32 \pm 0,09^b$	$2,10 \pm 0,09^c$	$1,09 \pm 0,06^a$
Фитостеролы, мг/100 г:			
β -ситостерол	$159,62 \pm 5,59^a$	$185,43 \pm 6,68^b$	$192,20 \pm 6,34^c$
циклоартенол	$102,45 \pm 3,59^a$	$117,73 \pm 4,24^b$	$125,33 \pm 0,18^c$
кампестерол	$197,55 \pm 6,91^b$	$182,20 \pm 6,55^a$	$194,23 \pm 6,41^b$
другие	$67,78 \pm 2,37^a$	$81,28 \pm 7,31^b$	$75,20 \pm 2,50^b$
сумма	$527,40 \pm 18,45^a$	$566,64 \pm 20,40^a$	$586,96 \pm 19,37^b$

Окончание табл. 1

	Номер образца масла		
	1	2	3
ПЧ, мг-экв О ₂ /кг	0,75 ± 0,04 ^a	1,22 ± 0,07 ^b	1,28 ± 0,07 ^b
КЧ, мг КОН/г	0,60 ± 0,03 ^a	0,90 ± 0,04 ^c	0,78 ± 0,04 ^b
АЧ, у. е.	0,47 ± 0,02 ^a	0,45 ± 0,02 ^a	1,14 ± 0,05 ^b
ИЧ, г I ₂ /100 г	192,50 ± 9,20 ^a	184,70 ± 9,82 ^a	177,40 ± 8,60 ^a
ИП при 100 °С, ч	3,51 ± 0,07 ^a	4,25 ± 0,08 ^b	7,90 ± 0,12 ^c

a, б, в – значения в каждой строке, за которыми следуют разные буквы, существенно различаются ($p \leq 0,05$)

Согласно полученным данным, содержание ПНЖК в льняном масле изменяется в интервале 65,53–79,03 %, в т. ч. АЛК — 48,99–63,76 %. Льняное масло содержит комплекс минорных компонентов, обеспечивающих естественную антиоксидантную защиту масла, таких как токоферолы, каротиноиды, коэнзимы Q, фитостеролы, фосфолипиды и ряд других соединений. Среди эндогенных АО льняного масла основными являются токоферолы. Содержание токоферолов в изученных образцах масла изменялось от 50,13 до 76,40 мг/100 г, при этом доля γ-токоферола составляла 90,7–97,2 % от всех присутствующих в масле гомологов токоферола. γ-Токоферол, являющийся основным токоферолом льняного масла, в растительных маслах в большинстве случаев ведет себя как более сильный антиоксидант по сравнению с α-токоферолом [27, 28]. Антиоксидантные свойства в растительных маслах проявляют также β-каротин и другие каротиноиды [29], фитостеролы, такие как авенастеролы и др. [30], и ряд других соединений. Основным каротиноидом льняного масла является лютеин, содержание которого составляет 71,9–73,3 % от общего количества каротиноидов, на долю β-каротина приходится 8,2–11,7 % от суммы каротиноидов. Для всех изученных образцов масла основными стеролами являются β-ситостерол, кампестерол и циклоартенол, на долю которых приходится 30,3–32,8, 19,4–21,4 и 32,2–37,5 % соответственно от суммарного содержания фитостеролов. Остальные растительные стеролы (брасикастерол, стигмастерол, Δ⁵-авенастерол, Δ⁷-авенастерол и др.) содержатся в льняном масле в значительно меньших количествах. Масло содержит также коэнзимы Q, из которых основным является коэнзим Q₁₀ (2,14–4,41 мг/100 г). Необходимо принимать во внимание возможность взаимодействия различных АО в процессе окисления. Так, согласно [29] токоферол проявляет синергизм с β-каротином в снижении скорости автоокисления соевого масла. Коэнзим Q₁₀ в восстановленной форме (убихинол) участвует в регенерации токоферола, и между ними установлено проявление синергизма [31]. Присутствие в растительных маслах эндогенных минорных компонентов нужно учитывать при подборе антиоксидантов, обеспечивающих эффективную стабилизацию масел.

Из данных табл. 1 видно, что окислительная стабильность изученных образцов льняного масла снижается с увеличением содержания АЛК и суммарного содержания ПНЖК. Период индукции окисления для образца с содержанием АЛК 48,99 % в 2,3 раза превышает период индукции для образца с содержанием АЛК 63,76 %. При этом содержание токоферолов в образце масла с самой низкой окислительной стабильностью минимально.

Для обеспечения антиокислительной защиты льняного масла нами изучено влияние различных синтетических и природных ингибиторов окисления и их композиций на окислительную устойчивость льняного масла. В условиях ускоренного окисления при температуре 100 °С нами определены значения периодов индукции окисления и эффективности ингибирования льняного масла в присутствии добавок ряда фенольных антиоксидантов, токоферолов, жирорастворимых производных аскорбиновой кислоты и композиций на их основе. Полученные данные приведены в табл. 2.

Согласно экспериментальным данным среди изученных синтетических фенольных антиоксидантов ингибирующая активность в льняном масле заметно выше для ди- и полифенольных соединений по сравнению с монофенолами — агидолом и БОТ. Добавки α- и δ-токоферолов в интервале концентраций 0,02–0,10 % не изменяют окислительную стабильность льняного масла. Добавки смеси токоферолов (Mixed tocopherols 95), содержащей изомерные токоферолы (состав, %: α — 12, β — 1, δ — 22, γ — 63), проявляют несколько большую эффективность в ингибировании окисления льняного масла, чем добавки α- или δ-токоферолов, но значения ФС не превышают 1,30 при концентрациях смеси токоферолов 0,02–0,20 %. В то же время жирорастворимые эфиры аскорбиновой кислоты (АК) и высших жирных кислот — аскорбилпальмитат и аскорбилстеарат — достаточно эффективно увеличивают окислительную стабильность льняного масла: значения ФС для большинства изученных образцов льняного масла составляют 3,2–3,8 при концентрации добавки 0,04 %. Так как АП и АС в организме человека медленно расщепляются на аскорбиновую и пальмитиновую либо стеариновую кислоты, их можно в определенной степени рассматривать как «натуральные» антиоксиданты. Допустимые уров-

ни АП и АС в пищевых жирах и маслах (500 мг/кг) значительно выше, чем для синтетических фенольных АО (75–120 мг/кг) [32], что также является преимуществом эфиров аскорбиновой кислоты, так как позволяет использовать при необходимости их более высокие концентрации.

Т а б л и ц а 2. Влияние добавок антиоксидантов на окислительную устойчивость льняного масла (образец 2)
Table 2. Effects of added antioxidants on oxidation stability of the flaxseed oil (sample 2)

Антиоксидант	Концентрация АО, масс. %	ИП при 100 °С, ч	Фактор стабилизации
Контроль (без добавок)	0	4,25 ± 0,08 ^a	1,00 ± 0,02 ^a
2,6-ди-трет-бутил-4-метилфенол (БОТ)	0,02	4,93 ± 0,10 ^c	1,16 ± 0,03 ^b
	0,04	5,48 ± 0,10 ^d	1,29 ± 0,03 ^c
Агидол-2 (2,2'-метилен-бис (4 метил-6-третбутилфенол)	0,02	6,08 ± 0,11 ^f	1,43 ± 0,04 ^d
	0,04	7,14 ± 0,12 ^g	1,68 ± 0,04 ^e
Пропилгаллат	0,02	10,07 ± 0,16 ^h	2,37 ± 0,08 ^g
	0,04	13,43 ± 0,21 ^k	3,16 ± 0,11 ^h
Трет-бутилгидрохинон (ТБГХ)	0,01	18,96 ± 0,30 ^m	3,99 ± 0,15 ⁱ
	0,02	23,33 ± 0,35 ⁿ	5,49 ± 0,14 ^k
	0,04	28,60 ± 0,41 ^p	6,73 ± 0,17 ^m
2,5-ди- трет-бутилгидрохинон (ДТБГХ)	0,01	11,39 ± 0,20 ^j	2,68 ± 0,08 ^f
	0,02	19,08 ± 0,30 ^m	4,49 ± 0,14 ⁱ
	0,04	25,67 ± 0,38 ^o	6,04 ± 0,19 ^j
Аскорбилпальмитат (АП)	0,02	10,03 ± 0,15 ^h	2,36 ± 0,06 ^g
	0,04	14,45 ± 0,22 ⁱ	3,40 ± 0,09 ^h
Аскорбилстеарат (АС)	0,02	9,86 ± 0,15 ^h	2,32 ± 0,06 ^g
	0,04	14,15 ± 0,22 ⁱ	3,33 ± 0,10 ^h
α-Токоферол	0,02	4,29 ± 0,08 ^a	1,01 ± 0,03 ^a
	0,05	4,20 ± 0,08 ^a	0,99 ± 0,02 ^a
	0,10	4,15 ± 0,08 ^a	0,98 ± 0,02 ^a
δ-Токоферол	0,02	4,17 ± 0,08 ^a	0,98 ± 0,03 ^a
	0,05	4,17 ± 0,08 ^a	0,98 ± 0,02 ^a
	0,10	4,42 ± 0,09 ^b	1,04 ± 0,03 ^a
Смесь токоферолов 95	0,02	4,38 ± 0,09 ^b	1,03 ± 0,03 ^a
	0,05	4,76 ± 0,09 ^c	1,12 ± 0,04 ^a
	0,10	5,27 ± 0,10 ^d	1,24 ± 0,03 ^c
	0,20	5,74 ± 0,11 ^e	1,35 ± 0,02 ^d
α-Токоферол + АП	0,05 + 0,04	14,20 ± 0,17 ⁱ	3,34 ± 0,10 ^h
δ-Токоферол + АП	0,05 + 0,04	14,58 ± 0,12 ⁱ	3,43 ± 0,10 ^h
Смесь токоферолов 95 + АП	0,05 + 0,04	10,46 ± 0,13 ⁱ	2,46 ± 0,07 ^g
	0,10 + 0,04	10,63 ± 0,14 ⁱ	2,50 ± 0,07 ^g
	0,20 + 0,04	11,14 ± 0,13 ^g	2,62 ± 0,08 ^f

(a–p) — значения в одном столбце, за которыми следуют разные буквы, существенно различаются ($p \leq 0,05$)

На рис. 1 приведена зависимость величины фактора стабилизации от концентрации АП в льняном масле в интервале от 0 до 0,10 % для трех образцов льняного масла с различной устойчивостью к окислению. Из полученных данных следует, что стабильность льняного масла существенно увеличивается с ростом концентрации АП. При этом стабилизирующее действие АП усиливается с увеличением содержания АЛК, а, значит, степени ненасыщенности льняного масла, и снижением его окислительной устойчивости. Для изученных образцов льняного масла величины фактора стабилизации при одинаковой концентрации АП обратно пропорциональны значениям индукционного периода окисления, приведенным в табл. 2.

Известно, что аскорбиновая кислота и АП могут действовать как синергисты токоферолов, восстанавливая их радикалы или продукты окисления до исходных молекул и тем самым пролонгируя их антиоксидантное действие [3, 27, 33]. Механизм действия АП в маслах включает регенерацию эндогенных антиоксидантов за счет передачи H-атома, инактивацию металлов и снижение скорости инициирования липидного окисления, восстановление липидных гидропероксидов до более стабильных гидроксисоединений за счет нерадикальных процессов, нейтрализацию кислорода [3]. Для до-

стижения оптимального и наиболее экономичного результата, как правило, используют композиции аскорбилпальмитата с другими антиоксидантами и их синергистами. Согласно полученным нами данным, добавки α - или δ -токоферолов к льняному маслу вместе с АП не приводят к усилению стабилизирующего действия АП, а эффективность стабилизирующих композиций АП и смеси токоферолов (смесь токоферолов 95) существенно ниже, чем одного АП. Известно также, что композиции на основе токоферолов, аскорбилпальмитата и лецитина проявляют очень высокую антиокислительную способность в эмульгированных продуктах, а также в рыбных липидах, содержащих большое количество ПНЖК омега-3 [34, 35]. Нами изучено влияние добавок роноксана А (композиция, включающая 25 % АП, 5 % α -токоферола, 70 % лецитина) при концентрациях 0,05, 0,10 и 0,20 % на устойчивость к окислению льняного масла (образец 5). При концентрации роноксана А 0,20 % в масле содержится 0,05 % АП, 0,01 % α -токоферола и 0,14 % лецитина, однако согласно полученным результатам величина ФС (2,02) при использовании роноксана ниже, чем при той же концентрации (0,05 %) одного АП (ФС = 2,36, рис. 1). При концентрациях роноксана А 0,05 и 0,10 % (0,01 и 0,02 % АП соответственно) величина ФС составляет 1,26 и 1,43 соответственно, а при использовании одного АП в тех же концентрациях ФС составил 1,38 и 1,70 соответственно (рис. 1). Согласно полученным данным добавки к льняному маслу роноксана А не только не обеспечивают усиления антиоксидантного эффекта одного АП, но и снижают его. Таким образом, использование одного АП для стабилизации льняного масла, которое содержит значительное количество нативных АО, в частности, до $1,5 \cdot 10^{-3}$ моль/л γ -токоферола, обеспечивает большую эффективность стабилизации, чем известные композиции на основе АП.

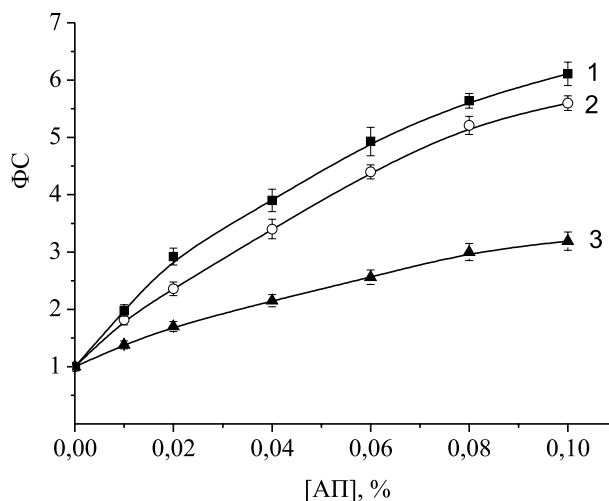


Рис. 1. Зависимость фактора стабилизации от концентрации добавок АП при окислении льняного масла (температура 100 °С): 1, 2, 3 — образцы 1, 2 и 3 (см. табл. 1), соответственно
 Fig. 1. Relationship between the stabilization factor on concentration of the AP additives under conditions of accelerated oxidation of the flaxseed oil at the temperature 100 °С: oils 1, 2 and 3 (see tabl. 1), respectively

Согласно данным, полученным в ходе исследования, АП проявил высокую антиоксидантную активность в льняном масле, которая существенно зависела от содержания АЛК и, следовательно, степени ненасыщенности масла. В связи с этим представлялось интересным оценить ингибирующую активность АП в других пищевых растительных маслах с меньшей степенью ненасыщенности, чем у льняного масла. Ожидалось, что сравнительный анализ значений, которые будут получены для льняного масла и других растительных масел, подтвердит указанное утверждение о зависимости антиоксидантной активности АП от содержания АЛК. В данном случае это можно было бы использовать как еще один аргумент в пользу выбора АП в качестве стабилизатора льняного масла.

Нами исследовано влияние добавок АП на окислительную стабильность ряда растительных масел, производимых в промышленных масштабах, таких как масло из семян расторопши пятнистой, кунжутное, оливковое, подсолнечное, кукурузное, рапсовое. Выбранные масла имеют меньшую степень ненасыщенности, чем льняное масло. Определен состав композиций жирных кислот и токоферолов изученных масел. В табл. 3 приведены данные по окислительной устойчивости различных растительных масел в условиях ускоренного окисления при 100 °С в присутствии и в отсутствие добавок АП, а также данные по содержанию трех основных ненасыщенных жирных кислот и суммарному содержанию ПНЖК, содержанию гомологов токоферола и суммы токоферолов в изученных маслах.

Таблица 3. Влияние добавки аскорбилпальмитата (0,04 %) на окислительную устойчивость растительных масел

Table 3. Effects of adding ascorbyl palmitate (0.04%, w/w) to vegetable oils on their oxidative stability

Растительное масло	ИП при 100 °С, ч		ФС	ЖК-состав масла, г/100 г				Содержание токоферолов, мг/100 г	
	Без добавки	С добавкой		C18:1	C18:2	C18:3	PUFA	α-	γ- δ- Σ
Льняное	4,25 ± 0,08 ^{aA}	14,45 ± 0,28 ^{bB}	3,40 ± 0,13 ^E	C18:1	16,25 ± 0,72 ^a	α-	0,78 ± 0,03 ^a		
				C18:2	15,97 ± 0,73 ^b	γ-	55,53 ± 2,66 ^g		
				C18:3	56,93 ± 2,96 ^f	δ-	0,80 ± 0,03 ^c		
				PUFA	72,90 ± 4,88 ^g	Σ	57,11 ± 2,71 ^c		
Рапсовое	18,7 ± 0,22 ^{aD}	36,39 ± 0,35 ^{bF}	1,94 ± 0,04 ^D	C18:1	60,68 ± 1,81 ^e	α-	18,93 ± 0,43 ^b		
				C18:2	19,26 ± 0,57 ^c	γ-	27,73 ± 0,63 ^d		
				C18:3	9,93 ± 0,29 ^e	δ-	3,48 ± 0,08 ^e		
				PUFA	29,19 ± 0,87 ^b	Σ	50,14 ± 1,15 ^b		
Кукурузное	1915 ± 0,22 ^{aD}	34,40 ± 0,41 ^{bE}	1,80 ± 0,04 ^C	C18:1	32,81 ± 1,00 ^b	α-	19,01 ± 0,43 ^b		
				C18:2	50,69 ± 1,50 ^e	γ-	45,66 ± 1,05 ^f		
				C18:3	2,60 ± 0,07 ^b	δ-	9,21 ± 0,21 ^f		
				PUFA	53,29 ± 1,59 ^d	Σ	76,54 ± 1,76 ^f		
Подсолнечное	9,30 ± 0,18 ^{aB}	12,06 ± 0,24 ^{bA}	1,30 ± 0,03 ^B	C18:1	17,30 ± 0,51 ^a	α-	67,17 ± 1,54 ^e		
				C18:2	71,02 ± 2,10 ^g	γ-	0,82 ± 0,02 ^a		
				C18:3	0,18 ± 0,01 ^a	δ-	0,77 ± 0,02 ^c		
				PUFA	71,20 ± 2,10 ^f	Σ	70,86 ± 1,62 ^e		
Кунжутное	23,44 ± 0,25 ^{aE}	32,09 ± 0,35 ^{bD}	1,37 ± 0,03 ^B	C18:1	40,58 ± 1,21 ^d	α-	123,43 ± 2,83 ^f		
				C18:2	44,24 ± 1,30 ^d	γ-	31,08 ± 0,71 ^e		
				C18:3	0,35 ± 0,01 ^c	δ-	0,42 ± 0,01 ^a		
				PUFA	44,59 ± 1,33 ^c	Σ	155,28 ± 3,57 ^g		
Расторопши пятнистой	11,45 ± 0,22 ^{aC}	16,29 ± 0,23 ^{bC}	1,42 ± 0,05 ^B	C18:1	24,50 ± 0,73 ^c	α-	52,45 ± 1,20 ^d		
				C18:2	56,16 ± 1,68 ^f	γ-	10,19 ± 0,23 ^c		
				C18:3	0,33 ± 0,01 ^c	δ-	0,93 ± 0,05 ^d		
				PUFA	56,49 ± 1,69 ^e	Σ	67,97 ± 1,56 ^d		
Оливковое	59,65 ± 0,65 ^{aF}	66,42 ± 0,73 ^{bG}	1,11 ± 0,02 ^d	C18:1	77,97 ± 2,33 ^f	α-	29,66 ± 0,68 ^c		
				C18:2	6,54 ± 0,19 ^a	γ-	2,32 ± 0,53 ^b		
				C18:3	0,58 ± 0,02 ^d	δ-	0,55 ± 0,01 ^b		
				PUFA	7,12 ± 0,21 ^a	Σ	32,53 ± 0,75 ^a		

a, b – величины ИП в одной строке, за которыми следуют разные буквы, существенно различаются ($p \leq 0,05$)

(A–G) – величины ИП и ФС в одном столбце, за которыми следуют разные буквы, существенно различаются ($p \leq 0,05$)

(a–g) – значения в столбцах «ЖК-состав» и «Содержание токоферолов» для каждого вида ЖК и для каждого вида токоферола или суммы токоферолов, за которыми следуют разные буквы, существенно различаются ($p \leq 0,05$)

Полученные нами данные свидетельствуют, что эффективность стабилизации аскорбилпальмитатом других растительных масел существенно ниже, чем льняного масла. Наблюдаемые эффекты могут быть обусловлены различиями в составе композиций жирных кислот изученных масел, а также составе композиций эндогенных антиоксидантов, из которых основными являются токоферолы. Льняное масло содержит наибольшее количество ПНЖК, из которых 74–82 % приходится на АЛК, а также наибольшее количество γ-токоферола (табл. 3). В льняном масле за счет высокого содержания АЛК процессы окисления протекают более интенсивно по сравнению с другими растительными маслами и, следовательно, для их ингибирования в большей степени расходуется эндогенный γ-токоферол. Поэтому в случае льняного масла введение АП должно приводить к более выраженному формированию антиокислительного эффекта и стабилизации масла. Необходимо отметить, что для изученных растительных масел, в которых γ-токоферол является основным токоферолом (рапсовое и кукурузное масла) и составляет 55,3 и 59,7 % соответственно от суммы токоферолов, фактор стабилизации значительно выше, чем для масел подсолнечного, оливкового, кунжутного и расторопши пятнистой, в которых преобладает α-токоферол, содержание которого в этих маслах составляет 94,8; 91,2, 79,5 и 77,17 % соответственно от суммы токоферолов.

Таким образом, аскорбилпальмитат ингибирует окисление льняного масла в ускоренных условиях более эффективно по сравнению с другими растительными маслами. Можно предположить, что АП

способен защитить льняное масло от окислительного старения и увеличить срок его хранения. Однако для этого важно было оценить ингибирующую активность АП в условиях хранения при комнатной температуре.

Изучена антиоксидантная активность АП в ингибировании окисления и окислительной деструкции липидов льняного масла в процессе хранения при комнатной температуре. На рис. 2 приведены кинетические закономерности накопления в льняном масле без добавок и с добавками АП пероксидных соединений, а также вторичных продуктов окисления в процессе хранения масла при комнатной температуре и свободном доступе кислорода воздуха. Данные, характеризующие процесс окисления в таких условиях, позволяют в какой-то мере моделировать процесс окислительного «старения» льняного масла, протекающий после вскрытия потребительской тары и поступления кислорода воздуха.

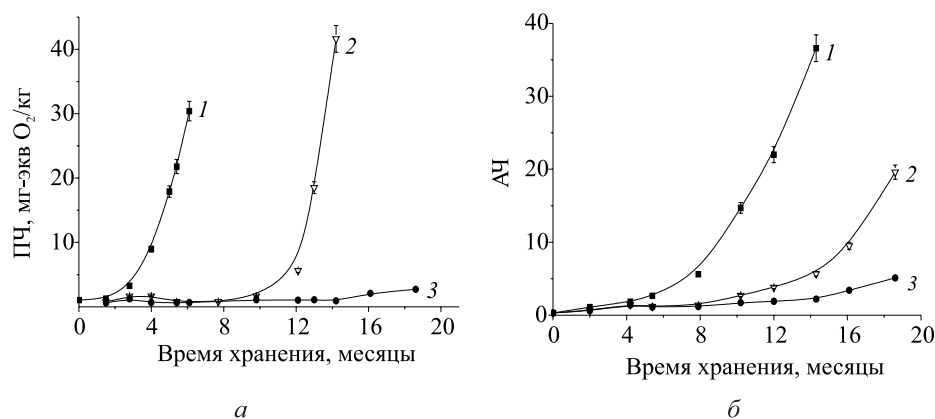


Рис. 2. Изменение пероксидного (а) и анизидинового (б) чисел льняного масла (образец 2) в присутствии и в отсутствие добавок АП в процессе хранения при комнатной температуре и свободном доступе воздуха: 1 — без добавок, 2 — 0,01 % АП, 3 — 0,02 % АП

Fig. 2. Changes in peroxide value (A) and *p*-anisidine value (B) of flaxseed oil (sample 2) in the presence and in the absence of additive of ascorbyl palmitate during storage at room temperature and with free air access: 1 — control (no additive), 2 — 0,01 % AP, 3 — 0,02 % AP

Согласно данным рис. 2, АП очень эффективно ингибирует накопление гидропероксидов и вторичных карбонильных продуктов окисления в льняном масле в условиях хранения его при комнатной температуре и свободном доступе кислорода воздуха, что позволяет увеличить срок хранения стабилизированного масла в нормальных условиях (в закрытых бутылках, при комнатной температуре) до 18 и более месяцев. На основании данных по изменению ПЧ при хранении найдены значения индукционного периода для льняного масла без добавок и с добавками АП, рассчитаны значения фактора стабилизации, которые составили 3,7 и более 6,0 при концентрации АП 0,01 % и 0,02 % соответственно. Эти значения ФС существенно выше полученных при тех же концентрациях АП в условиях ускоренного окисления при 100 °С (1,82 и 2,36 соответственно, рис. 1).

Таким образом, применение АП является эффективным способом защиты льняного масла от окисления и увеличения сроков его хранения, который может быть использован в производстве пищевого льняного масла и продуктов на его основе.

Заключение. Изучена эффективность ряда синтетических и природных антиоксидантов БОТ, АО-2246 (агидол-2), ПГ, ТБГХ, ДТБГХ, токоферолов, АП, АС, а также их композиций в ингибировании процессов окисления льняного масла. Показано, что жирорастворимые производные аскорбиновой кислоты эффективно защищают льняное масло от окисления и позволяют существенно увеличить сроки его хранения. По ингибирующей активности АП и АС уступали только трет-бутилированным производным гидрохинона. При этом использование одного АП обеспечивает большую эффективность стабилизации льняного масла, чем некоторые известные композиции на основе АП с токоферолами и лецитином. Стабилизирующее действие АП усиливается с увеличением содержания в масле АЛК (омега-3) и снижением окислительной устойчивости льняного масла. Установлено, что АП ингибирует окисление льняного масла более эффективно по сравнению с другими растительными маслами, имеющими меньшую степень ненасыщенности (рапсовое, кукурузное, подсолнечное, кунжутное, масло расторопши, оливковое). Кинетические данные по накоплению пероксидных соединений и вторичных продуктов окисления в льняном масле с добавлением АП в процессе хранения масла при комнатной температуре и свободном доступе воздуха показывают, что использование только одного АП является надежным средством защиты льняного масла от окислительного старения при хранении.

Список использованных источников

1. Rajaram, S. Health benefits of plant-derived α -linolenic acid / S. Rajaram // *Am. J. Clin. Nutr.* — 2014. — V. 100 (Suppl. 1). — P. 443S–448S.
2. Flaxseed in human nutrition / eds. L. U. Thompson, S. C. Cunnane. — 2nd ed. — Illinois, Champaign: AOCs Press, 2003. — 458 p.
3. Frankel, E. N. Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality / E. N. Frankel // *Food Chem.* — 1996. — V. 57. — P. 51–55.
4. Mikova, K. The regulation of antioxidants in food / K. Mikova // *Antioxidants in food: practical applications*, eds. J. Pokorny, N. Yanishlieva, M. Gordon. — New York: CRC press, 2000. — P. 267–284.
5. Taghvaei, M. Application and stability of natural antioxidants in edible oils in order to substitute synthetic additives. / M. Taghvaei, S. M. Jafari // *J. Food Sci. Technol.* — 2015. — V. 52. — P. 1272–1282.
6. Azeez, O. T. Effects of antioxidants on the oxidative stability of vegetable oil at elevated temperature. / O. T. Azeez, K. O. Ejeta, E. O. Frank., N. E. Gerald // *Int. J. Appl. Sci. Technol.* — 2013. V. 3. — P. 107–115.
7. Omar, K. I. Stabilizing flaxseed oil with individual antioxidants and their mixtures / K. I. Omar, L. Shan, Y. L. Wang, X. Wang // *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* — 2010. — V. 112. — P. 1003–1011.
8. Method for inhibiting oxidation of polyunsaturated lipids: pat. 6428461 B1 US / M. Marguez, A. Akashe. — 2001.
9. Wagner, K.-N. Effect of tocopherols and their mixtures on the oxidative stability of olive oil and linseed oil under heating / K.-N. Wagner, I. Elmadafa // *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* — 2000. — V. 102. — P. 624–629.
10. Michotte, D. Linseed oil stabilisation with pure natural phenolic compounds / D. Michotte, H. Rogez, R. Chirinos, E. Mignolet // *Food Chem.* — 2011. — V. 129. — P. 1228–1231.
11. Fat or oil containing polyunsaturated fatty acid and its production: pat. 09263784 A Japanese / M. Masaya, S. Noribumi, E. Masayuki, I. Tadashi. — 1997.
12. Rudnik, E. Comparative studies of oxidative stability of linseed oil / E. Rudnik, A. Szczucinska, H. Gwardiak, A. Szulc, A. Winiarska // *Termochim. Acta.* — 2001. — V. 370. — P. 135–140.
13. Колар, М.Х. Натуральный антиоксидант — экстракт розмарина / М. Х. Колар, С. Урбанчич // *Масла и жиры.* — 2008. — Т. 3. — С. 26–28.
14. Башилов, А.В. Особенности кинетики перекисного окисления липидов в присутствии антиоксидантов растительного происхождения / А.В. Башилов // *Вес. Нац. акад. нав. Беларусі. Сер. аграр. навук* — 2009. — № 1. — С. 110–113.
15. Антиоксидант льняного масла: пат. 15671 Респ. Беларусь, МПК С 11 В 5/00 / А. В. Башилов, Е. В. Спиридович, В. Н. Решетников; дата публ. 30.04.2012 // *Афіцыйны бюл. // Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці.* — 2012. — № 2. — С. 116.
16. Nag, A., Stabilization of flaxseed oil with capsicum antioxidant / A. Nag // *J. Am. Oil Chem. Soc.* — 2000. — V. 77. P. — 799–800.
17. Ruth, S.M. Influence of methanolic extracts of soybean seeds and soybean oil on lipid oxidation in linseed oil / S.M. Ruth, E. S. Shaker, P. A. Morrissey // *Food Chem.* — 2001. — V. 75. — P. 177–184.
18. Misharina, T. A. Inhibition of linseed oil autooxidation by essential oils and extracts from spice plants / T. A. Misharina, E. S. Alinkina, M.B. Terenina, N. I. Krikunova et al. // *Appl. Biochem. Microbiol.* — 2015. V. 51. — P. 455–461.
19. ГОСТ Р 53160–2008 (ИСО 6886: 2006). Жиры и масла животные и растительные. Определение устойчивости к окислению (ускоренное испытание на окисление). — Введ. 01.01.2010. — М.: Стандартинформ, 2009. — 16 с.
20. СТБ ГОСТ Р 51487–2001. Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа. — Введ. 01.11.2002. — Минск: БелГИСС, 2001. — 6с.
21. ГОСТ 31933–2012, Масла растительные. Методы определения кислотного числа и кислотности (с Изменением N 1). — Введ. 01.01.2014. — М.: Стандартинформ, 2014. — 11 с.
22. СТБ 1869–2008 (ИСО 6885:2006). Жиры и масла животные и растительные. Определение анизидинового числа. — Введ. 01.01.2009. — Минск: БелГИСС, 2008. — 15 с.
23. ГОСТ 5475-69 (ISO 3691:2013). Масла растительные. Методы определения йодного числа (с Изменениями N 1, 2). — Введ. 01.01.1970. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. — 19–23 с.
24. СТБ ИСО 5509-2007. Жиры и масла животные и растительные. Приготовление метиловых эфиров жирных кислот. — Введ. 01.10.2007. — Минск: БелГИСС, 2007 — 20 с.
25. Шадыро, О. И. Химический состав и окислительная стабильность льняного масла / О. И. Шадыро, А. А. Сосновская, И. П. Едимечева // *Пищевая промышленность: наука и технологии.* — 2013. — № 4. — С. 99–106.
26. Шадыро, О. И. Влияние физической рафинации на содержание токоферолов и фитостероинов в рапсовом масле / О. И. Шадыро, А. А. Сосновская, И. П. Едимечева // *Масложир. пром-сть.* — 2008. — № 6. — С. 20–22.
27. Kamal-Eldin, A. The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols / A. Kamal-Eldin, L-A. Appelqvist // *Lipids.* — 1996. — V. 31. — P. 671–701.
28. Elisia, I. Association between tocopherol isoform composition and lipid oxidation in selected multiple edible oils / I. Elisia, J. W. Young, Y. V. Yuan, D. D. Kitts. // *Food Res. Int.* — 2013. — V. 52. — P. 508–514.

29. Choe, E. Mechanisms and factors for edible oil oxidation / E. Choe, D. B. Vin // *Compr. Rev. Food Sci. F.* — 2006. — V. 5. P. 169–186.
30. Wang, T. Antioxidant activity of phytosterols, oryzanol, and other phytosterol conjugates / T. Wang, K. B. Hicks, R. Moreau // *J. Am. Oil Chem. Soc.* — 2002. — V. 79. — P. 1201–1206.
31. Quinn, P. J. Expansion of antioxidant function of vitamin E by coenzyme / P. J. Quinn, J. P. Fabisiak, V. E. Kagan // *Q. Biofactors.* — 1999. — V. 9. — P. 149–154.
32. Codex Standard for Named Vegetable Oils (CODEX-STAN 210-1999).
33. Niki, E. α -Tocopherol / E. Niki // *Handbook of Antioxidants*, ed. E. Cadenas. — New York: Marcel Dekker Inc., 1996. — P. 3–25.
34. Hamilton, R. J. Effect of tocopherols, ascorbyl palmitate and lecithin on autoxidation on fish oils / R. J., Hamilton, C. Kalu, G. P. McNeill, F. B. Padley, J. H. Pierce // *J. Am. Oil Chem. Soc.* — 1998. — V. 75. — P. 813–822.
35. Yanishlieva, N. V. Stabilization of edible oils with natural antioxidants / N. V. Yanishlieva, E. M. Marinova // *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* — 2001 — V. 103. — P. 752–767.

References

1. Rajaram S. Health benefits of plant-derived α -linolenic acid. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2014, 100 (Suppl. 1), pp. 443S–448S.
2. Flaxseed in human nutrition. Eds. L. U. Thompson, S. C. Cunnane, 2nd ed., Illinois, Champaign: AOCs Press, 2003, 458 p.
3. Frankel E. N. Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. *Food Chem.*, 1996, 57, pp. 51–55.
4. Mikova K. The regulation of antioxidants in food. *Antioxidants in food: practical applications*. Eds. J. Pokorny, N. Yanishlieva, M. Gordon, New York: CRC press, 2000, pp. 267–284.
5. Taghvae, M., Jafari S. M. Application and stability of natural antioxidants in edible oils in order to substitute synthetic additives. *J. Food Sci. Technol.*, 2015, 52, pp. 1272–1282.
6. Azeez O. T., Ejeta K. O., Frank E. O., Gerald N. E. Effects of Antioxidants on the Oxidative Stability of Vegetable Oil at Elevated Temperature, *Int. J. Appl. Sci. Technol.*, 2013, 3, pp. 107–115.
7. Omar K. I., Shan L., Wang Y. L., Wang X., Stabilizing flaxseed oil with individual antioxidants and their mixtures. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 2010, 112, pp. 1003–1011.
8. Marguez M., Akashe A. Method for inhibiting oxidation of polyunsaturated lipids. Patent US, no. 6428461 B1 US, 2001.
9. Wagner K.-N., Elmadfa I. Effect of tocopherols and their mixtures on the oxidative stability of olive oil and linseed oil under heating. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 2000, 102, pp. 624–629.
10. Michotte D., Rogez H., Chirinos R., Mignolet E., et al. Linseed oil stabilisation with pure natural phenolic compounds. *Food Chem.*, 2011, 129, pp. 1228–1231.
11. Masaya M., e.a. Fat or oil containing polyunsaturated fatty acid and its production. Patent Japanese, no. 09263784 A, 1997.
12. Rudnik E., Szczucinska A., Gwardiak H., Szulc A., Winiarska A. Comparative studies of oxidative stability of linseed oil. *Termochim. Acta*, 2001, 370, pp. 135–140.
13. Kolar M. X., Urbanthith S. Naturalny antioksidant — ekstrakt rosmarina [*Natural antioxidant — rosemary extract*]. *Masla i zhiry = Oils and fats* Масла и жиры, 2008, 3, pp. 26–28.
14. Bashilov A. V. Osobennosti kinetiki perekisnogo okisleniya lipidov v prisutstvii antioksidantov rastitelnogo proischozhdeniya [*Features of the kinetics of lipid peroxidation in the presence of plant antioxidants*]. *Vesti Nath. Akad. Nav. Belarusi. Ser. Agrar. Nav. = News National Acad. Scienc. Belarus. Agrar. Scienc. Ser.*, 2009, no. 1, pp. 110–113.
15. Bashilov A. V., e.a. Antioksidant lnyanogo masla: [*Flaxseed oil antioxidant*]. Patent RB, no. 15671, 2012.
16. Nag A. Stabilization of flaxseed oil with capsicum antioxidant. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2000, 77, pp. 799–800.
17. Ruth S.M., Shaker E. S., Morrissey P. A. Influence of methanolic extracts of soybean seeds and soybean oil on lipid oxidation in linseed oil. *Food Chem.*, 2001, 75, pp. 177–184.
18. Misharina T.A., Alinkina E.S., Terenina M.B., Krikunova N.I., et al. Inhibition of linseed oil autoxidation by essential oils and extracts from spice plants. *Appl. Biochem. Microbiol.*, 2015, 51, pp. 455–461.
19. GOST P 53160–2008 (ISO 6886: 2006). Zhiry i masla zhivotnye i rastitelnye. Opredelenie ustoichivosti k okisleniu (uskorennoe ispytanie na okislenie). [*State Standard P 53160–2008. Determination of oxidation stability (accelerated oxidation test)*]. Moscow, Standartinform Publ., 2009. 16 p.
20. STB GOST P 51487–2001. Masla rastitelnye i zhiry zhivotnye. Metod opredeleniya perekisnogo chisla [*State Standard P 51487–2001. Vegetable oils and animal fats. Method for determining the peroxide value.*]. Minsk, BelGISS Publ., 2001. 6p.
21. GOST 31933–2012. Masla rastitelnye. Metod opredeleniya kislotnogo chisla i kislotnosti [*State Standard 31933–2012. Vegetable oils. Methods for determination of acid number and acidity*]. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 11 p.

22. STB 1869–2008 (ISO 6885:2006). Zhiry i masla zhivotnoyey i rastitelnyey. Opredelenie anizhidinovogo chisla [*State Standard 1869–2008 (ISO 6885:2006). Animal and vegetable fats and oils Determination of anisidine number*]. Minsk, BelGISS Publ., 2008. 15 p.
23. GOST 5475-69 (ISO 3691:2013). Masla rastitelnyey. Metod opredeleniya iodnogo chisla [*State Standard 5475-69. Vegetable oils. Methods for determining the iodine number*]. Moscow, IPK Ithdatelstvo standartov Publ., 2001. 23 p.
24. STB ISO 5509-2007. Zhiry i masla zhivotnoyey i rastitelnyey. Prigotovlenie metylovykh efirov zhirnykh kislot [*State Standard 5509-2007. Animal and vegetable fats and oils. Preparation of fatty acid methyl esters*]. Minsk: BelGISS Publ., 2007. 20 p.
25. Shadyro O. I., Sosnovskaya A. A., Edimecheva I. P. Khimicheski sostav i okislitel'naya stabilnost lnyanogo masla [*Chemical composition and oxidative stability of linseed oil*]. Pischevaya promishlennost: nauka i tehnologii = Food industry: science and technology, 2013, no. 4, pp. 99–106.
26. Shadyro O. I., Sosnovskaya A. A., Edimecheva I. P. Vliyaniye fizicheskoy rafinazii na sodержaniye tokoferolov i fitosterinov v rapsovom masle. [*Effect of physical refining on the content of tocopherols and phytosterols in rapeseed oil*]. Maslozhirovaya promishlennost = Oil and fat industry, 2008, no. 6, pp. 20–22.
27. Kamal-Eldin A., Appelqvist L.-A. The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. *Lipids*, 1996, 31, pp. 671–701.
28. Elisia I., Young J. W., Yuan Y. V., Kitts D. D. Association between tocopherol isoform composition and lipid oxidation in selected multiple edible oils. *Food Res. Int.*, 2013, 52, pp. 508–514.
29. Choe E., Vin D. B. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Compr. Rev. Food Sci. F.*, 2006, 5, pp. 169–186.
30. Wang T., Hicks K. B., Moreau R. Antioxidant activity of phytosterols, oryzanol, and other phytosterol conjugates. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2002, 79, pp. 1201–1206.
31. Quinn P. J., Fabisiak J. P., Kagan V. E. Expansion of antioxidant function of vitamin E by coenzyme / P. J. Quinn. *Q. Biofactors*, 1999, 9, pp. 149–154.
32. Codex Standard for Named Vegetable Oils (CODEX-STAN 210-1999).
33. Niki, E. α -Tocopherol. *Handbook of Antioxidants*. Ed. E. Cadenas, New York: Marcel Dekker Inc., 1970, pp. 3–25.
34. Hamilton R. J., Kalu C., McNeill G. P., Padley F. B., Pierceb J. H. Effect of tocopherols, ascorbyl palmitate and lecithin on autoxidation on fish oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1998, 75, pp. 813–822.
35. Yanishlieva N. V., Marinova E. M. Stabilization of edible oils with natural antioxidants. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 2001, 103, pp. 752–767.

Информация об авторах

Edimecheva Irina Petrovna — кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории химии свободнорадикальных процессов Учреждения Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», (ул. Ленинградская, 14, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: irina.edimecheva@gmail.com.

Sosnovskaya Anna Alekseevna — кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории химии свободнорадикальных процессов Учреждения Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», (ул. Ленинградская, 14, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: anna-sosn@mail.ru

Shadyro Oleg Iosifovich — доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией химии свободнорадикальных процессов Учреждения Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», (ул. Ленинградская, 14, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: shadyro@tut.by

Information about authors

Edimecheva Irina P. — Ph.D. (Chemistry), leading researcher of laboratory of chemistry of free radical processes, Research Institute for Physical Chemical Problems, Belarusian State University (14 Leningradskaya Str., Minsk, 220108, Republic of Belarus). E-mail: irina.edimecheva@gmail.com.

Sosnovskaya Anna A. — Ph.D. (Chemistry), leading researcher of laboratory of chemistry Ph.D. (Chemistry), of free radical processes, Research Institute for Physical Chemical Problems, Belarusian State University (14 Leningradskaya Str., Minsk, 220108, Republic of Belarus). E-mail: anna-sosn@mail.ru.

Shadyro Oleg I. — Doctor of Chemistry, professor, head of the laboratory of chemistry of free radical processes, Research Institute for Physical Chemical Problems, Belarusian State University (14 Leningradskaya Str., Minsk, 220108, Republic of Belarus). E-mail: shadyro@tut.by.

УДК 661.741.1(476)
https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-52-60

Поступила в редакцию 28.10.2020
Received 28.10.2020

А. А. Пушкарь¹, Д. В. Хлиманков¹, В. И. Соловей¹, А. В. Рыбак², Ж. Н. Щербицкая²

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь

²ОАО «Слуцкий уксусный завод», д. Покрашево, Слуцкий район, Минская область, Республика Беларусь

ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ УКСУСНОГО ПРОИЗВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Аннотация. В статье представлены результаты научно-исследовательских и опытно-технологических работ по созданию технологии производства новых видов уксуса на основе крахмалсодержащего сырья, обладающих оригинальными органолептическими характеристиками. Внедрение данной технологии на предприятии предусматривает введение в существующую технологическую схему предприятия нового этапа механико-ферментативной деструкции крахмалсодержащего сырья с последующей его биотрансформацией в этиловый спирт.

Ключевые слова: сброженное зерновое сусло, рис, кукуруза, пшеница, тритикале, фильтрация, рисовый уксус, зерновой уксус, автоматизированный аппарат, исследование

A. A. Pushkar¹, D. V. Khlimankov¹, V. I. Solovei¹, A. V. Rybak², J. N. Shcherbitskaya²

¹RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National
Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus

²OJC «Slutsk vinegar plant», Pokrashevo village, Slutsk district, Minsk region, Republic of Belarus

INNOVATIVE DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF VINEGAR PRODUCTION IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Abstract. The article presents the results of research and development work on the creation of technologies for the production of new types of vinegar based on starch-containing raw materials with original organoleptic characteristics. The introduction of this technology at the enterprise provides for the introduction of a new stage of the mechanical-enzymatic destruction of starch-containing raw materials with its biotransformation into ethyl alcohol into the current technological scheme of the enterprise.

Key words: fermented grain wort, rice, corn, wheat, triticale, filtration, rice vinegar, grain vinegar, automated apparatus, research

Введение. Уксус является одним из древнейших пищевых продуктов, широко востребованным в наши дни в консервной промышленности, кулинарии, в производстве различных соусов, салатов, маринадов, в народной медицине и в косметических целях [1]. На сегодняшний день уксусы можно встретить практически в любом уголке планеты. Для многих народов мира уксус является неотъемлемой частью национальной кухни.

Все производимые в мире уксусы можно отнести к двум основным группам, различающимся происхождением уксусной кислоты, содержащейся в готовом продукте. К первой группе относятся так называемая уксусная эссенция, которая представляет собой 30–70 %-ный водный раствор лесохимической уксусной кислоты, а также 3–9 %-ный столовый уксус, имеющий аналогичное происхождение [2]. Что касается синтетической уксусной кислоты, получаемой каталитическим карбонилированием метанола или гидратацией ацетилена, то ее использование в пищевых целях в большинстве стран запрещено [3, 4, 5].

Ко второй большой группе относятся уксусы из пищевого сырья, полученные биохимическим методом [3, 6, 7, 8, 9]. В соответствии с действующим в Республике Беларусь государственным стандартом СТБ 1760 [10], уксусом из пищевого сырья называется раствор уксусной кислоты, полученный биохимическим методом из пищевого спиртосодержащего сырья путем аэробного окисления с помощью уксуснокислых бактерий. Причем данным государственным стандартом четко установ-

лено ограничение использования при производстве уксусов для пищевых целей синтетической и левохимической уксусной кислоты.

Согласно СТБ 1760 [10], уксусы классифицируются по следующим видам: спиртовой, спиртовой ароматизированный, яблочный и винный. Именно этими видами уксуса определен ассортиментный перечень белорусских производителей. Основной объем изготавливаемой в республике продукции приходится на спиртовой уксус, доля которого на внутреннем рынке постепенно снижается в пользу виноградного и яблочного уксусов, а также иных импортируемых разновидностей пищевого уксуса из различного растительного сырья. Отечественные уксусы получают путем окисления разбавленного этилового спирта (9,0–11,5 %-ной концентрации) или этилового спирта сухих виноматериалов — сброженных соков (виноградного, яблочного), окисленных при помощи чистых культур уксуснокислых бактерий — *Acetobacter aceti* [6, 8, 11].

Технологии изготовления уксуса на основе крахмалсодержащего сырья в Республике Беларусь отсутствуют, как и отсутствует на уксусных предприятиях необходимое технологическое оборудование для водно-тепловой и ферментативной обработки и сбраживания крахмалсодержащего сырья, обеспечивающее ферментативный гидролиз крахмала растительного сырья в сахара (глюкозу, мальтозу и др.) с последующим их сбраживанием дрожжевыми клетками.

Внедрение на предприятиях Республики Беларусь технологии изготовления уксусов на основе крахмалсодержащего (зернового) сырья позволит существенно расширить гамму вкусов и ароматов уксусной продукции и заложить мощный фундамент для развития отечественной уксусной промышленности, создать предпосылки для сокращения импорта в нашу страну.

Цель работы — провести комплекс научных исследований по созданию технологии производства новых видов уксусов на основе крахмалсодержащего сырья.

Материалы и методы исследования. Основными объектами исследования являлось зерновое сырье (рис, тритикале, пшеница, кукуруза), сброженное сусло и зерновой (рисовый) уксус на их основе. В качестве вспомогательных объектов исследований выступали ферментные препараты амилолитического, целлюлолитического спектра действия импортного производства и протеолитического спектра действия отечественного производства, сухие спиртовые дрожжи, уксуснокислые бактерии.

Физико-химические показатели зрелой зерновой бражки (сброженного зернового сусла): конечную активную кислотность (рН), видимую концентрацию растворимых сухих веществ, содержание несброженных растворимых углеводов, содержание нерастворенного крахмала, кислотность зрелой бражки, крепость зрелой бражки, — определяли согласно инструкции техникохимического контроля спиртового производства [12]. Оценку условной крахмалистости в анализируемых образцах зернового сырья проводили в соответствии с СТБ 1523 [13]; содержания белка — в соответствии с ГОСТ 10846 [14], определение влаги в анализируемых образцах осуществляли в соответствии с ГОСТ 13586.5 [15]. В готовых образцах зернового (рисового) уксуса массовую долю органических кислот в пересчете на уксусную кислоту определяли по СТБ 1760 (п. 7.4), объемную долю остаточного (неокисленного) спирта — по СТБ 1760 (п. 7.5).

Результаты и их обсуждение. В рамках выполнения задания 3 «Совершенствование технологии уксусного производства с разработкой новых видов уксуса на основе крахмалсодержащего и фруктового сырья» ОНТП «Пищевые технологии» на первом этапе экспериментальных работ был изучен химический состав зернового сырья: рис, тритикале, пшеница и кукуруза.

Исследование образцов зернового сырья по химическому составу (условной крахмалистости, содержания белка и влажности) проводилось в Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». Результаты исследований химического состава зерна представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты исследований химического состава зерна
Table 1. Results of studies of the chemical composition of grain

Показатель	Значения контролируемых показателей для исследуемого сырья			
	рис	тритикале	пшеница	кукуруза
Массовая доля влаги, %	13,60	11,30	10,40	10,60
Условная крахмалистость, %	74,25	55,17	56,69	62,52
Массовая доля белка, %	7,94	12,13	10,94	9,06

Анализ данных, представленных в табл. 1, показал, что полученные значения контролируемых показателей качества в исследуемых образцах соответствуют средним значениям для данных зерновых культур. Вышеперечисленное сырье обладает достаточным углеводным потенциалом и являет-

ся перспективным для дальнейшего его использования при проведении экспериментальных исследований по разработке технологии производства новых видов уксуса на основе крахмалсодержащего сырья.

В ходе проведения экспериментальных исследований процесс подготовки суслу осуществляли по следующим технологическим режимам: приготовление замеса при гидромодуле 1:3,0; механико-ферментативную обработку замеса проводили при температуре 65–67 °С в течение 30 минут, далее осуществляли нагревание среды до 85–87 °С и выдерживали сусло в течение 180 минут. Температурные режимы были выбраны с учетом особенностей перерабатываемых зерновых культур и характеристик применяемого комплекса ферментов. Активная кислотность замеса находилась в интервале рН 6,9-7,2 ед., что определялось исходными сырьевыми компонентами — зерновыми культурами и подготовленной водой.

Дозировка термостабильной α -амилазы Ликвафло для кукурузы и риса составляла 0,35 ед. АС/г условного крахмала, для пшеницы и тритикале — 0,23 ед. АС/г условного крахмала. Дозировка глюкоамилазы ГлюкоМакс для всех зерновых культур находилась на уровне 11,0 ед. ГлС/г условного крахмала (для интенсивного сбраживания сред и с учетом обеспечения накопления этилового спирта в зрелой бражке не менее 11,0 % об.).

С учетом пожелания соисполнителя работ ОАО «Слущкий уксусный завод» и анализа ассортимента выпускаемых уксусов на основе крахмалсодержащего сырья в странах ближнего и дальнего зарубежья для проведения исследований было выбрано следующее сырье: рис, кукуруза и смеси зерновых культур (рис и тритикале в соотношении 70:30; рис и пшеница в соотношении 70:30). Данные зерновые культуры и их смеси позволят расширить ассортимент выпускаемых уксусов и обеспечить требуемый уровень накопления этилового спирта в зрелой бражке, а также заложить основу для увеличения доли отечественной зерновой составляющей в изготавливаемых новых видах уксусов.

Процессы водно-тепловой и ферментативной обработки сырья проводили с использованием жидкостного термостата ВТ18-3, верхнеприводных перемешивающих устройств ES-8400 и лабораторной стеклянной посуды. Полученное после механико-ферментативной обработки сусло охлаждали до $30 \pm 0,5$ °С, вносили засевные дрожжи и проводили процесс брожения.

Эффективность протекания процесса сбраживания экспериментальных образцов оценивали по показателям технокимического контроля зрелой бражки из суслу с различного зернового сырья, представленного в табл. 2.

Таблица 2. Показатели технокимического контроля зрелой зерновой бражки
Table 2. Indicators of technochemical control of mature grain mash

Наименование показателя	Вид зернового сырья			
	Рис	Рис : тритикале	Рис : пшеница	Кукуруза
Содержание зерновых культур в замесе, %	100	70:30	70:30	100
Видимая концентрация сухих веществ суслу, %	22,2± 0,1	21,6± 0,1	21,8± 0,1	21,2± 0,1
Раса спиртовых дрожжей	Safspi-rit M-1			
рН, ед.	4,40 ± 0,05	4,38 ± 0,05	4,42 ± 0,05	4,41 ± 0,05
Содержание несброженных растворимых углеводов, г/100 см ³	0,40 ± 0,02	0,54±0,02	0,52 ± 0,03	0,34±0,03
Содержание нерастворенного крахмала, г/100 см ³	0,06 ± 0,02	0,05±0,02	0,05 ± 0,02	0,08 ± 0,02
Кислотность зрелой бражки, °Д	0,40 ± 0,01	0,42± 0,01	0,41 ± 0,01	0,41± 0,01
Крепость зрелой бражки, % об.	13,0 ± 0,1	11,8 ± 0,1	12,0 ± 0,1	11,4 ± 0,1

Наилучший результат по накоплению этилового спирта в экспериментальных образцах достигнут в рисовой бражке, который составил 13,0 % об. Данный показатель объясняется наличием в составе риса высокого содержания крахмала (74,25 %). Следует отметить, что остальные экспериментальные образцы также характеризуются повышенным содержанием этилового спирта в зрелой бражке — 11,4-12,0 % об., что подтверждает на данном этапе исследований возможность применения отечественных зерновых культур (тритикале, кукуруза) при производстве новых видов уксусов на основе крахмалсодержащего сырья. Следует отметить, что в результате проведенных экспериментальных работ установлено, что предложенные технологические решения по водно-тепловой и ферментативной обработке различного зернового сырья (рис, кукуруза, смесь риса и тритикале, смесь риса и пше-

ницы и др.) и его сбраживанию обеспечивают требуемый в технологии уксусного производства уровень накопления этилового спирта — не менее 10,5 % об.

На следующем этапе работ для визуальной оценки эффективности осветления сброженного зернового сула экспериментальные образцы на основе различных зерновых культур подвергали обработке холодом (при температуре 2–4 °С) в течение 1 часа (рис. 1).

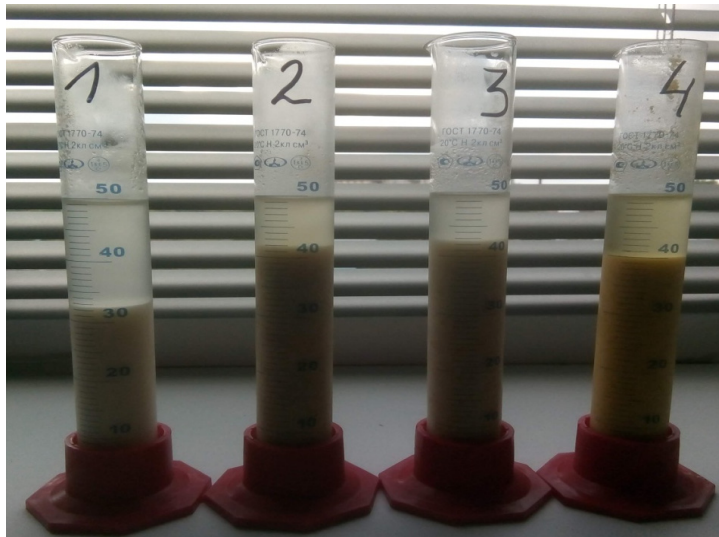


Рис. 1. Экспериментальные образцы сброженного зернового сула из различных зерновых культур после обработки холодом: 1 — рис, 100 %; 2 — рис: пшеница (70:30); 3 — рис: тритикале (70:30); кукуруза, 100 %

Fig. 1. Experimental samples of fermented grain wort from various grain crops after cold

На рис. 1 видно, что наибольшее разделение сред при обработке холодом наблюдалось в образце с рисовой бражкой (образец №1). При этом в образце с общим объемом 50 мл доля осветленной бражки составила 18 мл, осадка дробины — 32 мл. Наименее выраженное расслоение было в рисово-тритикалевом экспериментальном образце (образец №3). Доля осветленной бражки составила 9 мл, а осадка дробины — 41 мл.

На следующем этапе работ получены экспериментальные образцы объемом 50 мл каждый были подвергнуты фильтрации через нейлоновый мешочный фильтр (размер пор 100 микрон). Отфильтрованные образцы зрелых бражек представлены на рис. 2.

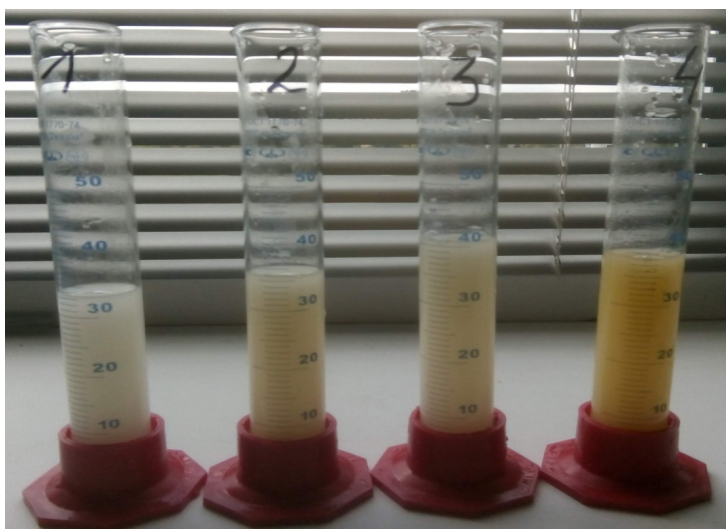


Рис. 2. Отфильтрованные экспериментальные образцы зерновых зрелых бражек: 1 — рис, 100 %; 2 — рис: пшеница (70:30); 3 — рис: тритикале (70:30); кукуруза, 100 %

Fig. 2. Filtered experimental samples of mature cereal mash

Как видно из данных рис. 2, количество полученных фильтратов бражек находилось в диапазоне 34–42 мл или 68–84 % от общего количества бражки взятого на эксперимент, что говорит об эффективности применения для первичной фильтрации нейлонового фильтрующего материала с размером пор 100 микрон для разделения сред. Данный вид разделения сред показал свою эффективность и может быть использован на первом этапе в производственных условиях для фильтрации сброженного зернового суслу, что позволит разгрузить на втором этапе фильтрации работу фильтр-прессов.

На основании анализа особенностей протекания технологических этапов ферментативной деградации и сбраживания крахмалсодержащего сырья, изучения специфики уксусного производства, анализа имеющегося опыта разработки и эксплуатации в спиртовой промышленности аппаратов для водно-тепловой и ферментативной обработки сырья, дрожжанок, бродильных чанов, перегонных аппаратов для производства оригинальных алкогольных напитков, опыта создания аналогичного оборудования для предприятий пищевой промышленности и ранее проводившихся научно-исследовательских работ в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» был разработан автоматизированный аппарат для ферментативного гидролиза и сбраживания Ш12 — АФГС, представленный на рис. 3. Изготовление аппарата для ферментативного гидролиза и сбраживания Ш12 — АФГС выполнил ОАО «МАШПИЩЕПРОД», разработку автоматизированной системы управления технологическим процессом осуществила компания ООО «Балтаком Электроникс».

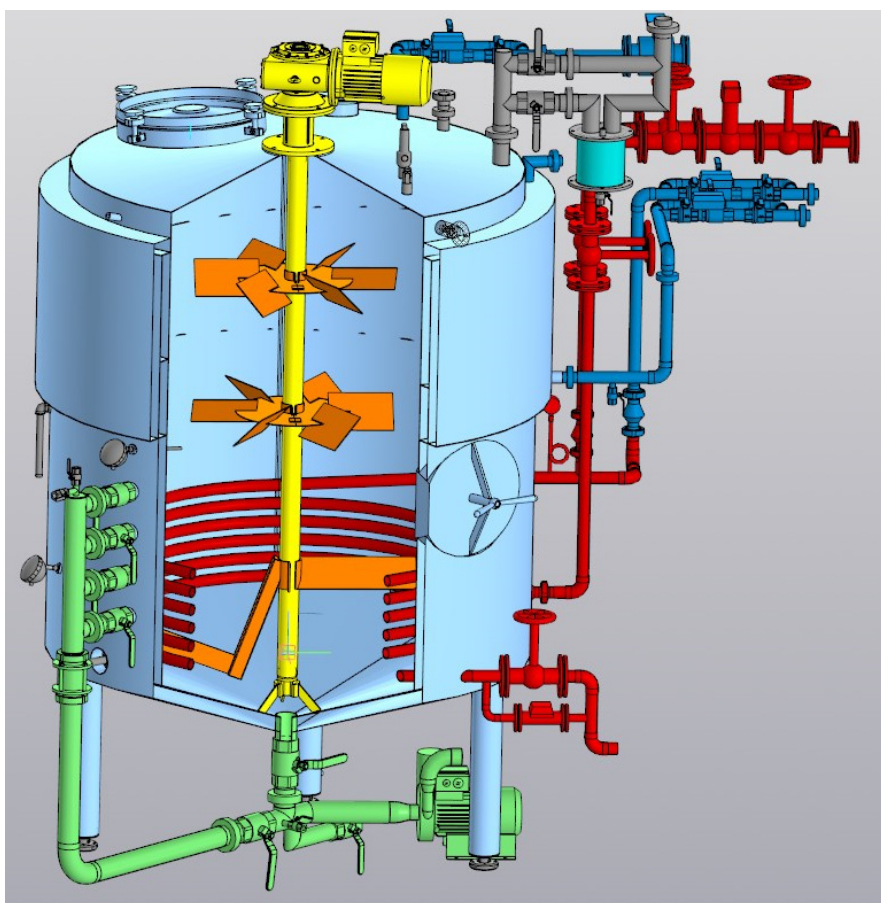


Рис. 3. Аппарат для ферментативного гидролиза и сбраживания Ш12 — АФГС
 Fig. 3. Apparatus for enzymatic hydrolysis and fermentation S12 — АЕHF

Автоматизированная система управления технологическим процессом (далее — АСУ ТП) аппарата для ферментативного гидролиза и сбраживания Ш12 — АФГС обеспечивает автоматизацию основных операций технологических процессов работы аппарата для ферментативного гидролиза и сбраживания в зависимости от выбранной базовой программы его работы. Так, например, при переработке крахмалсодержащего (зернового) сырья осуществляются следующие операции: заполнение технологической водой и зерновым сырьем аппарата, ферментативный гидролиз зернового замеса, охлаждение гидролизованного зернового суслу и его сбраживание; зональное захолаживание

(рубашка и/или змеевик) сброженного сусла и декантирование осветленного сброженного сусла, замывка осадка и повторное декантирование осветленного сусла, высвобождение осадка (дробины) из аппарата.

После успешной отработки технологических режимов механико-ферментативной обработки и сбраживания крахмалсодержащего сырья (риса) на аппарате для ферментативного гидролиза и сбраживания Ш12-АФГС в варочно-бродильном отделении ОАО «Слуцкий уксусный завод» впервые в Республике Беларусь были получены опытные партии рисового сброженного и рисового сброженного спиртового сусла, изготовленные по ТИ ВУ 190239501.15.312-2019 «Технологическая инструкция на процесс механико-ферментативной обработки зернового сырья и его сбраживание в уксусном производстве» и соответствующие требованиям ТУ ВУ 190239501.944-2019 «Сусла сброженные зерновые. Технические условия».

Этап отработки технологических режимов механико-ферментативной обработки и сбраживания крахмалсодержащего сырья (риса) на аппарате для ферментативного гидролиза и сбраживания Ш12-АФГС в варочно-бродильном отделении ОАО «Слуцкий уксусный завод» был осуществлен с участием специалистов предприятия, сотрудников РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» и ООО «Балтаком Электроникс».

Данные опытные партии рисового сброженного и рисового сброженного спиртового сусла были использованы при отработке технологических режимов процесса изготовления рисового уксуса.

Производственные циклы окисления сброженного рисового и спиртованного сброженного рисового сусла осуществляли на действующих окислителях, установленных в бродильном цеху ОАО «Слуцкий уксусный завод».

Процесс окисления этилового спирта в уксусную кислоту при производстве рисового уксуса производили циркуляционным способом. Окисление этилового спирта, содержащегося в питательной среде, в уксусную кислоту, осуществляли в окислителе с древесной стружкой бука, на которой закрепляются уксуснокислые бактерии.

Подготовка окислителей к работе и окисление сброженного рисового сусла (сброженного спиртованного сусла) осуществляется в соответствии с вновь разработанной ТИ ВУ 190239501.15.319-2020 «Технологическая инструкция по производству рисового уксуса».

После подачи маточного уксуса в окислитель вносили питательную среду. Далее производили съем сырого рисового уксуса, а к оставшемуся объему маточного рисового уксуса добавляли питательную среду нового производственного цикла.

Оптимальная объемная доля этилового спирта в сусле зависела от активности культуры уксуснокислых бактерий и устанавливалась опытным путем. При этом сумма процентного содержания массовой концентрации органических кислот и объемной доли спиртосодержащей питательной среды в сусле находилась в пределах 10,0–12,0 %.

Культуральная жидкость непрерывно циркулировала в аппарате с помощью насоса, разбрызгивалась на поверхности стружки с помощью сегнера колеса и аэрировалась воздухом. При проведении процесса окисления уксуснокислые и спиртовые пары, выходящие из окислителя вместе с воздухом, улавливались конденсатором и возвращались в виде конденсата в сборник, а оттуда направлялись на приготовление новой порции сусла.

Температура в окислителе колебалась на начальном этапе пуска (первый цикл производства) на уровне 31–33 °С, далее на этапе снятия сырого уксуса температура поддерживалась в пределах 32–34 °С путем подачи воды в рубашку или змеевик.

В процессе окисления поддерживалась умеренное ингибирование роста уксуснокислых бактерий во избежание нерационального потребления этилового спирта, которое осуществляется приготовлением среды с оптимальной суммарной объемной долей уксусной кислоты и этилового спирта в пределах от 9,5 до 10,5 %.

Процесс окисления проводился до содержания остаточной объемной доли этилового спирта в культуральной жидкости до 0,3 %. Полное окисление спирта в циркулирующей жидкости не допускалось, так как это могло вызвать нежелательное «переокисление» уксусной кислоты до двуокиси углерода и воды, что привело бы к повышению потерь этилового спирта и уменьшению выхода конечного продукта — рисового уксуса.

Продолжительность цикла окисления колебалась в пределах 2–7 суток и зависела от активности жизнедеятельности уксуснокислых бактерий и количества вновь вносимой питательной среды в окислитель.

Всего было получено 9550 л сырого рисового уксуса, массовая доля органических кислот в котором в пересчете на уксусную кислоту составляла 9,0 %.

Из части общего объема сырого рисового уксуса впервые в Республике Беларусь была получена партия рисового уксуса в количестве 1000 литров с массовой долей уксусной кислоты 4,2 %, соответствующая по органолептическим и физико-химическим показателям требованиям ТУ ВУ

190239501.951 «Уксусы рисовые. Технические условия», ТИ ВУ 190239501.15.312-2020 «Технологическая инструкция по производству рисового уксуса».



Рис. 4. Выпуск первой опытной партии рисового уксуса в ОАО «Слуцкий уксусный завод»
Fig. 4. Release of the first pilot batch of rice vinegar in OJSC «Slutsk vinegar plant»

Таким образом, благодаря тесному взаимодействию науки и производства в результате проведенной научно-исследовательской и опытно-технологической работы впервые в республике разработана и внедрена в ОАО «Слуцкий уксусный завод» (рис. 4) отечественная технология производства уксусов на основе крахмалсодержащего сырья, предусматривающая добавление в существующую технологическую схему предприятия этапа механико-ферментативной деструкции крахмалсодержащего сырья с последующей его биотрансформацией в этиловый спирт. Разработанная технология устанавливает оптимальные технологические параметры проведения процесса окисления сброженного зернового (рисового) суслу уксуснокислыми бактериями, получение сырого зернового (рисового) уксуса и изготовление на его основе купажей готового продукта с уникальными органолептическими и физико-химическими характеристиками.

Для освоения выпуска инновационной продукции в рамках созданной технологии разработан и утвержден в установленном порядке комплект нормативной и технологической документации, который передан в ОАО «Слуцкий уксусный завод».

Разработанная технология позволит максимально активно задействовать имеющееся крахмалсодержащее сырье и расширить ассортимент выпускаемой продукции за счет создания уксусов премиум сегмента, обладающих оригинальными органолептическими характеристиками.

Список использованных источников

1. Получение яблочного уксуса из разнообразного сырья [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.hintfox.com/article/polychenie-jablochnogo-ukysysa-iz-raznoobraznogo-sirja.html>. — Дата доступа: 07.08.2019.
2. Уксус. Материал из Википедии — свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Уксус>. — Дата доступа: 15.05.2019.

3. Уксусная кислота. Материал из Википедии — свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Уксусная_кислота. — Дата доступа: 15.05.2019.
4. Лич, Б. Катализ в промышленности. Т. 1 / Б. Линч. — Москва: Мир, 1986. — 324 с.
5. Способ получения уксусной кислоты (варианты): Патент № 2329249. RU, МПК⁷ C 07C 51/12, C 07C 53/08 / Хоси Чеунг, Е. Майкл Хакман, Г. Полл Торренс; заявка № 2005123377/04; заявитель Селаниз интернэшнл корпорейшн. — заявл. 18.11.2003; опубл. 20.01.2006 // Государственный реестр изобретений Российской Федерации. — Бюл. № 20. — 2008. — 17 с.
6. Севодина, К.В. Уксусы из пищевого сырья: классификация, современный ассортимент, потребительские свойства, производство фальсификация, идентификация и экспертиза качества: монография / К.В. Севодина; Алт. гос. тех. ун-т, БТИ. — Бийск: Изд-во Алт. гос. тех. ун-та, 2014. — 158 с.
7. Алкогольдегидрогеназа. Материал из Википедии — свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Алкогольдегидрогеназа>. — Дата доступа: 15.05.2019.
8. Madigan M; Martinko J (editors). Brock Biology of Microorganisms. — 11th ed. — Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA. — 2006. — 992 pp.
9. Ламберова, А.А. Способ производства натурального биохимического уксуса: Патент № 2483104. RU, МПК⁷ C 12J 1/00 / А.А. Ламберова, М.Э. Ламберова; заявка № 2010145626/10; заявитель А.А. Ламберов. — заявл. 09.11.2010; опубл. 27.05.2013 // Государственный реестр изобретений Российской Федерации. — 2013. — Бюл. № 15.
10. Уксусы для пищевых целей. Общие технические условия: СТБ 1760-2007. — Введ. 24.04.2009. — Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2009. — 24 с.
11. Галкина, Г.В. Способ получения пищевого уксуса: Патент № 17995. KZ, МПК⁷ C 12J 1/00 / Жатканбаев Ергазы, Майлиева Гульзинат Кульмахановна, Мирзаев Айбек Абдукаримович; опубл. 15.11.2006 // Комитет по правам интеллектуальной собственности министерства юстиции Республики Казахстан. — 2006.
12. Польшалина, Г.В. Технохимический контроль спиртового и ликеро-водочного производства / Г.В. Польшалина. — М.: Колос, 1999. — 334 с.
13. Зерно. Метод определения условной крахмалистости: СТБ 1523-2005 Введ. 01.08.2005. — Минск: Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию, 2005. — 16 с.
14. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка: ГОСТ 10846-91. — Введ. 01.06.1993. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1993. — 8 с.
15. Зерно. Метод определения влажности: ГОСТ 13586.5-93. — Введ. 01.01.1995. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1995. — 7 с.

References

1. Getting apple cider vinegar from a variety of raw materials // <http://www.hintfox.com/article/polychenie-jablochnogo-yksysa-iz-raznoobraznogo-sirja.html>. - Date of entry: 08/07/2019.
2. Vinegar. Material from Wikipedia - the free encyclopedia // <https://ru.wikipedia.org/wiki/Vinegar>. - Date of entry: 05/15/2019.
3. Acetic Acid. Material from Wikipedia - the free encyclopedia // https://ru.wikipedia.org/wiki/Acetic_acid. - Date of entry: 05/15/2019.
4. Leach, B. Catalysis in Industry. Т. 1 / В. Lynch. - Moscow: Mir, 1986 . — 324 p.
5. Method for producing acetic acid (options): Patent No. 2329249. RU, МПК⁷ C 07C 51/12, C 07C 53/08 / Hoshi Cheung, E. Michael Hackman, G. Poll Torrens; application No. 2005123377/04; applicant SELANIZ INTERNATIONAL CORPORATION. - declared. November 18, 2003; publ. 01.20.2006 // State Register of Inventions of the Russian Federation. - Bul. No. 20. — 2008 . — 17 p.
6. Sevodina, K.V. Vinegars from food raw materials: classification, modern assortment, consumer properties, falsification production, identification and quality examination: monograph / K.V. Sevodin; Alt. state those. un-t, BТИ. - Biysk: Publishing house Alt. state those. University, 2014 . — 158 p.
7. Alcohol dehydrogenase. Material from Wikipedia - the free encyclopedia // https://ru.wikipedia.org/wiki/Alcohol_dehydrogenase. - Date of entry: 05/15/2019.
8. Madigan M; Martinko J (editors). Brock Biology of Microorganisms. - 11th ed. - Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA. — 2006 . — 992 pp.
9. Lamberova, A.A. Method for the production of natural biochemical vinegar: Patent No. 2483104. RU, МПК⁷ C 12J 1/00 / A.A. Lamberova, M.E. Lamberov; application No. 2010145626/10; applicant A.A.

- Lamberov. - declared. 09.11.2010; publ. 05/27/2013 // State Register of Inventions of the Russian Federation. — 2013. — Bul. No. 15.
10. Vinegars for food purposes. General specifications: STB 1760-2007. - Introduction. 04.24.2009. - Minsk: State Committee for Standardization of the Republic of Belarus, 2009. — 24 p.
 11. Galkina, G.V. A method of obtaining food vinegar: Patent No. 17995. KZ, MPK7 C 12J 1/00/ Zhatkanbaev Ergazy, Mailieva Gulzinat Kulmakhanovna, Mirzaev Aibek Abdukarimovich; publ. 11/15/2006 // Committee on Intellectual Property Rights of the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan. — 2006.
 12. Polygalina, G.V. Technochemical control of alcohol and alcoholic beverages production / G.V. Polygalina. — М.: Kolos, 1999. — 334 p.
 13. Grain. Method for determining conditional starch content: STB 1523-2005 Enter. 01.08.2005. — Minsk: Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food, 2005. — 16 p.
 14. Grain and products of its processing. Protein determination method: GOST 10846-91. - Introduction. 01.06.1993. - Minsk: Interstate. Council for Standardization, Metrology and Certification: Belarus. state Institute for Standardization and Certification, 1993. — 8 p.
 15. Grain. Moisture determination method: GOST 13586.5-93. - Introduction. 01.01.1995. - Minsk: Interstate. Council for Standardization, Metrology and Certification: Belarus. state Institute for Standardization and Certification, 1995. — 7 p.

Информация об авторах

Пушкаръ Александр Александрович — кандидат технических наук, начальник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: vodka@belproduct.com.

Хлиманков Дмитрий Валерьевич — кандидат технических наук, старший научный сотрудник — руководитель группы по спиртовой и ликеро-водочной отрасли отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: vodka@belproduct.com.

Соловей Вадим Иванович — научный сотрудник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: vodka@belproduct.com.

Рыбак Александр Валентинович — директор ОАО «Слутский уксусный завод» (ул. Заводская, 1, 223649, д. Покрашево, Слуцкий район, Минская область, Республика Беларусь). E-mail: slutskiy_uksus@tut.by.

Шербицкая Жанна Николаевна — главный технолог ОАО «Слутский уксусный завод» (ул. Заводская, 1, 223649, д. Покрашево, Слуцкий район, Минская область, Республика Беларусь). E-mail: slutskiy_uksus@tut.by.

Information about authors

Pushkar Alexandr A. — Ph.D. (engineering), head of alcohol and non-alcohol technology of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vodka@belproduct.com.

Khlimankov Dzmitry V. — Ph.D. (engineering), senior Researcher - head of the alcohol and alcoholic beverage industry department of the alcohol and non-alcohol technology technologies of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vodka@belproduct.com.

Solovei Vadim I. — senior Researcher - researcher, department of Technology of Alcohol and Non-alcoholic Products of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vodka@belproduct.com.

Rybak Alexander V. — Director of OJC «Slutsk Vinegar Plant» (Zavodskaya St., 1, 223649, village Pokrashevo, Slutsk District, Minsk Region, Republic of Belarus). E-mail: slutskiy_uksus@tut.by.

Scherbitsky Zhanna N. — Chief Technologist of OJC «Slutsk Vinegar Plant» (Zavodskaya St., 1, 223649, village Pokrashevo, Slutsk District, Minsk Region, Republic of Belarus). E-mail: slutskiy_uksus@tut.by.

УДК 536.2:637.521.2
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4\(50\)-61-69](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-61-69)

Поступила в редакцию 17.06.2020
Received 17.06.2020

М. Н. Смагина, Д. А. Смагин, А. А. Смоляк

*Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»,
г. Могилев, Республика Беларусь*

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛА НА ПРОЦЕСС НАГРЕВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЯСНОГО ФАРША

Аннотация. В работе описано, как изменяются теплофизические характеристики при нагревании мясных изделий. Показаны возможные способы обработки экспериментальных данных, полученных при нагревании изделий из мясного фарша. Установлено, что изменения теплофизических параметров обусловлены сложными процессами денатурации белка, плавления жира, переходом влаги из связанной формы в свободную, усадкой структурных элементов, формированием упруго-эластично-пластичной структуры готового изделия. В результате, зная и учитывая влияние теплофизических характеристик на процесс нагревания мясных изделий, можно точно рассчитать продолжительность тепловой обработки изделий из мясного фарша, что в свою очередь позволит оптимизировать затраты энергетических ресурсов на проведение тепловых процессов и обеспечит получение готовой продукции с высокими потребительскими характеристиками без недогрева или перегрева материала обрабатываемых тел.

Ключевые слова: изделия из мясного фарша, запекание, нестационарная теплопроводность, теплофизические характеристики, регулярный режим

M. N. Smagina, D. A. Smagin, A. A. Smolyak

Mogilev State University of Food Technologies, Mogilev, Republic of Belarus

INFLUENCE OF CHANGES IN THE THERMAL CHARACTERISTICS OF THE MATERIAL ON THE HEATING PROCESS OF MINCED MEAT PRODUCTS

Abstract: This paper describes how the thermophysical characteristics change when meat products are heated. Possible methods of processing experimental data obtained by heating minced meat products are shown. It is established that changes in thermal parameters are caused by complex processes of protein denaturation, fat melting, moisture transition from the bound form to the free form, shrinkage of structural elements, and the formation of resilient-elastic-plastic finished product. As a result, knowing and taking into account the influence of thermal characteristics on the heating process of meat products, it is possible to accurately calculate the duration of heat treatment of minced meat products, which in turn will optimize the cost of energy resources for thermal processes and ensure the production of finished products with high consumer characteristics without underheating or overheating the material of processed products.

Keywords: minced meat products, baking, non-stationary thermal conductivity, thermophysical characteristics, regular regime

Введение. Физическая сущность поверхностных способов тепловой обработки представляется сложным комплексом взаимосвязанных физико-химических, тепломассообменных, биохимических и других процессов, протекающих в массе продукта при подводе теплоты от поверхностных слоев. Поверхностные слои прогреваются сравнительно быстро, а температура глубинных слоев повышается постепенно, что обусловлено низкой теплопроводностью пищевых материалов. В результате в продукте возникает температурный градиент, направленный от периферии к центру. Последовательный прогрев слоев сопровождается фазовыми превращениями (испарение свободной влаги), физико-химическими и биохимическими реакциями (денатурация белков, плавление жира), приводящими к значительным изменениям структуры и теплофизических характеристик.

Основными процессами, происходящими в мясных полуфабрикатах при тепловой обработке, являются процессы переноса энергии и влаги. С этой точки зрения, изучение основ теории и расче-

тов переноса энергии является необходимым условием для проектирования процессов тепловой обработки. Используя результаты теории тепломассопереноса применительно к процессам тепловой обработки, можно выявить закономерности изучаемых явлений. В частности, появляется возможность установить кинетические закономерности теплопоглощения мясными изделиями.

В инженерных задачах из решения уравнения теплопроводности определяют основные физические закономерности, влияющие на формирование температурного поля. Точно определить температурное поле путем аналитического решения уравнения теплопроводности часто оказывается сложным из-за вариации теплофизических характеристик мясопродуктов, значения температуры среды, геометрических размеров объекта и пр.

Получить приближенные решения уравнений тепло- и массообмена, которые описывают соответствующие процессы в аналитической форме, и осуществить на основе этих решений расчет конкретных процессов возможно путем подробного анализа особенностей свойств мясопродуктов и характера протекания их тепловой обработки. Основой подобных расчетов являются значения теплофизических характеристик (ТФХ), которые и определяют скорость распространения теплоты в мясных фаршах. Однако теплофизические характеристики являются переменными и для пищевых продуктов значительно изменяются с ростом температуры материала изделия.

Теплофизические характеристики тесно связаны с химическим составом. При этом в пределах одной товароведческой категории (сорта) химический состав продуктов варьирует в достаточно широких пределах, что вызывает определенное изменение ТФХ мясопродуктов [1, 2, 3]. В связи с этими обстоятельствами, при расчете процессов распространения теплоты в мышечной ткани ТФХ могут быть определены с погрешностью $10 \pm 5\%$.

Характер распространения теплоты в толще продукта определяется коэффициентом теплопроводности. Коэффициент теплопроводности является физическим параметром, описывающим способность тела проводить теплоту. Экспериментальные данные показывают, что коэффициент теплопроводности в ряде случаев надо рассматривать как функцию температуры, а, следовательно, и пространственных координат, а также времени. Но даже при предположении о простейшем виде зависимости $\lambda = f(\tau, x)$ математический аппарат теории теплопроводности становится столь сложным, что получить аналитические решения в большинстве случаев не представляется возможным.

Теплопроводность не является аддитивной функцией, поэтому аддитивных уравнений не существует. При решении задач теплопроводности с достаточной для практических расчетов точностью полагают, что $\lambda = \text{const}$. Расхождения расчетных и экспериментальных данных, которые могут возникнуть в связи с таким допущением, корректируют с помощью эмпирических коэффициентов.

Основным показателем, характеризующим интенсивность изменения температуры внутри продукта, является коэффициент температуропроводности. Он служит мерой скорости изменения температуры в нестационарных тепловых процессах и является важнейшей теплоинерционной характеристикой твердых тел [1, 4, 5, 6].

Теплоемкость и плотность являются аддитивными характеристиками, вследствие чего для их расчета используют соответствующие закономерности:

$$c_{см} = g_1 c_1 + g_2 c_2 + \dots + g_n c_n; \tag{1}$$

$$\rho_{см} = g_1 \rho_1 + g_2 \rho_2 + \dots + g_n \rho_n,$$

где g_1, \dots, g_n — массовые доли компонентов смеси; c_1, \dots, c_n — удельная теплоемкость компонентов смеси, Дж/(кг·К); ρ_1, \dots, ρ_n — плотность компонентов смеси, кг/м³.

При прочих равных условиях, чем выше удельная теплоемкость и больше потери энергии, связанные с агрегатными изменениями, тем меньше темп нагревания. При нагревании фаршей в диапазоне от 0 до 60 °С теплоемкость понижается. В дальнейшем при росте температуры до 80 °С теплоемкость незначительно повышается.

Плотность фарша при росте температуры и при увеличении влажности уменьшается.

Получены следующие формулы для коэффициента теплопроводности говяжьего фарша в зависимости от влажности:

при $45 < \varphi < 80 \%$, $T = 302 \text{ К}$:

$$\lambda = 0,125 + 0,00325\varphi, \tag{2}$$

при $45 < \varphi < 80 \%$, $T = 319 \text{ К}$:

$$\lambda = 0,158 + 0,0034\varphi. \tag{3}$$

Коэффициент температуропроводности как переменная, зависящая от плотности, теплопроводности и теплоемкости фарша, в результате изменяется по сложным законам. При нагревании фаршей в диапазоне 0...60 °С температуропроводность растет; при дальнейшем росте температуры до 80 °С

температуропроводность уменьшается. С повышением влажности фарша коэффициент температуропроводности увеличивается. С повышением содержания жира коэффициент температуропроводности уменьшается.

Процессы нагревания мясных изделий представляют собой процесс переноса теплоты за счет теплопроводности, когда температура системы изменяется не только от точки к точке, но и с течением времени, т.е. рассматриваемые процессы являются нестационарными.

Математической обработке может быть подвергнут только регулярный режим нестационарной теплопроводности. Регулярный режим характеризуется величиной темпа нагревания, которая не зависит ни от координат, ни от времени и является постоянной для всех точек тела.

Теория регулярного режима может быть применена при решении таких научно-практических задач, как описание особенностей протекания процесса нагревания и определение характера изменений теплофизических параметров вещества. Аналитическое описание процесса нагревания включает в себя дифференциальное уравнение и условия однозначности.

Дифференциальное уравнение теплопроводности при отсутствии внутренних источников теплоты имеет вид:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left[\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right], \quad (4)$$

где t — температура, К; τ — время, с;

Условия однозначности задаются в виде:

- ♦ теплофизических и физических параметров λ, a, c, ρ ;
- ♦ формы и геометрических размеров объекта $l_0, l_1, l_2, \dots, l_n$;
- ♦ температуры тела в начальный момент времени $\tau=0 \quad t=t_0=f(x,y,z)$.

В большинстве случаев задачи по определению температурного поля объекта целесообразно рассматривать в безразмерной форме. Помимо сокращения числа переменных и возможности получения решения в наиболее общем виде, приведение уравнения к безразмерному виду позволяет получить безразмерные комплексы параметров, которые сами по себе могут характеризовать ход изменения температурного поля.

Уравнение теплопроводности в безразмерной форме для одномерной задачи имеет следующий вид:

$$\frac{\partial \Theta}{\partial Fo} = \frac{\partial^2 \Theta}{\partial \xi^2}, \quad (5)$$

где Θ — безразмерная температура тела; ξ — безразмерная координата; Fo — число Фурье.

Процесс нагревания однородных тел характеризуется безразмерной температурой тела

$$\Theta = \frac{t_{жс} - t}{t_{жс} - t_0}, \quad (6)$$

где t — температура тела в момент времени $\tau > \tau_0$, °С; $t_{жс}$ — некоторая фиксированная температура, °С; t_0 — начальная температура тела, °С.

Безразмерная температура тела определяется безразмерной координатой, числом Био и числом Фурье, т.е.

$$\Theta = f(\xi; Bi; Fo). \quad (7)$$

Безразмерная координата ξ равна:

$$\xi = \frac{x}{l}, \quad (8)$$

где x — координата; l — характерный линейный размер, м.

Кривая $\Theta=f(Fo)$ определяет характер протекания процесса нагревания.

Уравнение, описывающее нестационарное температурное поле в теле, представляет собой сумму бесконечного ряда, члены которого расположены по быстро убывающим экспоненциальным функциям, и имеет следующий вид:

$$\Theta = \sum_{n=1}^{\infty} A(\mu_n) U(\mu_n \bar{\xi}) \exp(-\mu_n^2 Fo), \quad (9)$$

где A, U — табличные функции; μ_n — корни характеристического уравнения $\mu = \mu(Bi)$, значения $\mu(Bi)$ табулированы.

Специфика геометрической формы учитывается различным видом множителей $A(\mu_n)$ и $U(\mu_n \xi)$. Для тел одной и той же формы различным начальным распределением температуры будут соответствовать разные совокупности чисел $A(\mu_n)$.

Цель исследования — оценить влияние изменения теплофизических характеристик материала на характер протекания тепловой обработки изделий из мясного фарша.

Методы исследования. В качестве объектов исследования использовали фарш из куриного филе без кожи и фарш из лопаточной части свинины. Исследование данных образцов позволяет изучить влияние на процесс нагревания мясных фаршей, различных по структурному составу.

После проведения теоретических расчетов принято решение применять изделие из мясного фарша цилиндрической формы с размерами $d \times h = 57 \times 300$ мм и в форме пластины $l \times b \times h = 160 \times 160 \times 30$ мм. Отношение диаметра к длине цилиндра и длины к толщине пластины превышает кратность 5. Проведенные расчеты показывают, что при таком соотношении нагревание со стороны торцов практически не будет оказывать влияния на нагревание центральных слоев и полученное изделие можно рассматривать как бесконечный (неограниченный) цилиндр или бесконечную пластину.

При проведении эксперимента мясной фарш помещался в однослойный марлевый мешок, сшитый в виде цилиндра размером 57×300 мм или в форме пластины — $160 \times 160 \times 30$ мм (использовалась марля медицинская по ТУ ВУ 390287860.004-2011 с размерами ячеек 2×1 мм при плотности ткани 35 г/м²). При набивании фаршем марля натягивалась, размеры ячеек увеличивались и превышали исходные. В получаемом таким образом изделии мясной фарш напрямую контактирует с греющей средой, т.к. ячейки марли очень крупные по отношению к нитям. Мешок помещается в специальную кассету, представляющую собой сварную каркасную конструкцию из тонких металлических стержней. Металлические стержни занимают менее 3% площади кассеты и не оказывают заметного влияния на процесс нагревания заготовки.

Для проведения экспериментальных исследований разработана экспериментальная установка. Основу установки составляет пароконвективная печь инжекторного типа Unox-203G (Италия). Аппарат позволяет осуществлять тепловую обработку пищевых продуктов в среде нагретого воздуха и паровоздушных смесей в диапазоне температур до 260 °С и влажности греющей среды до 95 % при средней скорости движения теплоносителя $3,9$ м/с.

Экспериментальные исследования заключались в измерении температуры в центре изделия. Нагревание осуществляли методом конвективной тепловой обработки в среде нагретого воздуха при температуре греющей среды 160 °С, 180 °С, 200 °С. Проводилось несколько серий экспериментов с выведением средних значений по каждой серии и последующей обработкой.

Для измерения температуры использовали преобразователи термоэлектрические (термопары) ТХА(К)-1199/52/2/1500/0,5 с диаметром термоэлектродов $0,5$ мм в кремнеземной оплетке (по ГОСТ 8.338-2002). Термопары крепились к специальной конструкции жесткой фиксации, что обеспечивало точность их установки и исключало сбивание головок.

Результаты исследований. При аналитическом описании результатов экспериментальных исследований возникает вопрос, какое значение фиксированной температуры принимать при определении безразмерной температуры. В классической теории теплообмена при нагревании твердых тел в качестве таковой принимают температуру греющей среды. Но пищевые продукты являются влажными телами со сложной структурой, что усложняет процесс внутреннего теплообмена. Количество влаги, испарившейся за время тепловой обработки пищевых масс, значительно меньше ее количества, остающейся в изделии. Поверхность изделия быстро нагревается до 100 °С и дальше превышает данную температуру с образованием корки. Влага в корке постоянно находится в парообразном состоянии, что обусловлено вскипанием свободной влаги. Глубинные слои будут стремиться войти в состояние теплового равновесия с температурой водяных паров корки изделия. Таким образом, пар при температуре насыщения в корке на поверхности изделия можно отнести к окружающей (греющей) среде $t_{np} = t_n = 100$ °С при атмосферном давлении. Поэтому для температурного поля внутри запекаемого изделия в качестве фиксированной температуры окружающей среды (или предельной температуры) можно принимать как температуру теплообменной среды в рабочей камере, так и температуру насыщения водяного пара, содержащуюся в корке.

Обработка экспериментальных данных осуществлялась по обоим вариантам для определения выражения, наиболее корректно описывающего процесс нагревания.

Измеренные значения температуры в центре исследуемых образцов показали традиционный для классической теории нестационарной теплопроводности характер изменения температуры во времени (наличие неупорядоченного и регулярного режима теплопроводности).

По итогам первичной обработки экспериментальных данных получили, что регулярный режим нестационарной теплопроводности практически наступает при значении числа Фурье более $0,11$ для обоих вариантов обработки и обоих продуктов.

Дальнейшую обработку проводили по двум вариантам.

Вариант 1. В качестве фиксированной температуры принимали температуру насыщения водяных паров, образуемых в корке изделия.

Аппроксимацию данных для регулярного режима (рис. 1) проводили при постоянном значении коэффициента температуропроводности, равном $12 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$ для куриного фарша и $10,6 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$ для свиного фарша [2, 3].

При регулярном режиме теплопроводности график изменения безразмерной температуры материала от числа Фурье характеризуется прямой линией. По данным рис. 1 видно, что кривые $\Theta=f(Fo)$ имеют отклонения от прямой линии (выгибаются вверх). При этом наблюдается определенная закономерность: при всех исследованных температурных режимах для обоих вариантов фаршей (куриного и свиного) деформация температурной кривой цилиндрических изделий наблюдается при практически одинаковых значениях числа Фурье (от 0,15...0,18 до 0,22...0,27). Для изделий в форме пластины аналогичная деформация наблюдается при значениях числа Фурье от 0,32...0,35 до 0,6...0,67. Несмотря на различие форм изделий и вида фаршей, указанные значения числа Фурье соответствуют одинаковому диапазону температуры, равному 45–75 °С.

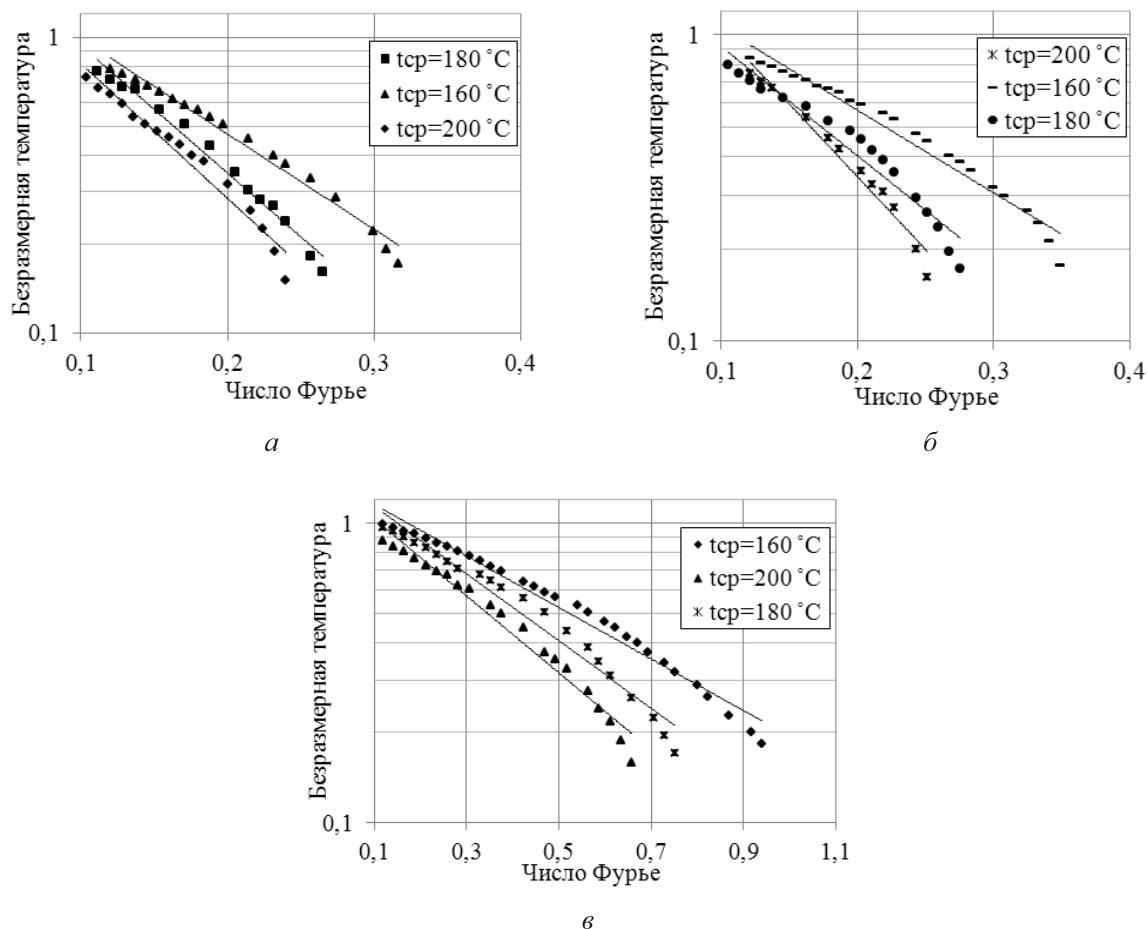


Рис. 1. Изменение температурного поля в центре исследуемых образцов для регулярного режима при $t_* = 100 \text{ °C}$: а) куриный фарш в форме цилиндра; б) свиной фарш в форме цилиндра; в) куриный фарш в форме пластины

Fig. 1. Change in the temperature field in the center of the test samples for regular regime at $t_m = 100 \text{ °C}$: а) minced chicken in the form of a cylinder; б) minced pork in the form of a cylinder; в) minced chicken in the form of a platter

Очевидно, что протекающие в материале массообменные процессы и физико-химические реакции приводят к колебаниям теплофизических характеристик материала тела, что искажает характер регулярного режима теплопроводности.

Было принято решение ввести в расчет изменение коэффициента температуропроводности от температуры материала. Аппроксимация данных с учетом изменения температуропроводности изделия при тепловой обработке представлена на рис. 2.

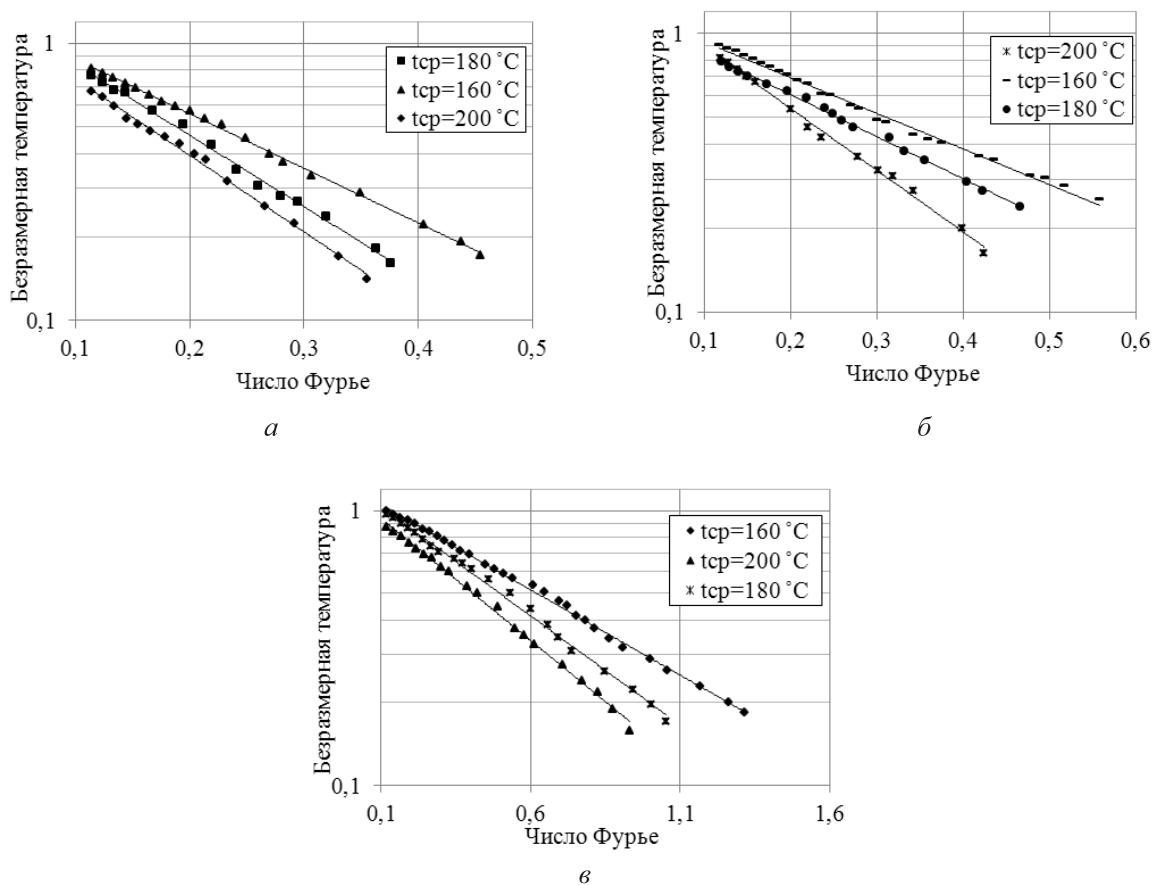


Рис. 2. Изменение температурного поля в центре исследуемых образцов для регулярного режима с учетом изменения температуропроводности материала при $t_{ж}=100\text{ °C}$: а) куриный фарш в форме цилиндра; б) свиной фарш в форме цилиндра; в) куриный фарш в форме пластины
 Fig. 2. Change in the temperature field in the center of the test samples for regular regime, taking into account changes in the temperature conductivity of the material at $t_m=100\text{ °C}$: а) chicken mince in the form of a cylinder; б) pork mince in the form of a cylinder; в) chicken mince in the form of a platter

Как видно из рис. 2, имеющийся при постоянном значении коэффициента температуропроводности изгиб у кривых $\Theta=f(Fo)$ после корреляции данных вырождается в практически прямые линии. Данный вид кривой соответствует регулярному режиму теплопроводности.

Таким образом, деформация кривых на рис. 1а и 1б в диапазонах числа Фурье от 0,15...0,18 до 0,22...0,27 (на рис. 1в — от 0,32...0,35 до 0,6...0,67) обусловлена колебаниями коэффициента температуропроводности материала, которая исчезает при их представлении на рис. 2.

В ходе математического описания процессов нагревания мясных фаршей при использовании в качестве фиксированной температуры температуру насыщения водяных паров $t_{ж}=100\text{ °C}$, образуемых в корке изделия, необходимо учитывать изменение теплофизических характеристик с ростом температуры материала изделия.

Вариант 2. В качестве фиксированной температуры принимали температуру греющей среды. Характер изменения температурного поля образцов показан на рис. 3.

Из рис. 3 видно, что кривые $\Theta=f(Fo)$ для второго варианта обработки являются практически прямыми линиями, характерными для регулярного режима теплопроводности. При этом графические зависимости, приведенные на рис. 3, показывают очень высокую сходимость результатов при обработке данных по температуре греющей среды по сравнению с значительно более низкой сходимостью результатов при обработке данных по температуре насыщения водяного пара (рис. 1).

Результаты обработки экспериментальных данных с учетом изменения температуропроводности материала представлены на рис. 4.

Из рис. 4 видно, что сходимость результатов при обработке данных о температуре греющей среды с учетом изменения температуропроводности материала более высокая, чем при обработке данных, полученных при постоянном значении температуропроводности, что подтверждает выводы, сделанные по результатам обработки по варианту 1 (рис. 1 и 2).

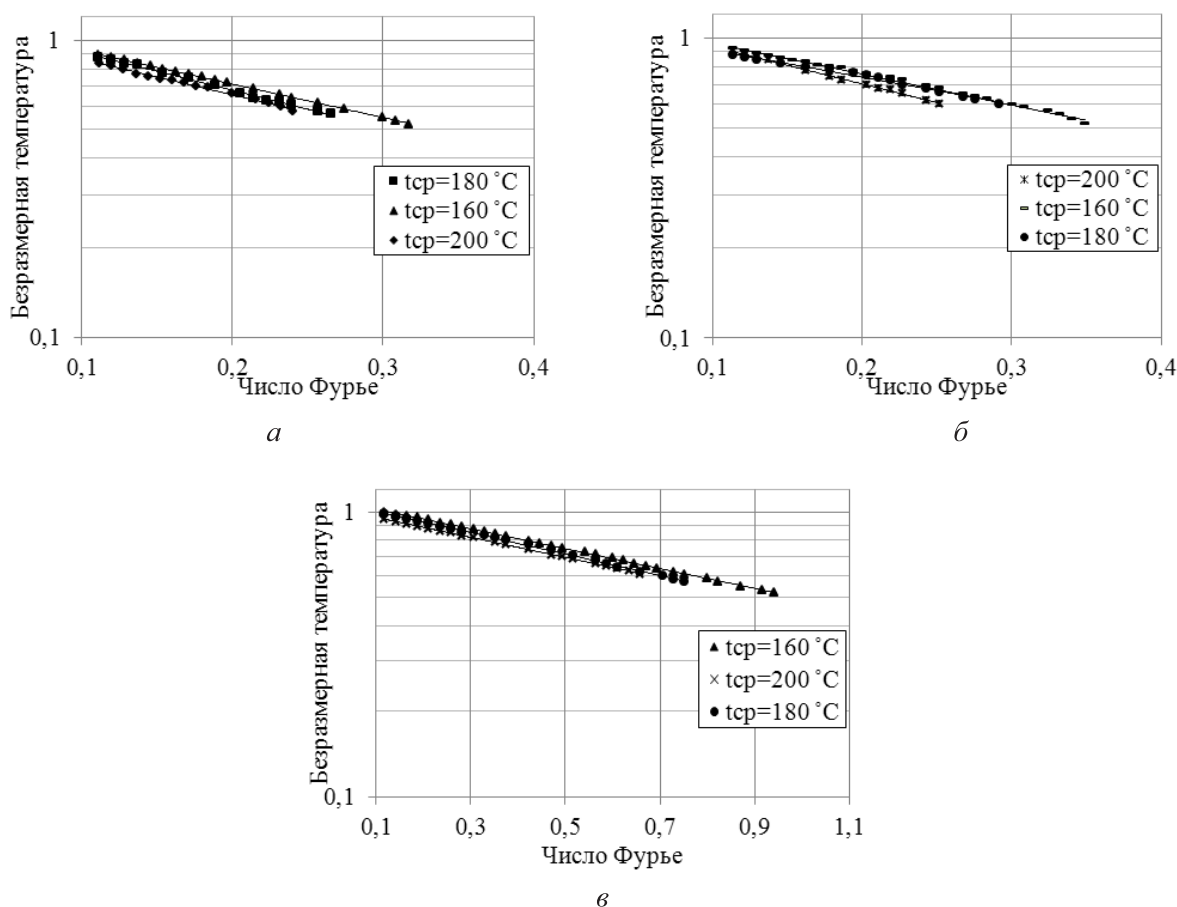


Рис. 3. Изменение температурного поля в центре исследуемых образцов для регулярного режима при $t_{ж} = t_{cp}$: а) куриный фарш в форме цилиндра; б) свиной фарш в форме цилиндра; в) куриный фарш в форме пластины

Fig. 3. Change in the temperature field in the center of the test samples for regular regime at $t_m = t_{en}$: а) chicken minced meat in the form of a cylinder; б) pork minced meat in the form of a cylinder; в) chicken minced meat in the form of a platter

При этом линии на рис. 4 образуют практически единую прямую линию и имеют наибольшую сходимость результатов обработки экспериментальных данных в сравнении с данными на рис. 1–3. Данный результат позволяет проводить наиболее точное математическое описание процесса нагревания.

Однако расходимость линий на рис. 3 выше, чем на рис. 4, что позволяет применять усредненный коэффициент теплопроводности для расчетов, не требующих высокой точности (например, для практических расчетов в производственных условиях и в учебном процессе).

Заключение. По результатам проведенных исследований установлено, что при всех исследованных температурных режимах для обоих вариантов фаршей наблюдается искажение характера регулярного режима нестационарной теплопроводности (деформация температурной кривой) для изделий в форме бесконечного цилиндра при значениях числа Фурье от 0,15...0,18 до 0,22...0,27.

При всех исследованных температурных режимах для обоих вариантов фаршей наблюдается искажение характера регулярного режима нестационарной теплопроводности (деформация температурной кривой) для изделий в форме бесконечной пластины при значениях числа Фурье от 0,32...0,35 до 0,6...0,67.

Искажение характера регулярного режима нестационарной теплопроводности (деформация температурных кривых) изделий из мясного фарша обусловлено изменением коэффициента теплопроводности материала и исчезает при введении в расчет числа Фурье значений коэффициента теплопроводности в зависимости от температуры.

При математическом описании процессов нагревания мясных фаршей в ходе проведения научно-исследовательских работ (требующих высокой точности измерений и обработки данных) следует учитывать изменение теплофизических характеристик с ростом температуры материала изделия.

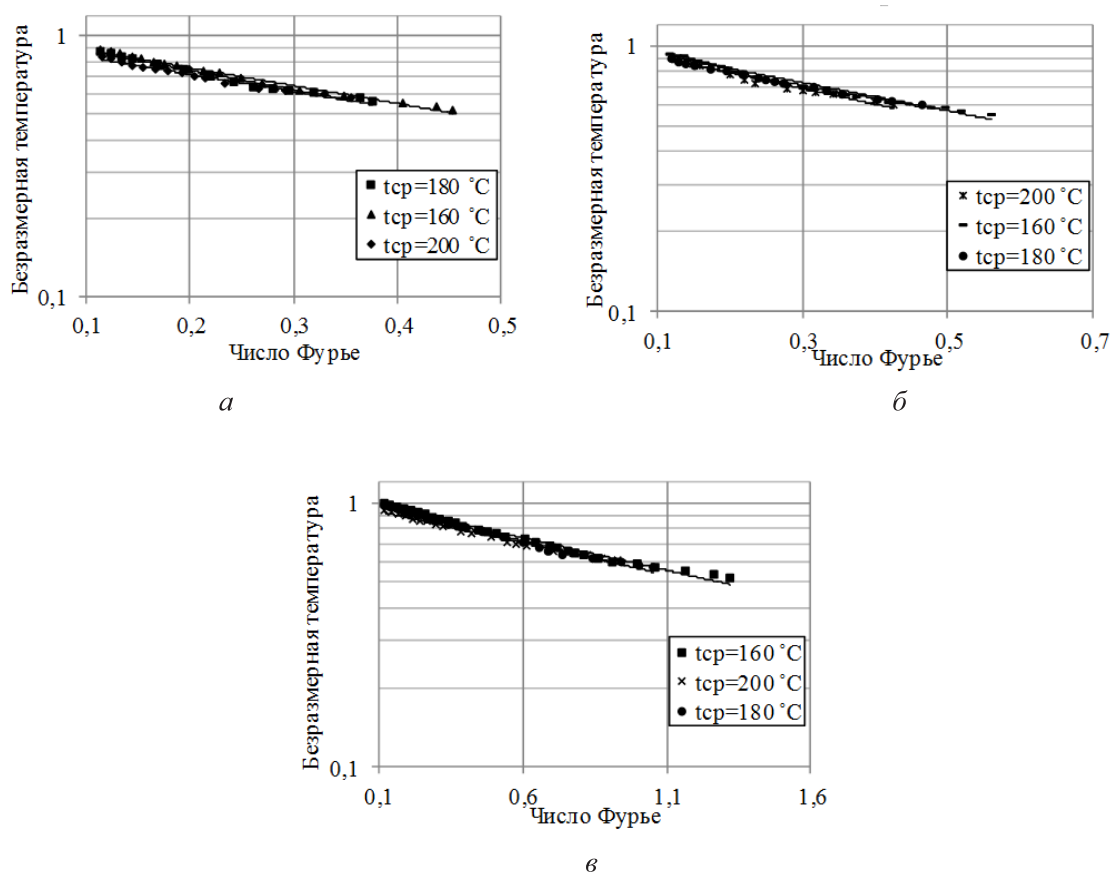


Рис. 4. Изменение температурного поля в центре исследуемых образцов для регулярного режима с учетом изменения теплопроводности материала при $t_{ж} = t_{cp}$: а) куриный фарш в форме цилиндра; б) свиной фарш в форме цилиндра; в) куриный фарш в форме пластины

Fig.4. Change in the temperature field in the center of the test samples for the regular regime, taking into account the change in the temperature conductivity of the material at $t_m = t_{en}$: а) chicken minced meat in the form of a cylinder; б) pork minced meat in the form of a cylinder; в) chicken minced meat in the form of a platter

В практических расчетах на производстве и в учебном процессе (не требующих высокой точности измерений и обработки данных) математическое описание процесса нагревания мясных фаршей можно осуществлять по постоянному значению коэффициента теплопроводности. Для описания процессов нагревания мясных фаршей при расчете безразмерной температуры целесообразно принимать температуру греющей среды в рабочей камере, нежели температуру насыщения водяных паров, образующихся в корке изделия.

Список использованных источников

1. Бражников, А.М. Теория термической обработки мясoproдуктов / А.М. Бражников. — М.: Агропромиздат, 1987. — 271 с.
2. Гинзбург, А.С. Теплофизические характеристики пищевых продуктов: справочник. / А.С. Гинзбург, М.А. Громов, Г.И. Красовская. — 2-е изд. — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 288 с.
3. Чубик, И.А. Справочник по теплофизическим константам пищевых продуктов и полуфабрикатов / И.А. Чубик, А.М. Маслов. — М.: Пищевая промышленность, 1965. — 156 с.
4. Беляев, Н.М. Методы нестационарной теплопроводности. Учеб. пособие для вузов. / Н.М. Беляев, А.А. Рядно. — М.: Высш. школа, 1978. — 328 с.
5. Исаченко, В.П. Теплопередача. Учебник для вузов. / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. — 4-е изд. — М.: Энергия, 1981. — 415 с.
6. Пелеев, А.И. Тепловое оборудование колбасного производства / А.И. Пелеев, А.М. Бражников, В.А. Гаврилова. — М.: Пищевая промышленность, 1970. — 383 с.

7. Соколов, А.А. Технология мяса и мясопродуктов / А.А. Соколов [и др.]; под общ. ред. А.А. Соколова. — 2-е изд. — М.: Пищевая промышленность, 1970. — 740 с.
8. Рогов, И.А. Технология мяса и мясных продуктов. / И.А. Рогов, А.Г. Забашта, Г.П. Казюлин. — М.: КолосС, 2009. — Книга 2. Технология мясных продуктов. — 712 с.

References

1. Bragnikov A.M. Teoriya termicheskoy obrabotki myasoproduktov [Theory of heat treatment of meat products], Moscow, Agropromizdat, 1987, 271 p.1 (in Russian).
2. Ginzburg A.S., Gromov M.A., Krasovskaya G. I. Teplofizicheskie karakteristiki pischevyykh produktov [Thermophysical characteristics of food products: reference.], Moscow, «Food industry», 1980, 288 p. (in Russian).
3. Chubik I.A., Maslov A.M. Spravochnik po teplofizicheskim konstantam pischevyykh produktov i poluphabrikatov [Reference book on thermophysical constants of food products and semi-finished products], Moscow, «Food industry», 1965, 156 p. (in Russian).
4. Belyaev N. M., Readno A. A. Metody nestacionarnoy teploprovodnosti [Methods of non-stationary heat conduction], Moscow, Higher school, 1978, 328 p. (in Russian).
5. Isachenko V. P., Osipova V.A., Sukomel A.S. Teploperedacha [Heat transfer. Textbook for universities.], Moscow, «Energy», 1981, 415 p. (in Russian).
6. Peleev A.I., Bragnikov A.M., Gavrilova V.A. Teplovoe oborudovanie kolbasnogo proizvodstva [Thermal equipment for sausage production], Moscow, «Food industry», 1970, 383 p. (in Russian).
7. Sokolov A.A. Tehnologiy myasa i maysoproduktov [Technology of meat and meat products], Moscow, «Food industry», 1970, 740 p. (in Russian).
8. Rogov I.A., Zabashta A.G., G.P. Kazulin Tehnologiy myasa i maysnyh produktov [Technology of meat and meat products], Moscow, «KolosS», 1970, B.2, 712 p. (in Russian).

Информация об авторах

Смагина Марина Николаевна — аспирант, Могилевский государственный университет продовольствия (пр. Шмидта, 3, 212027, Могилев, Республика Беларусь). E-mail: m.n.smagina@mail.ru

Смагин Денис Алексеевич — кандидат технических наук, доцент, Могилевский государственный университет продовольствия (пр. Шмидта, 3, 212027, Могилев, Республика Беларусь). E-mail: denis_smagin@mail.ru

Смоляк Аркадий Арсентьевич — кандидат технических наук, доцент, Могилевский государственный университет продовольствия (пр. Шмидта, 3, 212027, Могилев, Республика Беларусь).

Information about authors

Smagina Marina N. — Postgraduate Student, Mogilev State University of Food Technologies (3 Schmidt Ave., 212027, Mogilev, Republic of Belarus). E-mail: m-a-r-i-s-h-a88@mail.ru

Smagin Denis A. — Ph. D. (Technical), Assistant Professor, Mogilev State University of Food Technologies (3 Schmidt Ave., 212027, Mogilev, Republic of Belarus). E-mail: denis_smagin@mail.ru

Smolyak Arkadiy A. — Ph. D. (Technical), Assistant Professor, Mogilev State University of Food Technologies (3 Schmidt Ave., 212027, Mogilev, Republic of Belarus).

УДК 663.44.08
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4\(50\)-70-79](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-70-79)

Поступила в редакцию 28.10.2020
Received 28.10.2020

А. А. Пушкар¹, В. Н. Штепа², В. И. Кулаковская¹, В. В. Соловьев¹

¹*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

²*Полесский государственный университет, г. Пинск, Республика Беларусь*

СПОСОБ СНИЖЕНИЯ БЕЛКОВОЙ НАГРУЗКИ НА ПИВНОЕ СУСЛО ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ И УЛЬТРАЗВУКА

Аннотация. Пиво, как и любой другой пищевой продукт, имеет ограниченный срок хранения. В зависимости от процессов, ухудшающих качество пива, выделяют биологическую, коллоидную, вкусовую стойкость пива.

В статье описано проведение экспериментальных работ, направленных на снижение белковой нагрузки на пивное сусло и повышение стойкости готового пива посредством использования электрокоагуляции и ультразвука. Отмечено, что при воздействии электрическим током и ультразвуком на пивное сусло, наблюдается снижение массовой доли белка при росте количества осадка в исследуемых образцах неохмеленного пивного сусла, что подтверждает перспективность применения данных технологических приемов обработки неохмеленного пивного сусла с целью снижения белковой нагрузки в пиве.

Ключевые слова: пивное сусло, пиво, стойкость пива, электрокоагуляция, ультразвук

A. A. Pushkar¹, V. N. Shtepa², V. I. Kulakouskaya¹, V. V. Solovyov¹

*RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» Minsk,
Republic of Belarus*

Polesky State University, Pinsk, Republic of Belarus

METHOD OF REDUCING PROTEIN LOAD ON BEER WORT BY APPLYING ELECTROCOAGULATION AND ULTRASOUND PROCESSES

Abstract. Beer, like any other food product, has a limited shelf life. Depending on the processes that degrade the quality of beer, there are biological, colloidal, and taste stability of beer.

The article describes experimental work aimed at reducing the protein load on beer wort and increasing the resistance of finished beer through the use of electrocoagulation and ultrasound. It is noted that when exposed to electric current and ultrasound on beer wort, there is a decrease in the mass fraction of protein with an increase in the amount of sediment in the studied samples of unshopped beer wort, which confirms the prospects of using these technological methods for processing unshopped beer wort in order to reduce the protein load in beer.

Keywords: beer must, beer, beer resistance, electrocoagulation, ultrasound

Введение. Пиво представляет собой сложную коллоидную систему. Коллоидные частицы, которые являются причиной появления мути пива, растворены в нем и имеют разные размеры — от 0,01 до 3 и более мкм. Появление осадков во время хранения пива связано с укрупнением размеров частиц в результате их соединения, конденсации (окисления) и полимеризации. Кроме того, вследствие дегидратации некоторых коллоидных соединений увеличивается их заряд и происходит взаимодействие частиц, несущих разный заряд, в результате чего образуется муть. Коллоидная стабильность пива зависит от множества факторов. Состав пива определяется химическим составом используемого сырья: солодом, несоложенными материалами, хмелем и водой [1, 2]. Также одним из основополагающих факторов коллоидной стабильности пива является строгое и отлаженное ведение технологического процесса производства пива [3].

В настоящее время учеными и специалистами пивоваренной отрасли ведутся детальные работы в области исследований способов повышения стойкости пива в процессе хранения. Так, авторами

Д.А. Царевой, Г.А. Ермолаевой, Н.М. Елисеевым предложены различные способы повышения стабилизации пива, в частности использование препаратов на основе танина [4–10], Сотников В.А. для повышения биологической стойкости пива рекомендует применение препарата «Бетасепт» [11]. Можарова Я.Р. предложила для повышения коллоидной стабильности пива использовать ферментные препараты протеолитического действия [12, 13].

Автором Ивановым А.А. запатентован способ стабилизации пива посредством применения источников магнитных сил с чередующейся полярностью напряженности магнитного поля [14]. Факторы, влияющие на физико-химическую стойкость пива, механизм возникновения «холодного» помутнения пива и влияния полифенолов и белков на этот процесс проанализированы в работе Паньковского Г.А. [15].

Представляет интерес способ стабилизации, разработанный Пермяковой Л.В. [16], согласно которому предложено вводить в пиво сорбент, в качестве которого используют углеродсодержащее волокно, полученное пиролизом вискозы. Рикваер П. для стабилизации пива предложил использовать галлотанины [17].

В настоящее время существует проблема переработки несоложенного сырья для производства пива с повышенным содержанием белка, которое в результате существенно снижает коллоидную стойкость продукта, т.к. большая концентрация белков в исходном сусле ведет к помутнению пива в процессе хранения, тем самым являясь одной из основных причин снижения качественных характеристик пива [18, 19].

В связи с этим актуальной задачей для предприятий пивоваренной отрасли является поиск энерго- и ресурсоэффективных способов снижения массовой концентрации белка в исходном сырье или полупродуктах с целью понижения его содержания в готовом целевом продукте и обеспечение повышения его стойкости в процессе хранения. Для решения поставленной задачи выдвинута гипотеза о возможности снижения белковой нагрузки на пивное сусло путем применения электрокоагуляции и ультразвука, не прибегая при этом к иным дорогостоящим способам.

Процесс электрокоагуляции в настоящее время широко применяют для очистки сточных вод, однако исследований, посвященных применению данного способа в пищевой промышленности, недостаточно.

Электрокоагуляция — один из наиболее простых методов очистки сточных вод от дисперсных примесей и ионов тяжелых металлов [20]. Во время электролиза на металлических электродах происходят процессы окисления и восстановления составных компонентов электролитов. При использовании растворимых электродов (алюминиевых, железных и др.) процесс представляет собой комплекс электрохимических реакций. Быстрота их протекания зависит от величины электрического потенциала на линии раздела фаз раствор — металл, биохимического состава воды, условий диффузии продуктов электролиза в водном растворе. Электричество передается всеми ионами, находящимися в воде, заряженными взвешенными частицами и коллоидами. Но из-за небольшой подвижности частичек примесей главными переносчиками электричества являются катионы K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , анионы SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- и ионы H^+ и OH^- , которые постоянно содержатся в воде [21, 22].

Научно-исследовательские работы, посвященные использованию электрокоагуляции для очистки различных водных растворов вели такие специалисты, как В.Н. Штепа [23], С.С. Кругликов [24], К.Ю. Лыскова [25, 26], А.Н. Хрипунова [27], Е.С. Мельник [28], Е.А. Магдыч [29], В.В. Жилинский [30].

Цель представленного исследования — проведение экспериментальных работ по снижению белковой нагрузки на пивное сусло путем применения электрокоагуляции и ультразвука.

Методы исследований. Экспериментальные работы по снижению белковой нагрузки на пивное сусло осуществлены на базе ООО «Технопарк Полесье» с использованием лабораторных установок для проведения процесса электрокоагуляции и обработки ультразвуком.

Для исследований использовали неохмеленное пивное сусло со следующими физико-химическими показателями: массовая доля сухих веществ — 21 %, рН — 5,4.

В ходе эксперимента изучено 7 режимов обработки неохмеленного пивного суслу (табл. 1).

В табл. 1 отображены режимы обработки неохмеленного пивного суслу посредством электрокоагуляции с разным временем протекания процесса, а также с дополнительным воздействием ультразвука или без него. Все исследуемые образцы обрабатывались при напряжении равном 48 В. В ходе экспериментальных работ давление, образующееся вследствие комплекса различных электрохимических процессов в образцах 3–5, не сбрасывалось, а поддерживалось на уровне 0,1–0,3 атм.

Силу тока и температуру фиксировали на момент окончания электрокоагуляции. В ходе процесса электрокоагуляции наблюдалось увеличение силы тока с 18 до 24 А и повышение температуры с 35 до 55 °С с выделением газов. Блоки для электролизной и ультразвуковой обработки растворов представлены на рис. 1.

Таблица 1. Режимы обработки неохмеленного пивного сусла
Table 1. Treatment modes of unsheltered beer wort

Шифр образца	Режимы обработки неохмеленного пивного сусла				Примененные способы обработки и их последовательность		
	Т, °С	сила тока, А	напряжение, В	давление, атм.	1-й этап обработки	2-ой этап обработки	3-й этап обработки
					ультразвук, мин	электрокоагуляция, мин	ультразвук, мин
0 (контрольный образец)	–	–	–	–	–	–	–
1 (ЭК1,0)	30	21,5	48,0	–	–	1,0	–
2 (ЭК2,5)	45	22,0	48,0	–	–	2,5	–
3 (Д/ЭК1,0)	50	24,0	48,0	0,1 – 0,2	–	1,5	–
4 (Д/ЭК2,5)	55	21,0	48,0	0,1 - 0,3	–	2,5	–
5 (Д/УЗ1,0/ ЭК2,5)	55	21,0	48,0	0,1 – 0,3	1,0	2,5	–
6 (УЗ1,0/ ЭК2,5)	55	18,0	48,0	–	1,0	2,5	–
7 (УЗ1,0/ЭК2,5/ УЗ1,0)	55	21,0	48,0	–	1,0	2,5	1,0

Примечания:

1. ЭК — электрокоагуляция;
2. Д — давление в установке в результате электрокоагуляции;
3. УЗ — ультразвук

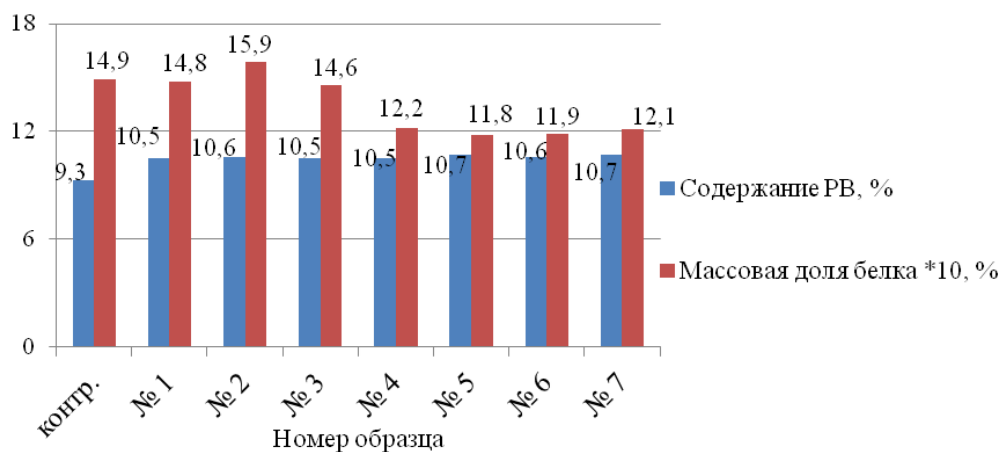


Рис. 1. Внешний вид лабораторного оборудования для обработки пивного сусла
Fig. 1. Appearance of laboratory equipment for processing of beer wort

Ультразвуковую обработку вели с частотой 35 кГц и мощность 50 Вт в течение 1 минуты.

Полученные образцы обработанного неохмеленного пивного сусла исследованы по следующим показателям: массовая доля белка, содержание редуцирующих веществ, массовая концентрация углеводов, массовая доля макро- и микроэлементов.

Результаты и их обсуждение. В ходе исследования содержания в обработанном неохмеленном пивном сусле содержания массовой доли белка, редуцирующих веществ, массовой концентрации углеводов, массовой доли макро- и микроэлементов получены результаты, которые представлены в виде графиков.

На рис. 2 представлен график изменения содержания редуцирующих веществ и массовой доли белка в зависимости от режимов обработки неохмеленного фильтрованного пивного сусла.

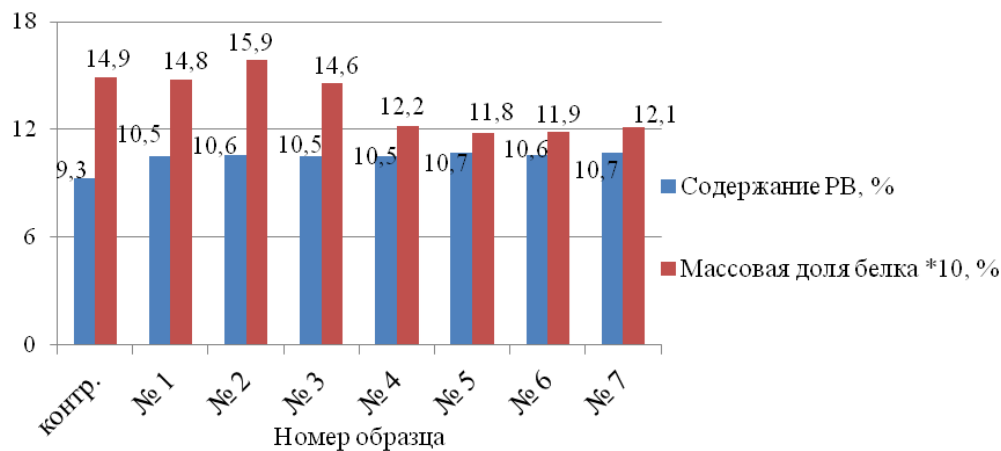


Рис. 2. Изменение содержания редуцирующих веществ и массовой доли белка в зависимости от режимов обработки неохмеленного фильтрованного пивного сусла

Fig. 2. Changes in the content of reducing substances and the mass fraction of protein depending on the processing modes of non-hopped filtered beer wort

В результате проведенных исследований установлено, что наибольшее снижение концентрации белков в пивном сусле зафиксировано в образцах № 4–7, в которых была применена электрокоагуляция в течение 2,5 мин, а также дополнительная обработка ультразвуком в течение 1 минуты.

Снижение массовой доли белка в образцах № 4, № 6, № 7 составило в среднем 18 — 19 %. Максимальное снижение массовой доли белка зафиксировано в образце № 5, который при давлении 0,1 — 0,3 атм. подвергался обработке электрическим воздействием в течение 2,5 минут и дополнительным ультразвуковым воздействием в течение 1 минуты. По сравнению с контрольным образцом массовая доля белка в данном образце снизилась на 20 %, с 1,49 до 1,18.

Результаты применения в образцах № 5 и № 6 ультразвукового воздействия в течение 1 мин свидетельствуют о позитивном воздействии ультразвука на протекание процесса электрокоагуляции. Дополнительная обработка ультразвуком в образце № 7 после электрокоагуляции привела к росту растворимого белка в сусле, что свидетельствует о нецелесообразном применении ультразвука после электрокоагуляции.

Необходимо также подчеркнуть, что снижение массовой доли белка прямо пропорционально росту количества осадка в исследуемых образцах неохмеленного пивного сусла. Увеличение осадка может быть вызвано коагуляцией белка и других элементов и веществ под действием примененных способов обработки.

При обработке неохмеленного пивного сусла содержание редуцирующих веществ в пивном сусле возрастало от 12,9 до 15,0 % по сравнению с контрольным образцом. Также были проведены исследования по определению массовой концентрации углеводов (моно- и дисахаридов: фруктозы, глюкозы, сахарозы, мальтозы). Установлено, что применение электрокоагуляции и ультразвука для обработки неохмеленного пивного сусла приводит к снижению массовой концентрации углеводов в диапазоне от 1,3 % до 8 %.

Отмечена прямая зависимость роста массовой доли макро- и микроэлементного состава обработанного неохмеленного пивного сусла (фосфора, железа, меди, цинка). График изменения содержания массовой доли железа, натрия, кальция в зависимости от режимов обработки неохмеленного фильтрованного пивного сусла представлен на рис. 3.

Проанализировав данные рис. 3, можно сделать вывод о том, что при использовании вышеуказанных режимов обработки наблюдается увеличение массовой доли железа во всех исследуемых образцах в 5–10 раз с 2,3 мг/дм³ до 31 мг/дм³ по сравнению с контрольным образцом. Отмечен также рост массовой доли натрия в образцах № 1, № 2, № 4 — № 7. В образце № 3 массовая доля натрия не изменилась.

При проведении процесса электрокоагуляции при избыточном давлении 0,1 — 0,3 атм., без использования ультразвука в образцах № 1 — № 4 массовая доля кальция возрастает. Исключение составляют образцы № 5 — № 7, подвергнутые электрокоагуляции в течение 2,5 минут и дополнительной обработке ультразвуком в течение 1 минуты, массовая доля кальция в образцах № 5 — № 7

снижается на 1,7–12,7 % по сравнению с контрольным образцом, т.к. под воздействием ультразвука соли кальция в неохмеленном пивном сусле переходят в нерастворимое состояние.

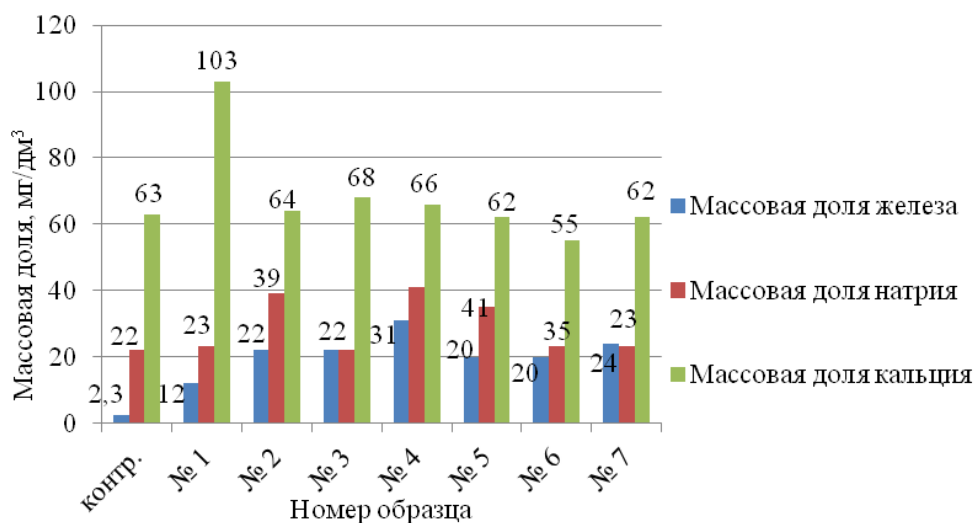


Рис. 3. График изменения содержания массовой доли железа, натрия, кальция в зависимости от режимов обработки неохмеленного фильтрованного пивного сусла
 Fig. 3. Graph of changes in the content of the mass fraction of iron, sodium, and calcium, depending on the processing modes of non-hopped filtered beer wort

Скачок значения массовой доли кальция в образце № 1 может иметь место в виду того, что на лабораторной установке в этот момент проходились пусковые экспериментальные работы с использованием данного образца.

При проведении процесса электрокоагуляции параллельно идет процесс отделения органических соединений под действием электрического тока и ультразвука. При этом происходит электрохимическое растворение металлических анодов (железа) в соответствии с уравнением:



где M — символ металла; n — его валентность.

Суть протекающих при этом реакций заключается в следующем: при протекании постоянного электрического тока железная стружка подвергается электролитическому растворению с образованием ионов Fe (II). Двухвалентное железо в дальнейшем окисляется с образованием коагулянта, который, в свою очередь, соединяется с частицами пивного сусла, а затем такие комплексы осаждаются (или фильтруются).

При этом электролиз обеспечивает образование ряда окислителей органических соединений: кислорода O₂, озона O₃, перекиси водорода H₂O₂, иона гипохлорита OCl⁻. Также появление при электролизе воды OH-радикалов, H₂O₂ и O₃ приводит к образованию других сильных окислителей, таких как O₃I, O₂I, OI, HO₂, HO₃, HO₄.

Ультразвук, в свою очередь, интенсифицирует (ускоряет) процессы и повышает эффективность электрокоагуляционного снижения белковой нагрузки на пивное сусло.

Соединения фосфора являются составной частью неохмеленного пивного сусла, которые при электрокоагуляции высвобождаются в виде фосфорного азота и переходят из связанной формы в несвязанную, тем самым увеличивая массовую долю фосфора в пивном сусле. График изменения содержания массовой доли магния, фосфора, калия в зависимости от режимов обработки неохмеленного фильтрованного пивного сусла представлен на рис. 4.

Проанализировав данные рис. 4, можно сделать вывод о том, что при использовании режимов обработки, представленных в табл. 1, увеличение массовой доли магния наблюдается в образцах № 4, № 5, № 7 при обработке неохмеленного пивного сусла под давлением 0,1–0,3 атм., минимальное время электрокоагуляции — 1,5 минуты, обработки ультразвуком — 1 минута, в среднем на 10 %. Снижение массовой доли магния наблюдается в образцах № 1, № 2, № 3, № 6 в диапазоне от 5 до 14 %.

Отмечено снижение массовой доли калия в образце № 1 и № 2 на 4,7 % и 7,5 % соответственно; увеличение массовой доли калия в образцах: № 3 - № 5, № 7 с 3,8 % до 13,9 %. Максимальное увели-

чение массовой доли калия отмечено в образцах № 3, № 4. Данные образцы подвергались электрокоагуляции в течение 1–2,5 мин при давлении 0,1–0,3 атм. В образце № 6 массовая доля калия не изменилась.

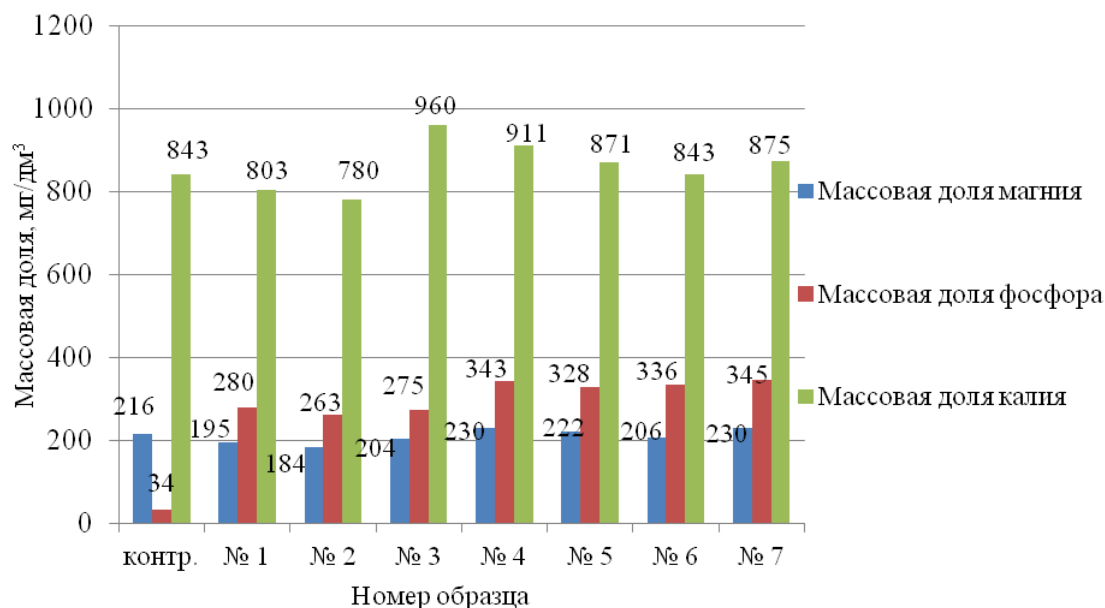


Рис. 4. График изменения содержания массовой доли магния, фосфора, калия в зависимости от режимов обработки неохмеленного фильтрованного пивного сусла

Fig. 4. Graph of changes in the content of the mass fraction of magnesium, phosphorus, and potassium, depending on the processing modes of non-hopped filtered beer wort

Рост массовой доли фосфора наблюдался во всех исследуемых образцах по сравнению с контрольным образцом в 7–10 раз с 34 мг/дм³ до 345 мг/дм³.

График изменения массовой доли меди и цинка в зависимости от режимов обработки неохмеленного фильтрованного пивного сусла представлен на рис. 5.

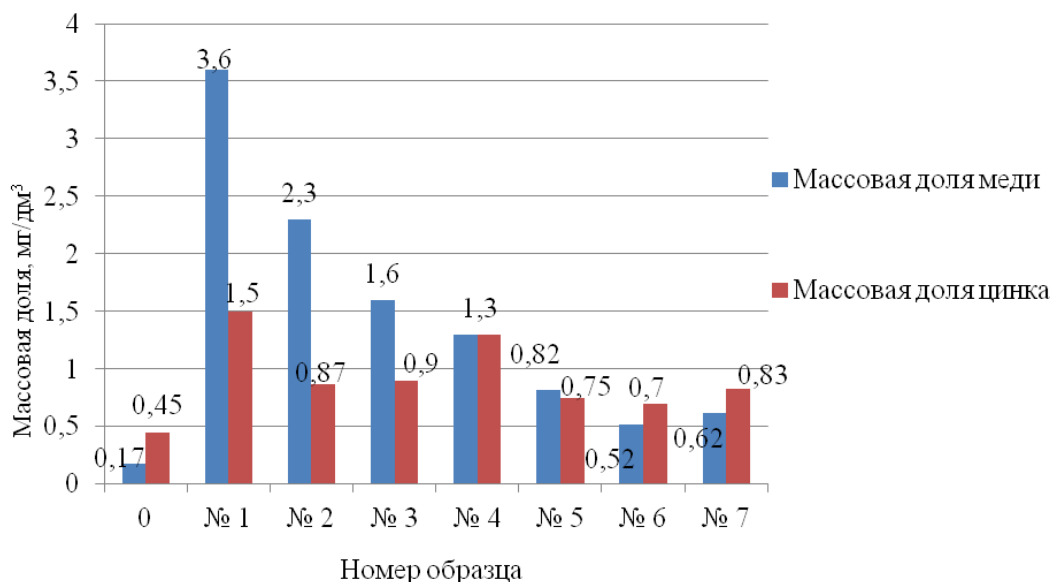


Рис. 5. График изменения содержания массовой доли меди и цинка в зависимости от режимов обработки неохмеленного фильтрованного пивного сусла

Fig. 5. Graph of changes in the content of the mass fraction of copper and zinc depending on the processing modes of non-hopped filtered beer wort

Анализ данных рис. 5 показывает, что при обработке неохмеленного пивного сусла массовая доля меди увеличилась во всех исследуемых образцах в 3–20 раз (с 0,17 мг/дм³ до 3,6 мг/дм³); массовая концентрация цинка увеличилась в 2–3 раза (с 0,45 мг/дм³ до 1,5 мг/дм³).

Увеличение массовой доли железа, цинка, меди в обработанных образцах объясняется конструктивной особенностью лабораторной установки.

Полученные результаты требуют решения по снижению перехода соединений металлов в сусло. Такой переход вызван высоким содержанием органических примесей в пивном сусле, которые вместе с железом (коагулянт) образуют окрашенные комплексы коричневого цвета.

Устранение описанного технологического недостатка может быть осуществлено, например, с помощью конструктивной комбинации металлических электродов с их инертными аналогами из мелкозернистого графита.

Закключение. Впервые для снижения белковой нагрузки в пивном сусле был применен процесс электрокоагуляции, направленный на повышение стойкости пива в процессе хранения. При использовании электрокоагуляции наблюдается снижение массовой доли белка в диапазоне от 18 до 20 % по сравнению с контрольным образцом неохмеленного фильтрованного сусла. При дополнительной обработке ультразвуком в течение 1 мин. максимальное снижение массовой доли белка зафиксировано в образце № 5, по сравнению с контрольным образцом массовая доля белка в данном образце снизилась на 20 % (с 1,49 до 1,18). Результат применения дополнительного ультразвукового воздействия в течение 1 мин свидетельствует о позитивном воздействии ультразвука на протекание процесса электрокоагуляции.

При использовании всех исследуемых режимов обработки неохмеленного пивного сусла массовая концентрация углеводов снижается на 1,3–8 %, содержание редуцирующих веществ в пивном сусле возрастает на 12,9–15,0 % по сравнению с контрольным образцом.

При проведении процесса электрокоагуляции наблюдается увеличение массовой доли фосфора, железа, меди, цинка во всех исследуемых образцах. Значительный рост массовой доли фосфора в 7–10 раз, вероятно, объясняется переходом соединений фосфора из связанной формы в несвязанную. Увеличение массовой доли железа в 5–10 раз (с 2,3 мг/дм³ до 31 мг/дм³), цинка в 2–3 раза (с 0,45 мг/дм³ до 1,5 мг/дм³), меди в 3–20 раз (с 0,17 мг/дм³ до 3,6 мг/дм³) в обработанных образцах происходит за счет миграции данных элементов из лабораторной установки, что говорит о необходимости усовершенствования конструкции лабораторной установки и проведения дальнейших экспериментальных исследований в данном направлении.

На основании вышеизложенного можно считать, что применение электрокоагуляции для снижения белковой нагрузки на пивное сусло потенциально может способствовать увеличению стойкости пива в процессе хранения. При этом одним из перспективных направлений является изучение процессов сбраживания пивного сусла со сниженным содержанием белка и оценкой протекания процесса сбраживания, а также изучение органолептических характеристик готового пива и контроля стойкости пива в процессе хранения.

Список использованных источников

1. Меледина, Т.В. Коллоидная стойкость пива / Т.В. Меледина, А.Т. Дедегкаев: Учеб. пособие. — СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. — 90 с.
2. Бемфорт, Ч. перевод с англ. Боровикова Е.С., Горожанкина И.С. Новое в пивоварении / Ч. Бемфорт, перевод с англ. Е.С. Боровикова, И.С. Горожанкина. — СПб: Издательство «Профессия», 2007. — 519 с.
3. Семакин, Д.И. Анализ и оценка влияния параметров технологического процесса производства пива на его качество и стойкость: дис... канд. техн. наук: 05.18.15 / Д.И. Семакин. М., 2011. — 135 с.
4. Кругликов, С.С. Локальная электрохимическая очистка промывных вод гальванотехники от ионов тяжелых металлов в щелочном диафрагменном электрокоагуляторе с нерастворимым анодом // С.С. Кругликов, Д.Ю. Тураев, А.А. Бородулин // Гальванотехника и обработка поверхностей. — 2004. — № 4. — С. 35.
5. Царева, Д.А. Повышение коллоидной стойкости пива / Д.А. Царева, Д.В. Карпенко, Е.В. Карпенко, Е.В. Казьмина // Пиво и напитки. — 2005. — № 5. — С. 26–27.
6. Ермолаева, Г.А. Справочник лаборатории пивоваренного производства / Г.А. Ермолаева. — СПб.: Изд-во Профессия. — 2004. — 535 с.
7. Ермолаева, Г.А. Основные процессы пивоварения. Повышение стойкости пива / Г.А. Ермолаева. // Пиво и напитки. — 2005. — № 5. — С. 26–27.
8. Чулкова, Ю.Н. Способ повышения биологической стойкости пива с использованием стабилизатора «Униконс — Дельта» / Ю.Н. Чулкова, А.В. Степанов // Пиво и напитки. — 2000. — № 1. — С. 31–33.

9. Емельянова, Л.К. Повышение биологической стойкости пива / Л.К. Емельянова, Н.М. Елисе-ев // Пиво и напитки. — 2015. — № 6. — С. 28–29.
10. Ермолаева, Г.А. Повышение стойкости пива / Г.А. Ермолаева // Пиво и напитки. — 2016. — № 3. — С. 10–11.
11. Сотников, А.В. Антисептирующий препарат «Бетасепт» в производстве пива и кваса / А.В. Со-тников, Р.Р. Гадиев // Пиво и напитки. — 2013. — № 5. — С. 52–55.
12. Можарова, Я.Р. Методы повышения коллоидной стабильности и стойкости вкуса пива / Я.Р. Можарова, Е.А. Бетева // Научный журнал «COLLOQUIUM-JOURNAL». — 2019. — С. 37–38.
13. Сиюхов, Х.Р. Исследование повышения белково-коллоидной стойкости пива с использованием иммобилизованных ферментных препаратов / Х.Р. Сиюхов, О.В. Мариненко, А.Р. Цей, А.М. Гемба // Пиво и напитки. — 2001. — № 3. — С. 14–17.
14. Способ стабилизации пива: пат. SU 1565879 A1 / А.А. Иванов, А.В. Штепа, А.А. Галиулин, А.П. Колпакч, В.А. Русаков, В.С. Исаева, Д.М. Печенина. — Оpubл. 23.05.1990
15. Паньковский, Г.А. Способы повышения стабильности органолептических и физико-химических показателей пива / Г.А. Паньковский // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Рефе-ративный журнал. — 2000. — № 2. — 505 с.
16. Способ стабилизации пива: пат. на изобретение RU 2527072 C1 / Л.В. Пермякова, С.И. Хорун-жина. — Оpubл. — 27.08.2014.
17. Риквер П. Галлотанины. Будущее в стабилизации пива / П. Риквер, Дегрут Б., О. Таваринер // Пиво и напитки. — 2010. — № 3. — С. 26–31.
18. Помозова, В.А. Оценка влияния технологических факторов и способов обработки на стой-кость пива / В.А. Помозова, И.Ю.Сергеева, Д.И. Семакин // Пиво и напитки. — 2012. — № 1. — С. 10–2.
19. Дедегкаев, А.Т. Пути повышения коллоидной стойкости пива с высоким содержанием декстри-нов / А.Т. Дедегкаев // Научный вестник. — 2001. — № 2. — С. 113–118.
20. Филипчук, В.Л. Очищення багатокomпонентних металомішуючих стічних вод промислових підприємств // Л.В Филипчук, М.И. Донченко, О.Г. Срибная // Рівне: УДУВГП, 2004. — 232 с.
21. Что такое электрокоагуляция воды [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://diesel.ru/article/chto-takoe-elektrokoagulyatsiya-vody>. — Дата доступа: 07.10.2020.
22. Электрокоагуляция воды [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://megafilter.ru/wiki/?article=elektrokoagulyatsiya-vody>. — Дата доступа: 07.10.2020.
23. Штепа, В.Н. Очистка растворов от дисперсных примесей методом электрокоагуляции / В.Н. Штепа, М.И. Донченко, О.Г. Срибная. — Рівне: УДУВГП, 2005. — С. 87–95.
24. Кругликов, С.С. Локальная электрохимическая очистка промывных вод гальванотехники от ионов тяжелых металлов в щелевом диафрагменном электрокоагуляторе с нерастворимым ано-дом / С.С. Кругликов, Д.Ю. Тураев, А.А. Бородулин // Гальванотехника и обработка поверхнос-ти. — 2004. — № 4. — С. 35.
25. Лыскова, К.Ю. Применение безреагентной электрокоагуляции для повышения надежности сис-тем подготовки питьевой воды / К.Ю. Лыскова // Сборник материалов IX Международной на-учно-практической конференции «Научно-технический прогресс: Актуальные и перспективные направления будущего»: сб.ст. — Кемерово: Издательство ООО «Западно-Сибирский научный центр», 2018. — С. 187–189.
26. Лыскова, К.Ю. Разработка и исследование безреагентной электрокоагуляции / К.Ю. Лыскова // Сборник материалов III Международной научно-практической очной конференции «Роль тех-нических наук в развитии общества». — Кемерово: Издательство: ООО «Западно-Сибирский научный центр», 2018. — С. 129–130.
27. Хрипунова, О.С. Комбинированный метод с использованием реагентной и электрокоагуляции для очистки сточных вод производства водно-дисперсионных лакокрасочных материалов / О.С. Хрипунова, Ю.Э. Зевацкий, И.В. Кочуров // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — 2017. — № 3. — С. 62–69.
28. Мельник, Е.С. Оптимизация процессов электрокоагуляции сточных вод гальванического про-изводства / Е.С. Мельник, Л.Д. Пляцук // Вісник Сумського державного університету. Серія технічні науки. — 2009. — № 1. С. 200–204.
29. Магдыч, Е.А. Экспериментальная оценка метода электрокоагуляции для очистки воды / Е.А. Магдыч, С.А. Федорова // Сборник статей международной научно-практической конфе-ренции: в 4 частях. «Инновационные механизмы решения проблем научного развития». — М.: Издательство ООО «ОМЕГА САЙНС», 2016. — С. 71–73.
30. Жилинский, В.В. Электрохимическая очистка сточных вод и водоподготовка Конспект лекций / В.В. Жилинский. — Минск: УО «Белорусский государственный технологический университет», 2013. — 191 с.

References

1. Meledina, T. V. Colloidal resistance of beer / T. V. Meledina, A. T. Dedegkaev: Textbook. — St. Petersburg: ITMO National research University; Ihibt. — 2014. — 90 p.
2. Bimport, H. Translated from eng. Borovikova E. S., Gorozhankina I. S. New in brewing / CH. Bemfort, translated from English by E. S. Borovikova, I. S. Gorozhankina. - Saint-Petersburg: Publishing House «Profession». —2007. — 519 p.
3. Semakin, D. I. Analysis and evaluation of the influence of parameters of the technological process of beer production on its quality and durability:dis... cand. tech. science: 05.18.15 / D. I. Semakin. M., 2011. — 135 p.
4. Kruglikov, S. S. Local electrochemical purification of wash water of electroplating from ions of heavy metals in the slot diaphragm electrocoagulator with soluble anode // S. S. Kruglikov, D. Y. Turaev, A. A. Borodulin // electroplating and surface treatment. — 2004. — №. 4. — P. 35.
5. Tsareva, D. A. Increase of durability of colloidal beer / D. A. Tsarev, D. V. Karpenko, E. V. Karpenko, E. V. Kazmina // Beer and beverages . — 2005. — №. 5. — P. 26 — 27.
6. Ermolaeva, G. A. Handbook of the laboratory of brewing production / G. A. Ermolaeva. — SPb. : publishing house Profession. — 2004. — 535 p.
7. Ermolaeva, G. A., The Main processes of brewing. Improving the stability of beer / G. A. Ermolaeva. // Beer and drinks . — 2005. — №. 5. — P. 26–27.
8. Chulkova, Yu. N. A method for increasing the biological resistance of beer using the Unikons — Delta stabilizer / Yu. N. Chulkova, A.V. Stepanov // Beer and drinks. — 2000. — № 1. — P. 31 — 33.
9. Emelyanova, L. K., Increase of biological resistance of beer / L. K. Emelyanova, N. M. Eliseev // Beer and drinks. 2015. — №6. — P. 28 — 29.
10. Ermolaeva, G. A. Increasing the stability of beer / G. A. Ermolaeva // Beer and drinks. — 2016. —№ 3. — P. 10 — 11.
11. Sotnikov, A.V. Antiseptic drug «Betasept» in the production of beer and kvass / A.V. Sotnikov, Gadiev R. R. // Beer and drinks. — 2013 — № 5. — P. 52 —55.
12. Mozharova, Ya. R. Methods for increasing colloid stability and stability of beer taste / Ya. R. Mozharova, E. A. Beteva // Scientific journal «COLLOQUIUM-JOURNAL». — 2019. — P. 37 — 38.
13. Siyukhov, H. R. Study of increasing the protein-colloid resistance of beer using immobilized enzyme preparations / H. R. Siyukhov, O. V. Marinenko, A. R. Tsey, a.m. Gemba // Beer and beverages — 2001. — № 3. — P. 14.
14. Method of beer stabilization: PAT. SU 1565879 A1 / A. A. Ivanov, A.V. Shtepa, A. A. Galiulin, A. P. Kolpakch, V. A. Rusakov, V. S. Isaeva, D. M. Pechenina. — Publ. 23.05.1990
15. Pankovsky, G. A. Ways to increase the stability of organoleptic and physico-chemical indicators of beer / G. A. Pankovsky // Food and processing industry. Abstract journal. — 2000. — № 2. — 505 C.
16. The Method of stabilization of beer: Pat. for the invention RU 2527072 C1 / L. V. Permyakova, S. I. Khorunzhina. —Publ. — 27.08.2014.
17. Rikver P. Gallotanins. The future in the stabilization of beer / Riquer P., DeGroot, B.O. Tavener // Beer and beverages . — 2010. —№ 3. — P. 26 — 31.
18. Pomozova, V. A. Evaluation of the influence of technological factors and processing methods on the stability of beer / V. A. Pomozova, I. Yu. Sergeeva, D. I. Semakin // Beer and drinks. — 2012. — № 1. — P. 10–12.
19. Dedegkaev A. T. Ways to increase the colloid resistance of beer with a high dextrin content / A. T. Dedegkaev // Scientific Bulletin. — 2001. — № 2. — P. 113–118.
20. Filipchuk, V. L. P L.V. Filipchuk, M. I. Donchenko, O. G. Sribnaya // Rvne: UDUVGP. — 2004. — 232 p.
21. What is water electrocoagulation [Electronic resource]. — Access mode: <https://diesel.ru/article/chto-takoe-elektrokoagulyaciya-vody>. — Date of access 07.10.2020.
22. Electrocoagulation of water [Electronic resource]. — Access Mode <https://megafilter.ru/wiki/?article=elektrokoagulyatsiya-vody>.- Date of access 07.10.2020.
23. Shtepa, V. N. Cleaning solutions from dispersed impurities by electrocoagulation / V. N. Shtepa, M. I. Donchenko, O. G. Sribnaya. Rvne: UDUVHP, 2005. — P. 87–95.
24. Kruglikov, S. S. Local electrochemical purification of wash water of electroplating from ions of heavy metals in the slot diaphragm electrocoagulator with soluble anode / S. S. Kruglikov, D. Y. Turaev, A. A. Borodulin // electroplating and surface treatment. — 2004. — № 4. — P. 35.
25. Liskova, K. Yu. Application of nonchemical electrocoagulation to improve the reliability of systems of preparation of drinking water / K. Yu. Lyskova // Collection of materials IX International scientific and practical conference «Scientific and technical progress: Current and promising directions of the future»: collection of articles. — Kemerovo: Publishing House: OOO «West Siberian research centre». — 2018. — P. 187–189.

26. Lyskova, K. Yu. Development and research of reagent-free electrocoagulation / K. Yu. Lyskova // Collection of materials of the III International scientific and practical full-time conference «The role of technical Sciences in the development of society». — Kemerovo: Publisher OOO «West Siberian research centre». — 2018. — P. 129 — 130.
27. Khripunova, O. S. Combined method using reagent and electrocoagulation for wastewater treatment of production of water-dispersion paint and varnish materials / O. S. Khripunova, Yu. E. Zevatsky, I. V. Kochurov // Izvestiya SPbGETU «LETI». — 2017. — № 3. — P. 62 — 69.
28. Melnik, E. S. Optimization of electrocoagulation processes of waste water of galvanic production / E. S. Melnik, L. D. Plyatsuk // Visnik of the Sumy state University. Series of technical Sciences. — 2009. — № 1. — P. 200–204.
29. Magdych, E. A. Experimental evaluation of the electrocoagulation method for water purification / E. A. Magdych, S. A. Fedorova // Collection of articles of the international scientific and practical conference: in 4 parts. «Innovative mechanisms for solving problems of scientific development». — M.: publishing house: OMEGA SCIENCES LLC. — 2016. — P. 71–73.
30. Zhilinsky V. V. Electrochemical wastewater treatment and water treatment lecture notes / V. V. Zhilinsky. — Mn.: UO «Belarusian state technological University», 2013. — 191 p.

Информация об авторах

Пушкарь Александр Александрович — кандидат технических наук, начальник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: trb991@mail.ru

Штепа Владимир Николаевич — доктор технических наук, декан инженерного факультета Полесского государственного университета (ул. Днепровской флотилии 23, 225 710, г. Пинск, Республика Беларусь). E-mail: shns1981@gmail.com

Кулаковская Виктория Игоревна — аспирант, младший научный сотрудник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: kvv88@list.ru

Соловьев Виталий Владимирович — главный специалист отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: solovyoffg@mail.ru

Information about authors

Pushkar Alexander A. — candidate of technical sciences, head of the Department of technologies for alcoholic and non-alcoholic products, RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus», (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: trb991@mail.ru

Shtepa Vladimir N. — doctor of engineering, dean of the Faculty of Engineering Polesky State University (23 Dnieper Flotilla str., 225 710, Pinsk, Republic of Belarus). E-mail: shns1981@gmail.com

Kulakovskaya Victoria I. — post-graduate student, Junior researcher of the Department of technologies of alcoholic and non-alcoholic products, RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus», (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kvv88@list.ru

Solovyov Vitaly V. — chief specialist of the Department of technologies of alcoholic and non-alcoholic products, RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus», (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: solovyoffg@mail.ru

УДК [639.371:597.552.512].043.2
https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-80-88

Поступила в редакцию 16.11.2020
Received 16.11.2020

Ж. В. Кошак¹, Л. В. Рукшан², А. Э. Кошак¹

¹РУП «Институт рыбного хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

²УО «Могилевский государственный университет продовольствия», г. Могилев, Республика Беларусь

СУХОЕ МОЛОКО — АЛЬТЕРНАТИВА ПРОТЕИНУ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

Аннотация. Изучен химический состав двух видов сухого молока — цельного и обезжиренного. Наиболее богато протеином молоко сухое обезжиренное. Установлена возможность использования молока сухого обезжиренного в комбикормах для радужной форели. Разработаны рецептуры комбикормов с частичной заменой рыбной муки на молоко сухое обезжиренное. Подобраны режимы экструдирования для комбикормов содержащих термочувствительный компонент — сухое молоко. Получено, что оптимальный процент ввода молока сухого обезжиренного — 10 %. Установлено, что в 1,8 раза эффективнее усваивались в организме рыбы комбикорма, содержащие 10 % молока сухого обезжиренного по сравнению с контролем. Коэффициент использования белка при кормлении комбикормом, содержащем 10 % сухого обезжиренного молока, выше в 1,1 раза, а накопление веществ в теле радужной форели происходит интенсивнее на 40 %. Содержание питательных веществ в комбикорме, содержащем 10 % молока сухого обезжиренного на килограмм прироста радужной форели выше в 1,4 раза по сравнению с контролем. Для повышения эффективности кормления радужной форели разработан комбикорм, содержащий 10 % молока сухого обезжиренного взамен рыбной муки. Подобраны режимы экструдирования комбикорма: оптимальный диапазон значения температур 90–100 °С, диапазон значений влажности 28–30%. Получено уравнение регрессии, адекватно описывающее изменение содержания незаменимых аминокислот при увеличении температуры экструдирования в комбикорме, содержащем 10% молока сухого обезжиренного, подобраны эмпирические коэффициенты уравнения регрессии.

Ключевые слова: молоко сухое обезжиренное, комбикорм, радужная форель, аминокислоты, экструдирование, эффективность кормления

Zh. V. Koshak, L. V. Ruksan, A. E. Koshak

RUE «Institute for Fish Industry», Minsk, Republic of Belarus

²Mogilev State University of Food, Mogilev

POWDERED MILK — AN ALTERNATIVE TO ANIMAL PROTEIN IN RAINBOW TROUT

Abstract. The chemical composition of two types of milk powder - whole and skim milk was studied. The richest in protein is skimmed milk powder. The possibility of using skimmed milk powder in compound feed for rainbow trout has been established. Compound feed formulations have been developed with partial replacement of fish meal with skimmed milk powder. The modes of extrusion were selected for compound feeds containing a heat-sensitive component - milk powder. It was found that the optimal percentage of skimmed milk powder is 10%. It was found that compound feed containing 10% skimmed milk was used 1.8 times more effectively in the fish organism compared to the control. The coefficient of protein utilization when feeding with compound feed with 10% input of skimmed milk powder is 1.1 times higher, and the accumulation of substances in the body of rainbow trout is 40% more intensive. The nutrient content in the compound feed containing 10% skimmed milk per kilogram of rainbow trout growth is 1.4 times higher than in the control. To increase the efficiency of rainbow trout feeding, a compound feed has been developed containing 10% skimmed milk powder instead of fish meal. Modes of compound feed extrusion were selected: the optimal temperature range is 90-100 °C, the range of humidity values is 28-30%. A regression equation

was obtained that adequately describes the change in the content of essential amino acids with an increase in the extrusion temperature in the composition of a compound feed containing 10% skimmed milk powder, empirical coefficients of the regression equation were selected.

Keywords: skimmed milk powder, compound feed, rainbow trout, amino acids, extrusion, efficiency

Введение. В настоящее время наиболее востребованным функциональным компонентом молока является белковая фракция, в состав которой входят казеин и сывороточные белки. Казеин является основным белком молока и составляет около 80 % от общего содержания белка в молоке. Сывороточные белки представляют собой группу различных глобулярных белков, отличающихся друг от друга по структуре и свойствам. Главные представители сывороточных белков — β -лактоглобулин и α -лактальбумин, на долю которых приходится около 50 и 20 % сывороточных белков, соответственно. Остальное количество сывороточных белков приходится на альбумин сыворотки крови, иммуноглобулины, лактоферрин и другие минорные белки [1–5].

Продукты переработки молока в настоящее время за рубежом не используются в составе комбикормов из-за вируса коровьего бешенства. В нашей стране сухое молоко и другие продукты переработки в основном используются в комбикормах для КРС и свиней [6–8]. В составе комбикормов для рыб в настоящее время продукты переработки молока не используются. В то же время стоит обратить внимание, что молоко сухое может быть ценным источником протеина, жирных кислот и биологически активных веществ в питании рыб, особенно для ценных видов.

Продукты переработки молока различаются в основном по содержанию сырого протеина, в среднем 25–27% в молоке и до 40% в обрате, а также липидов — соответственно от 14 до 28% и от 0,5 до 1,2%. Основу протеина продуктов переработки молока (до 80%) составляет полноценный фосфорсодержащий белок — казеин. Продукты переработки молока содержат до 50% молочного сахара — лактозы. Зольные элементы составляют 7–8 %. Среди них преобладают кальций, фосфор и калий. Известно, что органические вещества сухого молока для карпа доступны достаточно хорошо. Коэффициент переваримости сырого протеина, липидов и углеводов в среднем 78–79 %. Минеральная часть сухого молока усваивается значительно хуже: фосфор — на 50 %, а зольные элементы в сумме — лишь на 14 %. С последним связана более низкая переваримость общей суммы питательных веществ для карпа — 71 %. К положительным качествам сухого молока относится способность казеина молока связывать некоторые яды, что делает желательным его присутствие в комбикормах для молоди рыб, а к отрицательным — достаточно быстрое образование продуктов перекисного окисления липидов (прогоркание) и денатурация белка (до 50%) в результате продолжительной термической обработки при производстве комбикормов, сопровождающаяся образованием комплексов лизина с лактозой. В результате возникают соединения, которые слабо поддаются расщеплению пищеварительными ферментами карпа. В то же время есть информация, что белки молочной сыворотки у форели перевариваются практически полностью — на 96 % [9–16].

Целью работы является изучение влияния молока сухого в составе комбикормов на процессы жизнедеятельности радужной форели.

Результаты исследований их обсуждение. В процессе исследований был изучен химический состав двух видов молока: молока сухого цельного и молока сухого обезжиренного (табл. 1).

Таблица 1. Химический состав молока сухого
Table 1. Chemical composition of dry milk

Наименование образца	Влажность, %	Содержание сухих веществ, %	Содержание сырого протеина, %	Содержание сырого жира, %
Молоко сухое цельное	4,07±0,08	95,30±0,08	26,02±0,04	25,77±0,02
Молоко сухое обезжиренное	5,13±0,02	94,87±0,02	36,5±0,12	1,27±0,01

Анализ данных табл. 1, показывает, что молоко сухое обезжиренное по сравнению с цельным молоком имеет более высокое содержание протеина (в 1,4 раза) и меньшее содержание жира (в 19,8 раза). С целью определения возможностей данного вида сырья в удовлетворении потребностей радужной форели в незаменимых аминокислотах был исследован аминокислотный состав молока сухого обезжиренного и молока цельного. Рассчитан аминокислотный скор для молока сухого по потребности радужной форели, который представлен в табл. 2.

Анализ данных табл. 2 показывает, что потребность радужной форели в незаменимых аминокислотах за счет молока сухого цельного полностью не удовлетворяется не по одной аминокислоте.

кислоте. Причем, потребность в метионине и цистеине в молоке сухом цельном для радужной форели не удовлетворяется на 98%. В то же время молоко сухое обезжиренное удовлетворяет потребность радужной форели по важнейшим незаменимым аминокислотам более чем на 50%. Особенно богато молоко сухое такими незаменимыми аминокислотами, как треонин и лейцин.

Жирные кислоты важны для роста и развития рыб. Было определено содержание жирных кислот в составе общих липидов молока сухого, данные представлены в табл. 3.

В молоке сухом обезжиренном содержится большое количество насыщенных жирных кислот, они составляют 68,8 % от суммы всех жирных кислот, а в сухом цельном молоке 69,4 %.

Таблица 2. Аминокислотный скор для молока сухого по потребности радужной форели
Table 2. Amino acid speed for dry milk according to the needs of rainbow trout

Наименование незаменимой аминокислоты	Аминокислотный скор молока сухого цельного, %	Аминокислотный скор молока сухого обезжиренного, %
Лизин	45,0	57,5
Треонин	63,6	120,4
Метионин+цистеин	1,96	59,8
Валин	50,4	51,7
Фенилаланин+ тирозин	39,2	58,6
Лейцин	86,7	118,9
Изолейцин	57,6	84,7

Таблица 3. Содержание некоторых жирных кислот в составе общих липидов сухого молока
Table 3. The content of some fatty acids in the total lipids of milk powder

Жирная кислота	Формула	Молоко обезжиренное, % от суммы жирных кислот	Молоко цельное, % от суммы жирных кислот
Насыщенные кислоты			
Пальмитиновая	C16:0	27,6	29,5
Миристиновая	C14:0	13,0	12,5
Стеариновая	C18:0	8,8	8,3
Мононенасыщенные кислоты			
Олеиновая	C18:1	20,0	21,5
Пальмитолеиновая	C16:1	1,3	1,6
Миристоолеиновая	C14:1	1,0	1,2
Полиненасыщенные кислоты			
α -Линоленовая	C18:3	0,7	0,4
Линолевая	C18:2	2,4	2,3

Анализ данных табл. 3 показывает, что олеиновая кислота составляет 83,3 % от суммы мононенасыщенных жирных кислот в молоке сухом обезжиренном и 87,4% от суммы всех мононенасыщенных жирных кислот в молоке сухом цельном. Полиненасыщенные жирные кислоты в молоке сухом обезжиренном представлены единственной ω_3 жирной кислотой - α -линоленовой и ω_6 жирной кислотой — линолевой. Содержание α -линоленовой кислоты менее 1 % от суммы всех жирных кислот в обоих видах молока сухого. На основании полученных результатов следует вывод, что по жирнокислотному составу молоко сухое как обезжиренное, так и цельное могут использоваться в комбикормах для радужной форели не только как источник животного протеина, но и как источник насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот.

На следующем этапе исследований было определено содержание некоторых витаминов в составе молока сухого (табл. 4.).

Как показывают данные табл. 4, в сухом молоке содержится важный для рыб витамин С, причем в молоке цельном его содержится на 37,4% больше, чем в молоке обезжиренном. Также установлено наличие жирорастворимых витаминов в молоке цельном и их отсутствие в обезжиренном продукте. Содержание витамина В₆ примерно одинаковое как в молоке цельном, так и обезжиренном.

На следующем этапе исследований было определено содержание макро- и микроэлементов в сухом молоке (табл. 5).

Т а б л и ц а 4. Содержание некоторых витаминов в составе молока сухого
Table 4. The content of some vitamins in dry milk

Наименование витамина	Содержание	
	молоко обезжиренное	молоко цельное
Витамин С, мг/100 г (± 10%)	6,33	10,11
Витамин А, мг/100 г (± 20%)	Не обнаружен	192,2
Витамин Е, мг/100 г (±20%)	Не обнаружен	0,54
Витамин В ₆ , мг/100 г (±29%)	0,317	0,299

Т а б л и ц а 5. Содержание макро- и микро элементов в молоке сухом
Table 5. Content of macro - and micro elements in dry milk

Вид молока	Макроэлементы, мг/100 г				Микроэлементы, мг/100 г			
	К	Na	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe
Обезжиренное	1514,74	493,22	1254,05	61,28	0,150	4,140	0,022	0,421
Цельное	1353,84	537,33	1129,08	61,51	0,196	2,889	<0,02	0,363

Анализируя содержание макро- и микроэлементов в составе молока сухого, следует отметить, что обезжиренное молоко наиболее богато натрием, кальцием и цинком. Молоко цельное содержит калия меньше на 12,4%, кальция меньше на 10%, цинка меньше на 30,2%. Молоко цельное также практически не содержит марганец. В то же время в цельном молоке содержится на 8,2% больше натрия.

Обобщая полученные результаты исследований химического состава молока сухого, и опираясь на то, что мы ищем альтернативу рыбной муке, наиболее целесообразно использовать в составе комбикормов для радужной форели молоко сухое обезжиренное.

На следующем этапе исследований был определен оптимальный процент ввода молока сухого обезжиренного в состав комбикормов для радужной форели. Молоко сухое обезжиренное вносили в состав комбикорма в количестве 2, 5, 8 и 10% взамен рыбной муки. Рецептура комбикормов представлена в табл. 6.

Т а б л и ц а 6. Рецепты комбикормов для радужной форели
с вводом сухого молока обезжиренного
Table 6. Recipes of compound feed for rainbow trout with the introduction
of skimmed milk powder

Наименование сырья	Содержание, %			
Рыбная мука	44,5	41,5	38,5	36,5
Мясокостная мука	10,5	10,5	10,5	10,5
Шрот соевый	21,0	21,0	21,0	21,0
Пшеница	2,5	2,5	2,5	2,5
Дрожжи кормовые	3,5	3,5	3,5	3,5
Мука пшеничная	5,0	5,0	5,0	5,0
Рыбий жир	10,0	10,0	10,0	10,0
Молоко сухое обезжиренное	2,0	5,0	8,0	10,0
Премикс	1,0	1,0	1,0	1,0

На следующем этапе исследований необходимо было выбрать параметры производства комбикормов, которые позволят сохранить в составе готового продукта наибольшее количество питательных веществ. Молоко сухое является термочувствительным продуктом и необходимо найти способ, который позволит его сохранить. При проведении исследований выбрали два способа внесения молока сухого обезжиренного в комбикорм: на этапе дозирования и смешивания комбикорма и на этапе напыления на поверхность гранулы готового комбикорма. Исследовали производство и эффективность комбикормов при внесении сухого молока непосредственно в смесь перед экструдиро-

ванием. Данный способ является самым распространенным, т.к. большинство предприятий не имеет аппаратов для вакуумного напыления сухих компонентов.

Для подбора режимов экструдирования комбикорма для радужной форели выбрали несколько температур процесса экструдирования: 90, 110, 130 °С, которые позволяют получать гранулы требуемых структурно-механических свойств. Причем с ростом температуры тонучесть гранул уменьшается. Влажность рассыпного комбикорма подаваемого на экструдер — 28–30%. Данные значения влажности рассыпного комбикорма позволяют исключить запекание сухого молока в отверстиях фильеры, при более низкой влажности молоко запекается, комбикорм приобретает неприятный запах. Изменение содержания незаменимых аминокислот комбикорма при различных температурах экструдирования с дозировкой молока сухого обезжиренного 10% представлено на рис. 1.

Анализ графиков на рис. 1 показывает, что с увеличением температуры процесса экструдирования содержание незаменимых аминокислот в комбикорме, содержащем сухое обезжиренное молоко, снижается. Получено уравнение регрессии, описывающее характер данного изменения.

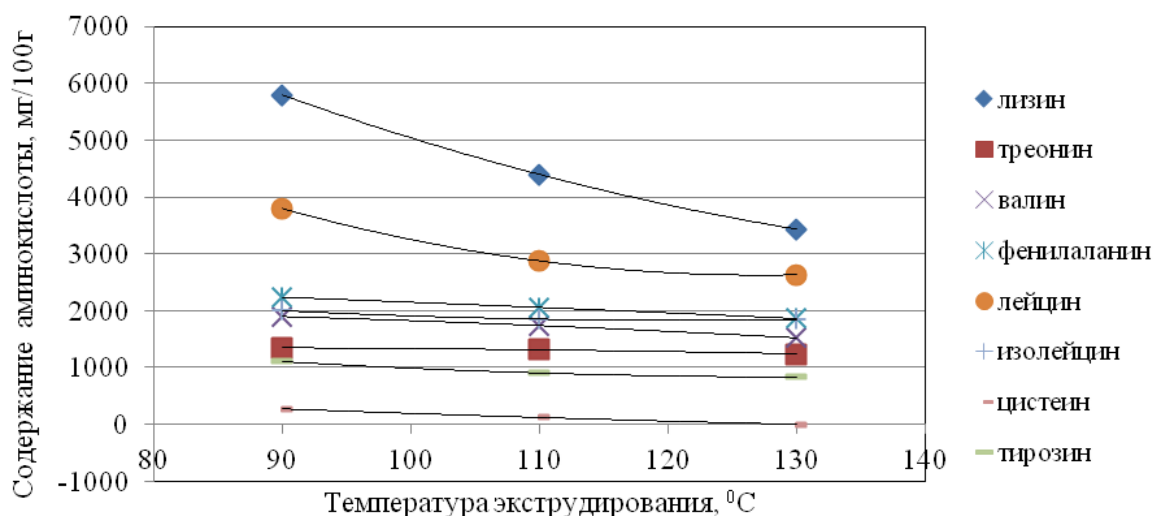


Рис. 1. Изменение содержания незаменимых аминокислот при изменении температуры процесса экструдирования

Fig. 1. Change in essential amino acid content as the temperature of the extrusion process changes

Уравнение регрессии имеет вид:

$$C_{\text{аминокисл}} = AT^2 + BT + C, \tag{1}$$

где $C_{\text{аминокисл}}$ — содержание незаменимой аминокислоты, мг/100 г; T — температура процесса экструдирования, °С; A, B, C — экспериментальные коэффициенты уравнения регрессии, значения и размерности которых представлены в табл. 7.

Таблица 7. Экспериментальные значения коэффициентов уравнения регрессии
Table 7. Experimental values of the coefficients of the regression equation

Название аминокислоты	Коэффициенты уравнения регрессии			Коэффициент детерминации R ²
	A, мг/(100г · Т ²)	B, мг/(100г · Т)	C, мг/100 г	
Фенилаланин	-0,065	7,64	-193,7	1,00
Изолейцин	-0,071	-8,519	227,9	1,00
Лейцин	-0,17	20,98	-576,3	1,00
Треонин	0,191	-22,62	603	1,00
Лизин	0,112	-13,79	382,3	1,00
Валин	-0,014	1,63	-54,08	1,00
Тирозин	0,057	-6,912	182,5	0,99
Цистеин	0,04	-15,7	1359	1,00

Полученное уравнение регрессии позволяет адекватно просчитывать изменение содержания важных для рыбы аминокислот при изменении температуры экструдирования в диапазоне от 90 до 130 °С. Оптимальным диапазоном значения температур процесса экструдирования при производстве комбикорма для радужной форели является диапазон 90–100 °С, при этих значениях температур наблюдаются минимальные потери незаменимых аминокислот.

В разработанных образцах комбикорма были определены показатели качества (табл. 8).

Таблица 8. Показатели качества опытных комбикормов для радужной форели
Table 8. Performance of experienced feeds for rainbow trout

Количество обезжиренного молока	Показатели качества, %				
	Влажность	Содержание			
		сухого вещества	сырого протеина	сырого жира	сырой клетчатки
2%	6,23±0,11	93,77±0,11	46,95±0,10	15,85±0,04	1,53±0,09
5%	8,32±0,02	91,68±0,02	44,93±0,07	15,69±0,07	1,53±0,09
8%	8,71±0,05	91,29±0,05	44,40±0,07	15,47±0,08	1,53±0,09
10%	10,26±0,02	89,74±0,02	43,86±0,02	15,41±0,04	1,53±0,09

Было проведено кормление радужной форели опытными комбикормами, содержащими различное количество молока сухого обезжиренного. Результаты кормления представлены в табл. 9.

Таблица 9. Весовые показатели радужной форели при кормлении комбикормами с различной дозировкой молока сухого обезжиренного
Table 9. Weight-growth indices of rainbow trout when feeding with compound feed with different dosages of skimmed milk powder

Процент ввода сухого обезжиренного молока в комбикорм	Среднештучная масса, г		Прирост форели	
	начало опыта	конец опыта	среднештучный, г	% к первоначальной массе
0%	21,80±1,66	34,70±2,49	12,50±0,83	60,47±4,44
2%	17,50±1,10	23,50±2,33	6,00±1,31	32,14±4,80
5%	19,00±1,58	30,11±3,94	11,11±2,47	54,71±7,69
8%	18,80±1,58	32,30±3,63	13,50±2,37	68,57±10,88
10%	21,23±1,23	38,21±2,57	16,78±0,86	79,98±1,09

Анализируя результаты кормления, представленные в таблице 9, видим, что максимальный прирост у радужной форели наблюдается при внесении в состав комбикорма 10 % молока сухого обезжиренного. На основании данных табл. 9 были рассчитаны удельная скорость роста и кормовые затраты. Наименьший кормовой коэффициент получен при кормлении форели комбикормом, содержащим 10 % сухого молока обезжиренного, и он равен 1,05, что на 23,4% ниже, чем в контроле.

Чтобы проанализировать эффективность использования радужной форелью питательных веществ и энергии в опытных комбикормах были рассчитаны: коэффициент эффективности использования кормов в организме рыб (E_n), коэффициент эффективности белка ($K_{эб}$), накопление веществ в теле рыбы (H_r) и содержание питательных веществ в килограмме прироста рыбы (P_k) [9, 12]. Результаты расчетов представлены в таблице 10.

Анализируя результаты расчетов в табл. 10, видим, что часть питательных веществ и часть энергии, которая трансформировалась в ткани форели при потреблении опытного комбикорма с добавлением сухого молока в количестве 10 %, в 1,8 раза эффективнее использовалась организмом рыбы по сравнению с контролем. Коэффициент использования белка при кормлении комбикормом с 10 % ввода сухого обезжиренного молока выше в 1,1 раза.

Накопление веществ в теле радужной форели при кормлении комбикормом, содержащим 10% сухого обезжиренного молока, происходит интенсивнее на 40%. Содержание питательных веществ в комбикорме, содержащем 10% молока сухого обезжиренного на килограмм прироста радужной форели выше в 1,4 раза по сравнению с контролем. Биохимические показатели мышц радужной форели, представлены в табл. 11.

Анализ данных табл. 11 показывает, что внесение 10% сухого молока обезжиренного за счет уменьшения содержания рыбной муки в рецепте приводит к увеличению содержания протеина в мышцах форели в 1,3 раза по сравнению с контролем, что является показателем более быстрого роста рыбы.

Таблица 10. Эффективность использования веществ и энергии комбикорма радужной форелию

Table 10. Efficiency of the substances and energy of rainbow trout feed

Количество молока сухого в составе комбикорма для радужной форели, %	Э _н , %	К _{эб}	Н, г	П _к , г
0	16,22	0,266	13,14	222,11
2	13,89	0,225	11,30	193,21
5	7,25	0,116	6,32	184,22
8	22,14	0,269	17,72	305,56
10	29,10	0,272	21,94	307,81

Заключение. В результате проведенных исследований установлена возможность использования молока сухого обезжиренного в составе комбикорма для радужной форели. Изучен химический состав молока сухого. Разработаны четыре варианта рецептур комбикормов для радужной форели с 2, 5, 8 и 10 %-ной заменой в их составе рыбной муки. Установлена зависимость содержания незаменимых аминокислот в составе комбикорма, содержащего молоко сухое обезжиренное, от температуры в процессе экструдирования. Получено уравнение регрессии, адекватно описывающие изменение содержания незаменимых аминокислот в зависимости от температуры. Установлено, что изменение содержания незаменимых аминокислот с увеличением температуры процесса экструдирования подчиняется полиномиальной зависимости.

Таблица 11. Биохимические показатели мышц радужной форели при кормлении различными комбикормами

Table 11. Biochemical indicators of rainbow trout muscles when fed by various feeds

Содержание сухого обезжиренного молока в комбикорме	Биохимические показатели мышц радужной форели				
	влажность, %	сухое вещество, %	жирность, %	протеин, %	зола, %
0%	78,08±0,03	21,92±0,02	4,82±0,15	13,34±0,06	3,76±0,02
2%	77,73±0,02	22,27±0,04	4,61±0,06	15,17±0,05	2,49±0,01
5%	76,60±0,06	23,40±0,03	5,44±0,12	15,34±0,07	2,62±0,05
8%	74,80±0,04	25,20±0,06	6,0±0,023	16,52±0,09	2,68±0,05
10%	74,18±0,02	25,82±0,02	5,57±0,18	17,00±0,21	3,25±0,06

Подобраны оптимальные режимы экструдирования комбикормов содержащих в своем составе молоко сухое обезжиренное: температура процесса экструдирования должна находиться в диапазоне 90–100 °С. Влажность рассыпного комбикорма перед экструдером 28–30%. Проведено опытное кормление радужной форели разработанными комбикормами. Получено, что максимальный прирост у радужной форели и минимальный кормовой коэффициент наблюдается для комбикорма в состав, которого входит 10% молока сухого обезжиренного взамен рыбной муки.

Оценена эффективность комбикормов, содержащих молоко сухое обезжиренное. Получено, что часть питательных веществ и энергии, которая трансформируется в ткани форели из корма в 1,8 раза выше при потреблении комбикорма содержащего 10% молока сухого обезжиренного по сравнению с контрольным комбикормом. Коэффициент использования белка при этом выше в 1,1 раза, накопление веществ в теле радужной форели при кормлении комбикормом, содержащим 10 % сухого обезжиренного молока, происходит интенсивнее на 40 %. Содержание питательных веществ в комбикорме, содержащем 10 % молока сухого обезжиренного на килограмм прироста радужной форели выше в 1,4 раза по сравнению с контролем. Внесение 10 % сухого молока обезжиренного взамен рыбной муки в состав комбикорма приводит к увеличению содержания протеина в мышцах форели в 1,3 раза по сравнению с контролем.

Список использованных источников

1. Гауровиц, Ф. Химия и функция белков / Ф. Гауровиц. — М.: Мир, 1965. — 530 с.
2. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов: учебник / К.К. Горбатова, П.И. Гунькова. — СПб.: ГИОРД, 2010. — 336 с.
3. Сенкевич, Т. Молочная сыворотка: Переработка и использование в агропромышленном комплексе / Т. Сенкевич, К.-Л.Ридель. — М.: Агропромиздат, 1989. — 269 с.

4. Твердохлеб, Г.В. Химия и физика молока и молочных продуктов / Г.В. Твердохлеб, Р.И. Раманаскас. — М.: ДеЛи принт, 2006. — 360 с.
5. Тепел, А. Химия и физика молока / А. Тепел. (Пер. с нем. 3 изд. 2004 г. под ред. канд. техн. наук С.Н. Фильчаковой) — СПб.: Профессия, 2012. — 832 с.
6. Пуха, И. Молочные корма для свиней / И. Пуха // Свиноводство. — 1999. — № 1. — С. 13.
7. Храмов, А.Г. Использование молочной сыворотки в кормовых добавках нового поколения / А.Г. Храмов // Переработка молока. — 2012. — № 4. — С. 44-48.
8. Щербакова, О.Е. Заменители молока для молодняка сельскохозяйственных животных / О.Е. Щербакова. — Москва, ДеЛи принт, 2003. — 100 с.
9. Щербина, М.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре // М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин. — М.: Изд-во ВНИРО, 2006. — 360 с.
10. Абросимова, Н. А. Кормовое сырье для объектов аквакультуры / Н. А. Абросимова, С. С. Абросимов, Е. М. Саенко. — Ростов-на-Дону: Эверест, 2005. — 144 с.
11. Лагуткина, Л.Ю. Перспективное развитие мирового производства кормов для аквакультуры: альтернативные источники сырья / Л.Ю. Лагуткина // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. — 2017. — № 1. — С. 67– 8.
12. Остроумова, И.Н. Биологические основы кормления рыб // ГосНИОРХ. — Санкт-Петербург, 2001. — 372 с.
13. Рыжков, Л.П. Некоторые результаты и проблемы разработки комбикормов для лососевых рыб / Л.П. Рыжков // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ: Биологические основы рационального кормления рыб. — 1986. — Вып. 49. — С. 99–105.
14. Cho, C. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) / C. Cho, S. Kaushik // World Rev. Nut. Diet. 61, 1990. — P. 132–172.
15. Японцев, А.Э. Оценка качества экструдированных кормов для радужной форели // Учёные записки Ин-та сел. хоз-ва и природных ресурсов НовГУ. — 2009. — Т. 17, вып. 2. — С. 45–48.
16. Kaushik, S. Influence of nutritional status on the daily patterns of nitrogen excretion in the carp and rainbow trout / S. Kaushik, Rep. nutr. develop., v. 20, 1980. — № 6. — P. 1751–1765.

References

1. Gaurovits, F. Khimiya i funktsiya belkov / F. Gaurovits. — М.: Mir, 1965. — 530 s.
2. Gorbatoва, K.K. Biokhimiya moloka i molochnykh produktov: uchebnik / K.K. Gorbatoва, P.I. Gun'kova. — SPb.: GIORD, 2010. — 336 s.
3. Senkevich, T. Molochnaya syvorotka: Pererabotka i ispol'zovaniye v agropromyshlennom komplekse / T. Senkevich, K.-L.Ridel'. — М.: Agropromizdat, 1989. — 269 s.
4. Tverdokhleb, G.V. Khimiya i fizika moloka i molochnykh produktov / G.V. Tverdokhleb, R.I. Ramanauskas. — М.: DeLi print, 2006. — 360 с.
5. Tepel, A. Khimiya i fizika moloka / A. Tepel. (Per. s nem. 3 izd. 2004 g. pod red. kand. tekhn. nauk S.N. Fil'chakovoy) — SPb.: Professiya, 2012. — 832 s.
6. Pukha, I. Molochnyye korma dlya sviney / I. Pukha // Svinovodstvo. — 1999. — № 1. — S. 13.
7. Khramtsov, A.G. Ispol'zovaniye molochnoy syvorotki v kormovykh dobavkakh novogo pokoleniya / A.G. Khramtsov // Pererabotka moloka. — 2012. — № 4. — S. 44-48.
8. Shcherbakova, O.Ye. Zameniteli moloka dlya molodnyaka sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh / O.Ye. Shcherbakova. — Moskva, DeLi print, 2003. — 100 s.
9. Shcherbina, M.A. Kormleniye ryb v presnovodnoy akvakul'ture // M.A. Shcherbina, Ye.A. Gamygin.- М.: Izd-vo VNIRO, 2006.- 360 s.
10. Abrosimova, N. A. Kormovoye syr'ye dlya ob'yektov akvakul'tury / N. A. Abrosimova, S. S. Abrosimov, Ye. M. Sayenko. — Rostov-na-Donu: Everest, 2005. — 144 s.
11. Lagutkina, L.YU. Perspektivnoye razvitiye mirovogo proizvodstva kormov dlya akvakul'tury: al'ternativnyye istochniki syr'ya / L.YU. Lagutkina // Vestnik AGTU. Ser.: Rybnoye khozyaystvo. — 2017. — № 1. — S. 67–78.
12. Ostroumova, I.N. Biologicheskiye osnovy kormleniya ryb // GosNIORKH. — Sankt-Peterburg, 2001. — 372 s.
13. Ryzhkov, L.P. Nekotoryye rezul'taty i problemy razrabotki kombikormov dlya lososevykh ryb / L.P. Ryzhkov // Sb. nauch. tr. VNIIPRKH: Biologicheskiye osnovy ratsional'nogo kormleniya ryb. — 1986. — Vyp. 49. — S. 99–105.
14. Cho, C. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) / C. Cho, S. Kaushik // World Rev. Nut. Diet. 61., 1990. — P. 132–172.

15. Yapontsev, A.E. Otsenka kachestva ekstrudirovannykh kormov dlya raduzhnoy foreli // Uchonyye zapiski In-ta sel. khoz-va i prirodnykh resursov NovGU. — 2009. — Т. 17, вып. 2. — С. 45–48.
16. Kaushik, S. Influence of nutritional status on the daily patterns of nitrogen excretion in the carp and rainbow trout / S. Kaushik, Rep. nutr. develop., v. 20, 1980. — № 6. — P. 1751 — 1765.

Информация об авторах

Кошак Жанна Викторовна — кандидат технических наук, доцент, заведующая лабораторией кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси (ул. Стебенева, 22, 220024, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: Koshak.zn@Gmail.com

Рукшан Людмила Викторовна — кандидат технических наук, профессор кафедры технологии хлебопродуктов УО «Могилевский государственный университет продовольствия» (пр. Шмидта 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь). E-mail: rukshanludmila@yandex.by.

Кошак Артур Эдуардович — кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси (ул. Стебенева, 22, 220024, г. Минск, Республика Беларусь). / E-mail: 8849619@gmail.com

Information about authors

Koshak Zhanna V. — candidate of technical sciences, associate professor, head of the feed laboratory of the RUE «Institute for Fish Industry» National Academy of Sciences of Belarus (22 Stebeneva St., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Koshak.zn@Gmail.com

Rukshan Lyudmila V. — candidate of technical sciences, professor of the chair of Bread Products Technology, EE “Mogilev State University of Food (Schmidt Ave. 3, 212027, Mogilev, Republic of Belarus). E-mail: rukshanludmila@yandex.by

Koshak Arthur E. — candidate of technical sciences, associate professor, senior researcher at the feed laboratory RUE «Institute for Fish Industry» National Academy of Sciences of Belarus (22 Stebeneva St., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: 8849619@gmail.com

О. В. Колоскова, О. К. Никулина, М. Р. Яковлева

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
Минск, Республика Беларусь*

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ В ДИФфуЗИОННОМ СОКЕ

Аннотация. Одним из важнейших факторов, влияющих на качество диффузионного сока и потери сахарозы, является развитие микрофлоры в процессе получения диффузионного сока. В связи с этим важное значение имеет оперативный контроль за микробиологической зараженностью соко-стружечной смеси в диффузионном аппарате. Молочная кислота является индикатором степени микробиологической зараженности диффузионного сока. Традиционно при расчете неучтенных потерь сахарозы на диффузии для определения концентрации молочной кислоты используется титриметрический метод с предварительным выделением анионов кислот из диффузионного сока на ионитных колонках. Однако данный метод является длительным и трудозатратным и не подходит для оперативного контроля. В статье предлагается использовать с этой целью более простой и менее длительный спектрофотометрический метод, основанный на измерении оптической плотности окрашенного продукта реакции лактат-ионов с хлоридом железа(III) при длине волны 400 нм. В статье приведены результаты оценки согласованности данных по содержанию молочной кислоты в диффузионных соках, полученных при помощи титриметрического и спектрофотометрического методов. Результаты анализа данных при помощи метода описательной статистики Блэнда-Алтмана подтверждают, что данные, полученные различными способами, хорошо согласуются друг с другом, и следовательно, спектрофотометрический метод определения концентрации лактат-ионов может использоваться в производственном контроле в сахарной промышленности.

Ключевые слова: сахарное производство, контроль качества диффузионного сока, определение содержания молочной кислоты, спектрофотометрический метод анализа, титриметрический метод анализа, оценка согласованности результатов, метод Блэнда-Алтмана

O. V. Koloskova, O. K. Nikulina, M. R. Yakovleva

*RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus*

ESTIMATION OF THE SUITABILITY OF METHODS FOR DETERMINING LACTIC ACID CONTENT IN DIFFUSION JUICE FOR APPLICATION IN CHEMICAL AND TECHNICAL CONTROL OF SUGAR PRODUCTION

Abstract. Development of microbiological infection in the process of production of diffusion juice is one of the most important factors affecting the quality of diffusion juice and sucrose loss. In this regard, it is important to promptly monitor the microbiological contamination of mixture from water and beet chips in the diffusion apparatus. Lactic acid is used as an indicator of the degree of microbiological contamination of the diffusion juice. Traditionally, when calculating unaccounted sucrose losses on diffusion, the titrimetric method is used to determine the concentration of lactic acid with preliminary isolation of acid anions from the diffusion juice on ionite columns. However, this method is time-consuming and labor-intensive and is not suitable for operational control. The article suggests using a simpler and less time-consuming spectrophotometric method for operational control, based on measuring the optical density of the colored product of the reaction of lactate ions with iron(III) chloride at a wavelength 400 nm. The results of evaluating the consistency of data on the content of lactic acid in diffusion juices obtained using the traditional and spectrophotometric methods are presented in article. The results of data analysis using the Bland-Altman descriptive statistics method confirm that the data obtained by various methods are in good agreement with each other, and therefore the spectrophotometric method for determining the concentration of lactate ions can be used in production control in the sugar industry.

Key words: sugar production, quality control of diffusion juice, determination of lactic acid content, spectrophotometric method of analysis, titrimetric method of analysis, evaluation of the consistency of results, Bland-Altman's method

Введение. Извлечение сахара из свекловичной стружки путем диффузии один из важнейших технологических процессов сахарного производства. От него зависят потери сахара в жоме и диффузионной установке, качество получаемого диффузионного сока, а в конечном итоге выход и качество готовой продукции.

Одним из важнейших факторов, влияющих на качество диффузионного сока и потери сахарозы, является развитие микрофлоры в процессе его получения. Оперативный контроль за уровнем микробиологической зараженности сокостружечной смеси в диффузионном аппарате позволяет своевременно принять меры для предотвращения развития инфекции и рационально использовать антимикробные препараты.

Используемый на производстве контроль за рН диффузионного сока оказывается недостаточным. Это связано с тем, что место наибольшего снижения рН в диффузионном аппарате не соответствует месту наибольшего развития микроорганизмов, хотя максимум живых и мертвых клеток бактерий обычно совпадает с минимальным значением рН [1–3].

Большая часть микроорганизмов, развивающихся в диффузионном соке, превращает сахарозу в органические кислоты, среди которых преобладает молочная кислота. В связи с этим уровень содержания молочной кислоты используют как индикатор степени микробиологической зараженности диффузионного сока [4–7].

Традиционно при расчете неучтенных потерь сахарозы на диффузии для определения концентрации молочной кислоты используется метод, описанный в «Инструкции по химико-техническому учету и контролю свеклосахарного производства», который включает в себя пропускание раствора диффузионного сока через ионитные колонки, заполненные катионитом КУ-2, с последующим титрованием 0,1 н. NaOH. В колонках осуществляется количественное превращение солей в кислоты. Выделение из катионита кислоты производится дистиллированной водой. На проведение анализа требуется более 1 часа. Из-за своей длительности и трудоемкости данный метод не очень подходит для оперативного контроля, что делает актуальным поиск альтернативных методов [8].

Следует отметить, что в настоящее время разработаны ферментативные методы для определения молочной кислоты. Выпускаются тест-системы для определения молочной кислоты ферментативным способом в продуктах питания и биологических материалах.

В основе ферментативного анализа лежат природные биохимические процессы обмена веществ, которые воспроизводятся *in vitro*: реакция фермента с субстратом, причем в качестве субстрата выступает анализируемое вещество пробы, в данном случае молочная кислота.

В большинстве ферментативных определений используют фотометрические способы измерения результатов. Для этого все компоненты искусственной тестовой системы (буфер, коферменты, активаторы, вспомогательные ферменты) и пробу смешивают в фотометрической кювете. После измерения начальной оптической плотности добавляют стартовый фермент, который инициирует реакцию. Через определенный промежуток времени повторно измеряют оптическую плотность тестовой системы. Из разницы оптических плотностей в начале и в конце реакции по уравнению закона Ламберта-Бера рассчитывают концентрацию искомого соединения [9].

Не смотря на свою высокую точность, данный метод не нашел широкого распространения в производственном контроле. Это связано с тем, что тест-системы для определения D- и L-молочной кислоты ферментативным методом отличаются высокой стоимостью.

Анализ литературных источников показал, что наиболее перспективным для использования в химико-техническом контроле сахарного производства является спектрофотометрический метод определения концентрации молочной кислоты, основанный на измерении оптической плотности окрашенного продукта реакции лактат-ионов с хлоридом железа(III) при длине волны 400 нм [10]. Продолжительность определения концентрации молочной кислоты спектрофотометрическим методом составляет около 20 минут.

Для того, чтобы оценить возможность использования данного метода в производственном контроле и оценить согласованность данных по содержанию молочной кислоты в диффузионных соках, полученных традиционным титриметрическим и спектрофотометрическим методами, в лаборатории РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» были проведены исследования.

Организация и методы исследований. Диффузионный сок для исследований получали в лабораторных условиях. Свеклу нарезают на равные брусочки толщиной и шириной 0,4–0,5 см и длиной около 1,5 см. В полученную стружку добавляли воду в соотношении 1:1,2. Полученные смеси ставили на водяную баню при температуре 75–80 °С и выдерживали в течение 50 минут, периодически

перемешивая. Жидкую фракцию сливали и получали диффузионный сок. Таким способом было приготовлено 6 образцов диффузионного сока.

В образцах сока определяли следующие качественные показатели: содержание сахарозы, содержание сухих веществ, чистоту в соответствии с «Инструкцией по химико-техническому контролю и учету сахарного производства» [8] и pH.

В диффузионных соках определяли молочную кислоту традиционным и спектрофотометрическим методами, описанными в [8] и [9] соответственно. Концентрацию молочной кислоты определяли также и в свекловичном соке, что позволило рассчитать ориентировочные потери сахарозы вследствие микробиологического разложения.

Для сравнения данных по содержанию молочной кислоты в диффузионном соке, полученные разными методами, использовали описательный метод статистики, предложенный Д. Блэндом и Дж. Алтманом.

Построение диаграммы Блэнда-Алтмана и расчет статистических показателей проводили при помощи программы STATISTICA 10.

Результаты исследований и их обсуждения. В табл. 1 представлены показатели качества исследованных образцов диффузионного сока.

Таблица 1. Показатели качества диффузионного сока
Table 1. Indicators of the quality of the diffusion juice

Номер образца	Показатели				
	pH	Содержание сухих веществ, %	Содержание сахарозы, %	Чистота, %	Общие сахара, % к массе свеклы
1	6,3	11,69	10,55	90,25	1,37
2	6,3	12,11	10,66	88,03	1,74
3	6,2	12,05	10,68	88,63	1,64
4	6,4	11,22	10,11	90,10	1,33
5	6,3	12,44	10,86	87,31	1,9
6	6,3	12,16	11,01	90,54	1,38

Анализ представленных данных показывает, что полученные образцы диффузионного сока по исследованным показателям соответствуют диффузионному соку хорошего качества по классификации Вукова: чистота выше 88 %, содержание общих сахаров — менее 2 % к массе свеклы [10].

Содержание молочной кислоты в исследованных диффузионных соках составляло менее 0,05 % к массе сока (табл. 2). Согласно данным научно-технической литературы, при содержании молочной кислоты в количестве 0,02–0,05 % к массе диффузионного сока степень контаминации может рассматриваться как низкая. При этом количество микроорганизмов составляет 10^2 – 10^4 в 1 см³ сока.

На основании прироста молочной кислоты в диффузионном соке относительно свекловичного сока рассчитаны ориентировочные потери сахарозы от деятельности микроорганизмов (табл. 2). При этом учитывалось, что коэффициент пересчета от молочной кислоты к сахарозе равен 2.

С целью оценки согласованности данных по содержанию молочной кислоты, полученных различными методами анализа, использовали метод описательной статистики Блэнда-Алтмана. Это метод оценки согласованности измерений, выполненных разными способами: для каждой пары показателей, полученных различными способами, вычисляется разность, далее определяется средняя величина и стандартное отклонение разности. Средняя разность характеризует систематическое расхождение, а стандартное отклонение — степень разброса результатов [11].

Данные, использовавшиеся для построения диаграммы и расчета статистических показателей, приведены в табл. 3, диаграмма Блэнда-Алтмана на рис. 1.

Диаграмма Блэнда-Алтмана представляет собой диаграмму рассеяния, по оси X которой откладывается среднее значение для двух методов в одном испытании, а по Y — разность значений в одном испытании. Также на графике проводятся две линии, соответствующие средней разности плюс/минус $1,96 \cdot$ стандартное отклонение, что обозначает ожидаемый разброс разностей значений двух измерений.

Анализ диаграммы, представленной на рис. 1, показывает, что 95 % значений разницы показателей при парных измерениях попадают в интервал $\pm 1,96 \cdot$ стандартное отклонение. Средняя разность между измерениями равна всего лишь 0,001, что говорит об отсутствии систематического расхождения. Стандартное отклонение разностей составило 0,00055, что невелико по сравнению с самими значениями. Отсутствует зависимость разности измерений от величины изменения концентрации молочной кислоты. Все это говорит о том, что значения показателя изменения концентрации молочной кислоты, полученные при помощи различных методик, хорошо согласуются друг с другом.

Таблица 2. Содержание молочной кислоты в диффузионных соках и ориентировочные потери сахарозы на диффузии
 Table 2. The content of lactic acid in the diffusion juice and the estimated loss of sucrose on the diffusion

Номер / наименование образца	Содержание молочной кислоты, % к массе сока / % к массе свеклы	Прирост молочной кислоты, % к массе свеклы	Потери сахарозы от жизнедеятельности микроорганизмов, % к массе свеклы
Данные, полученные при использовании титриметрического метода определения концентрации молочной кислоты			
Свекловичный сок	0,0420 / 0,0382	–	–
Диффузионные соки			
1	0,0461 / 0,0507	0,0125	0,0250
2	0,0502 / 0,0552	0,0170	0,0340
3	0,0452 / 0,0497	0,0115	0,0230
4	0,0530 / 0,0583	0,0201	0,0402
5	0,0487 / 0,0536	0,0154	0,0308
6	0,0386 / 0,0425	0,0043	0,0086
Данные полученные при использовании спектрофотометрического метода определения концентрации молочной кислоты			
Свекловичный сок	0,0368/0,0335	–	–
Диффузионные соки			
1	0,0413 / 0,0454	0,0119	0,0238
2	0,0441 / 0,0485	0,0150	0,0300
3	0,0402 / 0,044	0,0105	0,0210
4	0,0478 / 0,0526	0,0191	0,0382
5	0,0432 / 0,0475	0,0140	0,0280
6	0,0379 / 0,0417	0,0038	0,0076

Таблица 3. Данные для расчета статистических показателей и построения диаграммы Блэнда-Алтмана
 Table 3. Data for calculating statistical indicators and building a Bland-Altman diagram

Результаты определения прироста концентрации молочной кислоты, % к массе свеклы		Разность	Среднее значение
Методом титрования	Спектрофотометрическим методом		
0,0125	0,0119	-0,0006	0,0122
0,0170	0,0150	-0,002	0,016
0,0115	0,0105	-0,001	0,011
0,0201	0,0191	-0,001	0,0196
0,0154	0,0140	-0,0014	0,0147
0,0043	0,0038	-0,0005	0,00405

Закключение. На основании выше изложенного можно сделать вывод, что более простой и быстрый спектрофотометрический метод определения концентрации молочной кислоты может использоваться в производственном контроле, в частности для оценки микробиологической зараженности диффузионного сока и расчета ориентировочных потерь сахарозы на диффузии.

Список использованных источников

1. Сапронов, А.Р. Технология сахарного производства / А.Р. Сапронов. — Москва : Колос, 1999, 494 с.
2. Бугаенко, И.Ф. Повышение эффективности сахарного производства. — Часть II: Извлечение сахара из стружки / И.Ф. Бугаенко. — Москва. — 2000. — 70 с.
3. Бугаенко, И.Ф. Общая технология отрасли: Научные основы технологии сахара: Учебник для студентов вузов. — Ч.1 / И.Ф. Бугаенко, В. И. Тужилкин. — СПб: ГИОРД, 2007. — 512 с.
4. Бугаенко, И.Ф. Принципы эффективного сахарного производства / И. Ф. Бугаенко. — Москва : ООО «Инмашпроект», 2003. — 285 с.

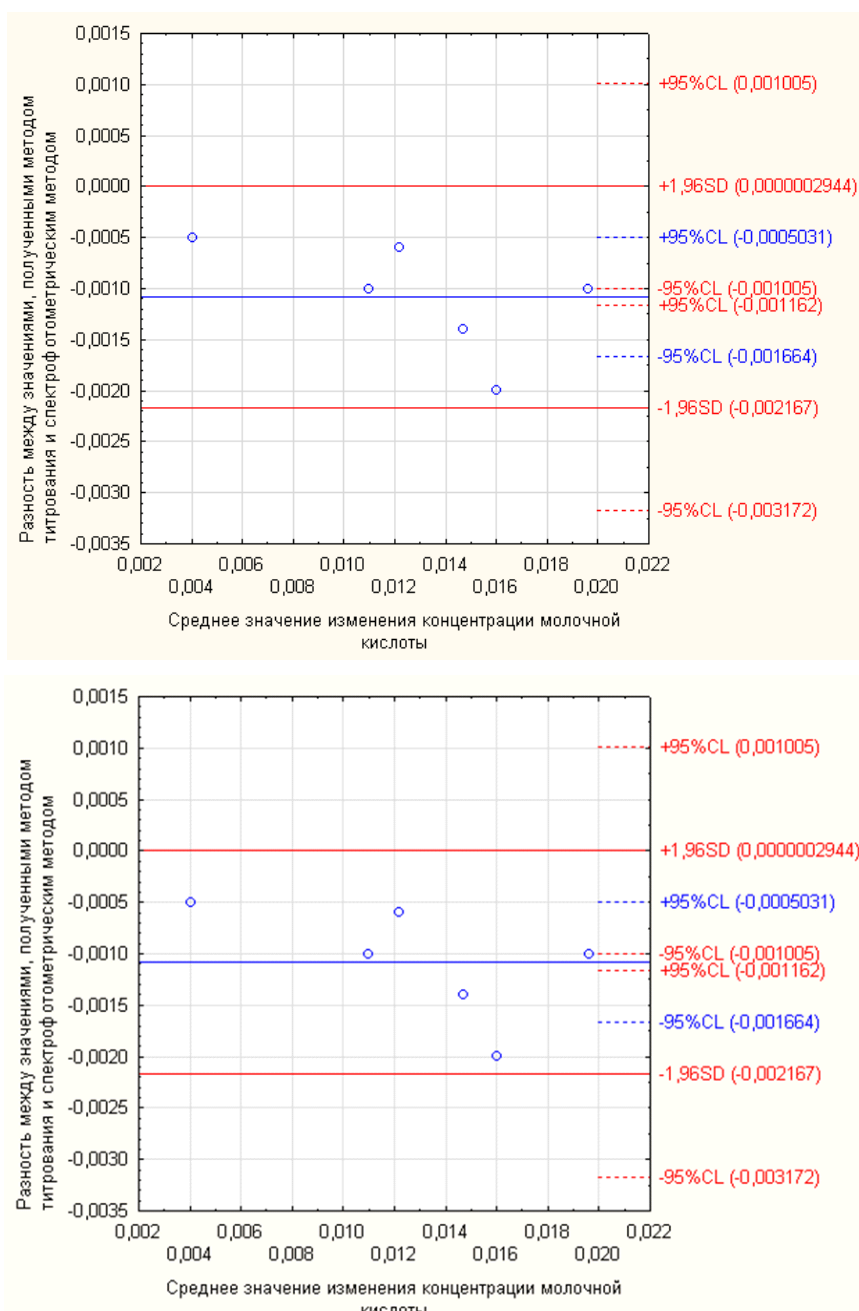


Рис. 1. Диаграмма Блэнда-Алтмана

Fig. 1. Bland-Altman diagram

5. Даишев, М.И. Теоретические основы технологии сахара. — Ч. 1: Технология получения диффузионного сока (современное состояние и перспективы развития) / Краснодар : Куб ГТУ, 1997. — 68 с.
6. Силин, П.М. Технология сахара / П.М. Силин. — Москва : Пищевая промышленность, 1967. — 625 с.
7. Бугаенко, И.Ф. Основы сахарного производства / И.Ф. Бугаенко. — Москва, ЗАО «Международная сахарная компания», 2002 — 355 с.
8. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства. — Киев, 1983. — 476 с.
9. Березовская, В.А. Биохимия. Лабораторный практикум для студентов направления 552400 «Технология продуктов питания» и специальности 271000 «Технология рыбы и рыбных продуктов»: Учебное пособие / В.А. Березовская. — Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2005. — 83 с.
10. Сборник методик определения эффективности процессов в сахарном производстве. — Минск, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». — 2014. — 128 с.

- 11 Сравнение двух способов измерения: метод Блэнда-Алмана [Электронный ресурс]. — 2020. — Режим доступа: <http://statistica.ru/local-portals/medicine/sravnienie-dvukh-sposobov-izmereniya-metod-blenda-altmana>. — Дата доступа : 11.11.2020 г.

References

1. Sapronov, A.R. Tekhnologiya sakharnogo proizvodstva [Sugar production technology] / A.R. Sapronov.— Moscow, Kolos, 1999, 494 p.
2. Bugayenko, I.F. Povysheniye effektivnosti sakharnogo proizvodstva. — Chast' II : Iz-vlecheniya sakhara iz struzhki [Improving the efficiency of sugar production. Part II Extraction of sugar from chips] / I. F. Bugayenko. — Moscow.— 2000.— 70 p.
3. Bugayenko, I.F. Obshchaya tekhnologiya otrasli: Nauchnyye osnovy tekhnologiy sakhara: Uchebnik dlya studentov vuzov [General industry technology: Scientific foundations of sugar technology: Textbook for university students] / V.I. Tuzhilkin, I. F. Bugayenko. — CH.1.— SPb : GIORD, 2007.— 512 p.
4. Bugayenko, I.F. Printsipy effektivnogo sakharnogo proizvodstva [General industry technology: Scientific foundations of sugar technology: Textbook for university students]. — Moscow : OOO «Inmashproyekt», 2003.— 285 p.
5. Daishev, M.I. Teoreticheskiye osnovy tekhnologii sakhara. — CH. 1 : Tekhnologiya polu-cheniya diffuzionnogo soka (sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya) [Theoretical foundations of sugar technology. Part 1. The technology of obtaining diffusion juice (current status and development prospects)] / M. I. Daishev. — Krasnodar: KubGTU, 1997. — 68 p.
6. Silin, P.M. Tekhnologiya sakhara [Technology of sugar] / P.M. Silin. - Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 1967 — 625 p.
7. Bugayenko, I.F. Osnovy sakharnogo proizvodstva [Fundamentals of sugar production] / I.F. Bugayenko. — Moscow : ZAO «Mezhdunarodnaya sakharnaya kompaniya», 2002. — 355 p.
8. Instruktziya po khimiko-tekhnicheskomu kontrolyu i uchetu sakharnogo proizvodstva [Instructions for chemical and technical control and accounting of sugar production]. — Kiyev, 1983. — 476 p.
9. Berezovskaya, V.A. Biokhimiya. Laboratornyy praktikum dlya studentov napravleniya 552400 «Tekhnologiya produktov pitaniya» i spetsial'nosti 271000 «Tekhnologiya ryby i rybnykh produktov» [Biochemistry. Laboratory workshop for students of direction 552400 “Food technology” and specialty 271000 “Technology of fish and fish products”]:Uchebnoye posobiye. / V.A. Berezovskaya. — Petropavlovsk-Kamchatskiy: KamchatGTU, 2005. — 83 p.
10. Sbornik metodik opredeleniya effektivnosti protsessov v sakharnom proizvodstve [Collection of methods for determining the efficiency of processes in sugar production]. — Minsk, RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, 2014. — 128 p.
11. Sravnieniye dvukh sposobov izmereniya: metod Blenda-Altmana [Comparison of two methods of measurement: Bland-Altman method] [Electronic resource]. — Mode of access: <http://statistica.ru/local-portals/medicine/sravnienie-dvukh-sposobov-izmereniya-metod-blenda-altmana>. — Date of access 11.11.2020 г.

Информация об авторах

Колоскова Ольга Владимировна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: sugar@belproduct.by.

Никулина Оксана Константиновна — заведующая научно-исследовательской лабораторией сахарного производства, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: sugar@belproduct.by.

Яковлева Мария Романовна — инженер-технолог, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: sugar@belproduct.by.

Information about authors

Koloskova Olga V. — Ph.D. (Engineering), Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus, (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sugar@belproduct.by.

Nikulina Oksana K. — Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus, (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sugar@belproduct.by.

Yakovleva Maria R. - Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus, (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sugar@belproduct.by.

УДК 637.5.075.051

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4\(50\)-95-102](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-95-102)

Поступила в редакцию 01.09.2020

Received 01.09.2020

И. Е. Лобазова, Е. И. Козельцева, Э. А. Петрова*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ ПО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Аннотация. Мясная промышленность занимает ведущее место среди всех отраслей пищевой промышленности. В то же время мясо и продукты его переработки являются серьезным фактором распространения и увеличения риска заболевания листериозом, сальмонеллезом, кампилобактериозом, ботулизмом, отравления стафилококковым энтеротоксином, эшерихиозом, протозоозами.

Одним из обязательных требований к качеству продуктов питания является их безопасность для здоровья человека и стабильность в процессе хранения и реализации. Особое значение для потребителя имеет микробиологическая безопасность пищевых продуктов, обеспечение которой является основной задачей бактериологического контроля на предприятиях, выпускающих мясо и мясопродукты

Ключевые слова: микробиологические показатели, мясо и мясная продукция, виды порчи, стадии обсеменения

I. E. Labazava, E. I. Kozeltsava, E. A. Piatrova*RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus*

QUALITY ASSESMENT OF MEAT PRODUCT BY MICROBIOLOGICAL INDICATORS

Abstract. The meat industry takes a leading place among all branches of the food industry. At the same time, meat and its processed products are a serious factor in the spread and increased risk of listeriosis, salmonellosis, campylobacteriosis, botulism, poisoning with staphylococcal enterotoxin, escherichiosis, protozoa.

One of the mandatory requirements for the quality of food products is their safety for human health and stability during storage and sale. Of particular importance to the consumer is the microbiological safety of food products, the provision of which is the main task of bacteriological control at enterprises producing meat and meat products

Keywords: microbiological indicators, meat and meat products, types of spoilage, seeding stages

Развитие пищевой промышленности Республики Беларусь характеризуется наращиванием объемов производства выпускаемой продукции на экспорт. Важным является поиск новых рынков сбыта, расширение ассортимента выпускаемой продукции, а также совершенствование качества товара. Мясная промышленность занимает ведущее место среди всех отраслей пищевой промышленности [27].

Мясо содержит большое количество белков и жиров, минеральных солей, витаминов, экстрактивных веществ, потребление которых необходимо для нормального функционирования организма. С другой стороны, мясо и продукты его переработки являются серьезным фактором распространения и увеличения риска заболевания листериозом, сальмонеллезом, кампилобактериозом, ботулизмом, отравления стафилококковым энтеротоксином, эшерихиозом, протозоозами (паразитарные инвазии) [20].

Одним из обязательных требований к качеству продуктов питания является их безопасность для здоровья человека и стабильность в процессе хранения и реализации. Особое значение для потребителя имеет микробиологическая безопасность пищевых продуктов, обеспечение которой является основной задачей бактериологического контроля на предприятиях, выпускающих мясо и мясопродукты [21].

На территории стран ЕАЭС, куда входит и Республика Беларусь с момента образования Таможенного союза, основными ТНПА, в которых регламентировано качество мяса и мясной продукции

являются ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и ТР ТС 034/2011 «О безопасности мяса и мясной продукции». Кроме того, действующим документом на территории Республики Беларусь также является СанПиН № 52, утвержденный Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 21 июня 2013.

Показатели качества мяса зависят от состава и свойств исходного сырья, используемых рецептов, условий и режимов технологической обработки и хранения [6, 19].

Микробиологический контроль осуществляется как за процессом производства, так и за качеством готовой продукции, а также за санитарным состоянием производственных помещений, оборудования, мелкого инвентаря и личной гигиены работников [18].

Микроорганизмы могут контаминировать колбасные и мясные изделия, попадая из различных источников на всех основных этапах технологического процесса их приготовления: из сырья, при подготовке мяса (разрубке туш, обвалке, жиловке), посоле, составлении колбасной начинки и последующем наполнении колбасной оболочки [24, с 12].

Эндогенная контаминация микроорганизмами может происходить как после убоя, так и при жизни животного.

Прижизненное обсеменение мяса происходит у животных, больных инфекционными заболеваниями, органы и ткани которых содержат возбудитель болезни. Распространение возбудителя по органам и тканям животного во многом зависит как от вида инфекции, ее течения, так и состояния организма самого больного животного.

Наиболее часто эндогенная контаминация тканей животных происходит при их утомлении, возникающем в процессе перегона и транспортирования животных на мясокомбинаты, в том числе и при испытывании ими стресса.

Эндогенный путь контаминации начинается сразу же после убоя и обескровливания, т. е. после смерти животного. При этом стенка кишечника становится легкопроницаемой для микроорганизмов желудочно-кишечного тракта, которые, в свою очередь, проникают в окружающие ткани, где их численность резко увеличивается в несколько раз. Если проводят убой животного, находящегося в уставшем состоянии, то часть микроорганизмов, сохраняющаяся в мясе, в дальнейшем вызывает порчу продукта. Поэтому, как правило, животным дают отдохнуть не менее 3 суток перед убоем. За это время ткани животного освобождаются от микробов, в мышцах увеличивается содержание гликогена, что после убоя повышает количество молочной кислоты и устойчивость мяса к гнилостным микробам. Количество гликогена является одним из факторов, способствующих сохранению мяса. Упитанные животные и молодняк, в своих тканях содержат больше гликогена, и соответственно, их мясо меньше подвергается порче.

Экзогенная контаминация происходит как во время убоя животных, так и при последующих операциях разделки туши. Источниками экзогенной контаминации служат содержимое желудочно-кишечного тракта и кожный покров животных, а также оборудование, транспортные средства, инструменты, воздух, руки, одежда и обувь работников, имеющих контакт с мясом, технологическая вода, используемая для зачистки туш [12].

Так, например, при соблюдении санитарно-гигиенических правил производства мяса на 1 см² площади поверхности туши свежего мяса насчитывается не более нескольких тысяч или десятков тысяч бактериальных клеток, а при низком уровне санитарного состояния в цехах убоя и разделки туш на 1 см² площади поверхности туши приходится сотни тысяч или даже миллионов бактериальных клеток [4, 9].

Качественный состав микрофлоры свежего мяса также разнообразен. Основную массу этой микрофлоры составляют микроорганизмы, являющиеся постоянными обитателями желудочно-кишечного тракта [5, 8].

Наиболее часто обнаруживают различные виды гнилостных аэробных бацилл, анаэробные клостридии, молочнокислые палочки и неспоровые бактерии, аэробные стафилококки и микрококки, бактерии группы кишечных палочек, дрожжи, споры стрептомицетов и плесневых грибов. Среди патогенных микроорганизмов часто обнаруживают сальмонеллы, реже — другие патогенные микроорганизмы, такие как шигеллы [1, 2].

Обсемененность микроорганизмами сырья, благополучного в санитарном отношении (т.е. полученного от здоровых животных), также может быть различной в зависимости от санитарно-гигиенических условий его получения, хранения, транспортирования и предварительной обработки, также влияние оказывают температурные режимы. Известно, что размороженное мясо содержит больше микрофлоры, чем охлажденное, так как в процессе оттаивания мороженых продуктов создаются благоприятные условия для размножения микроорганизмов. Контаминация микроорганизмами поверхности размороженного мяса зависит как от санитарно-гигиенических условий, так и соблюдения технологических режимов оттаивания [3, 7].

На загрязненной поверхности несвежего и ослизшего мяса, а также желудочно-кишечном тракте микроорганизмы содержатся в большом количестве. В производство такое сырье допускают исключительно после тщательной предварительной санитарной обработки (зачистки, промывания и т.д.) [8, 10].

Подготовка мяса. Количество микроорганизмов в мясе резко увеличивается при разрубке туш, обвалке, жиловке, так как эти операции выполняют вручную. Например, только после разрубки и обвалки мяса количество микрофлоры может возрастать в 100 и более раз.

Обычно мышечная ткань при ненарушенной целостности представляет собой препятствие для внедрения микробов с поверхности мясной туши в толщу мышечной ткани. Несмотря на то, что на поверхности туши иногда находится много микроорганизмов, они довольно медленно проникают в глубь тканей [13, 14].

В процессе разрубки, обвалки и жиловки мышечная ткань обнажается и измельчается, вследствие чего увеличивается площадь ее соприкосновения с внешней средой и становится неизбежным попадание в мясо различных гнилостных неспорообразующих и споровых бактерий, энтерококков, актиномицетов, плесневых грибов, дрожжей, кишечной палочки, бактерий рода протейс, стафилококков и других сапрофитных и условно-патогенных микроорганизмов, а иногда и патогенных бактерий (сальмонелл и др.) [15].

Микроорганизмы могут попадать на мясо с рук рабочих, со спецодежды, инструментов, инвентаря, тары, а также обвалочных столов и воздуха производственных помещений и прочего. Происходит также миграция микроорганизмов, имеющих на поверхности туши, на обнажаемые при разрезе новые открытые участки мышечной ткани. Степень обсеменения мяса зависит от размеров кусков, на которые разделяются туши, и соответственно, чем больше поверхность к объему куска, тем будет выше степень обсеменения микроорганизмами [16].

Для максимального уменьшения степени микробного заражения сырья необходимо, чтобы процесс подготовки был краткосрочным (не более нескольких часов) и проводился при пониженных температурах в производственных помещениях. Кроме того, следует строго соблюдать санитарно-гигиенический режим производства (тщательную санитарную обработку помещений, дезинфекцию обвалочных столов, инструментов, тары, спецодежды, соблюдение персоналом правил личной гигиены и т.д.) [17].

Рассмотрим пути обсеменения колбасных изделий при их изготовлении.

Посол. Последующее увеличение количества микроорганизмов в мясе происходит главным образом за счет попадания вместе с посолочной смесью (или рассолом) различных галотолерантных и галофильных гнилостных бацилл, пигментных кокков, дрожжей, спор плесневых грибов, актиномицетов и др. Для исключения этого дополнительного источника обсеменения мяса микроорганизмами рекомендуется для посола применять стерильную посолочную смесь [19].

Микроорганизмы попадают в мясо также с оборудования и инвентаря, используемого при посоле [6].

При соблюдении температурного режима (температура не выше 2–4°C) и сроков посола (не более 1–3 суток для вареных колбас) значительного увеличения содержания микроорганизмов не происходит.

Составление колбасной начинки. Обсеменение начинки может происходить во время выполнения механических операций (измельчение мяса на волчке и куттере, при обработке начинки в смесительной машине), с оборудования, рук рабочих, тары, инвентаря, из воздуха помещений. Соблюдение установленного санитарного режима при выполнении вышеназванных операций будет способствовать уменьшению микробного контаминирования продукции [11].

Микроорганизмы могут попадать в изделие при добавлении таких ингредиентов как шпик, крахмал, мука и специи. С такими специями, как перец, в начинку попадают спорообразующие бактерии. Подавляющей массой микробов, находящихся в перце, являются аэробные бациллы. Использование простерилизованных специй позволяет устранить этот источник микробного загрязнения колбас.

Наполнение колбасной оболочки. При набивке колбасных батонов из шприца также могут попадать микроорганизмы, поэтому необходимо тщательно промывать и дезинфицировать инвентарь перед использованием [20].

Другим источником микробного обсеменения колбас при набивке может служить сама колбасная оболочка. Для этих целей применяют как естественные (моксололенные, пресно-сухие), так и искусственные оболочки. Естественные кишечные оболочки загрязнены различными солеустойчивыми микроорганизмами. Санитарная обработка (очистка, дезинфекция) кишок перед использованием резко снижает микробное загрязнение. Искусственные оболочки более гигиеничны. При соблюдении санитарных условий хранения и транспортирования в них обычно содержится небольшое количество микроорганизмов [21].

После набивки колбас в оболочку дополнительное микробное обсеменение извне исключается.

Однако отметим, что при последующем технологическом процессе в зависимости от технологии изготовления колбас происходят определенные изменения микрофлоры начинки [23].

После набивки оболочек начинкой при изготовлении вареных и полукопченых колбас батоны подвергают осадке, обжарке, варке и охлаждению. Полукопченые колбасы дополнительно коптят и сушат.

Осадку осуществляется при относительной влажности воздуха 85–95% и температуре 2 °С и в течение 2–4 часов. На этой стадии качественный и количественный состав микрофлоры почти не изменяется [25].

Обжарку производят горячим дымом температурой 80–110 °С в течение 30–120 минут. Оболочка и частично сам фарш пропитывается составными частями дыма, подсушивается, что создает неблагоприятные условия для развития микроорганизмов на поверхности колбасных батонов. Однако в глубине батонов температура поднимается только до 30–50 °С, и поэтому число микроорганизмов несколько увеличивается. Кроме того, необходимо соблюдать сроки обжарки [25, 24].

Варка приводит к подъему температуры внутри батона до температуры 68–75 °С, при этом погибает до 90 % всех вегетативных форм клеток микроорганизмов, которые находятся в сырых колбасных изделиях. Отмирают все вегетативные клетки: *E. coli*, *Pr. vulgaris*, кокки, молочнокислые, дрожжи и др.

Если до варки 1 кг фарша содержит десятки тысяч клеток и более, то после варки в 1 г фарша остаются только сотни или несколько тысяч клеток. Остаточную микрофлору колбасных изделий после варки составляют в основном спорообразующие сапрофитные бактерии: *Bac. subtilis*, *Bac. mesentericus*, *Cl. sporogenes*, кокки.

Копчение и сушка — это процессы, которые применяют при изготовлении полукопченых колбас. Групповой состав микрофлоры после копчения и сушки практически не изменяется. Общее число микроорганизмов немного снижается.

При соблюдении всех технологических режимов и санитарных норм производства общая обсемененность микроорганизмами вареных и полукопченых колбас первого и второго сортов должна не превышать 1000, а колбас третьего сорта — не выше 2000 КОЕ/г. В колбасах не должны содержаться патогенные и условно-патогенные микроорганизмы (*Salmonella*, *E. coli*, *Proteus*) [26].

Безоболочные виды колбасных изделий (мясной хлеб, карбонат и др.) после надлежащей термической обработки имеют незначительную общую обсемененность и не должны содержать патогенные и условно-патогенные микроорганизмы. Однако поскольку эти изделия не имеют защитной оболочки, то при нарушении санитарных норм они могут обсеменяться микроорганизмами. Наиболее часто на этих продуктах встречаются *Salmonella*, *E. coli*, *Proteus*, споровые гнилостные бактерии, кокки, число которых на 1 см² достигает сотен тысяч; во всех пробах обнаруживается *E. coli* [28].

Копченые колбасы подразделяют на сырокопченые и варено-копченые. Сырокопченые колбасы подвергают длительной осадке (в течение 5–7 сут), холодному копчению при температуре 18–25 °С и сушке до 1,5 мес. Групповой состав микрофлоры этих колбас очень разнообразен: грамотрицательные бактерии, *E. coli*, *Proteus*, гнилостные споровые аэробные бациллы (*Bac. subtilis* и *Bac. mesentericus* и др.), анаэробные клостридии, стафилококки, энтерококки, микрококки, дрожжи и молочнокислые палочки. В процессе созревания колбас групповой состав их микрофлоры изменяется и становится более однородным: к концу созревания основу микрофлоры сырокопченых и вяленых колбас составляют молочнокислые бактерии и микрококки [50].

Копчено-вареные колбасные изделия подвергают менее длительной осадке (1–2 сут), горячему копчению при температуре 50–60 °С, затем варке, вторичному копчению при температуре 32–45 °С и менее продолжительной сушке (7–15 сут).

В конце сушки (созревания) групповой состав микрофлоры варено-копченых колбас почти не отличается от группового состава микрофлоры сырокопченых колбас. В составе преобладают те же группы микроорганизмов (микрококки и молочнокислые бактерии), жизнедеятельность которых играет определенную роль в процессе формирования цвета, специфического аромата и вкуса колбасы.

Для улучшения качества сыровяленых и сырокопченых колбас и интенсификации технологического процесса в России, Германии, Болгарии, Финляндии, Франции и в других странах в настоящее время применяют специально подобранные штаммы молочнокислых бактерий (*Lactobacterium plantarum*, *Lactobacterium acidophilum*, *Pediococcus cerevisiae*) и микрококков (*Micr. casceolyticus*).

В процессе хранения могут проявляться следующие виды порчи колбас. При неправильном хранении остаточная микрофлора колбас начинает размножаться и вызывать разные виды порчи [26].

Гниение колбас обусловлено жизнедеятельностью гнилостных бактерий: *Ps. pyocyanea*, *Pr. vulgaris*, *Bac. subtilis*, *Bac. mesentericus*, *Cl. sporogenes* и др. Гнилостное разложение колбас наступает одновременно по всей толще батона. Гниение сопровождается выделением резкопахнущих продуктов разложения: белков, жиров и углеводов; изделие приобретает рыхлую консистенцию.

Прогорклость возникает при длительном хранении копченых колбас. Прогорклость чаще всего является результатом размножения в колбасе следующих микроорганизмов: *Ps. fluorescens*, *Bact. prodigiosum*, *Endomyces lactis*, *Cladosporium herbarum* и других, которые обладают липолитическими ферментами. Липолитические ферменты в свою очередь расщепляют жир на глицерин и жирные кислоты, которые окисляются. Образующиеся при этом альдегиды и кетоны придают продукту прогорклый вкус и едкий запах [25].

Кислотное брожение вызывают *Cl. perfringens*, *E. coli*, молочнокислые бактерии, дрожжи и др. Как правило, этот вид порчи встречается в ливерных и вареных колбасах, которые содержат много таких углеводов как мука, растительные примеси и имеют высокую влажность. При разложении углеводов накапливаются органические кислоты, которые и придают колбасам кислый запах и вкус. При этом консистенция и цвет фарша могут не изменяться. В дальнейшем при широком доступе кислорода может появиться серовато-зеленая окраска фарша.

Плесневение — наиболее распространенный вид порчи сырокопченых и сыровяленых колбас при неправильном хранении этих продуктов в условиях повышенной влажности. Вследствие того, что грибы устойчивы к коптильным веществам и способны размножаться при повышенном осмотическом давлении, то они особо быстро развиваются на увлажненных оболочках колбасных батонов, образуя сухие или влажные налеты. При неплотной набивке плесневые грибы могут прорасти внутрь батонов [22].

На рис. 1 показан рост плесневых грибов, вырастающих на питательной среде.

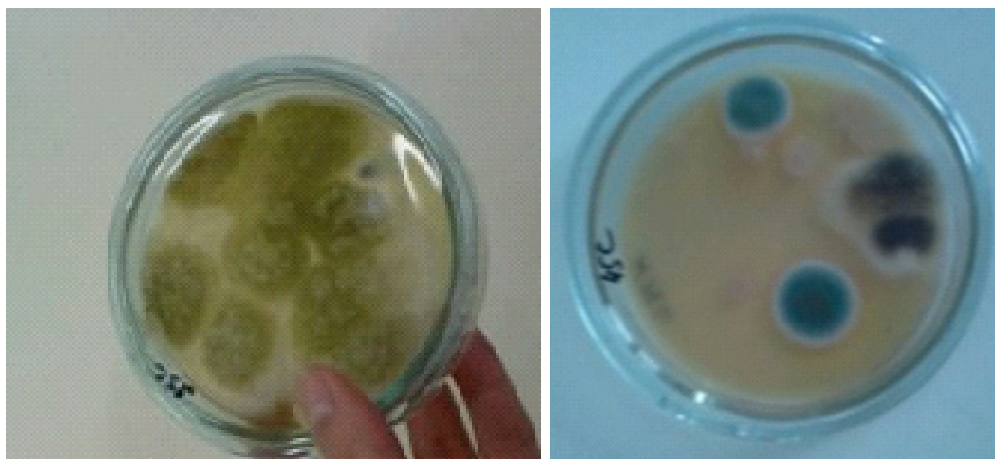


Рис. 1. Рост плесневых грибов на среде Сабуро
Fig. 1. Growth of molds on Saburo's medium

В табл. 1 представлены результаты испытаний мяса и продуктов его переработки, проводимые в Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания в 2018–2019 гг.

Таблица 1. Образцы забракованной мясной продукции
Table 1. Samples of rejected meat products

Вид продукции	Количество образцов	Количество забраковок	Показатели
Колбасные изделия (в т.ч. из мяса птицы)	1486	2	Бактерии группы кишечных палочек
Консервы мясные	104	0	-
Мясо птицы и п/ф из него, (спинки ц/б) в т.ч. мясо мехобвалки	978	2	<i>Salmonella</i>
		1	<i>L.monocytogenes</i> + <i>Salmonella</i>
		22	<i>L.monocytogenes</i>
		6	<i>L.monocytogenes</i>
Мясо и п/ф из него	753	3	<i>L.monocytogenes</i>
Субпродукты	761	3	<i>L.monocytogenes</i>
Шпик и продукты из него	121	1	КМАФАнМ и БГКП
		2	Бактерии группы кишечных палочек

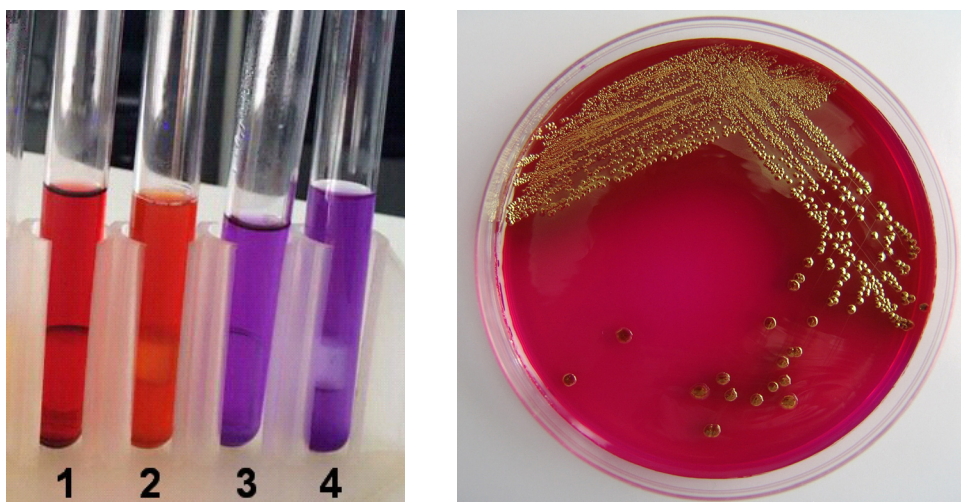


Рис. 2. Рост БГКП в среде Кесслер и МакКонки и агаре Эндо
 Fig. 2. Coliform growth in Kessler and McConkey environment and Endo agar

По данным табл. 2 видно, что наиболее часто патогенная микрофлора (листерии и сальмонеллы) обнаруживаются в сыром мясе (в т.ч. и птицы), полуфабрикатах и субпродуктах, и не обнаруживаются в готовых изделиях, что указывает на соблюдение производителями технологических процессов.

Как видно из результатов исследований, количество образцов колбасных изделий, забракованных по показателю «наличие бактерий группы кишечных палочек», указывающее на ненадлежащее санитарное состояние в изделиях, составляет 0,26%. В то же время, БГКП, обнаруживаемые в 1,0 г готовой шпика мясного скорее являются завышенным нормативом для данного продукта, изготавливаемого измельчением сырого мяса и сала.

Список использованных источников

1. Антипова, Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Плотова, И.А. Рогов. — М.: Колос, 2001. — 376 с.
2. Балясова, Н.А. Микробиология: учебное пособие для студентов специальностей «Биотехнология» и «Биоэкология» / Н.А. Балясова. — Минск: БГТУ, 2005. — 39 с.
3. Билетова, Н.В. Санитарная микробиология / Н.В. Билетова, Р.П. Корнелаева, Л.Г. Кострикина. — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 352 с. С. 280–290.
4. Бирюкова, М.В. Безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов / М.В. Бирюкова, М.В. Гернет, Д.А. Еделев. — Москва: МГУ, 2010. — 27 с.
5. Болотский М.Н. Индикация *Listeria monocytogenes* в продовольственном сырье и продуктах животного происхождения методом ИФА // Ветеринарная патология. — 2007.- №2. - С.46–49.
6. Бутко, М.П. Руководство по ветеринарно-санитарной экспертизе и гигиене производства мяса и мясопродуктов / М.П. Бутко, Ю.Г Костенко. — М.: РИФ Антикава, 1994. — С. 540 — 542.
7. Васильев Д. А. Листерииоз как новая пищевая инфекция / Д. А. Васильев, Н. И. Микишина // Вопросы ветеринарной микробиологии и эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы. Сб. научных трудов. — Ульяновск, 1990. — С. 52–59.
8. Донченко, Л.В. Безопасность пищевого сырья и продуктов питания / Л.В. Донченко, В.Д. Надикта. — М.: Пищевая промышленность, 2001. — С. 70 — 76.
9. Джеймс, М. Джей. Современная пищевая микробиология / Джеймс М. Джей, Мартин Дж. Леснер, Дэвид А. Гольден. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. - 886 с.
10. Евграфов, О.В. Основы экологии и охрана окружающей среды / О.В. Евграфов, А.А. Вакулин, А.К. Рустамов. — М.: Колос, 1996. — С. 39–45.
11. Ефимочкина Н.Р. Микробиология пищевых продуктов и современные методы детекции патогенов / Н.Р.Ефимочкина. — М.:РАМН, Москва, 2013. — 518 с.
12. Жарикова, Г.Г. Микробиология продовольственных товаров. Санитария и гигиена / Г.Г. Жарикова. — М.: АСАДЕМА, 2005. — С. 170 — 176.
13. Залашко, М.В. Микроорганизмы — источники жиров и витаминов / М.В. Залашко, И.Ф. Королева, Л.Д. Михеева. — Минск: Наука и техника, 1984. — С. 30 — 32.

14. Казаков, А.М. Микробиология мяса / А.М. Казаков. — М.: Пищепромиздат, 1972. — С. 204.
15. Кармас Э. Технология колбасных изделий / Э. Кармас. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1989. — С. 46 — 53.
16. Корнелаева, Р.П. Санитарная микробиология сырья и продуктов животного происхождения / Р.П. Корнелаева, П.П. Степаненко, Е.В. Павлова. — М.: Полиграфсервис, 2006. — С. 15 — 18.
17. Костенко, Ю.Г. Руководство по ВСЭ и гигиене производства мяса и мясных продуктов / Ю.Г. Костенко, М.П. Бутко, В.М. Ковбасенко. — Москва: РИФ «Антиква», 1994. — С. 153 — 155.
18. Лаврова, Л. П. Технология колбасных изделий / Л.П. Лаврова, В.В. Крылова. — М.: Пищевая промышленность, 1975. — С. 7 — 9.
19. Макаров, В.А. Ветеринарно-санитарная экспертиза продуктов животноводства / В.А. Макаров, В.П. Фролов, Н.Ф. Шуклин. — Москва: Агропромиздат, 1991. — С. 35 — 37.
20. Макаров, В.В. Эмерджентность, чрезвычайные ситуации и зоонозы. / В.В. Макаров // Ветеринарная патология. — 2004. - № 3 (10). - С.36–45.
21. Позняковский, В.М. Безопасность продовольственных товаров: учебное пособие / В.М. Позняковский. — М.: ИНФРА-М, 2012. — С. 180 — 184.
22. Рогов, И.А. Общая технология получения и переработки мяса / И.А. Рогов, А.Г. Забашта, Г.П. Казюлин. — Москва: Колос, 1994. — С. 450 — 456.
23. Салаватулина, Р.М. Рациональное использование сырья в колбасном производстве / Р.М. Салаватулина. — Москва: Агропромиздат, 1985. — С. 230 — 239.
24. Сидоров, М.А. Микробиология мяса, мясопродуктов и птицепродуктов / М.А. Сидоров, Н.В. Билетова, Р.П. Корнелаева. — М.: Агропромиздат, 1986. — С. 150 — 165.
25. Сидоров, М.С. Микробиология мяса и мясопродуктов / М.С. Сидоров, Р.П. Корнелаева. — М.: Колос, 1996. — С. 229 — 232.
26. Стацько, В.П. Колбасы. Колбасные изделия. Продукты из мяса / В.П. Стацько. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. — С. 10 — 82.
27. Татарникова, Н.А. Патогенная микрофлора мяса и мясных продуктов / Н.А. Татарникова, О.Г. Маусь // Ветеринария. — 2015 - №1(51) — С.87–89.
28. Хамнаева, Н.И. Особенности санитарно-микробиологического контроля сырья и продуктов питания животного происхождения: учебное пособие / Н.И. Хамнаева. — Улан-Удэ: ВСГТУ, 2006. — С. 67 — 75.

References

1. Antipova, L.V. Methods of research of meat and meat products / L.V. Antipova, I.A. Glotova, I.A. Rogov. — М.: Kolos, 2001. — 376p.
2. Balyasova, N.A. Microbiology: a textbook for students of specialties “Biotechnology” and “Bioecology” / N.A. Balyasov. — Minsk: BSTU, 2005. — 39 p.
3. Biletova, N.V. Sanitary microbiology / N.V. Biletova, R.P. Kornelaeva, L.G. Kostrikin. — М.: Food industry, 1980. — S. 280–290.
4. Biryukova, M.V. Safety of food raw materials and food products / M.V. Biryukova, M.V. Gernet, D.A. Edelev. - Moscow: Moscow State University, 2010. — 27 p.
5. Bolotsky M.N. Indication of *Listeria monocytogenes* in food raw materials and products of animal origin by ELISA method // Veterinary pathology. — 2007. — No. 2. — S.46-49.
6. Butko, M.P. Guidelines for veterinary and sanitary examination and hygiene of meat and meat products production / M.P. Butko, Yu.G. Kostenko. - М.: RIF Antikva, 1994. — S. 540 — 542.
7. Vasiliev DA Listeriosis as a new foodborne infection / D. A Vasiliev, NI Mikishina // Questions of veterinary microbiology and epizootology and veterinary-sanitary examination. Collection of scientific works. — Ulyanovsk, 1990. — S. 52–59.
8. Donchenko, L.V. Safety of food raw materials and food products / L.V. Donchenko, V.D. Nadykta. — М.: Food industry, 2001. — S. 70–76.
9. James, M. Jay. Modern food microbiology / James M. Jay, Martin J. Lessner, David A. Golden // М.: BINOM. Knowledge Laboratory, 2017. — 886 p.
10. Evgrafov, O. V. Fundamentals of ecology and environmental protection / O.V. Evgrafov, A.A. Vakulin, A.K. Rustamov. — М.: Kolos, 1996. — S. 39–45.
11. Efimochkina N.R. Microbiology of food products and modern methods of detection of pathogens / N.R. Efimochkina. — М.: RAMN, Moscow, 2013. — 518 p.
12. Zharikova, G.G. Microbiology of food products. Sanitation and hygiene / G.G. Zharikov. — М.: ACADEMA, 2005. — S. 170–176.
13. Zalashko, M.V. Microorganisms - sources of fats and vitamins / M.V. Zalashko, I.F. Koroleva, L.D. Mikheeva. — Minsk: Science and Technology, 1984. — S. 30–32.

14. Kazakov, A.M. Microbiology of meat / A.M. Kazakov. — М.: Pishchepromizdat, 1972. — P. 204.
15. Karmas E. Technology of sausages / E. Karmas. - М.: Light and food industry, 1989. - P. 46 - 53.
16. Kornelaeva, R.P. Sanitary microbiology of raw materials and products of animal origin / R.P. Kornelaeva, P.P. Stepanenko, E.V. Pavlova. — М.: Poligrafservis, 2006. — S. 15–18.
17. Kostenko, Yu.G. Guidelines for VSE and hygiene of meat and meat products production / Yu.G. Kostenko, M.P. Butko, V.M. Kovbasenko. — Moscow: RIF “Antiqua”, 1994. - P. 153–155.
18. Lavrova, LP Technology of sausages / LP. Lavrov, V.V. Krylov. - М.: Food industry, 1975. — S. 7–9.
19. Makarov, V.A. Veterinary and sanitary examination of animal products / V.A. Makarov, V.P. Frolov, N.F. Shuklin. — Moscow: Agropromizdat, 1991. -- S. 35 - 37.
20. Makarov V.V. Emergence, emergencies and zoonoses. / V.V. Makarov // Veterinary pathology. — 2004. — No. 3 (10). — S.36-45.
21. Poznyakovsky, V.M. Safety of food products: textbook / V.M. Poznyakovsky. - М.: INFRA-M, 2012. — S. 180–184.
22. Rogov, I.A. General technology of meat production and processing / I.A. Rogov, A.G. Zabashta, G.P. Kazulin. - Moscow: Kolos, 1994. —S. 450–456.
23. Salavatulina, R.M. Rational use of raw materials in sausage production / R.M. Salavatulin. — Moscow: Agropromizdat, 1985. — S. 230–239.
24. Sidorov, M.A. Microbiology of meat, meat products and poultry products / M.A. Sidorov, N.V. Biletova, R.P. Kornelayev. — М.: Agropromizdat, 1986. — 208 p. S. 150–165.
25. Sidorov, M. S. Microbiology of meat and meat products / M.S. Sidorov, R.P. Kornelayev. — М.: Kolos, 1996. — S. 229–232.
26. Statsko, V.P. Sausages. Sausages. Meat products / V.P. Statsko. — Rostov-on-Don: Phoenix, 2000. — P. 10–82.
27. Tatarnikova, N.A. Pathogenic microflora of meat and meat products / N.A. Tatarnikova, O.G. Maus // Veterinary medicine. — 2015. — №1 (51). — P.87–89.
28. Khamnaeva, N.I. Features of sanitary and microbiological control of raw materials and food products of animal origin: textbook / N.I. Khamnaev. — Ulan-Ude: VSGTU, 2006. — P. 67–75.

Информация об авторах

Лобазова Ирина Евгеньевна — кандидат химических наук, заведующая лабораторией микробиологических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29). E-mail: lobazova@mail.ru.

Козельцева Елена Игоревна — научный сотрудник лаборатории микробиологических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29). E-mail: info@belproduct.com.

Петрова Элеонора Абрамовна — научный сотрудник лаборатории микробиологических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29). E-mail: info@belproduct.com.

Информация об авторах

Labazava Iryna .E — PhD (Chemist) the head of the Microbiological laboratory of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety of RUE “Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lobazova@mail.ru.

Kozeltseva Elena I. — researcher at the of the Microbiological laboratory of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety of RUE “Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com.

Petrova Eleonora A. — researcher at the of the Microbiological laboratory of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety of RUE “Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com.

М. М. Трусова¹, О. В. Павлова²

¹*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

²*Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», г. Гродно, Республика Беларусь*

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО СОРБЕНТА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ КОЛЛОИДНОЙ СИСТЕМЫ НАПИТКОВ БРОЖЕНИЯ

Аннотация. В статье дается представление о коллоидной системе напитков брожения, описываются основные компоненты муты и методы их ликвидации, которые применяются в современной технологии пива и квасов. Приведена краткая характеристика сорбентов: хитозана и кизельгура, описаны механизмы сорбции, которые свойственны данным веществам. Целью исследования является разработка рецептуры комбинированного сорбента на основе хитозана и кизельгура, определение его сорбционных способностей по отношению к белку альбумину. В качестве методов в исследовании использовался простой однофакторный эксперимент, концентрация белка в растворах до и после сорбции определялась при помощи биуретового метода и измерением на спектрофотометре. Данные, полученные в ходе эксперимента, были подвергнуты простому математическому и статистическому анализу. В статье представлены результаты исследования о возможности использования комбинированного сорбента на основе кизельгура и хитозана в технологии напитков брожения. Изучены сорбционные способности кизельгура и хитозана по отношению к белкам по отдельности, а также разработана оптимальная рецептура композиционного сорбента из этих двух материалов. На примере модельных растворов была выявлена оптимальная экспозиция и рецептура композиционного сорбента в технологии напитков брожения.

Ключевые слова: хитозан, кизельгур, комбинированный сорбент, напитки брожения, альбумин, сорбция

M. M. Trusova¹, O. V. Pavlova²

¹*RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus*

²*Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Republic of Belarus*

DEVELOPMENT OF A COMBINED SORBENT FOR STABILIZING THE COLLOIDAL SYSTEM OF FERMENTED DRINKS

Abstract. The article contains information about the colloidal system of beer and kvass, a classification of the components of the turbidity is given. Methods are described that are used in the technology of fermentation beverages to eliminate them. The mechanisms of sorption of chitosan and diatomaceous earth are characterized. The aim of the study is to develop a combined sorbent based on chitosan and diatomaceous earth for the sorption of proteins in the technology of fermentation beverages. Biuret reaction was used as research methods, mathematical and statistical processing of the data obtained was carried out. The optical density of the solutions before and after sorption was measured using a spectrophotometer. The results of the study are the determination of the sorption of chitosan and diatomaceous earth in relation to proteins using the example of a model solution. Also, the formulation of the combined sorbent from diatomaceous earth and chitosan was developed. The optimal residence time of the new auxiliary material in the solution was selected. The amount of protein that sorbs 1 gram of sorbent is calculated. Recommendations are given on the use of this substance in the technology of fermentation beverages.

Keywords: chitosan, diatomaceous earth, combined sorbent, fermentation drinks, albumin, sorption

Введение. Стабильность готовых напитков брожения приобретает все большую значимость для производителя. Она определяет в дальнейшем органолептические, физико-химические и биологические показатели продукта. Готовый напиток представляет собой раствор богатый пектиновыми,

белковыми и фенольными веществами [1–4]. Это сложная коллоидная система, имеющая шаткое равновесие с физико-химической точки зрения. Сдвиг этого равновесия приводит к образованию нерастворимых коллоидов, которые выпадают в виде мути в осадок [5, 6]. Существуют два типа помутнения: холодное (обратимое) и необратимое. При холодном помутнении повышение температуры способствует разрушению образовавшихся комплексов между кислыми белками и низкомолекулярными фенольными соединениями, так как полифенолы и полипептиды связаны между собой неустойчивыми водородными связями. Устойчивое (необратимое) помутнение не исчезает при температуре 20 °С, оно возникает в процессе хранения пива. В этом случае образуются множественные водородные связи между высокомолекулярными соединениями и прочные ковалентные связи [7–9]. Размер частиц необратимой мути выше, чем у обратимой, и колеблется от 1 до 10 – 20 мкм.

Основной причиной образования мути, как правило, являются белки [10]. Попадают в пиво они в результате процесса гидролиза солода и несоложенных материалов и представлены достаточно крупными протеидами и полипептидами с массой от 30 до 100 кДа [11]. В коллоидных осадках выявляются глобулины (солерастворимые белки), в частности, β -глобулин, который содержит большое количество -SH групп. Кроме того, в осадках обнаружены проламины — белки, растворимые в 50–90 %-ном этиловом спирте.

В технологии напитков брожения существует масса способов ликвидации белковой взвеси, однако большинство из них либо малоэффективны, либо достаточно дорогостоящи [12–15]. Можно выделить следующие способы уменьшения количества белка в готовом пиве и квасах:

- ♦ применение сырья с низким содержанием белка;
- ♦ использование технологических режимов в процессе получения сула и пива, направленных на уменьшение содержания в продукте белков;
- ♦ применение протеолитических ферментов, осуществляющих гидролиз белков до соединений с меньшей молекулярной массой;
- ♦ дображивание пива при низких температурах;
- ♦ применение адсорбентов, удаляющих из пива нестойкие высокомолекулярные соединения белковой природы, а также их комплексы с фенольными соединениями;
- ♦ фильтрование пива с использованием марок кизельгура с различной проницаемостью [16–19].

В технологии напитков брожения широкое применение получил кизельгур — сорбент на основе раковин диатомовых водорослей. Механизм удаления белков при помощи кизельгура является достаточно сложным. Некоторые исследователи полагают, что он включает ван-дер-ваальсовы взаимодействия сорбента с развитой поверхностью силикатных микрокристаллов и кулоновское взаимодействие положительно заряженных участков поверхности сорбента с заряженными и поляризованными молекулами сорбируемого на нем вещества [20]. Однако сорбция белков кизельгуром недостаточна, поэтому его часто комбинируют с другими сорбентами, такими как силикагель, ПВПП и т.д. [21].

В последнее время приобретает все большую популярность в пищевой промышленности такой сорбент, как хитозан. Он биоразлагаем, безопасен для человека, имеет высокие сорбционные способности за счет наличия большого количества функциональных групп. Хитозан плохо растворяется в воде, т.к. связи между молекулами хитозана более прочные, чем между молекулами хитозана и воды. Коагуляция белковых веществ хитозаном может протекать двумя путями. Кислые белки осаждаются путем прямой коагуляции, щелочные и нейтральные — путем вторичной [22–24].

Создание комбинированного сорбента на основе кизельгура, как достаточно недорогого и зарекомендовавшего себя материала в технологии напитков брожения, с добавлением хитозана, для усиления сорбции белков, является актуальным и перспективным направлением.

Объект исследования — процесс сорбции альбумина.

Цель исследования — разработка рецептуры комбинированного сорбента на основе хитозана и кизельгура, определение его сорбционных способностей по отношению к белку альбумину.

Материалы и методы исследования. Исследование проводилось на модельных растворах белка альбумина, этот пептид является классическим представителем β -глобулинов, фракция которых составляет более 50 % от массы всех белковых веществ в напитках брожения. Концентрация раствора белка, в который вносили сорбент 4 мг/мл, что соответствует концентрации белка в пиве светлом с долей сухого вещества в исходном сусле 20%. Количество сорбента, вносимого в раствор, соответствует рецептуре, применяемой в технологии напитков брожения для кизельгура, и составляет 0,05 г на 100 мл. Концентрация белка определяли при помощи биуретовой реакции, для нее необходимо наличие двух ОН-групп и трех атомов азота в полипептидной цепи [25]. Группа, которая образует пептидную связь, представлена таутомерной формой, в избытке щелочи происходит диссоциация ОН-группы и возникает отрицательный заряд при помощи которого кислород взаимодействует с медью и образуется соль. Кроме того, медь образует дативные связи с атомами азота пептидной связи.

Образовавшийся окрашенный комплекс характеризуется высокой стабильностью [26–29]. Чувствительность данного метода позволяет определить концентрацию белка в диапазоне 2–10 мг [30].

В исследованиях применялись следующие реактивы: раствор альбумина, содержащий 10 мг белка в 1 мл (стандартный раствор). Биуретовый реактив $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в количестве 0,15 г и 0,6 г натрия-калия виннокислого ($\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) растворяли в 50 мл H_2O , при энергичном перемешивании приливали 30 мл 10% раствора NaOH , затем добавляли 0,1 г KI . Объем раствора довели до 100 мл дистиллированной водой.

Ход исследования. Из стандартного раствора альбумина готовили растворы содержащие 2, 4, 6, 8 и 10 мг белка для построения калибровочного графика. В каждую пробирку, содержащую 1 мл раствора белка соответствующей концентрации, добавляли 4 мл биуретового реактива, перемешивали и оставляли на 5 минут при комнатной температуре. Далее измеряли оптическую плотность раствора на ФЭК АТР-ВР при 540 нм в 1 см кювете. В каждой точке проводили по три измерения, по среднему арифметическому значению строили график зависимости оптической плотности от концентрации белка (рис.1).

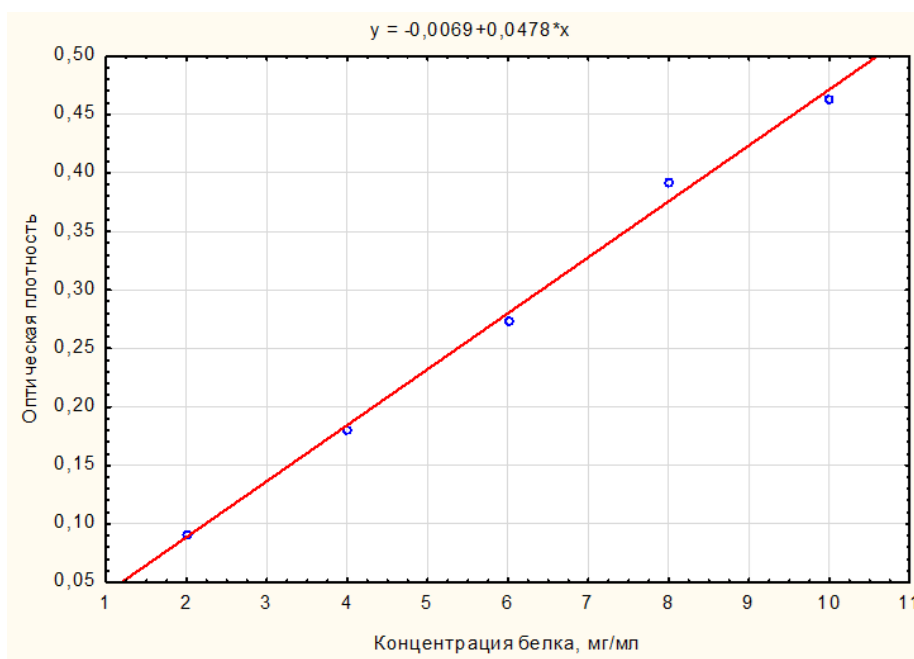


Рис. 1. Калибровочный график
Fig. 1. Calibration graph

Концентрацию белка в растворе после сорбции определяли каждые 30 минут, чтобы установить оптимальную экспозицию для каждого сорбента. Подсчитывали максимальное количество сорбированного белка на грамм кизельгура, хитозана, а также комбинированного сорбента.

Результаты исследования и их обсуждение. На первом этапе исследования была определена сорбционная емкость по отношению к белку кизельгура и оптимальная продолжительность нахождения сорбента в растворе. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Сорбция белка кизельгуром
Table 1. Protein sorption by diatomite

Экспозиция, мин	Среднее значение оптической плотности	Концентрация раствора после сорбции, мг/мл	Сорбция белка, г белка/1 г сорбента
30	0,136±0,0038	3,0	1,0
60	0,131±0,001	2,9	1,1
90	0,135±0,001	3,0	1,0
120	0,138±0,0012	3,0	1,0
150	0,137±0,0015	3,0	1,0
180	0,118±0,0021	2,6	1,4

Анализируя таблицу 1, наблюдаем, что максимальная сорбция белка кизельгуром составляет 1,4 г белка на 1 г сорбента при экспозиции 180 минут. При этом процесс связывания белка с сорбентом происходит достаточно быстро, в первые 30 минут, ещё 50 % сорбируемого белка связывается с кизельгуром только через 3 часа экспозиции. Таким образом, для максимального использования сорбирующего потенциала кизельгура необходимо нахождение его в растворе на протяжении 3–3,5 часов, что, однако будет замедлять технологический процесс, поэтому необходимо создать комбинированный сорбент с включением вещества с более интенсивным процессом сорбции.

На втором этапе исследования на предмет сорбции по отношению к белку были проанализированы три образца хитозана, отобранные в исследовании, проведенном ранее, как продемонстрировавшие максимальную сорбционную емкость по отношению к индикатору. Результаты представлены в табл. 2–4.

Таблица 2. Сорбция белка хитозаном (образец № 1)
Table 2. Protein sorption by chitosan (sample № 1)

Экспозиция, мин	Среднее значение оптической плотности	Концентрация раствора после сорбции, мг/мл	Сорбция белка, г белка/1 г сорбента
30	0,153±0,0025	3,4	0,6
60	0,113±0,0006	2,5	1,5
90	0,129±0,0015	2,8	1,2
120	0,137±0,0006	3,0	1,0
150	0,147±0,0017	3,2	0,8
180	0,151±0,0021	3,3	0,7

Таблица 3. Сорбция белка хитозаном (образец № 2)
Table 3. Protein sorption by chitosan (sample № 2)

Экспозиция, мин	Среднее значение оптической плотности	Концентрация раствора после сорбции, мг/мл	Сорбция белка, г белка/1 г сорбента
30	0,179±0,0031	3,9	0,1
60	0,171±0,0031	3,7	0,3
90	0,171±0,0035	3,7	0,3
120	0,159±0,0050	3,5	0,5
150	0,149±0,0015	3,2	0,8
180	0,150±0,0006	3,3	0,7

Таблица 3. Сорбция белка хитозаном (образец № 3)
Table 3. Protein sorption by chitosan (sample № 3)

Экспозиция, мин	Среднее значение оптической плотности	Концентрация раствора после сорбции, мг/мл	Сорбция белка, г белка/1 г сорбента
30	0,160±0,0015	3,5	0,5
60	0,150±0,0015	3,3	0,7
90	0,170±0,001	3,7	0,3
120	0,170±0,0021	3,7	0,3
150	0,169±0,001	3,7	0,3
180	0,168±0,0015	3,7	0,3

Анализ данных показывает, что максимальная сорбция белка была выявлена у образца № 1 и составила 1,5 г белка на 1 г сорбента при экспозиции 60 минут. Необходимо отметить, что при нахождении хитозана в растворе дольше этого времени концентрация белка снова начинает увеличиваться, что свидетельствует о том, что связи хитозана с белком разрушаются. Этот факт можно применять для регенерации сорбента, извлекая его из раствора, промывая и снова повторно используя.

На заключительном этапе исследования были проанализированы различные варианты комбинированного сорбента на основе кизельгура и хитозана (образец № 1) при экспозиции 30, 60, 90, 120, 150 и 180 минут. Данные по количеству белка сорбируемого 1 г комбинированного сорбента отражены в табл. 5.

Как видно из представленных данных самой большой сорбирующей емкостью по отношению к белку обладает комбинированный сорбент, состоящий из 90 % кизельгура и 10 % хитозана. Так 1 г этого композиционного материала сорбирует 2,1 г альбумина, что на 34 % больше чем сорбция кизельгура и на 28,6 % чем сорбция хитозана. При этом стоит отметить, что оптимальная экспозиция составила 30 — 60 минут, таким образом, необходимое для сорбции время пребывания сорбента в растворе сократилось в три раза.

В комбинированном сорбенте, содержащем равные по массе доли хитозана и кизельгура, наблюдался эффект заметного снижения сорбционной активности, что, предположительно, связано с взаимодействием активных групп сорбентов между собой.

Полученные результаты позволят разработать усовершенствованный комбинированный сорбент с повышенным сорбирующим потенциалом по отношению к белкам группы глобулинов, а также ускорят процесс сорбции при помощи кизельгура в технологии напитков брожения.

Таблица 4. Сорбция белка комбинированным сорбентом
Table 4. Protein sorption by combined sorbent

Процентное соотношение хитозана и кизельгура в комбинированном сорбенте	Сорбция белка, г белка/1 г сорбента					
	Экспозиция, мин					
	30	60	90	120	150	180
10 % кизельгура+90 % хитозана	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4
20 % кизельгура+80 % хитозана	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3
30 % кизельгура+70 % хитозана	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2
40 % кизельгура+60 % хитозана	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	0,9
50 % кизельгура+50 % хитозана	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
60 % кизельгура+40 % хитозана	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1
70 % кизельгура+30 % хитозана	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3
80 % кизельгура+20 % хитозана	1,6	1,6	1,6	1,5	1,6	1,6
90 % кизельгура+10 % хитозана	2,1	2,1	1,8	1,7	1,6	1,7

Заключение. По результатам исследования был разработан экспериментальный образец комбинированного сорбента, состоящий из 90 % кизельгура и 10 % хитозана, опытным путем доказана его эффективность в сорбции белков группы глобулинов, на примере альбумина, а также интенсификация этапа сорбции в три раза. Данные разработки могут применяться в технологии напитков брожения по следующей схеме: 50 г комбинированного сорбента на 1 гл полуфабриката напитка брожения с экспозицией 30-60 минут. Использование данного вспомогательного материала позволит уменьшить количество белка в полуфабрикатах пива и квасов, тем самым замедлить процесс образования стойкого (необратимого) помутнения и увеличить сроки годности продукта. Данный комбинированный сорбент отвечает всем требованиям, предъявляемым к вспомогательным средствам, обладает высокой степенью адсорбции веществ, вызывающих помутнение напитков брожения. Сорбент инертен по отношению к готовому напитку, т. е. не будет изменять его вкус, запах, цвет и не растворяться в напитках брожения, поэтому не указывается как добавка на этикетке, так как после сорбции может быть удален. Он может быть использован повторно, т.е. обладает способностью регенерировать. Все выше перечисленное делает разработанный комбинированный сорбент перспективным вспомогательным материалом, который в дальнейшем может быть с успехом внедрен в технологию напитков брожения.

Список использованных источников

1. Цугкиев, Б.Г. Влияние белка в солоде на качество пива / Б.Г. Цугкиева, А.В. Кожухова // Пиво и напитки. — 2007. — № 2. — С. 22–23.
2. Дедегкаев, А.Т. Коллоидные помутнения в пиве. Причины их возникновения / А.Т. Дедегкаев // Индустрия напитков. — 2005. — №2. — С.20–26.
3. Дедегкаев, А.Т. Исследование влияние предфильтрационных процессов на мутность пива / А.Т. Дедегкаев, Д.В. Афонин, Т.В. Меледина // Индустрия напитков. — 2006. — №2. — С.36–39.
4. Кручко, Е.К. Технологические факторы повышению стабильности пива / Е. К. Кручко // Вестник Владикавказского научного центра. — 2005. — № 5 (2). — С. 51–55.
5. Меледина, Т.В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении / Т.В. Меледина. — СПб.: Профессия, 2003. — 304 с.

6. Андреева, О.В. Осадки в пиве: атлас частиц, которые могут быть обнаружены в розлитом пиве / О.В. Андреева, Е.Т. Шувалова. — М.: МИЦ Пиво и напитки XXI век, 2004. — 115 с.
7. Сергеева, И.Ю. Классификация стабилизирующих средств, используемых в индустрии напитков / И.Ю. Сергеева // Техника и технология пищевых производств. — 2013. — № 4 (31). — С. 78–86.
8. Климов, Е.С. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод / Е.С. Климов, М.В. Бузаева. — М: МООСипР РФ, 2004. — 18 с.
9. Ермолаева, Г.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков / Г.А. Ермолаева, Р.А. Колчева. — М.: ИРПО; Изд. Центр «Академия», 2000. — 416 с.
10. Даниловцева, А.Б. Влияние содержания высокомолекулярных соединений на технологические параметры производства пива / А.Б. Даниловцева, И.В. Царева // Пиво и напитки — 2005. — № 2. — С. 32–36.
11. Гора, Н.В. Формирование качества пива путем регулирования полифенольного состава пивного сула методом адсорбции: дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук, Кемерово. — 2015. — 137 с.
12. Влияние солей жесткости воды на затирание солода и промывку солодовой дробины в производстве пива / А.А. Перетрутов [др.] // Technical sciences. Int. J. of applied and fundamental research. — 2016. — № 12. — С. 224–228.
13. Покровская, Н.В. Биологическая и коллоидная стойкость пива / Н.В. Покровская, Я.Д. Кадагер. — М.: Пищевая промышленность, 1987. — 273 с.
14. Сергеева, И.Ю. Совершенствование коллоидной стабилизации напитков / И.Ю. Сергеева, В.А. Помозова, Е.А. Вечтомова // Международная научно-практическая конференция «Фундаментальная наука и технологии — перспективные разработки»: материалы конференции, Москва, 22–23 мая 2013 г. — М., 2013. — Т. 1. — С. 210–212.
15. Нарцисс, Л. Технология приготовления сула / Л. Нарцисс. — М.: НПО «Элевар. — 2003. — 368 с.
16. Бесендерфер, Г. Вклад в увеличение стабильности вкуса пива / Г Бесендерфер. Б. Биркеншток, Р. Талакер // Brauwelt. Мир пива. — 2002. — № 2. — С. 10.
17. Просеков, А.Ю. Влияние технологической обработки продовольственного сырья на эффективность видовой идентификации / А.Ю. Просеков, Ю.В. Голубцова, К.А. Шевякова // Пищевая промышленность. — 2014. — № 6. — С. 8–10.
18. Bible, C. Enzymes in the brewing process / C. Bible // Zymurgy. — 2012. — № 4. — P. 53–56.
19. Huo, L. Antioxidant activity, total phenolic, and total flavonoid of extracts from the stems of *Jasminum nervosum* Lour / L. Huo, R. Lu, P. Li, Y. Liao, P. Chen, Ch. Deng, Ch. Lu, X. Wei, Y. Li // Grasas y aceites. — 2011. — № 2. — P. 149–154.
20. Oliveira, C.M. Oxidation mechanisms occurring in wines / C.M. Oliveira, A.C. Ferreira, V. De Freitas, M.S. Silva Artur // Food Res.Int. — 2011. — № 5. — P. 1115–1126.
21. Унрод, В.И. Хитин- и хитозансодержащие комплексы из мицелиальных грибов: получение, свойства и применение / В.И. Унрод, Т.В. Солодовник // Биополимеры и клетка. — 2001. — Т. 17. — № 6. — С. 526–533.
22. Сергеева, И.Ю. Применение хитозана для стабилизации коллоидной системы напитков / И. Ю. Сергеева // Техника и технология пищевых производств. — 2014. — № 1 (32). — С. 84–89.
23. Гальбрайт, Л.С. Хитин и хитозан: строение, свойства, применение / Л. С. Гальбрайт // Соровский образовательный журнал. — 2001. — Т. 7, № 1. — С. 51–56.
24. Тарановская, Е.С. Сорбционные материалы на основе хитозана для очистки стоков от ионов тяжелых металлов / Е. С. Тарановская // Экология и промышленность России. — 2016. — № 20 (5). — С 34–39.
25. Пьер, А. Способ приготовления жидкости, содержащей белки, для последующего отделения посредством использования одного или более агента, образующего с белком комплекс : патент RU 2375426 / А. Пьер, П. Хаселарс, Ф. Янссенс ; заявл. 27.06.2008; опубл. 20.09.2008.
26. Урьев, Н.Б. Пищевые дисперсные системы / Н.Б. Урьев, М.А. Талейсник. — М.: Агропромиздат, 1985. — 296 с.
27. Фертман, Г.И. Справочник для работников лабораторий пивоваренных заводов / Г.И. Фертман, Л.В. Муравицкая. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. — 29 с.
28. Зимон, А.Д. Коллоидная химия / А.Д. Зимон, Н.Ф. Лещенко. — 3-е изд., доп. и испр. — М.: АГАР, 2001. — 320 с.
29. Гельфман, М.И. Коллоидная химия / М.И. Гельфман, О.В. Ковалевич, В.П. Юстратов. — 4-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2008. — 336 с.
30. Визнер, Э. Идентификация помутнения пива (Часть I) / Э. Визнер, М. Гастл, Т. Бейкер // Мир пива. — 2012. — № 1. — С. 17–21.

References

1. Cugkiev B.G., Kozhuhova A.V. Vliyanie belka v solode na kachestvo piva [*The influence of protein in malt on the quality of beer*]. Beer and drinks, 2007, no. 2, pp. 22–23. (in Russian).
2. Dedegkaev A.T. Kolloidnye pomutneniya v pive. Prichiny ih vozniknoveniya [*Colloidal haze in beer. The reasons for their occurrence*]. Beverage Industry, 2005, no. 2, pp. 20–26. (in Russian).
3. Dedegkaev A.T., Afonin D.V., Meledina T.V. Issledovanie vliyanie prefiltracionnyh processov na mutnost piva [*Study of the influence of prefiltration processes on the turbidity of beer*]. Beverage Industry, 2006, no. 2, pp. 36–39. (in Russian).
4. Kruchko, E.K. Tehnologicheskie faktory povyshenii stabilnosti piva [*Technological factors for increasing the stability of beer*]. Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center, 2005, no. 5 (2), pp. 51–55. (in Russian).
5. Meledina T.V. Syre i vspomogatelnye materialy v pivovarenii [*Raw materials and auxiliary materials in brewing*]. SPb.: Professiya, 2003, p. 304. (in Russian).
6. Andreeva O.V., Shuvalov E.T. Osadki v pive: atlas chastic, kotorye mogut byt obnaruzheny v rozlitom pive [*Sediments in beer: an atlas of particles that can be detected in bottled beer*]. M.: MIC Beer and drinks XXI century, 2004, p. 115. (in Russian).
7. Sergeeva I.Yu. Klassifikaciya stabiliziruyushih sredstv, ispolzuemyh v industrii napitkov [*Classification of stabilizing agents used in the beverage industry*]. Technics and technology of food production, 2013, no. 4 (31), pp. 78–86. (in Russian).
8. Klimov E.S., Buzaeva M.V. Prirodnye sorbenty i ochishennyh stochnyh vodah fotometricheskim metodom s ditizonom — kompleksony v ochistke stochnyh vod [*Natural sorbents and purified waste waters by photometric method with dithizone — complexones in waste water treatment*]. M: MOOSiPR RF, 2004, p. 18. (in Russian).
9. Ermolaeva G.A., Kolcheva R.A. Tehnologiya i oborudovanie proizvodstva piva i bezalkogolnyh napitkov [*Technology and equipment for the production of beer and soft drinks*]. M.: IRPO; Ed. Center «Academy», 2000, p. 416. (in Russian).
10. Danilovceva A.B., Careva I.V. Vliyanie sodержaniya vysokomolekulyarnyh soedinenij na tehnologicheskie parametry proizvodstva piva [*Influence of the content of high-molecular compounds on the technological parameters of beer production*]. Beer and drinks, 2005, no. 2, pp. 32–36. (in Russian).
11. Gora, N.V. Formirovanie kachestva piva putem regulirovaniya polifenolnogo sostava pivnogo susla metodom adsorbicii: diss. na soisk. uch. st. kand. tehn. nauk [*Formation of beer quality by regulating the polyphenolic composition of beer wort by the adsorption method: diss. for a job. uch. Art. Cand. tech. Sciences*]. Kemerovo, 2015, p. 137. (in Russian).
12. Peretrutov A.A., Pastuhova G.V., Prosvirina S.V. Vliyanie solej zhestkosti vody na zatiranie soloda i promyvku solodovoj drobinny v proizvodstve piva [*Influence of salts of water hardness on mashing malt and washing malt grains in beer production*]. Technical sciences. Int. J. of applied and fundamental research, 2016, no. 12. pp. 224–228. (in Russian).
13. Pokrovskaya N.V., Kadaner Ya.D. Biologicheskaya i kolloidnaya stojkost piva [*Biological and colloidal stability of beer*]. M.: Food industry, 1987, p. 273. (in Russian).
14. Sergeeva I.Yu., Pomozova V.A., Vechtomova E.A. Sovershenstvovanie kolloidnoj stabilizacii napitkov [*Improvement of colloidal stabilization of drinks*] Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Fundamentalnaya nauka i tehnologii — perspektivnye razrabotki» [*International scientific and practical conference “Fundamental science and technology — promising developments”*] Moscow, May 22–23, 2013, pp. 210–212. (in Russian).
15. Narciss L. Tehnologiya prigotovleniya susla [*Wort preparation technology*]. M.: NPO Elevar, 2003, p. (in Russian).
16. Besenderfer G., Birkenstock B., Thalaker P. Vklad v uvelichenie stabilnosti vkusa piva [*Contribution to increasing the stability of the beer taste*] Brauwelt. World of beer, 2002, no. 2, p. 10. (in Russian).
17. Prosekov A. Yu., Golubcova Yu. V., Shevyakova K.A. Vliyanie tehnologicheskoy obrabotki prodovolstvennogo syrya na effektivnost vidovoj identifikacii [*Influence of technological processing of food raw materials on the efficiency of species identification*]. Food industry, 2014, no. 6, pp. 8–10. (in Russian).
18. Bible C. Enzymes in the brewing process. Zymurgy, 2012, no. 4, pp. 53–56.
19. Huo L., Lu R., Li P., Liao Y., Chen P., Deng Ch., Lu Ch., Wei X., Li Y. Antioxidant activity, total phenolic, and total flavonoid of extracts from the stems of *Jasminum nervosum* Lour. Grasas y aceites, 2011, no. 2, pp. 149–154.
20. Oliveira C.M., Ferreira A.C., Freitas V. De, Silva Artur M.S. Oxidation mechanisms occurring in wines. Food Res.Int., 2011, no. 5, pp. 1115–1126.
21. Unrod V.I., Solodovnik T.V. Hitin- i hitozansoderzhashie komplekсы iz micelialnyh gribov: poluchenie, svoystva i primenenie [*Chitin- and chitosan-containing complexes from filamentous fungi: preparation, properties and application*]. Biopolymers and cells, 2001, T. 17. no. 6, pp. 526–533. (in Russian).

22. Sergeeva I. Yu. Primenenie hitozana dlya stabilizatsii kolloidnoj sistemy napitkov [*The use of chitosan to stabilize the colloidal system of beverages*]. Technics and technology of food production. 2014, no. 1 (32), pp. 84–89. (in Russian).
23. Galbrajth L. S. Hitin i hitozan: stroenie, svojstva, primeneniye [*Chitin and chitosan: structure, properties, application*]. Sorovsk educational journal, 2001, T. 7, no. 1, pp. 51–56. (in Russian).
24. Taranovskaya E. S. Sorbcionnye materialy na osnove hitozana dlya ochistki stokov ot ionov tyazhelyh metallov [*Sorption materials based on chitosan for purifying wastewater from heavy metal ions*]. Ecology and Industry of Russia, 2016, no. 20 (5), pp. 34–39. (in Russian).
25. Per A., Haselars P., Yanssens F. Sposob prigotovleniya zhidkosti, sodержashej belki, dlya posleduyushogo otdeleniya posredstvom ispolzovaniya odnogo ili bolee agenta, obrazuyushogo s belkom kompleks [*A method of preparing a liquid containing proteins for subsequent separation by using one or more agents that form a complex with a protein*]. Patent RU 2375426, Russia, 2008, no. 18. (in Russian).
26. Urev N.B., Talejsnik M.A. Pischevye dispersnyye sistemy [*Food dispersed systems*]. M.: Agropromizdat, 1985 p. 296. (in Russian).
27. Fertman G.I., Muravickaya L.V. Spravochnik dlya rabotnikov laboratorij pivovarenyh zavodov [*Reference book for workers of laboratories of breweries*]. M.: Light and food industry, 1982, p. 29. (in Russian).
28. Zimon A.D., Leshenko N.F. Kolloidnaya himiya [*Colloidal chemistry*]. M.: AGAR, 2001, p. 320. (in Russian).
29. Gelfman M.I., Kovalevich O.V., Yustratov V.P. Kolloidnaya himiya [*Colloid chemistry*]. SPb.: Publishing house «Lan», 2008, p. 336. (in Russian).
30. Vizner E., Gastl M., Bejker T. Identifikaciya pomutneniya piva (Chast I) [*Identification of beer turbidity (Part I)*]. World of beer, 2012, no. 1, pp. 17–21. (in Russian).

Информация об авторах

Павлова Оксана Валерьевна - кандидат технических наук, доцент, заместитель декана по научной работе ГрГУ им. Я. Купалы (ул. Доватора, д. 3/1, каб. 121 а, 230029, г. Гродно, Республика Беларусь). E-mail: pavlova@grsu.by.

Трусова Мария Михайловна - аспирант РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, д.29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: brui.92@mail.ru

Information about authors

Pavlova Oksana V. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Dean for Scientific Work of the Grodno State University named after Y. Kupala (Dovatorst., 3/1, room 121 a, 230029, Grodno, Republic of Belarus). E-mail: pavlova@grsu.by

Trusova Maria M. - post-graduate student of RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: brui.92@mail.ru