

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 15
№4(58)
2022

**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 16.09.2022.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура NewtonС. Печать офсетная.

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

Тираж 100 экз. Заказ 664.

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 ведомственных подписчиков 012412

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. 15

№4(58)

2022

**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 16.09.2022
Format 60x84/8. Offset paper.
NewtonC type. Offset printing.
Printed pages 11,16.
Publisher's signatures 12,80.
Circulation 100 copies. Order 664.
LP № 02330/89 of 3 March 2014
17, Kalvaryiskaya str., Minsk 220004

Subscription indexes
For individuals 01241
For legal entities 012412

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)

СОДЕРЖАНИЕ

Свирейко Н. Е. Развитие пищевой промышленности Республики Беларусь: тенденции и перспективы	6
Василевская М. Н. Перспективы использования нетрадиционного растительного сырья при разработке мучных сладостей с дифференцированным содержанием основных нутриентов.....	13
Зенькова М. Л. Перспективы использования пророщенного зерна гречихи в производстве безалкогольных напитков	25
Зубковская О. Л., Рабчонок Н. Р., Матиевская А. Н. Влияние современных технологических вспомогательных средств на формирование сортовых особенностей яблочных натуральных вин.....	34
Шегидевич Е. Д. Исследование технологических особенностей применения микрофльтрации при обработке обезжиренного молока.....	46
Ловкис З. В., Корзан С. И., Зайченко Д. А. Хранение хлеба в различных видах упаковки и температурных условиях.....	52
Ловкис З. В., Корзан С. И. Изменение механических свойств упаковочных материалов под воздействием ультрафиолетового излучения.....	62
Рощина Е. В., Котоменкова О. Г., Васюта Т. В. Идентификация кетчупов: теория и практика.....	75
Шачек Т. М., Горбацевич У. С., Комарова Н. В., Красовская Е. С. Потенциометрический метод определения нитратов: основные аспекты модификации и внедрения в испытательных лабораториях	80
Соболенко Л. Н., Черепица С. В., Сытова С. Н., Коваленко А. Н., Заяц М. Ф., Егоров В. В., Лещев С. М., Мельситова И. В. Инновационный метод определения количественного содержания летучих компонентов в алкогольной продукции.....	88
Лилишенцева А. Н., Семенчукова Д. К., Комарова Н. В. Исследование показателей аутентичности соков фруктовых концентрированных.....	100
Никитенко А. Н., Мазур А. М., Савенок Д. В., Ламоткин С. А., Егорова З. Е. Исследование устойчивости к окислению купажей растительных масел для производства хрустящего картофеля.....	108

CONTENTS

Svireyko N. E. Development of the food industry of the republic of Belarus: trends and prospects.....	6
Vasilevskaya M. N. Prospects for the use of non-traditional vegetable raw materials in the development of flour sweets with a differentiated content of basic nutrients	13
Zenkova M. L. Prospects for the use of sprouted buckwheat grain in the production of non-alcoholic beverages.....	25
Zubkouskaya O. L., Rabchonak N. R., Matievszkaya A. N. The influence of modern technological aids on the formation of varietal characteristics of apple natural wines.....	34
Shehidzevich K. D. Research of technological features of the application of microfiltration in the processing of skim milk	46
Lovkis Z. V., Korzan S. I., Zaichenko D. A. Storing bread in different types of packaging and temperature conditions.....	52
Lovkis Z. V., Korzan S. I., Changes in mechanical properties of packaging materials as a result of exposure to them with uv radiation	62
Roshchyna E. V., Kotomenkova O. G., Vasyuta T. V. Identification of ketchup: theory and practice.....	75
Shachek T. M., Harbatsevich U. S., Komarova N. V., Krasovskaya E. S. Potentiometric method for the determination of nitrates: main aspects of modification and implementation in testing laboratories.....	80
Sabalenka L. N., Charapitsa S. V., Sytova S. N., Kavalenka A. N., Zayats M. F., Egorov V. V., Leshev S. M., Melsitava I. V. Innovative method for determining the quantitative content of volatile compounds in alcohol products.....	88
Lilishentseva A. N., Semenchukova D. K., Komarova N. V. Research of indicators of authenticity of concentrated fruit juice.....	100
Nikitenko A. N., Mazyr A. M., Savenok D. V., Lamotkin S. A., Egorova Z. E. Investigation of the resistance to oxidation of blends of vegetable oils for crispy potato production.....	108

УДК 338.439:664
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4\(58\)-6-12](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4(58)-6-12)

Поступила в редакцию 04.09.2022
Received 04.09.2022

Н. Е. Свирейко

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

РАЗВИТИЕ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация. В статье проведен анализ основных показателей развития пищевой промышленности Республики Беларусь за 2011–2021 годы. По отдельным видам продукции изучены результаты производственной деятельности, связанной с импортозамещением, и динамика экспорта. Рассмотрены направления развития пищевой промышленности, а также перспективные технологии производства и виды продукции в разрезе отдельных отраслей. Обозначены мероприятия, необходимые для достижения целевых показателей развития пищевой промышленности в условиях введения санкций.

Ключевые слова: пищевая промышленность, продовольственная безопасность, производство, ассортимент, продукты питания, экспорт, импортозамещение.

N. E. Svireyko

Educational Institution "Belarus State Economic University", Minsk, Republic of Belarus

DEVELOPMENT OF THE FOOD INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF BELARUS: TRENDS AND PROSPECTS

Annotation. The article analyzes the main indicators of the development of the food industry of the Republic of Belarus for 2011–2021. The results of production activities related to import substitution and export dynamics were studied for certain types of products. The directions of development of the food industry, as well as promising production technologies and types of products in the context of individual industries are considered. The measures necessary to achieve the targets for the development of the food industry under the conditions of sanctions are outlined.

Key words: food industry, food security, production, assortment, food, export, import substitution.

Введение. Пищевая промышленность является стратегической отраслью экономики Беларуси, формирующей продовольственный рынок, обеспечивающей продовольственную и экономическую безопасность, приносящей доходы от экспорта товаров. В условиях введения санкционных ограничений происходит изменение внешнеторговых отношений со странами, поддержавшими санкции. Это требует рассмотрения новых подходов к стратегии развития пищевой промышленности в разрезе отдельных видов товаров.

Цель исследования — выявление тенденций и перспектив развития пищевой промышленности Республики Беларусь с учетом влияния новых внешних факторов.

Результаты и их обсуждение. В соответствии с Программой социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы среди основных задач, стоящих перед отраслями экономики, выделены следующие: повышение конкурентоспособности производственного сектора, создание новых высокотехнологичных производств, рост экспорта отечественной продукции, диверсификация его структуры. Эти задачи актуальны и для пищевой промышленности, которая стабильно занимает первое место по объему производства продукции среди отраслей обрабатывающей промышленности Республики Беларусь. По сравнению с 2011 годом ее удельный вес в структуре обрабатывающей промышленности возрос с 19,6 до 29,4 % в 2020 году, а объем производства продовольственных товаров ежегодно увеличивается (табл. 1).

Таблица 1. Показатели развития пищевой промышленности Республики Беларусь
Table 1. Indicators of the development food industry of the Republic of Belarus

Показатель	2011	2016	2019	2020
Удельный вес в структуре обрабатывающей промышленности, %	19,6	29,6	26,6	29,4
Индекс промышленного производства в сопоставимых ценах к предыдущему году, %	108,7	102,5	102,1	102,7
Число предприятий, единиц	807	1029	1131	1181
Среднесписочная численность работников, тыс. человек	152,6	141,7	138,2	137,2
Темп роста инвестиций в основной капитал в сопоставимых ценах к предыдущему году, %	162,8	61,2	120,8	127,4
Удельный вес убыточных предприятий, %	15	27,1	28,2	30,8
Экспорт продукции, млн дол. США	3282,1	3606,7	4460,9	4480
Рентабельность продаж, %	11,7	10,5	8,4	9,7

Примечание: составлено автором на основе [1; 2].

По данным табл. 1, число предприятий пищевой промышленности в 2020 году по сравнению с 2011 годом увеличилось с 807 до 1181, или на 46,3 %. Вместе с тем за рассматриваемый период сократилась численность работников в пищевой промышленности, в 2 раза увеличился удельный вес убыточных предприятий, замедлился темп роста инвестиций в основной капитал, рентабельность продаж снизилась с 11,7 до 9,7 %.

По сравнению с 2011 годом в пищевой промышленности возросло количество инновационно-активных предприятий и их удельный вес (с 17,2 до 29,3 %). Однако, несмотря на это, удельный вес инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции снизился с 4,7 % в 2011 году до 3,5 % в 2020 году. Среди отдельных видов деятельности, где произошло значительное инновационное развитие, можно выделить следующие: производство растительных масел и жиров, молочных продуктов, хлебобулочных, макаронных и мучных кондитерских изделий. Стабильно высокой долей инновационно-активных предприятий (более 55 %) отличаются производство шоколада, какао и сахаристых кондитерских изделий, детского питания и диетических пищевых продуктов. Снижение доли инновационно-активных предприятий характерно для таких видов деятельности, как переработка и консервирование рыбы, ракообразных и моллюсков; переработка и консервирование фруктов и овощей.

Основными задачами, стоящими перед пищевой промышленностью Республики Беларусь, являются: увеличение темпов роста и повышение эффективности производства продукции, обеспечение качества и безопасности продуктов питания, сохранение продовольственной безопасности страны, поддержание конкурентоспособности выпускаемой продукции, диверсификация и рост экспорта.

С 2011 года в пищевой промышленности реализуются программы импортозамещения (в масложировой, кондитерской, мукомольно-крупяной, плодово-овощеконсервной, пивоваренной и других отраслях), направленные на замещение импортных товаров отечественными. Проведена модернизация производственных мощностей. Объемы производства продуктов питания в натуральном выражении ежегодно наращиваются. В 2021 году прирост производства составил 1,9 % в сопоставимых ценах по сравнению с 2020 годом.

За 2011-2021 годы наблюдается значительный рост производства коньяка, растительных масел (в 2,7 раза), рыбы, ракообразных и моллюсков (в 2,1 раза), сыров (в 2 раза), а также мяса и субпродуктов, мясных полуфабрикатов, масла сливочного, мороженого, цельномолочной продукции, безалкогольных напитков, игристых вин, шоколада и кондитерских изделий на его основе. При этом сократилось производство колбасных изделий, муки, сахара, макаронных изделий, майонеза, пива.

Несмотря на принимаемые меры по наращиванию объемов производства, за 2011-2021 годы доля импортных продуктов питания в розничных продажах возросла с 17 до 23,7 %. По безалкогольным напиткам, рыбной продукции, растительному маслу рост производства не привел к росту продаж отечественной продукции, что видно из табл. 2.

По данным табл. 2, за 2011-2021 годы проводимая импортозамещающая политика не оказала значительного влияния на снижение зависимости от импорта по сокам, крупе, кондитерским изделиям из сахара. Это обусловлено некоторым сокращением уровня использова-

ния производственных мощностей, затратноемкостью производства и реализации, ростом импорта продуктов питания, стимулированием экспорта произведенной продукции.

Таблица 2. Темп роста производства и доля отечественной продукции в продажах
Table 2. The growth rate of production and the share of domestic products in sales

Вид продукции	Доля отечественной продукции в продажах на внутреннем рынке, %			Темп роста производства 2011-2021, %
	2011 год	2021 год	январь — июнь 2022 года	
Фруктовые и овощные соки	77,0	63,8	71,9	61,1
Крупа	51,8	42,6	37,1	76,6
Рыба, ракообразные и моллюски	60,3	43,7	43,3	208,5
Масло растительное	39,3	14,6	15,5	270,4
Безалкогольные напитки	88,9	82,4	81,6	118,2
Кондитерские изделия из сахара	77,4	49,4	50,9	89,0
Макаронные изделия	66,5	65,0	67,2	98,9

Примечание: составлено автором на основе [3] и прочих данных Национального статистического Комитета Республики Беларусь.

На продовольственные товары приходится около 57 % экспорта потребительских товаров, характерна тенденция его увеличения. Доля продовольственных товаров в структуре экспорта товаров Республики Беларусь увеличилась с 10,7 % в 2012 году до 15,4 % в 2020 году. Удельный вес экспорта в объеме отгруженной инновационной продукции пищевой промышленности возрос в 2020 году до 42,7 %.

Основными экспортными группами являются молоко и молочные продукты, мясо и мясные продукты, а также сахар, шоколад и прочие какао-содержащие продукты, рыба, замороженные фрукты, рапсовое масло. По всем этим товарам, кроме сахара, за 2011-2021 годы наблюдается рост экспорта в натуральном выражении (табл. 3).

Таблица 3. Экспорт отдельных продуктов питания
Table 3. Export of some foods

Вид продукции	2011 год	2016 год	2020 год	2021 год	Темп роста 2011-2021, %
Мясо и мясные субпродукты домашней птицы, тыс. т	75,0	145,9	194,0	189,6	252,8
Говядина, тыс. т	100,4	155,4	148,8	157,4	156,8
Колбасы и аналогичные продукты из мяса, тыс. т	32,5	37,0	33,7	41,6	128,0
Молоко и сливки несгущенные, тыс. т	183,2	316,9	234,6	205,6	112,2
Молоко и сливки сгущенные и сухие, тыс. т	186,1	212,9	214,8	212,9	114,4
Масло сливочное, тыс. т	64,9	85,0	83,9	87,4	134,7
Сыры и творог, тыс. т	132,2	205,0	274,5	298,3	225,6
Сахар, тыс. т	396,2	351,6	445,2	206,2	52,0
Шоколад и прочие какао-содержащие продукты, тыс. т	12,5	15,8	29,6	35,1	280,8
Готовая или консервированная рыба, икра, тыс. т	26,7	37,1	59,8	66,9	250,6
Масло рапсовое, тыс. т	8,6	40,5	291,4	336,4	3911,6
Фрукты замороженные, тыс. т	14,1	63,0	68,4	70,7	501,4

Примечание: составлено автором на основе [4].

При этом наибольший рост экспорта зафиксирован по маслу рапсовому (в 39 раз), замороженным фруктам (в 5 раз), шоколаду и прочим какао-содержащим продуктам (в 2,8 раза),

мясу и мясным субпродуктам домашней птицы, рыбе, икре (в 2,5 раза), сырам и творогу (в 2,3 раза).

Структура белорусского экспорта по отдельным видам продовольственных товаров в разрезе групп стран представлена на рис. 1 [5].



Рис. 1. Структура экспорта отдельных видов продовольственных товаров в 2021 г. по группам стран
Fig. 1. Structure of exports certain types of food products in 2021 by country groups

По данным рис. 1, в 2021 году в страны ЕАЭС поставлялось 94,7 % объема экспорта рыбы и ракообразных, 91 % — готовых продуктов из мяса и рыбы, 87,1 % — молочной продукции, яиц, меда, 76,5 % — продуктов переработки овощей, фруктов. На рынки третьих стран экспортировались в основном растительные и животные жиры и масла (52,4 % их экспорта), алкогольные и безалкогольные напитки (48 %).

В связи с введением санкций происходит нарушение экспортно-импортных потоков Беларуси с рядом стран. Так, за январь — май 2022 года экспорт товаров со странами Европейского союза сократился почти на 21 %.

Основными направлениями развития пищевой промышленности Республики Беларусь являются:

- ♦ дальнейший рост промышленного производства на основе совершенствования применяемых технологий, внедрения инноваций, снижения импортоемкости продукции;
- ♦ повышение конкурентоспособности и эффективная реализация экспортного потенциала отраслей пищевой промышленности;
- ♦ экологизация производства продукции путем внедрения «зеленых технологий» и оборудования [6].

Доктрина национальной продовольственной безопасности до 2030 года предусматривает сокращение удельного веса импортных товаров в продажах до 14-15 % [7]. В связи с этим предполагается параллельное осуществление экспортной стратегии и импортозамещения, дифференцированное по отдельным видам товаров.

Наращивание производства продуктов питания предполагает решение ряда современных задач, возложенных на РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». К ним относятся:

- ♦ разработка продуктов персонализированного питания;
- ♦ создание продуктов функциональной направленности;
- ♦ применение технологий углубленной переработки сырья;
- ♦ совершенствование и внедрение новых методов контроля пищевых продуктов [8].

Концерном «Белгоспищепром» при участии Центра по продовольствию разработаны направления деятельности на 2021-2027 годы в разрезе важнейших отраслей пищевой промышленности.

В кондитерской и масложировой отраслях перспективным является создание продукции «здорового питания»:

- ♦ с использованием натуральных компонентов и исключением (минимизацией) искусственных ингредиентов; с пониженным содержанием жира, с пониженным содержанием сахара (или без сахара), с пониженной энергетической ценностью; обогащенной витамина-

ми, минералами, экстрактами; с добавлением биологически активных и других полезных компонентов, обладающих функциональными свойствами;

- ♦ для целевых групп населения: в зависимости от физиологических особенностей и функционального состояния организма, возраста, физической активности, образа жизни, региона проживания и других особенностей (продукты «для перекуса на ходу», для сухого пайка военнослужащих, для детей, беременных женщин, пожилых людей, вегетарианцев, для диетического питания, спортивного питания, для людей, страдающих непереносимостью лактозы, глютена);

- ♦ продукции, представляющей собой соединение смежных категорий кондитерских изделий («конфета-печенье», «вафля-карамель», «зефир-печенье-конфета»).

В пищевом концентратной отрасли планируется:

- ♦ создание ассортимента специализированных продуктов для целевых групп населения и продуктов для «здорового» питания, в т.ч. обогащенных микронутриентами, на основе натурального растительного сырья с высокой пищевой ценностью;

- ♦ разработка технологии производства сушеных продуктов питания и полуфабрикатов на базе микроволновой вакуумной сушки с целью получения продуктов более высокого качества;

- ♦ создание производства первых и вторых обеденных блюд быстрого приготовления с использованием отечественного зернового сырья, прошедшего специальную термическую обработку по прогрессивным технологиям;

- ♦ усовершенствование применяемых технологий подготовки исходных сырьевых компонентов (мойка, чистка, сушка, дозирование, смешивание) с целью снижения потерь, сохранения исходных свойств сырья, увеличения срока годности готовых продуктов.

В производстве алкогольной продукции предусматривается:

- ♦ разработка и внедрение прогрессивных технологий глубокой переработки и утилизации послеспиртовой барды (с получением высокопротеиновых кормовых смесей);

- ♦ внедрение новых и совершенствование применяемых технологий, в т.ч. с использованием элементов VI технологического уклада (наночистка);

- ♦ выпуск инновационной продукции с улучшенными потребительскими характеристиками за счет использования технологических процессов (режимов) и сырья, ранее не применяемых при ее производстве, применения новых видов упаковки, улучшающих потребительские свойства продукции и др. (например, спиртные напитки из отечественного зернового сырья с выдержкой в дубовой таре (типа виски)).

В пивоваренной отрасли перспективным является развитие производства безалкогольного пива, натуральных слабоалкогольных напитков брожения, а также дальнейшее расширение производства крафтового пива.

В производстве консервированной продукции планируется:

- ♦ развитие узкоспециализированных наименований продукции, направленных на решение различных проблем со здоровьем, а также обогащенных витаминами и микроэлементами;

- ♦ совершенствование технологических приемов производства, направленное на улучшение качества выпускаемых продуктов за счет применения щадящих методов обработки с максимальным сохранением пищевой ценности сырья (соки прямого отжима с минимальной термической обработкой, ферментированные плоды и овощи без добавления консервантов, замороженные овощные смеси, подготовленные овощи-полуфабрикаты, в т.ч. в вакуумной упаковке, консервы без добавления сахара);

- ♦ производство натуральной и органической продукции.

В крахмальной отрасли предусматривается разработка технологий и организация производства модифицированных крахмалов с повышенной степенью молекулярной гидролиза для различных отраслей промышленности.

В картофелеперерабатывающей отрасли планируется:

- ♦ разработка новых и усовершенствование применяемых технологий производства картофельных полуфабрикатов высокой степени готовности с целью сокращения трудозатрат, экономии сырья и повышения качества готового продукта;

- ♦ разработка и внедрение в производство диетических пюре на основе картофеля и других клубнеплодов с пониженным гликемическим индексом (продукты персонализированного питания для диабетиков и людей, склонных к ожирению);

- ♦ расширение производства быстрозамороженного натурального картофеля (типа «фри») и организация производства новых видов замороженных полуфабрикатов из картофеля:

французского картофеля (в виде шариков), формованных быстрозамороженных продуктов (драники, бабки, клецки) [9].

Согласно отраслевой программе развития пищевой промышленности на 2021–2025 годы, запланирован рост объемов производства в сопоставимых ценах за 2021–2025 годы — не менее 105 %, рост экспорта продукции отрасли в 2025 году по отношению к 2020 году — 104,6 %. Чтобы достичь запланированных показателей, требуются мероприятия по созданию отечественных сырьевых зон, углубленной переработке сырья с применением ресурсосберегающих технологий, изучению и поиску новых рынков сбыта, разработке новых видов пищевых продуктов и технологий их производства, диверсификации экспорта, дальнейшему развитию товаропроводящей сети за рубежом.

Одна из актуальных задач, стоящих перед белорусскими производителями, — изменение структуры экспорта. Предусматривается переориентация экспорта со стран Западной Европы на страны Азии. Перспективными покупателями продовольственных товаров являются Вьетнам, Индия, Египет, Иран, Сингапур, Израиль. С целью адаптации производимой продукции к требованиям рынков отдельных стран необходимы соответствующие исследования.

В условиях цифровизации получают развитие электронные продажи белорусских продуктов питания на экспорт через ОАО «Белорусская универсальная товарная биржа» (молочные продукты, рапсовое масло, мясо, жиры животные, пшеничная и ржаная мука, крупа), сайт export.by (различные продукты питания) и китайские электронные торговые площадки JingDong и Douyin (коровье и козье молоко, сухое молоко, молочные коктейли, шоколад, зефир, чипсы, хлопья, березовый сок). Применение инструментов электронной торговли для освоения зарубежных рынков содействует повышению конкурентоспособности белорусских товаров.

Заключение. Для пищевой промышленности Республики Беларусь характерен устойчивый рост объемов производства и экспорта продуктов питания, количества инновационно-активных предприятий и их удельного веса. С 2011 года в отрасли параллельно с экспортной стратегией реализуются программы импортозамещения.

В связи с введением санкций происходит нарушение экспортно-импортных потоков Беларуси с рядом стран. Несмотря на принимаемые меры по наращиванию объемов производства, за 2011–2021 годы доля импортных продуктов питания в розничных продажах возросла с 17 до 23,7 %, что не соответствует Доктрине национальной продовольственной безопасности. Сокращается экспорт пищевых продуктов в европейские страны.

Основными направлениями развития пищевой промышленности являются дальнейший рост промышленного производства на основе совершенствования применяемых технологий, внедрения инноваций; повышение конкурентоспособности и стимулирование экспорта продуктов питания. В кондитерской, масложировой, пищевоконцентратной и других отраслях планируется не только наращивать производство традиционных товаров, но и освоить выпуск инновационных экспортноориентированных продуктов питания, в том числе для детей, пожилых людей, беременных женщин, спортсменов, для диабетического питания.

Для достижения целевых показателей развития пищевой промышленности в условиях введения санкций требуются мероприятия по созданию отечественных сырьевых зон, углубленной переработке сырья, разработке новых видов пищевых продуктов и технологий их производства, освоению новых рынков сбыта, стимулированию экспорта с применением инструментов электронной торговли.

Список использованных источников

1. Промышленность Республики Беларусь: статистический сборник, 2021 / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Минск, 2021. — 52 с.
2. Республика Беларусь: статистический ежегодник, 2021 / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Минск, 2021. — 407 с.
3. Беларусь в цифрах: статистический справочник, 2021 / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Минск, 2022. — 69 с.
4. Экспорт важнейших видов продукции [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/upload-belstat/upload-belstat-excel/Oficial_statistika/2021/export_tovarov_vazh-2021-1.xlsx. — Дата доступа: 29.08.2022.
5. Карпович, Н. Реализация экспортного потенциала Республики Беларусь в агропродовольственной сфере на рынке ЕАЭС / Н. Карпович, Е. Макуценья // Аграрная экономика. — 2022. — №6. — С. 32–42.

6. *Пилипук, А. В.* Современные аспекты и механизмы обеспечения устойчивого стратегического развития отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности в мире и в Республике Беларусь / А.В. Пилипук, С.А. Кондратенко // Белорусский экономический журнал. — 2020. — № 2 (91). — С. 79–95.
7. О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 15.12.2017 №962 // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Республики Беларусь. — Минск, 2018.
8. *Ловкис, З. В.* РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»: достижения и перспективы / З.В. Ловкис, А.В. Мелешня, А.А. Шепшелев // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2022. — Т. 15. — № 1 (55). — С. 6–14.
9. *Герасенко, А. В.* Инвестиционные и инновационные стратегии хозяйствующих субъектов концерна «Белгоспищепром» на 2021–2027 годы / А.В. Герасенко // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2021. — Т. 14. — № 3 (53). — С. 9–18.

Информация об авторах

Свирейко Наталья Евгеньевна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры коммерческой деятельности и рынка недвижимости учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет» (Партизанский пр-т, 26, 220070, г. Минск, Республика Беларусь).
E-mail: nsvireyko@mail.ru

Information about authors

Svireyko Natalya Evgenievna, PhD (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the department of commercial activity and real estate market educational institution "Belarus State Economic University" (26 Partizanskij pr-t, 220070, Minsk, Republic of Belarus).
E-mail: nsvireyko@mail.ru

УДК 664.87

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4\(58\)-13-24](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4(58)-13-24)

Поступила в редакцию 04.09.2022

Received 04.09.2022

М. Н. Василевская

Учреждение образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий», г. Могилев, Республика Беларусь

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МУЧНЫХ СЛАДОСТЕЙ С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ОСНОВНЫХ НУТРИЕНТОВ

Аннотация. Изучен ассортимент мучных кондитерских изделий, реализуемых на потребительском рынке Республики Беларусь, проведен анализ пищевой и энергетической ценности различных групп мучных кондитерских изделий, на основании которого установлена недостаточно сбалансированная по критерию белковой составляющей пищевая и высокая энергетическая ценность в рассматриваемом сегменте продукции. Установлен перечень и диапазоны варьирования содержания основного сырья, используемого для производства мучных кондитерских изделий и формирующего структуру готовой продукции. Подобран перечень пищевого растительного сырья, являющегося источником дефицитных нутриентов, введение которого в рецептурный состав рассматриваемой группы кондитерской продукции позволит повысить уровень содержания белка и пищевых волокон. Проведены исследования химического состава, органолептических и физико-химических показателей качества и технологических свойств предлагаемого растительного сырья, такого как шроты масличных культур, нетрадиционные виды муки и урбеч. Установлена возможность использования исследованного сырья для производства мучных сладостей с дифференцированным содержанием основных нутриентов.

Ключевые слова: нутриенты, мучные сладости, рецептуры, белок, мука, шрот, урбеч, химический состав, технологические свойства, гранулометрический состав.

M. N. Vasilevskaya

Educational Institution "Belarusian State University of Food and Chemical Technologies", Mogilev, Republic of Belarus

PROSPECTS FOR THE USE OF NON-TRADITIONAL VEGETABLE RAW MATERIALS IN THE DEVELOPMENT OF FLOUR SWEETS WITH A DIFFERENTIATED CONTENT OF BASIC NUTRIENTS

Abstract. The range of flour confectionery products sold on the consumer market of the Republic of Belarus has been studied, the analysis of the nutritional and energy value of various groups of flour confectionery products has been carried out, on the basis of which the food and high energy value in the product segment under consideration is insufficiently balanced by the criterion of the protein component. The list and ranges of variation of the content of the main raw materials used for the production of flour confectionery products and forming the structure of finished products are established. A list of edible plant raw materials has been selected, which is a source of scarce nutrients, the introduction of which into the formulation of the group of confectionery products under consideration will increase the level of protein and dietary fiber content. Studies of the chemical composition, organoleptic and physico-chemical quality indicators and technological properties of the proposed vegetable raw materials such as oilseed meal, non-traditional types of flour and urbech have been carried out. The possibility of using the studied raw materials for the production of flour sweets with a differentiated content of basic nutrients has been established.

Key words: nutrients, flour sweets, recipes, protein, flour, meal, urbech, chemical composition, technological properties, granulometric composition.

Введение. Одной из основных задач обеспечения национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь является освоение новой, востребованной на рынке продукции и достижение высокого уровня доступности для всех групп населения безопасных и качественных пищевых продуктов в объемах и ассортименте необходимых для активного и здорового образа жизни, изготовленных с использованием отечественного сырья. С целью расширения ассортимента мучных кондитерских изделий целесообразна разработка рецептур мучных сладостей, характеризующихся дифференцированным содержанием основных нутриентов путем использования различных комбинаций нетрадиционного пищевого растительного сырья, что позволит обеспечить заданный химический состав и пищевую ценность готовой продукции и использовать ее как в питании широких слоев населения, так и применять при составлении рационов диетического профилактического питания [1, 2].

Мучные кондитерские изделия представлены в очень широком ассортименте и характеризуются приятным вкусом и привлекательным внешним видом. Необходимо отметить, что характерной особенностью мучных кондитерских изделий является высокая энергетическая ценность и недостаточно сбалансированная пищевая ценность, обусловленная избыточным количеством жиров и углеводов, преимущественно легкоусвояемых, и недостаточным содержанием полноценных белков и пищевых волокон [3, 4]. Все это не позволяет позиционировать мучные кондитерские изделия как полезный и полноценный продукт питания. Вместе с тем опрос потребителей показывает, что вследствие различных факторов эта группа продукции достаточно часто, а во многих случаях и ежедневно, присутствует в рационе питания практически всех групп населения [5].

Анализ рынка мучных кондитерских изделий, представленных в торговых объектах Республики Беларусь, показал наличие большого перечня отечественной и импортной продукции в различных сегментах, таких как сахарное, затыжное, сдобное, овсяное печенье, пряничные изделия, «сдобные» или мягкие вафли, кексы. При исследовании рынка мучных кондитерских изделий приоритетным являлся поиск продукции целевого назначения с измененной пищевой и энергетической ценностью путем повышения содержания белка и пищевых волокон и снижения содержания жиров и углеводов, в том числе изготовленной с заменой основного сырья и/или использованием нетрадиционного сырья. Установлено, что имеется весьма ограниченное количество продукции, характеризующейся измененной пищевой и энергетической ценностью, и маркируемой при этом как безбелковая или безглютеновая или высокобелковая. Также имеются образцы мучных кондитерских изделий, изготовленные с различными вариантами замены сахара и предназначенные для диетического питания. Стоимость такой продукции варьируется в широком диапазоне от 3,13 руб. до 70,5 руб. за килограмм готовой продукции [6–15].

Результаты анализа пищевой ценности таких групп мучных кондитерских изделий как мягкие вафли, пряники, сдобное и сахарное печенье, реализуемых на рынке Республики Беларусь, показал, что в целом содержание белка невелико и варьируется в среднем от 5,5 до 12 г/100 г готового изделия, при этом различие в содержании белка в исследованных группах продукции отличается незначительно. Содержание жира в указанных группах мучных кондитерских изделий колеблется в пределах в среднем от 3 до 34 г/100 г готового изделия, при этом наибольшее количество жира содержится в сдобном печенье и мягких вафлях. Углеводы в анализируемых изделиях содержатся в количестве 46–75 г/100 г готового изделия. Такое содержание основных нутриентов обеспечивает энергетическую ценность готовой продукции в пределах от 390 до 540 ккал/100 г в зависимости от группы мучных кондитерских изделий и с учетом рецептурного состава [6–16]. Необходимо отметить, что представленное на рынке высокобелковое печенье, высокий уровень белка в котором обеспечивается присутствием в рецептуре концентрата сывороточного белка и пшеничного белка, является импортной продукцией и производителем отнесено к категории спортивного питания. При этом продукция отечественных производителей с высоким содержанием белка и пищевых волокон в исследуемом сегменте кондитерских изделий не представлена.

Таким образом, полученные результаты показывают целесообразность повышения содержания белка и пищевых волокон и снижение количества жиров и углеводов в исследуемом сегменте мучных кондитерских изделий, что позволит приблизить рассматриваемую группу пищевых продуктов к продукции, соответствующей принятым нормам питания и маркировать ее в соответствии с требованиями ТР ТС 022/2011 по различным критериям, обусловленным дифференцированным содержанием основных нутриентов [17].

В результате исследования ассортимента мучных кондитерских изделий, представленных в торговых объектах Республики Беларусь, установлен перечень сырья, используемого для производства мучных кондитерских изделий. Основным сырьем, формирующим структуру

полуфабрикатов (теста) и готовых изделий являются мука пшеничная, сахар, жировые продукты, яичные продукты. Эти же рецептурные компоненты в наибольшей степени обуславливают пищевую и энергетическую ценность готовой продукции [18, 19]. Также был проведен анализ количественного содержания основных рецептурных компонентов мучных кондитерских изделий в сегментах сдобного печенья, мягких вафель, пряников и сахарного печенья [20, 21]. На рис. 1 представлен диапазон варьирования основных рецептурных компонентов, формирующих структуру и потребительские свойства указанных выше групп мучных кондитерских изделий.

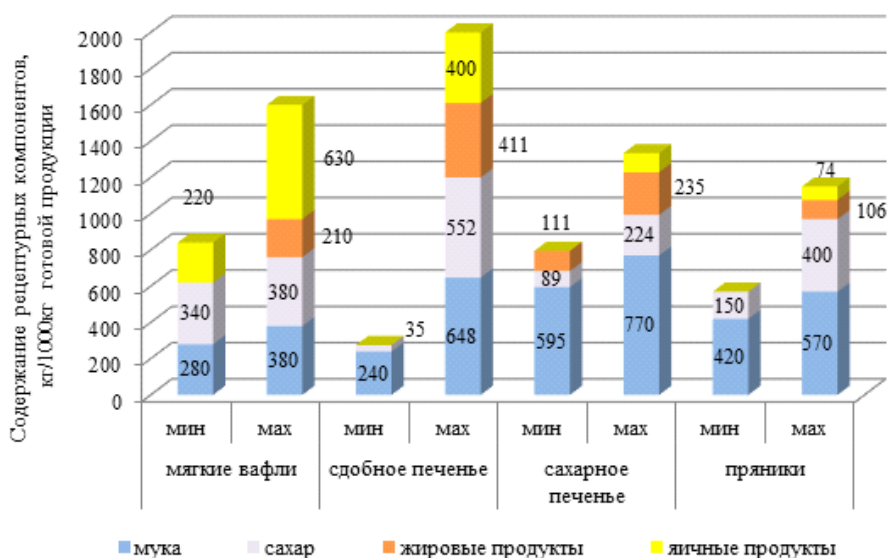


Рис. 1. Анализ содержания основных рецептурных ингредиентов в существующих рецептурах исследуемых групп мучных кондитерских изделий
 Fig. 1. Analysis of the content of the main prescription ingredients in the existing formulations of various groups of flour confectionery products

Установлено, что в рецептурах мучных сладостей, которые изготавливаются в виде продукции именуемой «сдобные» или мягкие вафли содержание муки варьируется в пределах от 280 до 380 кг на 1000 кг готовой продукции, жировых продуктов от 0 до 210 кг на 1000 кг готовой продукции, сахара от 340 до 380 кг на 1000 кг готовой продукции, яичных продуктов от 220 до 630 кг на 1000 кг готовой продукции. Для сдобного печенья содержание муки варьируется в пределах от 240 до 648 кг на 1000 кг готовой продукции, жировых продуктов от 0 до 411 кг на 1000 кг готовой продукции, сахара от 35 до 552 кг на 1000 кг готовой продукции, яичных продуктов от 0 до 400 кг на 1000 кг готовой продукции. Также необходимо учитывать, что указанные пределы вариации содержания основных рецептурных компонентов в рецептурах сдобного печенья весьма существенно разнятся для различных групп сдобного печенья. Например, в составе бисквитно-сбивных сортов печенья достаточно высокое содержание яичных продуктов и меньшее количество или полное отсутствие жира, напротив, в рецептурах песочно-выемного и песочно-отсадного печенья повышенное содержание жировых продуктов, представленных маслом сливочным различной жирности, и низкое содержание яичных продуктов. В рецептурах сахарного печенья содержание муки варьируется в пределах от 595 до 770 кг на 1000 кг готовой продукции, жировых продуктов от 111 до 235 кг на 1000 кг готовой продукции, сахара от 89 до 224 кг на 1000 кг готовой продукции, яичных продуктов от 0 до 105 кг на 1000 кг готовой продукции. Следует отметить, что в большинстве рецептов сахарного печенья и в некоторых образцах сдобного печенья расход муки на 1000 кг готовой продукции представлен как сумма муки пшеничной и крахмала, что обусловлено спецификой приготовления теста и качеством готовой продукции. В рецептурах пряников содержание муки варьируется в пределах от 420 до 570 кг на 1000 кг готовой продукции, жировых продуктов от 0 до 106 кг на 1000 кг готовой продукции, сахара от 150 до 400 кг на 1000 кг готовой продукции, яичных продуктов от 0 до 74 кг на 1000 кг готовой продукции. При этом практически во всех рецептурах пряничных изделий присутствуют сахаросодержащие компоненты типа патоки и/или инвертного сиропа, которые не учиты-

вались при анализе рецептов, представленных на рисунке 1. Кроме того, помимо сахара, муки, яиц и жира в рецептуру мучных кондитерских изделий входят молочные продукты, химические разрыхлители, ароматизаторы, мед, орехи, сухофрукты и другое сырье [20, 21]. Полученные соотношения муки, сахара, жировых продуктов и яиц в рецептурах указанных групп продукции использовались в дальнейшем при разработке рецептурного состава мучных сладостей с дифференцированным содержанием основных нутриентов.

Следует отметить, что наибольший вклад в формирование белковой ценности мучных кондитерских изделий вносит мука, а также молочные и яичные продукты, содержание жира обеспечивается преимущественно введением различных жировых продуктов, в формировании углеводного потенциала участвуют все используемые рецептурные компоненты, при этом наибольший вклад вносит сахар и мука, содержащие рафинированные и легкоусвояемые углеводы. Следовательно, с целью дифференциации пищевой и энергетической ценности разрабатываемой продукции наиболее целесообразно вводить в рецептуру различные виды нетрадиционного сырья, позволяющего полностью или частично заменить пшеничную муку и/или жировой компонент, а также заменять сахар, и тем самым, обеспечить варьирование содержания белка, жиров, углеводов и пищевых волокон.

Анализ рынка нетрадиционного сырья, являющегося источником белка и пищевых волокон, и возможного к использованию при производстве мучных кондитерских изделий с дифференцированным содержанием основных нутриентов выявил возможность применения с этой целью следующих видов сырьевых компонентов:

- ♦ вторичных продуктов, получаемых при производстве растительных масел, например, шротов масличных культур, которые характеризуются достаточно высоким содержанием белка, пищевых волокон и остаточным содержанием жира [22];
- ♦ нетрадиционных видов муки, которые характеризуются высоким содержанием белков и пищевых волокон, а также присутствием жиров, в том числе содержащих полиненасыщенные жирные кислоты [23–26];
- ♦ урбеча, являющегося продукцией переработки различного масличного сырья и содержащий большое количество белка и жира, в составе которого присутствуют полиненасыщенные жирные кислоты [27];

Цель работы — исследовать нетрадиционное пищевое растительное сырье, являющееся источником дефицитных нутриентов, и возможного к применению при разработке мучных сладостей с дифференцированным содержанием основных нутриентов.

Объекты исследований: лабораторные образцы шротов подсолнечного, соевого, рыжикового и рапсового, отечественные производственные образцы муки тыквенной, соевой полуобезжиренной (далее мука соевая), конопляной, кунжутной и льняной, производственные образцы урбеча подсолнечного, кунжутного, льняного и тыквенного. Для достижения поставленной цели были выделены следующие задачи: изучить химический состав указанного растительного сырья, провести исследования показателей качества и технологических свойств образцов муки, шротов, урбеча, позволяющие использовать это сырье при производстве различных групп мучных сладостей с дифференцированным содержанием основных нутриентов.

Материалы и методы исследований. В работе использовали стандартные и специальные методы исследований: химический состав, показатели качества образцов муки, урбеча и шротов исследовали в соответствии со стандартными методиками [28–37]; набухаемость, жирорудерживающую способность и стабильность эмульсии анализируемого растительного сырья определяли с применением специальных методов, исследования проводились при температуре (20 ± 2) °С; гранулометрический состав образцов муки и шротов определяли с использованием набора сит [38]. Результаты исследований обрабатывали и анализировали с использованием стандартного пакета Microsoft office для Windows XP.

Результаты исследований и их обсуждение. При разработке рецептурного состава мучных сладостей с дифференцированным содержанием основных нутриентов большое значение имеет изучение химического состава рецептурных компонентов, которые обеспечивают целенаправленную дифференциацию пищевой ценности готового продукта. Согласно литературным данным, исследуемые образцы нетрадиционных видов муки, шротов, урбеча характеризуются повышенным содержанием белка, полноценных жиров, в том числе содержащих полиненасыщенные жирные кислоты, и пищевых волокон. Результаты определения содержания белка и жира в исследуемых образцах шротов представлены на рис. 2.

Согласно полученным данным, исследуемые образцы шротов имеют достаточно высокую белковую составляющую, свидетельствующую об их высокой пищевой ценности. Так, содержание белка в образцах шрота варьируется в пределах 34,5–44,3 г/100 г сухого вещества

(далее СВ), при этом наибольшее количество белка установлено в соевом шроте. В исследуемых образцах отмечено невысокое содержание жира — в среднем 0,9–3,1 г/100 г СВ, что обусловлено тем фактом, что шроты являются вторичным продуктом, образующимся при производстве растительных масел. Варьирование содержания белка и жира в исследуемых образцах обусловлено как химическим составом используемого масличного сырья, так и технологическими режимами производства шротов. Таким образом, исследуемые образцы шротов характеризуются достаточно высоким количеством белка, что позволяет использовать их в качестве рецептурных ингредиентов, повышающих содержание белка в мучных кондитерских изделиях.

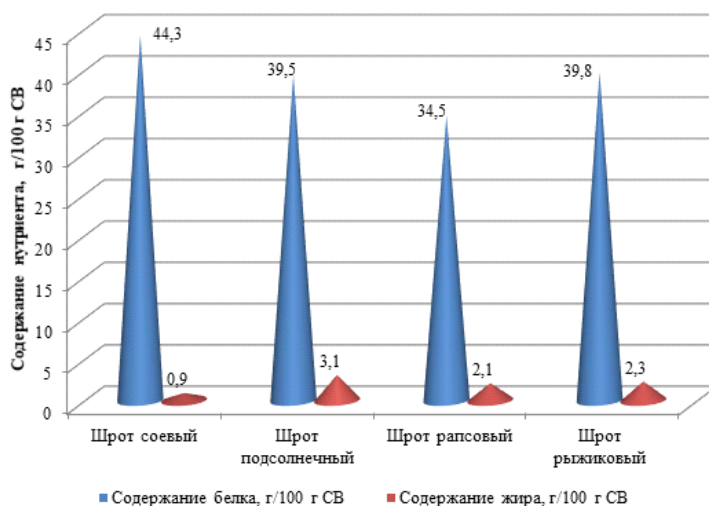


Рис. 2. Содержание белка и жира в исследуемых образцах шротов
 Fig. 2. Protein and fat content in the studied meal samples

Результаты исследования содержания белка и жира в нетрадиционных видах муки и урбеча в сравнении со значениями, указанными на маркировке исследуемых производственных образцов сырья, представлены на рис. 3, 4.

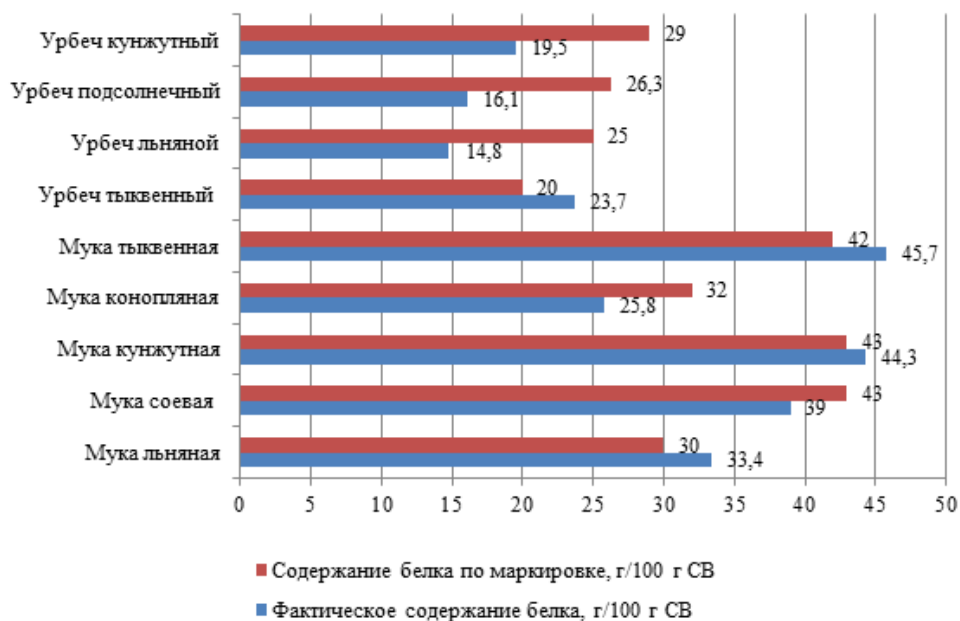


Рис. 3. Содержание белка в исследуемых образцах нетрадиционных видов муки и урбеча
 Fig. 3. Protein content in the studied samples of non-traditional types of flour and urbech

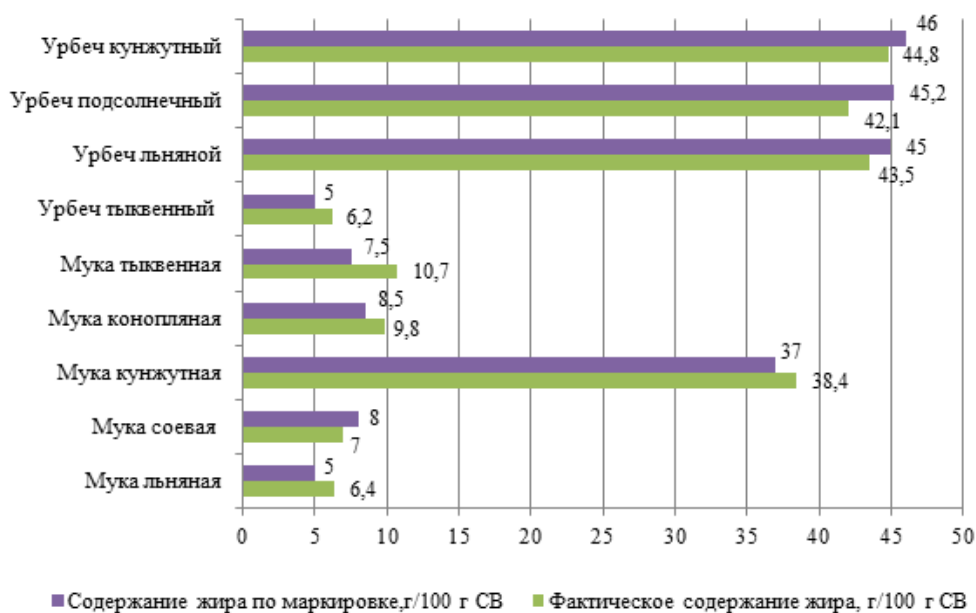


Рис. 4. Содержание жира в исследуемых образцах нетрадиционных видов муки и урбеча
 Fig. 4. The fat content in the studied samples of non-traditional types of flour and urbech

Анализ полученных результатов показал, что содержание белка в исследуемых видах муки варьируется в пределах от 14,78 до 45,7 г/100 г СВ, при этом наибольшее количество белка определено в образцах тыквенной и кунжутной муки — 45,7 и 44,3 г/100 г СВ соответственно. Содержание белка в образцах урбеча варьируется от 14,78 до 23,71 г/100 г СВ, что несколько ниже в сравнении с исследуемыми образцами нетрадиционной муки. Фактической содержание жира в исследуемых образцах муки варьируется в среднем от 6,4 до 10,7 г/100 г СВ, за исключением кунжутной муки (38,4 г/100 г СВ). Напротив, фактическое содержание жира в образцах урбеча характеризуется достаточно высокими значениями — от 42,1 до 44,8 г/100 г СВ, за исключением тыквенного урбеча (6,2 г/100 г СВ). Следует отметить, что фактическое содержание белка и жира в исследованных образцах муки и урбеча отличается от информации представленной производителями на маркировке и объясняется, вероятно, непостоянным химическим составом используемого сырья, применяемыми методиками. Таким образом, результаты исследования химического состава нетрадиционных видов муки и урбеча показывают целесообразность использования всех предлагаемых образцов муки в качестве источника белка при разработке рецептур мучных сладостей, использование урбеча возможно и как источника белка и в качестве жирового продукта при производстве мучных кондитерских изделий с дифференцированным содержанием основных нутриентов.

Результаты определения зольности и клетчатки в исследуемом нетрадиционном растительном сырье представлены на рис. 5.

Значения зольности в исследуемых образцах муки варьируется от 4,4 до 7,1 %, в образцах урбеча от 2,6 до 4,1 %, шротов в диапазоне 5,9–7,9 %, что значительно выше величины этого показателя для пшеничной муки. Содержание клетчатки в образцах муки варьируется в диапазоне 7,3–14,4 %, в урбече 6,1–11,2 %, шротах 10,9–17,7 %, что обусловлено химическим составом используемого сырья и применяемыми технологиями производства. Полученные результаты указывают на возможность повышения содержание минеральных веществ и пищевых волокон в разрабатываемой продукции при введении в рецептурный состав всех исследуемых образцов нетрадиционного растительного сырья.

Показатели качества сырья определяют возможность его использования при производстве продуктов питания и, в значительной степени, качество изготавливаемой продукции. При проведении исследований изучили органолептические и физико-химические показатели качества образцов нетрадиционных видов муки, шротов и урбеча.

Органолептические показатели качества исследуемых образцов шротов, нетрадиционных видов муки и урбеча обусловлены качеством сырья, используемого для их производства, и соответствуют нормируемым характеристикам. Посторонние и металломагнитные примеси, а также зараженность вредителями исследуемых образцов не обнаружены. Цвет шротов

варьируется от светлого, свойственного соевому и рыжиковому шроту, до темно-коричневого, характерного для образцов рапсового и подсолнечного шрота.

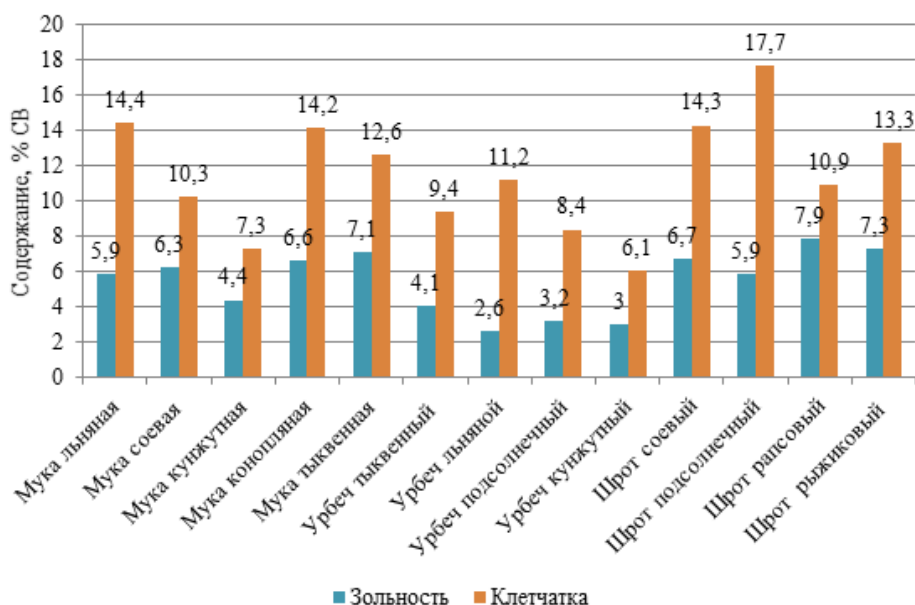


Рис. 5. Результаты определения зольности и клетчатки в исследуемом нетрадиционном растительном сырье

Fig. 5. Results of determination of ash content and fiber in the studied non-traditional plant raw materials

Образцы муки характеризуются белым или серым цветом, за исключением тыквенной и конопляной муки, обладающих более темным цветом с характерным коричневым оттенком. Образцы урбеча также различаются по цвету, который изменяется от кремового до темно-коричневого с зеленоватым оттенком, что обусловлено цветом исходного сырья, применяемого для их изготовления. Следует отметить характерные вкус и запах исследуемых образцов нетрадиционного растительного сырья, особенно рыжикового шрота, что, вероятно, отразится на вкусовых характеристиках продукции, изготавливаемой с их использованием. Также необходимо отметить вязкую пастообразную консистенцию всех исследованных образцов урбеча, что требуется учитывать при ведении технологического процесса производства мучных кондитерских изделий. Таким образом, анализ органолептических показателей качества исследуемого растительного сырья показывает возможность его использования при производстве мучных кондитерских изделий, при этом такое сырье будет придавать характерный привкус и запах готовым изделиям, оказывать влияние на цвет, что необходимо учитывать при составлении рецептур разрабатываемой продукции.

Результаты определения физико-химических показателей качества исследуемых образцов нетрадиционного сырья представлены в таб. 1.

Анализ полученных данных показал, что влажность образцов нетрадиционных видов муки колеблется в среднем в пределах 9,2 – 10,2 %, шротов составляет 8,5–9,7 %, что соответствует нормируемым значениям и не превышает данный показатель для пшеничной муки и, как следствие, не потребует существенной корректировки технологических режимов процесса изготовления мучных кондитерских изделий. Влажность образцов урбеча варьируется от 1,6 до 2,2%, что соответствует значениям этого показателя для такой продукции и будет учтено при расчете рецептуры мучных сладостей. Кислотность исследуемых образцов шротов изменяется в диапазоне, от 3,4 до 4,1 град, для образцов нетрадиционной муки определены более высокие значения этого показателя – 7,0–15,0 град, что соответствует нормируемым значениям, однако несколько превышает значения данного показателя для пшеничной муки и необходимо учесть при проектировании рецептурного состава разрабатываемых мучных сладостей.

Использование образцов нетрадиционных видов сырья при разработке рецептурного состава мучных сладостей с дифференцированным содержанием основных нутриентов требует исследования их технологических свойств, что обусловлено технологическими аспектами производства. В работе изучали гранулометрический состав, набухающую и жирудержива-

ющую способности порошкообразных сырьевых компонентов. При проведении исследований все анализируемые образцы шротов измельчали на лабораторной мельнице, в связи с чем, степень измельчения и, как следствие, размер частиц шротов отличаются от размера частиц образцов муки, изготовленных в производственных условиях. Результаты исследования гранулометрического состава образцов нетрадиционных видов муки и шротов представлены на рис. 6, 7.

Таблица 1. Физико-химические показатели качества исследуемых образцов нетрадиционных видов муки, шротов и урбеча
Table 1. Physico-chemical quality indicators of the studied samples of non-traditional types of flour, meal and urbech

Образец	Влажность, %	Кислотность, град
Мука кунжутная	9,52±0,04	8,0±0,1
Мука тыквенная	9,18±0,03	10,4±0,1
Мука конопляная	9,30±0,04	7,0±0,15
Мука льняная	9,22±0,02	13,0±0,2
Мука соевая	10,20±0,03	15,0±0,2
Шрот подсолнечный	9,6±0,08	3,4±0,15
Шрот рапсовый	8,5±0,05	4,1±0,1
Шрот соевый	8,8±0,09	3,6±0,1
Шрот рыжиковый	9,7±0,02	3,4±0,2
Урбеч кунжутный	1,8±0,04	–
Урбеч подсолнечный	2,2±0,02	–
Урбеч льняной	1,6±0,01	–
Урбеч тыквенный	2,0±0,01	–

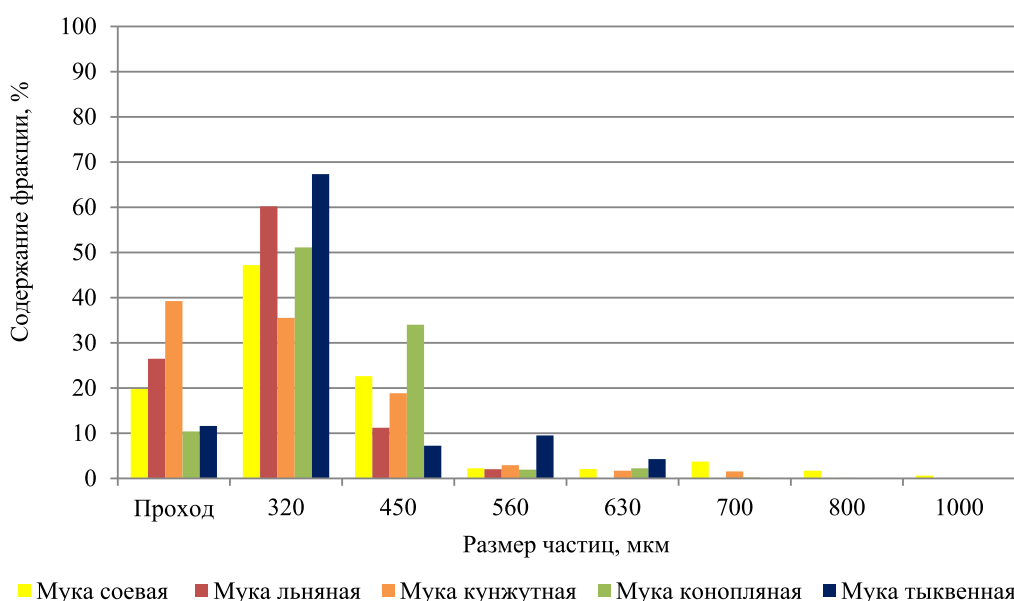


Рис. 6. Гранулометрический состав исследуемых образцов нетрадиционной муки
Fig. 6. Granulometric composition of the studied samples of non-traditional flour

Исходя из данных, представленных на рисунке 6 видно, что во всех образцах нетрадиционной муки содержится незначительное количество крупных частиц, в основном преобладают частицы размером 320–450 мкм и менее, что сопоставимо с гранулометрическим составом пшеничной муки высшего и первого сортов. При этом все исследуемые виды нетрадиционной муки недостаточно выравнены по размеру, что может сказаться на органолептических показателях готовой продукции и в связи с этим, вероятно, потребует корректировки технологических режимов производства мучных сладостей. Анализ гранулометрического состава изучаемых образцов шротов показал, что все образцы отличаются более

высокой крупностью в сравнении с мукой и это необходимо учитывать при составлении рецептурного состава и ведении технологического процесса производства.

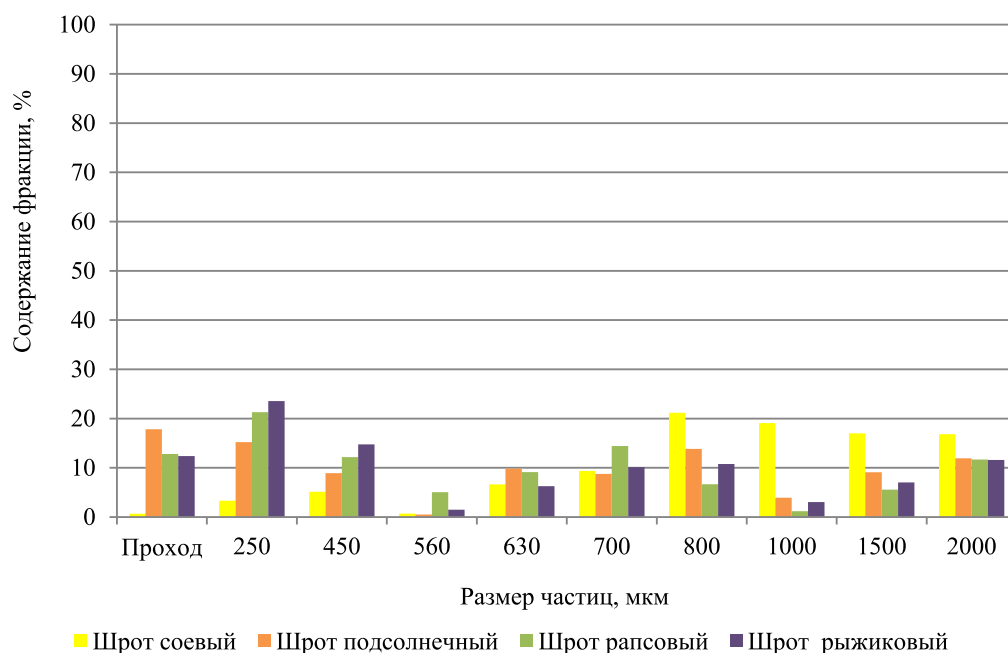


Рис. 7. Гранулометрический состав исследуемых образцов шротов
Fig. 7. Granulometric composition of the studied meal samples

Результаты определения технологических свойств образцов нетрадиционного растительного сырья представлены в табл. 2.

Таблица 2. Технологические свойства исследуемых образцов нетрадиционных видов муки, шротов и урбеча
Table 2. Technological properties of the studied samples of non-traditional types of flour, meal and urbech

Наименование образца	Набухаемость, мл/г	Жироудерживающая способность, г/г СВ	Стабильность эмульсии, %
Мука кунжутная	5,5±0,15	0,31±0,15	—
Мука тыквенная	5,0±0,1	0,55±0,2	—
Мука конопляная	2,6±0,2	0,27±0,2	—
Мука льняная	14,0±0,2	0,55±0,1	—
Мука соевая	4,0±0,1	0,28±0,1	—
Шрот подсолнечный	5,5±0,15	0,82±0,15	—
Шрот рапсовый	4,5±0,1	0,55±0,2	—
Шрот соевый	4,1±0,1	0,27±0,1	—
Шрот ржиковый	4,2±0,2	0,34±0,15	—
Урбеч кунжутный	—	—	95,0±0,5
Урбеч подсолнечный	—	—	100,0±0,8
Урбеч льняной	—	—	97,0±0,6
Урбеч тыквенный	—	—	96,0±0,4

Результаты изучения технологических свойств исследуемых видов нетрадиционного растительного сырья показывают, что набухаемость образцов муки находится в пределах 2,6–5,5 мл/г, набухаемость шротов не превышает 4,5 мл/г. Невысокие значения набухаемости исследуемых образцов муки и шротов указывает на то, что при добавлении такого сырья в состав мучных кондитерских изделий тесто будет иметь требуемые структурно-механические характеристики. Исключением является льняная мука, для которой величина этого показателя составляет 14 %, что объясняется химическим составом, в частности высоким содержа-

нием клетчатки и подтверждено представленными выше результатами исследований, а также, согласно имеющейся в литературе информации, высоким содержанием природных гидроколлоидов.

Жироудерживающая способность исследуемых образцов сырья варьируется в достаточно широком диапазоне от 0,27 до 0,82 г/г СВ, при этом наибольшими значениями показателя характеризуются подсолнечный и рапсовый шрот, а также льняная и тыквенная мука, что, вероятно, объясняется химическим составом, а именно наличием веществ, обладающих эмульгирующими свойствами. Стабильность эмульсии, установленная для образцов урбеча, характеризуется достаточно высокими значениями — 95 — 100 %, что обусловлено натуральным сырьевым составом, низким содержанием влаги, высокой степенью однородности составных частей урбеча, а также, вероятно, присутствием природных эмульгаторов, содержащихся в исходном сырье.

Хорошая жироудерживающая способность нетрадиционных видов муки и шротов, а также высокая стабильность эмульсии исследуемых образцов урбеча позволит получить однородное тесто с хорошими структурно-механическими свойствами и тем самым исключить использование эмульгаторов при разработке рецептурного состава мучных сладостей.

Таким образом, исследования показателей качества и технологических свойств образцов нетрадиционных видов муки, шротов, урбеча показывают возможность использования такого сырья для производства мучных сладостей с дифференцированным содержанием основных нутриентов.

Заключение. В результате проведенных исследований установлена недостаточно сбалансированная пищевая и энергетическая ценность мучных кондитерских изделий, представленных на потребительском рынке Республики Беларусь. Предложено корректировать нутриентный состав исследуемой группы пищевой продукции с целью повышения содержания белка и пищевых волокон путем введения в рецептуры мучных сладостей нетрадиционного растительного сырья, характеризующегося в сравнении с традиционной пшеничной мукой повышенным содержанием дефицитных нутриентов. Установлен перечень и диапазоны варьирования содержания сырья, используемого для производства мучных кондитерских изделий и формирующего структуру готовой продукции. Анализ рынка нетрадиционного сырья показал возможность использования шротов масличных культур, нетрадиционных видов муки и урбеча в качестве источника белка и пищевых волокон. Исследования химического состава предлагаемого к использованию нетрадиционного растительного сырья подтвердил целесообразность его использования в качестве источника белка и пищевых волокон, а также в случае урбеча и взамен жирового продукта при производстве мучных кондитерских изделий с дифференцированным содержанием основных нутриентов. Анализ органолептических и физико-химических показателей качества растительного сырья показал возможность его использования при производстве мучных кондитерских изделий, а также выявил необходимость ограничения дозировок такого сырья в рецептурах разрабатываемой продукции вследствие характерных цвета, привкуса и запаха. Изучение технологических свойств предлагаемого нетрадиционного растительного сырья показало возможность его использования для производства мучных сладостей с дифференцированным содержанием основных нутриентов, при этом полученные данные указывают на возможную корректировку технологических режимов производства, что будет учтено при проведении дальнейших исследований.

Исследования, представленные в публикации, проводились в рамках НИР по теме «Научное обоснование рецептурного состава мучных сладостей с дифференцированным содержанием основных нутриентов на основе пищевой комбинаторики», выполняемой в рамках подпрограммы «Продовольственная безопасность» ГПНИ «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» на 2021–2025 годы. Полученные результаты будут использованы в дальнейшем при проведении исследований по разработке рецептурных составов и технологических аспектов производства мучных сладостей с дифференцированным содержанием основных нутриентов [39–42].

Список использованных источников

1. Анализ рынка кондитерских изделий в странах СНГ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://businessstat.ru>. — Дата доступа: 20.03.2021.
2. Производство кондитерских изделий в Республике Беларусь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://sfera.fm>. — Дата доступа: 22.03.2021.
3. Бульчук, Е. Пищевая и биологическая ценность мучных кондитерских изделий / Е. Бульчук, П. Аксенов, З. Скобельская // Хлебопродукты. — 2006. — №7. — С. 54–55.

4. *Савенкова, Т. В.* Анализ пищевой и энергетической ценности кондитерских изделий / Т. В. Савенкова // Пищевая промышленность. — 2006. — №8. — С. 62–64.
5. Динамика потребительского спроса мучных кондитерских изделий в Республике Беларусь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://businessstat.ru>. — Дата доступа: 11.04.2021.
6. Кондитерская фабрика «Слодыч» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://slodych.by>. — Дата доступа: 11.04.2021.
7. Кондитерская фабрика «Спартак» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://spartak.by>. — Дата доступа: 11.04.2021.
8. Кондитерская фабрика «Конфа» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://konfa.by>. — Дата доступа: 11.04.2021.
9. Кондитерская фабрика «Витьба» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://vitba.by>. — Дата доступа: 11.04.2021.
10. Булочно-кондитерская компания «ДОМОЧАЙ» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://domochay.by>. — Дата доступа: 11.04.2021.
11. Берестейский пекарь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://bhp.by>. — Дата доступа: 11.04.2021.
12. ОАО «Витебскхлебпром» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://vhp.by>. — Дата доступа: 11.04.2021.
13. КУП «Минскхлебпром» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://minskhleby.by>. — Дата доступа: 11.04.2021.
14. ОАО «Гомельхлебпром» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://gomelhleby.by>. — Дата доступа: 11.04.2021.
15. Кондитерская фабрика «Эст» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://kfest.ru>. — Дата доступа: 11.04.2021.
16. *Митькова, А. А.* Анализ и перспективы развития рынка Республики Беларусь в сегменте мучных кондитерских изделий / Митькова, А.А., Сорока Ю.М., Василевская М.Н. // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов XII Междунар. научн. конф. студентов и аспирантов, Могилев, 22-23 апреля 2021г. / Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»; редкол.: А. В. Акулич [и др.]. — Могилев, 2021. — С. 80.
17. Пищевая продукция в части ее маркировки: ТР ТС 022/2011. — Введ. 01.07.2013. — Комиссия таможенного союза, 2011. — 29 с.
18. Технология и оборудование для производства мучных кондитерских изделий: пособие / В.А. Шаршунов, В.А. Васькина, И.А. Машкова [и др.]. — Минск: Мисанта, 2015. — 991 с.
19. *Мэнли, Д.* Мучные кондитерские изделия : монография / Д. Мэнли.; Пер.с англ.; Под ред. И.В. Матвеевой. — СПб.: Профессия, 2003. — 558 с.
20. Рецептуры на печенье. — М.: ВНИИКП, 1987. — 248 с.
21. *Барановский, В. А.* Справочник кондитера: справочное издание / В.А. Барановский; В.А.Барановский. — Ростов н/Д: Феникс, 2003. — 352 с.
22. Продукты маслоэкстракционного производства // Агроархив: сельскохозяйственные материалы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://agro-archive.ru>. — Дата доступа: 15.05.2021.
23. Перспективы применения нетрадиционного растительного сырья для повышения биологической ценности мучных кулинарных изделий / Я. П. Домбровская, С. И. Аралова, Ю. А. Текутьева [и др.] // Пищевая промышленность. — 2017. — №7. — С. 19–20.
24. *Корячкина, С. Я.* Новые виды мучных и кондитерских изделий. Научные основы, технологии рецептуры / С.Я. Корячкина. — Орел: Изд-во «Труд», 2006. — 480 с.
25. Нетрадиционная мука [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://zdorowya.ru>. — Дата доступа: 21.05.2021.
26. *Валишина, Г. Л.* Расширение ассортимента пищевых продуктов путем применения муки функционального назначения / Г. Л. Валишина // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2006. — №11. — С. 30–32.
27. Урбеч [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://urbech.com>. — Дата доступа: 27.05.2021.
28. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина: ГОСТ 13496.4–2019. — Введ. 01.08.2020. — // Москва: Стандартинформ, 2019. — 22 с.
29. Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации: ГОСТ 31675-2012. — Введ. 01.07.2013. — Москва: Стандартинформ, 2020. — 12 с.

30. Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Методы определения золы: ГОСТ 13979.6–69. — Введ. 01.01.1970. — //Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1992. — 10 с.
31. Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Метод определения массовой доли жира и экстрактивных веществ: ГОСТ 13979.2–94. — Введ. 01.07.1996. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1996. — 11 с.
32. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка: ГОСТ 10846–91. — Введ. 01.06.1993. — Москва: Стандартинформ, 2009. — 8 с.
33. Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Методы определения цвета, запаха, количества темных включений и мелочи: ГОСТ 13979.4–68. — Введ. 01.01.1970. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1992. — 8 с.
34. Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Методы определения влаги и летучих веществ: ГОСТ 13979.1–68. — Введ. 01.01.1970. — //Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1992. — 8 с.
35. Мука и отруби. Методы определения цвета, запаха, вкуса и хруста: ГОСТ 27558–87. — Введ. 01.01.1989. — Москва: Стандартинформ, 2007. — 9 с.
36. Мука и отруби. Метод определения влажности: ГОСТ 9404–88. — Введ. 01.01.1990. — Москва: Стандартинформ, 2007. — 3 с.
37. Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке: ГОСТ 27493–87. — Введ. 01.01.1989. — Москва: Стандартинформ, 2007. — 13 с.
38. Мука и отруби. Метод определения крупности: ГОСТ 27560–87. — Введ. 01.01.1989. — Москва: Стандартинформ, 2007. — 10 с.
39. Прохорцова, Т. В. Исследование возможности использования продуктов переработки масличных семян в производстве мучных кондитерских изделий / Прохорцова Т.В., Василевская М.Н., Григенча Е.В., Сорока Ю.М. // Инновационные технологии в обеспечении качества и безопасности химических и пищевых продуктов, Ташкент, 24–25 сентября 2021г. / Ташкентский химико-технологический институт (ТХТИ); редкол.: Усмонов Б.Ш. [и др.]. — Ташкент, 2021. — С. 119–122.
40. Сорока, Ю. М. Перспективы использования побочных продуктов масложировой промышленности в кондитерском производстве / Сорока Ю.М., Григенча Е.В., Прохорцова Т.В. // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов XII Междунар. научн. конф. студентов и аспирантов, Могилев, 22–23 апреля 2021г. / Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»; редкол.: А. В. Акулич [и др.]. — Могилев, 2021. — С. 81.
41. Василевская, М. Н. Мучные сладости с дифференцированным содержанием белка / Василевская М.Н., Прохорцова Т.В., Машкова И.А. // Инновационные технологии в обеспечении качества и безопасности химических и пищевых продуктов, Ташкент, 24–25 сентября 2021 г. / Ташкентский химико-технологический институт (ТХТИ); редкол.: Усмонов Б.Ш. [и др.]. — Ташкент, 2021. — С. 117–118.
42. Прохорцова, Т. В. Расширение ассортимента мучных сладостей путем использования нетрадиционного растительного сырья / Прохорцова, Т.В., Новицкая К.Л. // Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения: сборник материалов международной научно-практической молодежной конференции, посвященной памяти Р.Д. Поландовой и 90-летию ФГАНУ НИИ хлебопекарной промышленности (7 июня 2022 г.) / ФГАНУ НИИХП, отв. ред. д.т.н. Мартиросян В.В. — М: Издательский комплекс «БукиВеди». — С. 127–129.

Информация об авторах

Василевская Марина Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хлебопродуктов» учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр. Шмидта, 3, 212029, г. Могилев, Республика Беларусь).
E-mail: MarinaVasilevskaya15@yandex.by

Information about authors

Vasilevskaya Marina Nikolaevna, PhD (Technical), Associate Professor of the Department of Bread Products Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. (3 Schmidt Ave., Mogilev, 212029, Republic of Belarus).
E-mail: MarinaVasilevskaya15@yandex.by

УДК 633.12:664.788.3

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4\(58\)-25-33](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4(58)-25-33)

Поступила в редакцию 28.06.2022

Received 28.06.2022

М. Л. Зенькова

Учреждение образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий», г. Могилев, Республика Беларусь

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА ГРЕЧИХИ В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

Аннотация. Гречиха — это псевдозерновая культура, которая не содержит глютен и в некоторых регионах употребляется как функциональная пища. Традиционно зерно гречихи используется для изготовления гречневой крупы и муки. Проращивание позволяет улучшить пищевую ценность зерна гречихи благодаря активации гидролитических ферментов, которые делают питательные вещества доступными для роста растения, а также для организма человека. В статье приведены исследования по содержанию пищевых веществ в гречихе до проращивания и в пророщенной гречихе. Для проращивания использовали крупу гречневую ядрицу (непропаренную), которая имела кремовый цвет с зеленоватым оттенком, влажность 12,0 %, доброкачественность ядра 99,4 %. Проращивали зерно гречихи в весенний период в течение 36–46 часов до размера корешков в среднем 5 мм. По органолептическим показателям пророщенное зерно имело приятный сладковатый вкус и тонкое ореховое послевкусие. Наиболее значимыми с точки зрения обеспечения человека макронутриентами, поступающими с пророщенным зерном гречихи, являются крахмал ($31,84 \pm 0,6$ %), сахара ($5,1 \pm 0,3$ %) и белок ($5,67 \pm 0,02$ %). В пророщенном зерне гречихи содержатся все незаменимые аминокислоты (30,5 % к общему количеству аминокислот). Лимитирующей аминокислотой является треонин (аминокислотный скор 31,7 %). Среди заменимых аминокислот установлено высокое содержание глютаминовой кислоты (1,0972 г на 100 г). Коэффициент различий аминокислотного скор составляет 54,75 %, потенциальная биологическая ценность белка — 45,25 %. В 100 г пророщенного зерна гречихи содержится 48,5 % от суточной потребности в марганце, 24,0 % в меди, 18,9 % в железе для женщин, 34,0 % — для мужчин, около 23,0 % от суточной потребности в витамине В₁ и 12,7 % от суточной потребности в витамине Е. Кроме этого, пророщенное зерно гречихи содержит клетчатку, в среднем 6,5 % от суточной потребности. Пророщенное зерно гречихи является перспективным сырьем для разработки технологии безалкогольных напитков на растительном сырье, аналогов «растительного молока».

Ключевые слова: гречиха, пророщенное зерно, макронутриенты, микронутриенты, растительное молоко, напитки.

M. L. Zenkova

*Educational Institution “Belarusian State University of Food and Chemical Technologies”,
Mogilev, Republic of Belarus*

PROSPECTS FOR THE USE OF SPROUTED BUCKWHEAT GRAIN IN THE PRODUCTION OF NON-ALCOHOLIC BEVERAGES

Annotation. Buckwheat is a pseudo-cereal culture which does not contain gluten and is consumed as a functional food in some regions. Traditionally, buckwheat grain is used to make buckwheat groats and flour. Sprouting improves the nutritional value of buckwheat grain by activating hydrolytic enzymes that make nutrients available to the growth of the plant as well as to the human body. This article provides research on the nutrient content of buckwheat before sprouting and in the sprouted buckwheat. For germination we used buckwheat groats (not steamed), which had a cream color with a greenish hue, humidity 12,0 %, the percentage of high-quality kernel 99,4 %. Buckwheat grain was sprouted in the spring for 36–46 hours to the size of roots of an average of 5 mm. According to organoleptic indicators, the sprouted grain had a pleasant sweet taste and a subtle nutty aftertaste.

The most significant in terms of providing the macronutrients coming with sprouted buckwheat grain are starch ($31,84 \pm 0,6$ %), sugars ($5,1 \pm 0,3$ %) and protein ($5,67 \pm 0,02$ %). Sprouted buckwheat grain contains all essential amino acids (30,5 % of the total number of amino acids). The limiting amino acid is threonine (amino acid score of 31,7 %). Among the nonessential amino acids, a high content of glutamic acid (1,0972 g per 100 g) was found. The coefficient of differences of amino acid score is 54,75 %, the potential biological value of protein is 45,25 %. 100 g of sprouted buckwheat grain contains 48,5 % of the daily requirement of manganese, 24,0 % of copper, 18,9 % of iron for women, 34,0 % - for men, about 23,0 % of the daily requirement of vitamin B₁ and 12,7 % of the daily requirement of vitamin E. In addition, sprouted buckwheat grain contains fiber, an average of 6,5 % of the daily requirement. Sprouted buckwheat grain is a perspective raw material for the development of technology of non-alcoholic beverages on vegetable raw materials, analogues of “plant-based milk”.

Key words: buckwheat, sprouted grain, macronutrients, micronutrients, plant-based milk, beverages.

Введение. Рост популярности продуктов на основе пророщенного зерна во всем мире связывают с необходимостью профилактики сахарного диабета, сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных и других заболеваний. Однако люди употребляют в пищу продукты, не только в натуральном, но и в переработанном виде. При переработке сырья в пищевые продукты возникают физико-химические изменения сырья, которые связаны с потерей питательных веществ. Для восполнения потерь широко распространенным подходом является обогащение пищевых продуктов недостающими микронутриентами или использование биологически активных добавок [1]. По мнению некоторых ученых эффективно улучшает нутриентный состав пищевого рациона использование пророщенных семян и зерен, важная роль которых заключается в том, что даже после тепловой обработки их нутриентный состав полезнее, чем в непророщенных зернах [2–4]. С этой целью проводятся исследования по изучению процессов, происходящих в зерне при проращивании, изменению химического состава зерна, разрабатываются способы подготовки и введения пророщенного зерна в пищевой продукт с минимальным изменением рецептуры и технологии [5, 7–8]. Зерно гречихи представляет интерес с точки зрения содержания биологически активных соединений, которые полезны для здоровья человека [9, 10]. По сравнению с другими зерновыми культурами, такими как пшеница, рис и кукуруза, зерно гречихи имеет более высокую пищевую ценность [11, 12]. Установлено, что при проращивании в зернах гречихи происходят существенные изменения в белковом комплексе, повышается доступность сахаров, аминокислот, накапливаются γ -аминомасляная кислота, фенольные соединения, повышается антиоксидантная активность [13–15].

Очевидно, что пищевая ценность зерна в зависимости от степени проращивания будет отличаться. Следовательно, есть потребность в характеристике состава пророщенного зерна гречихи, которая включает данные о содержании в нем макро- и микронутриентов, а также перспективы использования в производстве пищевых продуктов.

Целью работы является исследование пищевой ценности пророщенного зерна гречихи и возможности использования нового сырья в производстве безалкогольных напитков.

Объекты и методы исследования. Объектом исследований являлась крупа гречневая ядрица (непропаренная) первого сорта, которая представляла собой целые и надколотые ядра гречихи, не проходящие через сито из решетчатого полотна с продолговатыми отверстиями 1,6x20 мм, цвет кремовый с зеленоватым оттенком и имеющие следующие характеристики: влажность 12,0 %, доброкачественность ядра 99,4 %.

Ядра гречихи слоем не более 20 см помещали в полимерные контейнеры с перфорированным дном, контейнеры устанавливали в ванну с водой (гидромодуль 1:3) и замачивали при температуре (20 ± 2) °С в течение 6 часов до влажности 39–42 %. Далее воду сливали, зерно промывали и проращивали при температуре 20 ± 2 °С в течение 34–40 часов периодически их увлажняя, путем орошения водой и перемешивая каждые 4 часа, до появления корешков 5 ± 2 мм.

Содержание общего азота определяли на автоматической установке Turbotherm для разложения по методу Кьельдаля с дистиллятором VaroDest; содержание белка рассчитано путем умножения величины содержания азота на коэффициент $k=5,53$ [16]. Аминокислотный состав определяли по МВИ.МН 1363-2000 «Метод по определению аминокислот в продуктах питания с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии» на жидкостном хроматографе Agilent 1200; содержание жира определяли на анализаторе жира Soxterm методом Сокслета; содержание крахмала определяли по ГОСТ 10845-98 поляриметрическим методом; общее количество сахаров определяли по ГОСТ 8756.13-87 перманганатным методом; содер-

жание растворимых сухих веществ определяли по ГОСТ ISO 2173-2013; содержание сырой клетчатки определяли на анализаторе клетчатки Fibretherm FT 12. Минеральные вещества определяли по МУК 4.1.1482-2003 «Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, поливитаминных препаратах с микроэлементами, в биологически активных добавках к пище и в сырье для их изготовления методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргоновой плазмой». Витамин B_1 (тиамин) определяли по ГОСТ EN14122-2013, витамин B_2 (рибофлавин) по ГОСТ EN14152-2013, витамин B_5 (пантотеновая кислота) по МВИ.МН 3008-2008 «Методика определения массовой доли пантотеновой кислоты в специализированных продуктах питания и БАД», витамин B_6 (пиридоксин) по ГОСТ EN14164-2013, витамин С (аскорбиновая кислота) по ГОСТ 24556-89, витамин Е (токоферолы) по ГОСТ EN12822-2014.

Качество белка пророщенного зерна гречихи оценивали путем сравнения его аминокислотного состава с аминокислотным составом «идеального» белка с помощью расчета аминокислотного сора (качества протеина) (P_i , %) по формуле

$$P_i = \frac{A_i}{A_i^0} \times 100, \quad (1)$$

где A_i — содержание i -й незаменимой аминокислоты в белке изучаемого образца, мг/100 г белка; A_i^0 — содержание i -й незаменимой аминокислоты в идеальном белке (эталоне), мг/100 г белка.

Избыточное количество незаменимых аминокислот, не используемых на пластические нужды, определяли коэффициентом различия аминокислотных скоров (K_p , %) по формуле

$$K_p = \frac{\sum \Delta P}{n}, \quad (2)$$

где ΔP — разность аминокислотного сора для каждой незаменимой аминокислоты по сравнению с одной из наиболее дефицитных; n — число незаменимых аминокислот.

Коэффициент K_p показывает среднюю величину избытка аминокислотного сора незаменимых аминокислот по сравнению с наименьшим уровнем сора какой-либо незаменимой аминокислоты, так как избыточное количество незаменимых аминокислот не используется на пластические нужды.

По величине K_p оценивали потенциальную биологическую ценность (коэффициент сопоставимой избыточности) (B , %) продукта по формуле

$$B = 100 - K_p. \quad (3)$$

Если в данном белке все незаменимые аминокислоты находятся в необходимых пропорциях, то потенциальная биологическая ценность такого белка равна 100.

Осуществлена статистическая обработка полученных данных с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Проращивание является сложным биологическим процессом, включающим множество биохимических реакций, которые изменяют пищевую ценность и органолептические свойства зерна. Исследуемое пророщенное зерно гречихи имело приятный сладковатый вкус и тонкое ореховое послевкусие (рисунок 1). Профилограмма интенсивности вкусовых признаков пророщенного зерна гречихи построена в соответствии со следующей шкалой: 0 — признак отсутствует; 1 — едва распознаваемый; 2 — слабый; 3 — четко выраженный; 4 — сильный; 5 — очень сильный.

В табл. 1 представлено содержание макронутриентов в пророщенном зерне гречихи. Содержание белков, жиров и углеводов в гречихе до проращивания и в пророщенном зерне при длине ростка в среднем 5 мм более низкое по сравнению со значениями, описанными в [4]. Это, очевидно, зависит от ботанического сорта гречихи и условий проращивания. При употреблении 100 г пророщенного зерна гречихи удовлетворение суточной потребности в среднем составляет: в белке 8,7 %, в жирах 0,5 %, в углеводах за счет крахмала 10 %, в углеводах за счет сахара 1,7 %. Источником энергии в пророщенном зерне гречихи являются углеводы и прежде всего, крахмал, который хорошо усваивается организмом человека наряду с простыми сахарами (табл. 2). Вследствие проращивания происходит расщепление сложного полисахарида крахмала и содержание сахаров увеличивается в 12 раз по сравнению с гречихой до проращивания. В результате вкус пророщенного зерна становится сладковатым. Повышение содержания сахаров подтверждается и в предыдущих публикациях [4, 9].

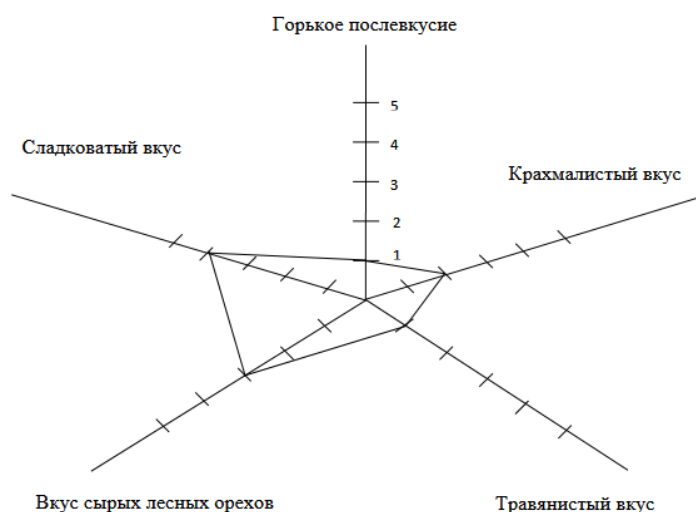


Рис. 1. Интенсивность вкусовых признаков пророщенного зерна гречихи
 Fig. 1. Intensity of taste characteristics of germinated buckwheat

Жиры необходимы в питании как энергетический и структурный материал (входят в состав стенок клеток). Кроме того, они участвуют в обмене других пищевых веществ, например, способствуют усвоению витаминов А и D. Во время проращивания жиры и углеводы расщепляются для обеспечения роста зародыша, что приводит к уменьшению их содержания: жиров в 2,3 раза; крахмала в 1,2 раза. Поэтому содержание жиров в пророщенном зерне гречихи невелико (таблица 2). В исследованиях [6] также установлено, что по мере увеличения времени проращивания увеличивается содержание сахаров, в то время как уровень жиров снижается.

Пищевые волокна представляют собой важный компонент пророщенного зерна. В исследованиях Fan Zhu, описанных в статье [20] установлено, что пищевые волокна гречихи содержат биологически активные вещества, но при очистке зерна от оболочки содержание пищевых волокон резко снижается. Наиболее значимыми пищевыми волокнами пророщенного зерна гречихи является клетчатка, содержание которой увеличивается на 68 % по отношению к зерну до проращивания, составляет 6,5 % от суточной потребности (таблица 2) и может оказывать положительный эффект для здоровья человека [20, 21]. Пищевые волокна практически не перевариваются и не обладают энергетической ценностью, а проходя через желудочно-кишечный тракт человека, улучшают перистальтику и нормализуют кишечную микрофлору.

Особенностью белков гречихи является их высокая биологическая ценность по сравнению с другими зерновыми культурами [14]. С точки зрения питания белки важны, прежде всего, из-за их вклада в биологическую и энергетическую ценность.

Таблица 1. Содержание белков, жиров и углеводов в зерне гречихи (P=0,05)
 Table 1. The content of proteins, fats and carbohydrates in buckwheat grain (P=0.05)

Показатели	Зерно гречихи до проращивания (контроль) в пересчете на сухое вещество	Пророщенное зерно гречихи при фактической влажности / в пересчете на сухое вещество	Суточная потребность для I группы [17,18] (18-59 лет, женщины-мужчины)
Белок, г (n=10)	9,40±0,06	5,67±0,02/ 9,32±0,05	58-72
Жир, г (n=4)	1,21±0,1	0,32±0,01/ 0,53±0,1	60-81
Углеводы, г крахмал (n=4)	60,70±0,1	31,84±0,6/ 52,37±0,6	257-358
сахара общие (n=4)	0,69±0,4	5,10±0,3 8,39±0,3	
Пищевые волокна, г (n=11)	1,25±0,2	1,30±0,2 2,10±0,1	20

При проращивании гречихи, содержащиеся в ней белковые вещества, подвергаются гидролизу протеолитическими ферментами до аминокислот и пептидов, которые используются для построения новых тканей корешка и необходимого обмена веществ [4]. В исследованиях [4] были сделаны выводы, что содержание белка в пророщенной гречихе при проращивании в течение 72 часов увеличилось на 7 %. Однако в нашем исследовании при проращивании зерна гречихи в течение 40-46 часов содержание белка (в пересчете на сухое вещество) практически не изменилось. Это возможно связано с тем, что процесс гидролиза белка (протеолиз) в течение 40-46 часов только начинается. В результате исследований установлено, что в пророщенном зерне гречихи содержатся все незаменимые аминокислоты и в процентном отношении составляют 30,5 % к общему количеству аминокислот (таблица 2). Среди заменимых аминокислот отмечено высокое содержание глютаминовой кислоты, что также описано в [19]. В пророщенном зерне гречихи обнаружено также высокое суммарное содержание фенилаланина и тирозина (30 %), лейцина (20 %), лизина (12 %) и валина (12 %) по отношению к общему содержанию незаменимых аминокислот, что согласуется с исследованиями других ученых [21]. Рассчитан аминокислотный скор и установлено, что лимитирующей аминокислотой является треонин (31,7 %), а в избытке содержится триптофан (162,3 %) и суммарно фенилаланин и тирозин (150,6 %).

Таблица 2. Аминокислотный состав пророщенного зерна гречихи (г на 100 г, $n = 2$, $P < 0,05$)
Table 2. Amino acid composition of germinated buckwheat (g per 100 g, $n = 2$, $P < 0,05$)

Показатели	Пророщенное зерно гречихи	Аминокислотный образец ФАО/ВОЗ	Аминокислотный скор, %
Незаменимые аминокислоты	1,6867	36	
в том числе:			
валин	0,1983	5,0	70,0
изолейцин	0,1442	4,0	64,0
лейцин	0,3416	7,0	86,0
лизин	0,2018	5,5	64,7
метионин + цистин	0,1244	3,5	62,3
треонин	0,0720	4,0	31,7
триптофан	0,0920	1,0	162,3
фенилаланин + тирозин	0,5124	6,0	150,6
Заменимые аминокислоты	3,8369		
в том числе:			
аланин	0,5084		
аргинин	0,4665		
аспарагиновая кислота	0,4642		
гистидин	0,0223		
глицин	0,3608		
глутаминовая кислота	1,0972		
пролин	0,6231		
серин	0,2944		
Общее количество аминокислот	5,5236		

Качество пищевого белка определяется его биологической ценностью и усвояемостью. Биологическая ценность зависит от содержания и соотношения входящих в состав белков незаменимых аминокислот и отражает степень соответствия аминокислотного состава белка потребностям организма человека. Белки пророщенного зерна гречихи являются неполноценными по своему аминокислотному составу и содержат недостаточное количество треонина. Качественная оценка белка заключается также в том, что чем меньше значение коэффициента различий аминокислотного сора (Kp), который в идеале должен стремиться к 0, тем лучше сбалансированы незаменимые аминокислоты и тем рациональнее они могут быть использованы организмом человека. Для пророщенной гречихи рассчитан коэффициент различий аминокислотного сора ($Kp=54,75$ %) и потенциальная биологическая ценность белка (45,25 %). Установлено, что белок пророщенного зерна гречихи характеризуется средней биологической активностью, так как потенциальная биологическая ценность отличается от 100. В целом сбалансированность незаменимых аминокислот у пророщенного зерна гречихи оказалась на среднем уровне, что также согласуется с исследованиями в [19].

Для обеспечения здоровья человека содержание в рационе минеральных веществ должно поддерживаться на уровне, соответствующем физиологическим потребностям человека. Потребность человека в эссенциальных минеральных веществах варьируется в пределах от нескольких микрограммов до почти одного грамма в день [17]. Однако на химический состав, в том числе минеральный состав зерна гречихи влияет много разных факторов: генетически обусловленные факторы, условия выращивания, агротехнические особенности и другие. Минеральные вещества не обладают энергетической ценностью, однако без них жизнь человека невозможна, так как они участвуют в важных обменных процессах организма — водно-солевом, кислотном-щелочном. В отличие от витаминов и аминокислот, минеральные вещества не разлагаются при воздействии высоких температур, окислителей, кислот, щелочей и других факторов [23]. Наиболее важным фактором, приводящим к изменению содержания минеральных веществ, является замачивание и проращивание зерна. При проращивании зерно поглощает минеральные элементы, которые содержатся в растворе и, следовательно, их количество изменяется [24]. Также во время проращивания минеральные вещества становятся доступными для усвоения организмом человека [4, 15, 24]. Содержание минеральных веществ в пророщенном зерне гречихи по сравнению с непророщенным образцом представлено на рис. 2 и 3.

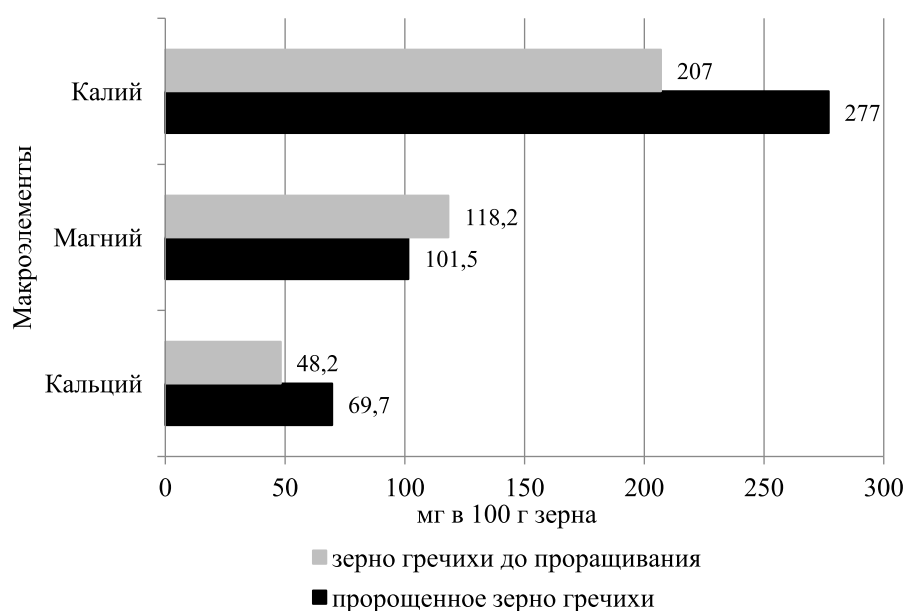


Рис. 2. Содержание макроэлементов в пророщенном зерне гречихи
 Fig. 2. The content of macronutrients in germinated buckwheat

Удовлетворение суточной потребности [17] в минеральных веществах 100 г пророщенного зерна гречихи составляет: калий 6,7 %, магний 15,4 %, кальций 4,2 %, цинк 14,2 %, медь 24 %, железо 18,9 % для женщин и 34 % для мужчин, марганец 48,5 %. Однако, следует отметить более высокое содержание калия (277 мг на 100 г), кальция (69,7 мг на 100 г), марганца (1595,4 мкг на 100 г), меди (394 мкг на 100 г) и цинка (2796 мг на 100 г) по отношению к контрольному образцу.

Витамины, как и минеральные вещества, имеют особое значение в питании человека, так как участвуют во многих важных ферментативных реакциях. При проращивании зафиксировано увеличение содержания водорастворимых витаминов (В₁, В₂, В₅, В₆, С) и снижение содержания витамина Е, что очевидно связано с биохимическими процессами при проращивании (таблица 3). Содержание витамина В₁ (тиамина) в пророщенном зерне гречихи обеспечивает 23,0 % от суточной потребности, что согласуется с информацией в [22]. Содержание других витаминов группы В составляет от 4,6 % до 8,0 % от суточной потребности. Основным источником витамина С принято считать продукты растительного происхождения. Однако в пророщенном зерне гречихи содержание витамина С составляет 6,0 мг на 100 г. Очевидно, что пророщенное зерно гречихи не является источником витамина С. Большая часть витамина Е содержится в виде суммы β- и γ-токоферола, что согласуется с исследованиями в [9].

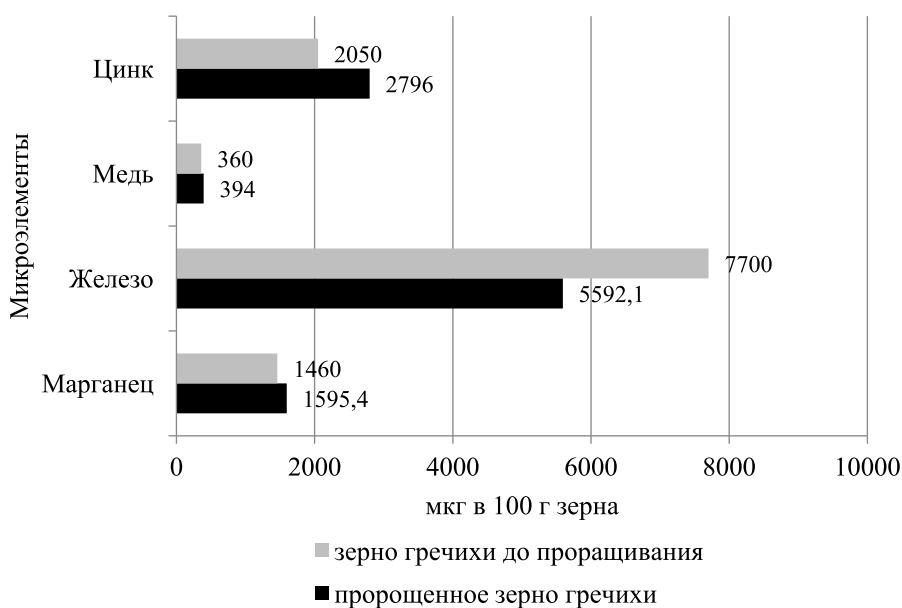


Рис. 3. Содержание микроэлементов в пророщенном зерне гречихи
Fig. 3. The content of trace elements in germinated buckwheat

Таблица 3. Содержание витаминов в зерне гречихи (в 100 г зерна, n=2, P=0,05)
Table 3. The content of vitamins in buckwheat grain (per 100 g of grain, n=2, P=0.05)

Показатели	Зерно гречихи до проращивания в пересчете на сухое вещество	Пророщенное зерно гречихи при фактической влажности в пересчете на сухое вещество	Суточная потребность для I группы (18-59 лет) [17]	% от суточной потребности
Витамин В ₁ (тиамин), мг	0,36	0,35 0,57	1,5	23,0
Витамин В ₂ (рибофлавин), мг	0,085	0,08 0,13	1,8	4,6
Витамин В ₅ (пантотеновая кислота), мг	0,58	0,40 0,66	5,0	8,0
Витамин В ₆ (пиридоксин), мг	0,101	0,09 0,15	2,0	4,5
Витамин С, мг	0,95	6,00 12,2	90,0	6,7
Витамин Е, мг в том числе:	4,45	1,90 3,13	15,0	12,7
α-токоферола	0,15	0,08 0,13		
β-токоферола и γ-токоферола	4,10	1,73 2,85		
Δ-токоферола	0,20	0,09 0,15		

Использование гречихи в производстве безалкогольных напитков на растительном сырье является перспективным направлением прежде всего из-за химического состава пророщенного зерна. Способы получения «растительного молока» из зерновых, бобовых культур и орехов основаны, преимущественно, на извлечении из используемого сырья водо- и солерастворимых фракций белков, отличающихся более низкой молекулярной массой по сравнению с остальными белками, а соответственно, и более легкой и полной усвояемостью. Одновременно с экстрагированием белков, из сырья экстрагируются водорастворимые углеводы, минеральные вещества и водорастворимые витамины. Известно, что факторами, влияющими

ми на полноту и скорость извлечения компонентов из растительного сырья при экстрагировании, являются степень измельчения сырья, количество и температура экстрагента. При получении экстракта установлено, что при отношении измельченной массы пророщенного зерна гречихи к воде от 1:5 до 1:40 количество растворимых сухих веществ в экстракте составляет от 3,6 % до 0,2 % соответственно. При таком размере корешка (5 ± 2 мм) происходит частичный гидролиз крахмала и содержание водорастворимых веществ, которые переходят в экстракт, очень низкое. Для рационального использования гречихи, как сырья для безалкогольных напитков, после проращивания зерно смешивали с водой в соотношении 1:1 и измельчали, получая гомогенную массу, добавляли 3 % сахарный раствор при объемном соотношении измельченной пророщенной гречихи к сахарному раствору 1:7,5–8,5, перемешивали, подогревали до температуры 85°C , гомогенизировали и ультрапастеризовали. Таким образом получили безалкогольный напиток с сохранением легкоусвояемых аминокислот и углеводов, содержащий комплекс витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон, не содержащий стабилизаторов, эмульгаторов, консервантов и других пищевых добавок, имеющих повышенную биологическую ценность.

Заключение. Наиболее значимыми, с точки зрения обеспечения человека макронутриентами, поступающими с пророщенным зерном гречихи, являются углеводы ($31,84 \pm 0,6$) г на 100 г и белки ($5,67 \pm 0,02$) г на 100 г. Также в пророщенном зерне гречихи содержатся все незаменимые аминокислоты. Среди заменимых аминокислот высокое содержание глутаминовой кислоты (1,0972 г на 100 г). Белки пророщенного зерна гречихи являются неполноценными по своему аминокислотному составу и содержат недостаточное количество треонина. Коэффициент различий аминокислотного скора составляет 54,75 %, потенциальная биологическая ценность белка — 45,25 %. В 100 г пророщенного зерна гречихи содержится 48,5 % от суточной потребности в марганце, 18,9 % и 34,0 % от суточной потребности в железе соответственно для женщин и мужчин, 24 % от суточной потребности в меди, 15,4 % от суточной потребности в магнии, около 23,0 % от суточной потребности в витамине В₁ и 12,7 % — в витамине Е. Также пророщенное зерно гречихи содержит клетчатку, в среднем 6,5 % от суточной потребности. Следовательно, пророщенное зерно гречихи, благодаря вышеперечисленным веществам, имеет пользу для питания и здоровья человека и может быть использовано для разработки безалкогольных напитков на растительном сырье.

Благодарности. Исследования проводились при поддержке Министерства образования Республики Беларусь (источник финансирования — средства республиканского бюджета по договору от 22.02.2022 ГЗ 21-23/2022).

Список использованных источников

1. *Marik, P. E.* Do dietary supplements have beneficial health effects in industrialized nations: what is the evidence? / P. E. Marik, M. Flemmer // *JPEN Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. — 2012. — №36(2). — С. 159-168. <http://doi.org/10.1177/0148607111416485>.
2. *Gujral, H. S.* Effects of incorporating germinated brown rice on the antioxidant properties of wheat flour chapatti / H. S. Gujral, P. Sharma, V. Solah // *Food Science and Technology International*. — 2012. — №18. — С. 47-54. <https://doi.org/10.1177/1082013211414173>.
3. Effects of germination on nutritional composition of waxy wheat / P. V. Hung [et al.] // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. — 2011. — №92. — С. 667-672. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4628>.
4. Effects of germination on the nutritional properties, phenolic profiles, and antioxidant activities of buckwheat / G. Zhang [et al.] // *Journal of Food Science*. — 2015. - №80(5). — С.1111-1119. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12830>.
5. *Feng H.* Sprouted grains: nutritional value, production, and applications / H. Feng, B. Nemzer, J. Devries (Eds.). — Woodhead Publishing and AACC International Press, 2018. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-01536-X>
6. Chapter eleven — Bioactive Compounds in Buckwheat Sprouts. Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat / M. Zhou [et al.]. — Academic Press, 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803692-1.00011-0>.
7. *Mridula, D.* Development of quick cooking multi-grain dalia utilizing sprouted grains / D. Mridula, M. Sharma, R. K. Gupta // *Journal of Food Science and Technology*. — 2015. — №52. — С.5826-5833. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1634-x>.
8. *Poutanen, K.* Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective / K. Poutanen, L. Flander, K. Katina // *Food Microbiology*. — 2009. — №26. — С.693-699. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.011>.

9. Treasure from garden: Bioactive compounds of buckwheat / M. N. Huda [et al.] // *Food Chemistry*. — 2021. — №335. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127653>.
10. A systematic review of phytochemicals in oat and buckwheat / P. F. Raguindin [et al.] // *Food Chemistry*. — 2021. — №338. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127982>.
11. Revisiting the versatile buckwheat: Reinvigorating genetic gains through integrated breeding and genomics approach / D. C. Joshi [et al.] // *Planta*. — 2019. — №250(3). — С. 783–801. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-03080-4>.
12. Strategic enhancement of genetic gain for nutraceutical development in buckwheat: A genomics-driven perspective / D. C. Joshi [et al.] // *Biotechnology Advances*. — 2020. — №39, Article 107479. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2019.107479>.
13. Бутенко, Л. И. Исследования химического состава пророщенных семян гречихи, овса, ячменя и пшеницы / Л. И. Бутенко, Л. В. Лигай // *Фундаментальные исследования*. — 2013. — №4. — С. 1128–1133.
14. Sprouted Grains: A Comprehensive Review / P. Benincasa [et al.] // *Nutrients*. — 2019. — №11. — С. 421. <https://doi.org/10.3390/nu11020421>.
15. Impact of Cereal Seed Sprouting on Its Nutritional and Technological Properties: A Critical Review / E. Lemmens [et al.] // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. — 2019. — №18. — С. 305–328. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12414>.
16. Tkachuk, R. Nitrogen-to-protein conversion factors for cereals and oilseed meals / R. Tkachuk // *Cereal Chem*. — 1969. — №46. — С. 419–423.
17. Санитарные нормы и правила: Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь: утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20.11.2012 г., №180.
18. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации. Москва, Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. — 36 с.
19. Impact of cooking methods and malting on amino acids content in amaranth, buckwheat and quinoa / C. Motta [et al.] // *Journal of Food Composition and Analysis*. — 2019. — №76. — С. 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.10.001>.
20. Zhu, F. Dietary fiber polysaccharides of amaranth, buckwheat and quinoa grains: A review of chemical structure, biological functions and food uses / F. Zhu // *Carbohydrate Polymers*. — 2020. — №248 (116819). <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116819>.
21. Chapter twenty eight — distribution of amino acids in buckwheat. *Buckwheat Germplasm in the World* / S. H. Woo [et al.]. — Academic Press, 2018. — С. 295–302. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811006-5.00028-8>.
22. Kim, S-L. Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable / S-L. Kim, S-K. Kim, C-H. Park // *Food Research International*. — 2004. — №37(4). — С. 219–327. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2003.12.008>.
23. Дамодаран, Ш. Химия пищевых продуктов / Ш. Дамодаран, К.Л. Паркин, О.Р. Феннема (ред.-сост.). — Перев. с англ. — СПб.: Профессия, 2012. — 1040 с.
24. Chapter twenty — Mineral and Trace Element Composition and Importance for Nutritional Value of Buckwheat Grain, Groats, and Sprouts. *Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat* / P. Pongrac [et al.]. — Academic Press, 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803692-1.00020-1>.

Информация об авторах

Зенькова Мария Леонидовна, кандидат технических наук, доцент, докторант учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр. Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь).
E-mail: mariya_LZ@mail.ru

Information about authors

Zenkova Maria Leonidovna, PhD (Engineering), Associate Professor, Doctoral student of the Belarusian State University of Food and Chemistry Technologies (3 Schmidt Av, 212027, Mogilev, Republic of Belarus).
E-mail: mariya_LZ@mail.ru

УДК 674:630.886 +663.241/256
https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4(58)-34-45

Поступила в редакцию 22.06.2022
Received 22.06.2022

О. Л. Зубковская, Н. Р. Рабчонок, А. Н. Матиевская

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

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СОРТОВЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЯБЛОЧНЫХ НАТУРАЛЬНЫХ ВИН

Аннотация. Развитие винодельческой промышленности Республики Беларусь связано с развитием сортового фруктово-ягодного виноделия. Наиболее важными требованиями, предъявляемыми к сортовым винам, является гарантированное обеспечение высоких органолептических характеристик и стабильности в течение длительных сроков годности продукции. Цель работы — установить взаимосвязь между применением современных технологических вспомогательных средств в целях осветления и стабилизации виноматериалов и органолептическими характеристиками полученных с их применением сортовых вин. Исследовано влияние применения современных технологических вспомогательных средств на оптимизацию качественного состава и формирование сортовых признаков фруктово-ягодных натуральных вин. В работе использовали основные группы применяемых в отечественной и зарубежной практике виноделия современных стабилизирующих средств (антиоксиданты, ферменты, сорбенты, флокулянты и гидроколлоиды). Показано значительное влияние стабилизирующих средств на формирование сортовых признаков фруктово-ягодных натуральных вин. Рекомендованы 6 комплексных схем осветления и стабилизации фруктово-ягодных натуральных виноматериалов с применением современных стабилизирующих средств, обеспечивающих сохранение и развитие сортовых признаков вин.

Ключевые слова: яблочное натуральное вино, стабилизирующие средства, физико-химические показатели, помутнениям биохимического и физико-химического характера, оценка микробиологического состояния, сенсорный профиль, физико-химические показатели

O. L. Zubkouskaya, N. R. Rabchonak, A. N. Matievskaya

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

THE INFLUENCE OF MODERN TECHNOLOGICAL AIDS ON THE FORMATION OF VARIETAL CHARACTERISTICS OF APPLE NATURAL WINES

Abstract. The development of the wine industry of the Republic of Belarus is connected with the development of varietal fruit and berry winemaking. The most important requirements for varietal wines are the guaranteed provision of high organoleptic characteristics and stability during long shelf life of products. The purpose of the work is to establish the relationship between the use of modern technological aids for the clarification and stabilization of wine materials and the organoleptic characteristics of varietal wines obtained with their use. The influence of the use of modern technological aids on the optimization of the qualitative composition and the formation of varietal characteristics of fruit and berry natural wines is investigated. The main groups of modern stabilizing agents used in domestic and foreign winemaking practice (antioxidants, enzymes, sorbents, flocculants and hydrocolloids) were used in the work. A significant effect of stabilizing agents on the formation of varietal characteristics of fruit and berry natural wines is shown. 6 complex schemes of clarification and stabilization of fruit and berry natural wine materials with the use of modern stabilizing agents that ensure the preservation and development of varietal characteristics of wines are recommended.

Key words: natural apple wine, stabilizing agents, physico-chemical indicators, turbidity of biochemical and physico-chemical nature, assessment of microbiological condition, sensory profile, physico-chemical indicators.

Введение. Развитие винодельческой промышленности Республики Беларусь связано с развитием сортового фруктово-ягодного виноделия. Наиболее важными требованиями, предъявляемыми к сортовым винам, является гарантированное обеспечение высоких органолептических характеристик и стабильности в течение длительных сроков годности продукции.

Стабильность вина — это состояние или условие, при котором в вине в течение гарантийного срока не происходит нежелательных изменений физических, химических и органолептических свойств. Согласно литературным данным, состав коллоидов фруктово-ягодного виноматериала почти не отличается от виноградного. Он обусловлен наличием пектиновых и фенольных веществ, полисахаридов, белковых веществ и др. Вино, приготовленное из фруктового сырья, представляет собой сложную многокомпонентную полидисперсную систему, находящуюся в определенном равновесии. Значительная доля веществ вина, обуславливающих его характерные особенности (вкус, прозрачность), находится в коллоидном состоянии. При хранении под действием различных факторов происходит нарушение физико-химического равновесия коллоидной системы вина и в нем образуется помутнение. Технологические приемы, в том числе и использование технологических вспомогательных средств (далее — стабилизирующие средства), направленные на удаление избыточного количества потенциальных мутеобразующих компонентов, позволяют улучшить процессы осветления и увеличить сроки сохранения прозрачности вин. Обработка сырья, полуфабрикатов и готовой продукции различными стабилизирующими средствами является одним из актуальных направлений решения проблемы повышения стойкости вин и сохранения их органолептических характеристик. Продолжительность стабильности вин зависит от многих факторов: от полноты их деметаллизации, степени удаления белковых веществ, полисахаридов, состояния полимеров и их комплексов, удаления или уничтожения микроорганизмов и создания условий, исключающих их развитие в вине.

Под стабилизирующим средством понимается средство, применение которого при обработке сырья, полуфабрикатов или готовой продукции способствует устранению причин возникновения помутнений вин, снижению концентрации основных мутеобразователей и их комплексов, и, как следствие, получению равновесной коллоидной системы вина с сохранением его сортовых признаков. Для стабилизации как виноградных, так и фруктово-ягодных виноматериалов применяют традиционные стабилизирующие средства (бентониты, желатины, ферментные препараты и др.). Тем не менее, на мировом рынке появилось много новых препаратов стабилизирующего действия, которые характеризуются высокой активностью, удобством в использовании, улучшают органолептические показатели виноматериалов и отличаются по многим характеристикам, в том числе и в части обеспечения сохранения и развития сортовых признаков вин [1–4].

В научной литературе недостаточно освещены вопросы влияния стабилизирующих средств на формирование сортового аромата фруктово-ягодных натуральных вин. Данная тема требует дополнительного изучения и проведения научных исследований.

Цель научных исследований — установить взаимосвязь между применением стабилизирующих средств на этапе осветления и стабилизации вина в целях сохранения показателей качества в течение сроков годности и органолептическими характеристиками полученных с их применением сортовых вин.

Объекты и методы исследования. Объектами исследований являлись яблочные натуральные виноматериалы, изготовленные с применением современных стабилизирующих средств, обеспечивающих формирование и развитие сортовых свойств фруктово-ягодных натуральных вин.

Физико-химические показатели объектов исследования определяли с помощью стандартизованных методов анализа, принятых в виноделии [5–9].

Результаты исследований и их обсуждение. При изготовлении яблочных натуральных виноматериалов использовали ферментный препарат комплексного действия Рапидаз Адех-Р, винные дрожжи Oenoferm Freddo, в качестве питательных веществ (подкормки) для дрожжей — питание дрожжей «Ист Фуд Энерджи» и высушенный экстракт винных дрожжей (подкормка для дрожжей) Лизоферм Супер. Брожение яблочного сусла осуществляли с проведением дополнительной аэрации путем перемешивания 1 раз в сутки при температуре от 16 °С до 18 °С.

По окончании брожения в изготовленном виноматериале определили органолептические и физико-химические показатели. Результаты испытаний приведены в табл. 1 и 2, данные которых свидетельствуют о том, что яблочный натуральный виноматериал обладает ярко

выраженными сортовыми признаками, по органолептическим характеристикам и физико-химическим показателям является высококачественным продуктом.

Таблица 1. Органолептические характеристики яблочного натурального виноматериала
Table 1. Organoleptic characteristics of apple natural wine material

Наименование показателя	Характеристика
Прозрачность	Мутный, без посторонних включений
Цвет	Соломенный
Аромат	Гармоничный, тонкий, легкий, фруктовый с яблочными тонами и медово-ванильными нотами
Вкус	Сбалансированный, чистый, свежий, элегантный с яблочным тоном и гармоничной кислотностью

Таблица 2. Физико-химические показатели яблочного натурального виноматериала
Table 2. Physical and chemical parameters of apple natural wine material

Наименование показателя	Значение
Объемная доля этилового спирта, %	13,0
Массовая концентрация сахаров в пересчете на инвертный, г/дм ³	4,0
Массовая концентрация титруемых кислот в пересчете на яблочную, г/дм ³	5,1
Массовая концентрация остаточного экстракта, г/дм ³	9,0
ОВП	165
рН	3,21

Яблочный натуральный виноматериал обработали с использованием современных комплексных препаратов и индивидуальных стабилизирующих средств, применяемых в комплексе, позволяющих получить стабильное вино с максимальным сохранением органолептических свойств, обеспечить одновременное выполнение функций осветления, уменьшения содержания полифенольных веществ, подверженных окислению, удаления посторонних тонов во вкусе и аромате.

Характеристики стабилизирующих средств, использованных в проведении экспериментальных работ, приведены в табл. 3.

Таблица 3. Характеристика стабилизирующих средств
Table 3. Characteristics of stabilizing agents

Наименование	Характеристика
Пульвиклар С	Высокоочищенный желатин пищевой гранулированный с высоким молекулярным весом
Кларэйд	Комплексный препарат на основе казеината калия и высокоочищенного натриевого бентонита
Энотанин Блан	Танинсодержащий препарат на основе галловых танинов
SIHA - Активный Бентонит G	Монтмориллонит в виде активированного слоеобразного алюминиевого силиката, обладающего избытком отрицательных зарядов
СенсоВин	Высокоэффективный адсорбент перекрещивающегося действия на основе казеината калия и адсорбентов на основе кремния
Кларил СП	Высокоэффективный осветляющий комплексный препарат на основе бентонита, казеината калия, поливинилполипирролидона и диоксида кремния
Хитозан BeerVingem	Высокоэффективный комплексный препарат, включающий кизельзоль, активированный яблочной кислотой хитозан и метабисульфит калия

Принцип действия и назначение стабилизирующих средств приведены в табл. 4.

Для проведения экспериментальных работ были определены технологические схемы обработки яблочного натурального виноматериала, приведенные в табл. 5.

Подбор оптимальных дозировок стабилизирующих средств с учетом схемы обработки осуществляли на основании пробных обработок яблочного натурального виноматериала. Дозы стабилизирующих средств для проведения пробных обработок установили в диапазоне рекомендуемых производителем препаратов значений.

По окончании обработки определяли продолжительность и качество осветления, окислительно-восстановительный потенциал (далее — ОВП) и pH яблочных виноматериалов (табл. 6).

Таблица 4. Принцип действия и назначение стабилизирующих средств
Table 4. Principle of operation and purpose of stabilizing agents

Наименование	Принцип действия	Назначение
Пульвиклар С	Избирательная коагуляция взвешенных частиц	Осветление и стабилизация цвета, улучшение фильтруемости и округление вкуса. Обеспечивает обработку при низких температурах
Кларэйд	Избирательная адсорбция полифенолов и продуктов их окисления, комплексов железа и меди	Осветление и стабилизация цвета и аромата виноматериалов, стабилизация против полифенольных помутнений и окислительного касса, устранение тонов окисленности
Энотанин Блан	Коагуляция положительно заряженных частиц за счет отрицательного заряда	Сокращает продолжительность осветления виноматериалов, оптимизирует образование плотного осадка, упрощает дальнейшую обработку против белковых помутнений, способствует инаktivации окислительных процессов
СИНА — Активный Бентонит G	Адсорбция положительно заряженных белковых и дубильных веществ, тяжелых металлов за счет ионообменных и коллоидно-сорбционных свойств	Осветление сула, соков и виноматериалов с образованием плотного осадка, стабилизация соков и виноматериалов, склонных к белковым помутнениям
СенсоВин	Адсорбция и коагуляция дубильных, фенольных веществ и белковых соединений	Быстрая и эффективная стабилизирующая обработка виноматериалов. Гармонизация органолептических характеристик. Эффективное хлопьеобразование, ускоряющее выпадение осадка и фильтрацию
Кларил СП	Адсорбция и коагуляция фенольных веществ и белковых соединений	Эффективное устранение окисленных фенольных веществ и конденсированных полифенолов, вызывающих терпкость в вине, сокращение уровня коллоидов, обеспечение белковой стабильности вина
Хитозан BeerVingem	Эффективная адсорбция пектиновых, фенольных и белковых соединений	Экспресс-осветление и эффективная стабилизация. Хитозан как активный катионник эффективно выводит из дисперсной системы отрицательно заряженные полифенольные, пектиновые вещества. Хитозан обеспечивает образование комплексов «белки-полифенолы», затем происходит увлечение их в осадок при воздействии кизельзоля

Таблица 5. Схемы технологической обработки яблочных натуральных виноматериалов
Table 5. Schemes of technological processing of apple natural wine materials

№ образца	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5	Образец 6
Схема обработки	Энотанин Блан + СИНА — Активный Бентонит G	Кларэйд	Хитозан BeerVingem	Хитозан BeerVingem + Пульвиклар С	Сенсовин	Энотанин Блан + Кларил СП

Продолжение таблицы 5

Образец 7	Образец 8	Образец 9	Образец 10
Энотанин Блан + Сенсовин	Хитозан BeerVingem + Кларэйд	Энотанин Блан + СИНА - Активный Бентонит G + Пульвиклар С	Хитозан BeerVingem + СИНА - Активный Бентонит G

Таблица 6. Характеристика образцов яблочных натуральных виноматериалов
Table 6. Characteristics of samples of apple natural wine materials

Номер образца	Исследуемый показатель				
	Продолжительность осветления	Прозрачность	Характеристика осадка	ОВП, мВ	pH
Образец 1	6 суток	Прозрачный	Плотный, не взмучивается, объем осадка около 9 %	178	3,27
Образец 2	2 суток	Прозрачный	Плотный, не взмучивается, объем осадка около 8 %	173	3,29
Образец 3	12 ч	Прозрачный с блеском	Плотный, не взмучивается, объем осадка около 3 %	169	3,21
Образец 4	12 ч	Прозрачный с блеском	Плотный, не взмучивается, объем осадка около 5 %	168	3,22
Образец 5	6 суток	Выраженная опалесценция	Рыхлый, легко взмучивается, объем осадка около 11 %	176	3,30
Образец 6	1 сутки	Прозрачный с блеском	Плотный, не взмучивается, объем осадка около 5 %	175	3,26
Образец 7	8 суток	Высокая мутность	Очень рыхлый, легко взмучивается, объем осадка около 15 %	175	3,30
Образец 8	12 ч	Прозрачный с блеском	Плотный, не взмучивается, объем осадка около 5 %	165	3,30
Образец 9	8 суток	Слабо выраженная опалесценция	Рыхлый, не взмучивается, объем осадка около 10 %	175	3,30
Образец 10	12 ч	Прозрачный с блеском	Плотный, не взмучивается, объем осадка около 7 %	167	3,37

В ходе экспериментальных работ установлено, что динамика осветления с применением хитозана характеризуется быстрым (в течение 3 часов) образованием большого слоя осветленной фракции, затем наблюдали быстрое осветление всего объема виноматериала. Интенсивное осветление наблюдали также в образце виноматериала (№6), обработанным препаратами Энотанин Блан и Кларил СП. Все виноматериалы, кроме образца виноматериала (№7), обработанного с применением Энотанин Блан и Сенсовин, фильтровались до полной прозрачности. В образце №7 прозрачности не удалось достичь после тройной фильтрации, в том числе с применением насоса Комовского.

На основании результатов исследований, представленных в таблице 6, показана зависимость продолжительности и качества осветления яблочного натурального виноматериала от применяемых препаратов. Так в случае применения препаратов Хитозан BeerVingem и Кларэйд продолжительность осветления составила 12 часов, что в 16 раз эффективнее по сравнению с другими стабилизирующими средствами.

Объемы образовавшихся в процессе осветления осадков составили от 3 до 15 % в зависимости от применяемых препаратов. Более уплотненные осадки получены при применении хитозана, в том числе в комплексе с другими препаратами. По интенсивности уплотнения далее следуют осадки, полученные при обработке препаратами SIHA - Активный Bentonит G, Кларил СП и Кларэйд. В образцах №№5, 7 осадок образовался нестойкий, легко нарушаемый, взвеси были рассредоточены, что свидетельствует об образовании непрочных водородных связей между разнозаряженными полифенолами, пектиновыми и белковыми веществами. При обработке с применением хитозана осадок сформировался плотный, с четкой границей раздела, не нарушаемый при взбалтывании. Вероятно, имеет место прочное ионное взаимодействие между осветлителем и мутеобразующими компонентами вина. Формирование плотного осадка в свою очередь способствует облегчению процесса декантации виноматериала с осадка.

Таким образом, при проведении технологических обработок:

- ♦ показана зависимость продолжительности, степени осветления и плотности осадка при обработке яблочного натурального виноматериала от применяемых препаратов;
- ♦ установлена эффективная сорбционная активность как комплекса хитозана и кизельзоля (препарат Хитозан BeerVingem), так и его совместного применения с препаратами Пульвиклар С (желатин), SIHA - Активный Bentonит G (бентонит), а также препарата

Кларэйд (казеинат калия и высокоочищенный натриевый бентонит). Образцы №3, 4, 6, 8, 10 отличались кристальной прозрачностью, блеском и плотным осадком, при этом уплотнение осадков происходило интенсивно, с одинаковой скоростью. Совместное применение препарата Пульвиклар С и комплекса хитозана и кизельзоля (образец №4) обеспечило качественное осветление при минимальной дозировке желатина (0,2 г/дал), что позволяет избежать переоклейки виноматериала. Полученный эффект является достаточным для формирования устойчивой системы вина при одновременном сохранении полноценных органолептических характеристик;

- ♦ показано, что обработка яблочного натурального виноматериала препаратом Сенсовин (казеината калия и адсорбентов на основе кремния) и препаратами Энотанин Блан и Сенсовин в комплексе не обеспечила осветление виноматериала в течение 8 суток;

- ♦ показано, что плотность осадка зависит от применяемых препаратов для осветления. Плотные осадки получены при применении хитозана, в том числе в комплексе с другими препаратами.

Исследование сенсорных профилей яблочных натуральных обработанных виноматериалов осуществляли дескрипторно-профильным методом путем построения графической профилограммы с использованием предварительно выбранных дескрипторов. Интенсивность выбранных дескрипторов оценивали по шкале значимости от 0 до 5.

Для проведения исследований профиля вин с учетом специфики сырья отобрали 6 наиболее значимых дескрипторов, наименование и характеристики которых приведены в табл. 7.

Таблица 7. Наименование и характеристика дескрипторов органолептического профиля яблочных натуральных обработанных виноматериалов
Table 7. Name and characteristics of descriptors of the organoleptic profile of apple natural processed wine materials

Наименование дескриптора	Характеристики
Цвет	Цвет, оттенки, насыщенность
Вкус	
Мягкость	Слабое, короткое, плоское, тяжелое, сладковатое, сухое, равновесное, маслянистое, медовое
Кислотность	Нервное, зеленая кислотность, свежее (питкое), нежное, равновесное, живое, кислое
Аромат	
Интенсивность	Яркий, сильный, умеренный, слабый
Фруктовый	Яблоко
Окисленность	Резкий аромат выветренного вина

На основании дегустационной оценки яблочных натуральных вин установлены следующие характеристики дескрипторов:

- ♦ цвет у всех образцов светло-соломенный. Образцы №3, 4, 6, 8, 10 прозрачные с блеском. В образце №7 наблюдали осадок и высокую мутность, в №5 — выраженную опалесценцию, в №9 — слабо выраженную опалесценцию;

- ♦ вкус: все образцы, кроме №5 и №7, охарактеризованы как равновесные (сбалансированные) с медовой сладостью, уравновешенной кислотностью, имеют освежающий, бодрящий вкус с равновесной кислотностью, однако образцы №5 и №7 отмечены как менее гармоничные, тяжелые во вкусе, с живой кислотностью;

- ♦ аромат: свежий, тонкий, гармоничный, с яблочными тонами. Самый интенсивный фруктовый аромат отмечен в образцах №4, №6. В образцах №№1, 2, 3 интенсивность аромата на одном уровне, в образцах №8, 9, 10 возрастает в такой же последовательности. Наименее интенсивный аромат отмечен в образцах №5, 7. Окисленные тона отмечены в образцах №№5, 7;

- ♦ образцы №4, 6 обладают ярко выраженными сортовыми признаками, отличаются чистым, ярким и интенсивным яблочным ароматом с пикантной горчинкой и легкими ванильными оттенками (№6), равновесной мягкостью и кислотностью; образцы №1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10 обладают хорошо выраженными сортовыми признаками, характеризуются гармоничной мягкостью и кислотностью, однако обладают менее интенсивным фруктовым ароматом;

- ♦ в образцах №6, 9, обработанных с применением танинсодержащего препарата на основе галловых танинов, отмечено наличие ванильных оттенков.

Сенсорные профили яблочных натуральных обработанных виноматериалов представлены на рис. 1.

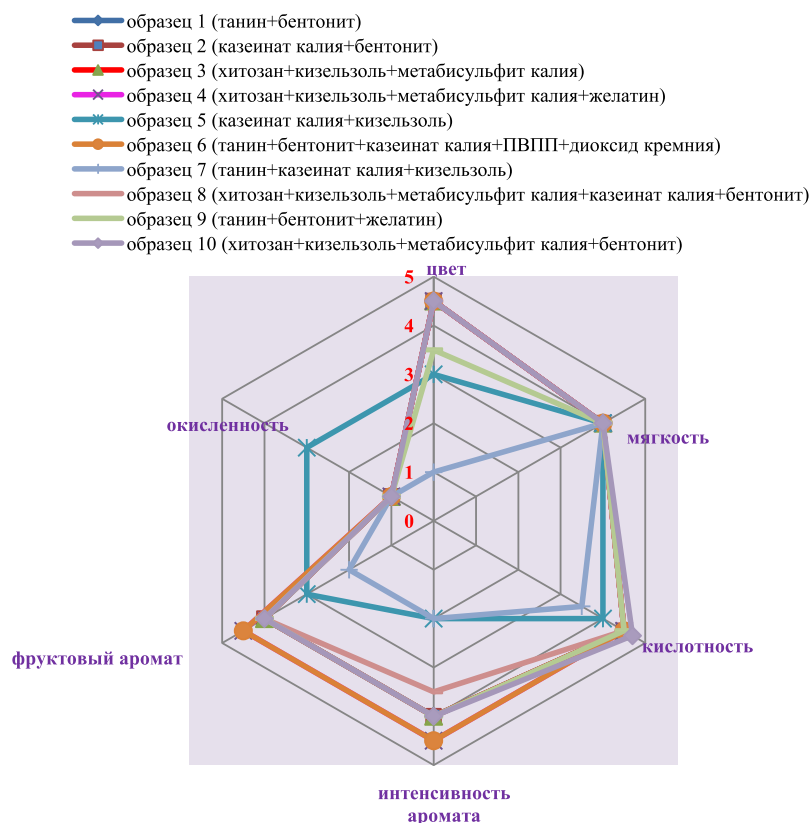


Рис. 1. Сенсорный профиль яблочных натуральных обработанных виноматериалов
 Fig. 1. Sensory profile of apple natural processed wine materials

Таким образом, характеристика шести наиболее значимых дескрипторов позволила изучить влияние стабилизирующих средств на качество и формирование заданных органолептических характеристик сортов яблочных вин. На основании анализа сенсорного профиля яблочных натуральных вин:

- ◆ установлено влияние обработки виноматериалов с применением стабилизирующих средств на органолептические характеристики яблочных натуральных вин;
- ◆ показано, что комплексное применение современных стабилизирующих средств позволяет обеспечить сохранение и развитие сортовых свойств яблочных натуральных вин;
- ◆ применение хитозана в комплексе с кизельзолом, яблочной кислотой и метабисульфитом калия (Хитозан BeerVingem) и препаратом Пульвиклар С (желатин) и Энотанин Блан (танинсодержащий препарат на основе галловых танинов) + Кларил СП (бентонит, казеинат калия, поливинилпирролидон и диоксид кремния) позволило получить образцы с ярко выраженными сортовыми признаками, отличающиеся высокими органолептическими характеристиками;
- ◆ применение хитозана при обработке яблочных натуральных виноматериалов способствует формированию сортовых признаков;
- ◆ обработка с применением препарата Сенсовин (казеинат калия и адсорбенты на основе кремния) и комплексная обработка с применением Энотанин Блан (танинсодержащий препарат на основе галловых танинов) + Сенсовин не обеспечили формирование и развитие сортовых признаков при изготовлении яблочных вин;
- ◆ показано, что тона окисленности появились в виноматериалах, характеризуемых высокой продолжительностью осветления (6 и 8 суток);
- ◆ применение современных препаратов бентонита (SIHA - Активный Бентонит G) не способствует снижению интенсивности аромата и цвета.

Исследование физико-химических показателей яблочных натуральных виноматериалов осуществляли в целях определения влияния обработок с применением осветляющих веществ на содержание компонентов, определяющих цвет, вкус и аромат вин.

Для достижения этой цели исследовали показатели, определяющие ароматический и вкусовой профиль вин:

- ♦ окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) вина;
- ♦ активную кислотность (рН) вина;
- ♦ качественный и количественный состав органических кислот, сивушных масел, уксусного альдегида, сложных эфиров, метилового спирта и глицерина.

Требованиям к органолептическим показателям сортов вин предполагают отсутствие в аромате и вкусе посторонних тонов и тонов окисленности. Объективным критерием оценки окисленности служит величина окислительно-восстановительного потенциала (далее – ОВП). Измеряя величину ОВП, можно контролировать окислительно-восстановительные процессы, протекающие в вине. Из научных источников известно, что вещества, обуславливающие букет и вкус сортового вина, образуются и сохраняются при низком ОВП. Вина с более низким ОВП обладают более высоким качеством. ОВП влияет на стабильность вина, вкус и букет, определяет интенсивность окисленных тонов.

Величина ОВП имеет особое значение при изготовлении натуральных вин, которые требуют анаэробных условий при проведении технологических операций в целях сохранения сортовых характеристик вина. Технологические приемы изготовления яблочного натурального виноматериала, разработанные в рамках научных исследований, позволили изготовить виноматериал с низким ОВП, равным 165 мВ (таблица 6), и сохранить сортовой букет и вкус вина.

Комплексная обработка в течение 12 часов в присутствии хитозана (образцы № 3, 4, 8, 10) позволила сохранить ОВП виноматериала (от 165 до 169 мВ) за счет предотвращения окислительных процессов, что обеспечило отсутствие окисленных тонов в вине.

При применении других схем обработок (продолжительность от 1 до 8 суток) отмечено незначительное повышение ОВП от 173 до 178 мВ (до 8 %) за счет увеличения количества окисленных и уменьшения восстановительных продуктов, но незначительное повышение ОВП фактически не отразилось на органолептических свойствах вин. Не установлена связь между продолжительностью осветления и ростом ОВП, однако очевидно влияние стабилизирующих средств на величину ОВП.

Активная кислотность виноматериала (рН) играет важную роль в процессе формирования и созревания вина и определяет склонность вина к окислению, кристаллическим, биологическим, коллоидным помутнениям, металлическим кассам. Уровень рН от 3,22 до 3,27 обеспечивает снижение активности окислительных ферментов, что позволило сохранить низкий уровень ОВП, предотвратить трансформацию аромата и сохранить свежий вкус вина в течение длительного времени. Данное значение рН является идеальным для белых вин и обеспечивает лучший аромат и стабилизацию цвета.

Качественный и количественный состав органических кислот образцов яблочного натурального виноматериала приведен в табл. 8.

Таблица 8. Качественный и количественный состав органических кислот яблочного натурального виноматериала

Table 8. Qualitative and quantitative composition of organic acids of malic natural wine material

№ образца	Массовая концентрация органических кислот, г/дм ³							
	щавелевая	винная	яблочная	молочная	уксусная	лимонная	янтарная	итого
1	0,037	0,169	4,482	1,055	н/о	0,148	1,189	7,08
2	0,056	0,169	4,356	1,064	н/о	0,140	1,136	6,92
3	0,064	0,169	4,340	1,017	н/о	0,135	1,133	6,86
4	0,061	0,175	4,448	1,027	н/о	0,138	1,310	7,16
5	0,066	0,216	5,560	1,283	н/о	0,181	1,250	8,56
6	0,059	0,173	4,409	1,061	н/о	0,145	1,092	6,94
7	0,052	0,178	4,494	1,112	н/о	0,156	1,300	7,29
8	0,046	0,167	4,299	1,042	н/о	0,146	1,305	7,01
9	0,063	0,168	4,296	1,055	н/о	0,153	1,109	6,84
10	0,088	0,218	5,704	1,427	н/о	0,190	1,530	9,16

Исходя из данных табл. 8, наибольшие изменения качественного и количественного состава органических кислот произошли в образцах № 5 (Сенсовин) и № 10 (Хитозан BeerVingem + СИНА — Активный Бентонит G). В этих образцах из 7 идентифицированных органических кислот наибольшие изменения в процессе осветления произошли с яблочной, молочной и янтарной кислотой, количество которых зависит не только от исходного содержания в сы-

рье, но и от условий прохождения яблочно-молочного брожения. Их содержание в ходе осветления увеличилось до 32–38 % в сравнении с другими образцами. При этом отмечено увеличение концентрации молочной и янтарной кислот, которое положительно влияет на органолептические свойства получаемых вин, придавая им мягкость и гармоничность. В остальных образцах не отмечено изменения состава и количества органических кислот, что свидетельствует о сохранении сортовых свойств вин в процессе осветления и стабилизации.

Содержание глицерина, уксусного альдегида, сивушных масел, сложных эфиров и метилового спирта приведены в табл. 9. На основании анализа физико-химических показателей образцов яблочных натуральных обработанных виноматериалов установлено следующее:

- ♦ в обработанных виноматериалах отмечено низкое (от 1,16 до 2,14 мг/дм³) содержание уксусного альдегида, что позволяет предотвратить переокисленность, которая характеризуется разлаженностью и грубостью во вкусе и букете, наличии мадерных тонов, переходящих иногда в мышинный привкус. В образцах №1, 7 отмечено самое высокое содержание уксусного альдегида, и если в образце №1 он не проявился во вкусе, то образец №7 был худшим по органолептическим показателям в линейке испытуемых образцов.

В остальных образцах при указанных выше концентрациях уксусный альдегид органолептически не проявился по причине взаимодействия с сернистым ангидридом, красящими и дубильными веществами вина. Согласно классификации вин по степени окисленности, белые натуральные вина относятся к неокисленным винам и не должны содержать свыше 20 мг/дм³ свободного уксусного альдегида;

- ♦ самым значимым из сивушных масел по содержанию в яблочных натуральных виноматериалах является и-амилол, обладающий неприятным химическим запахом растворителя краски. В опытных образцах и-амилол был обнаружен в значимых количествах - от 184,9 до 270,28 мг/дм³. Общее же варьирование по показателю содержания сивушных масел составило от 315,13 (образец №1) до 468,22 мг/дм³ (образец №2), что свидетельствует о высоком качестве виноматериала. По данным научных источников содержание сивушных масел в виноматериалах должно находиться в диапазоне от 100 до 630 мг/дм³;

- ♦ концентрация метилацетата, обладающего фруктовым ароматом, варьировала от 0,73 до 6,21 мг/дм³, почти в три раза выше была концентрация этилацетата — от 3,11 до 18,19. Этилацетат обладает приятным цветочным, медовым, розовым и фруктовым сладким ароматом с цитрусовыми и медовыми нотами. Вариант с самым низким содержанием этилацетата (образец №7) имеет одну из худших органолептических оценок в опыте при том, что из научных источников известно, что содержание сложных эфиров до 50,0 мг/дм³ не оказывает отрицательного влияния на аромат вина. Виноматериалы, получившие высокие дегустационные оценки, содержали этилацетат в сравнительно малых и средних количествах. Наибольшее суммарное количество сложных эфиров (19,91 мг/дм³) определено в образце №8;

- ♦ содержание метилового спирта в вине низкое и составило от 0,0023 до 0,0041 %, что обусловлено применением на стадии переработки яблок ферментного препарата, расщепляющего пектин, являющийся источником метанола в винах. В лучших по дегустационной оценке винах этот показатель был невысоким;

- ♦ содержание глицерина находится в одном диапазоне - от 8,9 до 9,3 г/дм³, то есть находится в пределах, характерных для высококачественных белых вин с высоким набродом, и свидетельствует о правильности выбранных технологических режимов брожения и осветления, так как по научным данным его присутствие в винах составляет от 4 до 12 г/дм³. Глицерин, являясь вторичным продуктом спиртового брожения, существенно влияет на органолептические свойства вина, придавая ему мягкость и полноту. Он присутствует в винах в количестве от 4 до 12 г/дм³. По накоплению его в винах можно с определенной достоверностью судить о правильности выбранных режимов брожения, о недостатках и нарушениях технологии.

Таким образом, качественный и количественный состав органических кислот, сивушных масел, сложных эфиров, содержание уксусного альдегида, глицерина и метилового спирта, формирующий сенсорный профиль сортовых вин, претерпевает изменения (в ряде случаев достаточно существенные) в процессе осветления и стабилизации с применением стабилизирующих средств. Динамика веществ, определяющих ароматический профиль вин, зависит от ОВП и применяемого вида стабилизирующих средств.

Исследование яблочных натуральных виноматериалов на склонность к помутнениям. Яблочные натуральные обработанные виноматериалы подвергли испытаниям на склонность к помутнениям. Испытаниям на склонность к помутнениям биохимического и физико-химического характера подвергли виноматериалы после оценки их микробиологического состояния.

Оценку микробиологического состояния яблочного натурального обработанного виноматериала осуществляли как по результатам микроскопирования осадка после центрифугирования (экспресс-оценка), так и по развитию микроорганизмов на селективных питательных средах.

В результате эспресс-оценки все образцы яблочных натуральных виноматериалов по состоянию были отнесены к здоровым, что подтвердилось отсутствием роста микроорганизмов на питательных средах: отсутствие роста дрожжей, уксуснокислых и молочнокислых бактерий соответственно в сусло-бульоне, на сусло-агаре со спиртом и агаре Манна-Рогоза-Шарпа (МРС-агаре).

В результате испытаний виноматериалов на склонность к помутнениям биохимического и физико-химического характера установлено следующее:

- ♦ комплексная обработка яблочного виноматериала с применением современных стабилизирующих средств обеспечила стабилизацию к физико-химическим и биохимическим помутнениям. Образцы №1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10 не склонны к оксидазному кассу, обратимым и необратимым коллоидным помутнениям;

- ♦ обработка препаратом Сенсовин, в том числе в комплексе с Энотанин Блан, не обеспечила стабилизации виноматериала по отношению к коллоидным помутнениям. Образец №5 не склонен к оксидазному кассу и обратимым коллоидным помутнениям, склонен к необратимым коллоидным помутнениям. Образец №7 не склонен к оксидазному кассу, склонен к необратимым и обратимым коллоидным помутнениям.

Таким образом, все схемы применения стабилизирующих средств для обработки яблочных натуральных виноматериалов обеспечили их микробиологическую стабильность. Обработка препаратом Сенсовин, в том числе в комплексе с Энотанин Блан, не обеспечила стабилизации виноматериалов по отношению к коллоидным помутнениям. Образцы №№ 5, 7 требуют дополнительной обработки.

В результате проведения научных исследований в части оценки влияния применения стабилизирующих средств на оптимизацию качественного состава и формирование сортовых признаков фруктово-ягодных натуральных вин:

1) разработаны и обоснованы новые направления и технологические приемы профилактики и устранения помутнения и пороков вин;

2) установлено, что рН и ОВП яблочного натурального виноматериала, являются физико-химическими показателями, определяющими в процессе осветления и стабилизации сохранение органолептических характеристик сортовых вин:

- ♦ показано, что рН 2,9 — 3,2 обеспечивает предотвращение активности окислительных ферментов, сохранение низкого уровня ОВП, предотвращение трансформации аромата и вкуса вина;

- ♦ продолжительность осветления виноматериала не влияет на рост ОВП, на динамику ОВП в процессе осветления оказывает влияние выбор ТВС;

3) установлено, что комплексные обработки с применением препаратов хитозана и Кларэйд регулируют качественный состав и способствуют сохранению на этапе осветления и стабилизации сортовых признаков фруктово-ягодных натуральных вин. Лучшие органолептические характеристики с ярко выраженными сортовыми признаками яблочных натуральных вин обеспечили комплексные обработки с применением хитозана в комплексе с кизельзолом, яблочной кислотой и метабисульфитом калия (Хитозан BeerVingem) и препаратом Пульвиклар С (желатин) (образец №4) и Энотанин Блан (танинсодержажий препарат на основе галловых танинов) + Кларэйд (казеинат калия и высокоочищенный натриевый бентонит) (образец №6);

4) рекомендовано для стабилизации сортовых фруктово-ягодных натуральных вин с сохранением их органолептических характеристик:

- ♦ использование хитозана в комплексе с препаратами бентонита, желатина и кизельзоля;
- ♦ использование комплексного препарата Кларэйд, в том числе в комплексе с танинсодержажий препаратом на основе галловых танинов;

5) комплексные обработки яблочного виноматериала с применением современных стабилизирующих средств:

- ♦ способствовали осветлению и стабилизации к физико-химическим и биохимическим помутнениям всех образцов вин, кроме обработки препаратом Сенсовин, в том числе в комплексе с Энотанин Блан;

- ♦ все схемы обработки с применением стабилизирующих средств обеспечили микробиологическую стабильность яблочных натуральных виноматериалов.

Таким образом, современная винодельческая промышленность имеет богатый выбор осветляющих и стабилизирующих средств. Между тем, проблема стабилизации с одновременным сохранением сортовых свойств винодельческой продукции по-прежнему остается актуальной. Многие препараты и сорбенты обладают узконаправленным действием к какой-либо определенной группе веществ вина и не обладают достаточной осветляющей способностью. Поэтому технологические приемы их применения многостадийны и приводят к значительным затратам труда и потерям виноматериалов на каждой стадии процесса.

Таблица 9. Физико-химические показатели яблочных натуральных виноматериалов
Table 9. Physical and chemical indicators of apple natural wine materials

Наименование показателя	Номер образца																
	К	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4
Объемная доля этилового спирта, %	6,0	7,4	7,9	8,4	9,0	7,3	7,6	8,7	8,9	7,6	7,7	9,0	9,0	6,4	7,1	8,3	9,0
Массовая концентрация углеводов, г/дм ³ : - фруктоза - глюкоза - сахароза - ксилоза	0,7	<0,5	<0,5	3,7	<0,5	1,4	0,5	2,3	<0,5	1,6	1,5	0,8	<0,5	3,5	0,5	2,3	0,5
	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,0	<0,5	<0,5	<0,5
	3,4	1,6	1,6	6,2	0,7	3,3	2,3	1,8	1,4	0,4	0,4	<0,5	<0,5	9,9	2,7	1,6	<0,5
	<0,5	0,4	0,4	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4	0,4	0,6	<0,5
	0,6																
Итого	21,4	4,5	2,0	10,5	1,3	5,2	3,3	5,1	1,9	2,4	2,3	1,4	0,5	14,8	3,6	4,5	0,5
Массовая концентрация глицерина, г/дм ³	5,0	4,6	5,0	3,6	4,5	4,5	4,7	4,2	4,5	4,2	4,2	4,9	4,8	5,0	5,2	5,4	5,0
Массовая концентрация сорбита, г/дм ³	4,5	4,1	3,9	4,4	4,4	4,4	3,9	3,4	3,4	4,6	4,4	4,3	4,4	4,1	3,8	4,7	3,7
Массовая концентрация уксусного альдегида, мг/дм ³	559,20	222,77	186,90	4428,18	5063,60	475,70	348,73	1270,19	359,22	568,96	273,25	1188,78	1485,21	1029,82	1067,47	8638,10	6198,80
Массовая концентрация сливочного масла (1-пропанол, 2-пропанол, спирт изобутиловый, 1-бутанол, спирт изоамиловый), мг/дм ³	3592,95	3128,81	3971,40	1623,95	1630,36	2365,13	2342,46	2060,95	2020,09	2854,43	2666,20	2056,68	2108,66	4329,14	4301,77	2049,91	1990,31
Массовая концентрация сложных эфиров (метилацетата, этилацетата), мг/дм ³	447,99	2393,66	1204,41	795,85	205,08	328,34	162,53	92,39	75,37	92,48	82,85	33,45	71,66	134,60	129,50	242,06	204,08
Объемная доля метилового спирта, %	0,0678	0,0563	0,0584	0,0705	0,0602	0,0482	0,0494	0,0532	0,0507	0,0584	0,0539	0,0394	0,0378	0,0582	0,0519	0,0481	0,0420

На основании проведенных исследований и анализа имеющейся научной литературы разработаны рекомендации по применению технологических вспомогательных средств при производстве винодельческой продукции [4].

Список использованных источников

1. *Агеева, Н.М.* Стабилизация виноградных вин: Теоретические аспекты и практические рекомендации / Н. М. Агеева. — Краснодар: СКЗНИИ-СиВиВ Россельхозакадемии, 2007. — 251 с.
2. *Агеева, Н. М.* Совершенствование технологических приемов стабилизации вин к помутнениям биологической и физико-химической природы: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Н.М. Агеева. — Краснодар, 2001. — 401 с.
3. *Таран, Н. Г.* Современные технологии стабилизации вин / Н.Г. Таран. — Кишинэу, 2006. — С. 41 — 87.
4. Рекомендации по применению пищевых добавок при производстве винодельческой продукции, утвержденные; утв. 10.12.2020. — Минск: РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», 2020. — 17 с.
5. Винодельческая продукция и винодельческое сырье. Метод определения объемной доли этилового спирта: СТБ 1929-2009 (ГОСТ Р 51653-2000). — Введ. 01.07.2009. — Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2009. — 9 с.
6. Водка и спирт этиловый из пищевого сырья. Газохроматографический экспресс-метод определения содержания токсичных микропримесей: СТБ ГОСТ Р 51698-2001. — Введ. 01.11.2002. — Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2009. — 10 с.
7. Определение сахарозы, глюкозы, фруктозы и сорбита методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: ГОСТ 31669-2012. — Введ. 01.07.2013. — Москва: Стандартинформ, 2019. — 17 с.
8. Продукция алкогольная и соковая. Определение содержания углеводов и глицерина методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: ГОСТ 33409-2015.— Введ. 01.07.2017. — Москва: Стандартинформ, 2019. — 14 с.
9. Продукция безалкогольная, слабоалкогольная, винодельческая и соковая. Определение содержания органических кислот методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: ГОСТ 33410-2015. — Введ. 01.07.2016. — Москва: Стандартинформ, 2017. — 21 с.

Информация об авторах

Зубковская Оксана Леонидовна, старший научный сотрудник группы по винодельческой и пивобезалкогольной 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: info@belproduct.com

Рабчонюк Наталья Ростиславовна, руководитель группы по винодельческой и пивобезалкогольной 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: vino@belproduct.com

Матиевская Анна Николаевна, инженер-технолог 1 категории группы по винодельческой и пивобезалкогольной 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: vino@belproduct.com

Information about authors

Zubkovskaya Oksana Leonidovna, Senior Research Fellow of the Group for the Wine and Beer Non-Alcoholic Industry of the Technology Department for Alcoholic and Non-Alcoholic Products of the 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

Rabchionok Natalya Rostislavovna, Head of the Group for the Wine and Beer and Non-Alcoholic Industry of the Technology Department for Alcoholic and Non-Alcoholic Products of the 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: vino@belproduct.com

Matievskaya Anna Nikolaevna, process engineer of the Group for the Wine and Beer Non-Alcoholic Industry of the Technology Department for Alcoholic and Non-Alcoholic Products of the 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: vino@belproduct.com

УДК 637.1.02:637.147
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4\(58\)-46-51](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4(58)-46-51)

Поступила в редакцию 02.06.2022
Received 02.06.2022

Е. Д. Шегидевич

РУП «Институт мясо-молочной промышленности», г. Минск, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОФИЛЬТРАЦИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА

Аннотация. В статье описано применение микрофильтрации в молочной промышленности, указаны основные отличительные характеристики получаемых концентрата и фильтрата. Определены технологические параметры процесса микрофильтрации двух типов обезжиренного молока (без термической обработки, термообработанное) на лабораторно-экспериментальной баромембранной установке, в которой в качестве мембранного рулонного элемента использована полимерная мембрана Alfa Laval MFG1 2517 пористостью 0,1 мкм. Установлено, что при микрофильтрации обезжиренного молока, не прошедшего термическую обработку, наблюдается переход сывороточных белков в фильтрат, в то время как проведение микрофильтрации пастеризованного обезжиренного молока при описываемых условиях не способствует переходу сывороточных белков в фильтрат.

Ключевые слова: молоко обезжиренное, белковый состав, микрофильтрация, концентрат, фильтрат, диафильтрация.

K. D. Shehidzevich

Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus

RESEARCH OF TECHNOLOGICAL FEATURES OF THE APPLICATION OF MICROFILTRATION IN THE PROCESSING OF SKIM MILK

Abstract. The article describes the use of microfiltration in the dairy industry, indicates the main distinguishing characteristics of the concentrate and filtrate obtained. The technological parameters of the microfiltration process of two types of skimmed milk (without heat treatment, heat-treated) were determined on a laboratory-experimental baromembrane installation, in which the Alfa Laval MFG1 2517 polymer membrane with a porosity of 0.1 μm was used as a membrane roll element. It has been established that during microfiltration of skimmed milk that has not undergone heat treatment, a transition of whey proteins into the filtrate is observed, while microfiltration of pasteurized skimmed milk under the described conditions does not contribute to the transition of whey proteins into the filtrate.

Key words: skim milk, protein composition, microfiltration, concentrate, filter, diafiltration.

Введение. Перспективным направлением углубленной переработки молочного сырья является селективная обработка, обусловленная выделением биологически активных компонентов, с целью их дальнейшего использования в качестве ингредиентов. Одним из наиболее ценных компонентов молока являются белки.

Применение микрофильтрации в молочной промышленности направлено на решение следующих задач: удаление микроорганизмов; разделение макромолекул (белков); отделение молочного жира [1–7].

Фракционирование молочных белков является наиболее перспективным направлением применения микрофильтрации, поскольку позволяет извлекать белковые ингредиенты с высокой добавленной стоимостью [4, 6].

Получаемые при проведении микрофльтрации концентраты представляют собой высокобелковую концентрированную жидкую коллоидную суспензию, состоящую в основном из казеина в мицеллярной форме и незначительного количества сывороточных белков [1, 8–10]. Так, при использовании керамической мембраны с размером пор 0,1 мкм большая часть казеина задерживается, в то время как практически все сывороточные белки могут проходить через мембрану. Применение диафльтрации способствует дальнейшему удалению растворенных компонентов, таких как, например, лактоза, минеральные вещества [2, 11–13].

Фильтрат, получаемый в результате выделения мицеллярного казеина, содержит сывороточный белок и используется для получения концентрата сывороточного белка, называемого нативной сывороткой или «идеальной сывороткой», имеющей лучшие функциональные характеристики, чем сыворотка, получаемая при производстве сыра или творога [7, 9, 13]. Указанные особенности обуславливают применение описанного фильтра для производства белковых изолятов со значительно отличающимися свойствами от традиционных изолятов сывороточных белков. Следует отметить, что фильтрат может быть дополнительно разделен на отдельные фракции: β -лактоглобулин и α -лактальбумин [3, 5–7].

Большинство исследований процесса микрофльтрации сосредоточено на использовании керамических мембран для производства концентрата мицеллярного казеина. В настоящее время при рассмотрении эффективности выделения из обезжиренного молока сывороточных белков оценивают два типа микрофльтрационных мембран: керамические и полимерные [1, 8]. Необходимость в рассмотрении альтернативных керамическим мембранам вариантов обусловлена значительными затратами, связанными с их эксплуатацией, в связи с чем большая площадь поверхности и относительно низкая стоимость полимерных мембран по сравнению с керамическими свидетельствует об их преимуществе [8].

Целью работы являлось изучение технологических особенностей применения микрофльтрации при обработке обезжиренного молока с использованием полимерной мембраны для фракционирования отдельных видов молочных белков.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований являлись следующие два вида обезжиренного молока: отсепарированное в лабораторных условиях молоко-сырье без термообработки; полученное от молокоперерабатывающего предприятия, прошедшее предварительную термообработку.

Процесс микрофльтрации проводили на лабораторно-экспериментальной баромембранной установке с использованием полупроницаемого мембранного рулонного элемента Alfa Laval MFG1 2517, размер пор которого составляет 0,1 мкм.

При определении физико-химических показателей исходного молочного сырья, фильтра и концентрата использовали стандартные методы исследований [14–19]. Идентификацию белкового состава осуществляли методом денатурирующего электрофореза в полиакриламидном геле в присутствии додецилсульфата натрия (ДСН-электрофорез) с использованием маркера молекулярных масс белков.

Результаты исследований и их обсуждение. Для решения поставленной цели проведены исследования, направленные на определение технологических особенностей применения микрофльтрации обезжиренного молока с использованием полимерной мембраны пористостью 0,1 мкм.

На первом этапе объектом исследований являлось обезжиренное молоко без термической обработки, полученное путем сепарирования молока-сырья при температуре 40 °С с применением сепаратора центробежного молочного «МОТОР С1С-100». Исходные параметры обезжиренного молока: температура — 18,9 °С, титруемая кислотность — 32 °Т, активная кислотность — 6,56 ед. рН, удельная электропроводность — 4,68 мСм/см, массовая доля сухих веществ — 11,0 %.

Микрофльтрацию проводили при рабочем давлении 2 бара на протяжении 150 минут, температура системы повысилась с 18,9 до 32,4 °С. Определено, что при ведении процесса титруемая кислотность концентрата увеличилась от 25 до 60 °Т, фильтра — от 10 до 15 °Т. Следует отметить, что наблюдалась сопоставимая тенденция в изменении активной кислотности: для концентрата в начале процесса снизилась от 6,56 до 6,31 ед. рН; для фильтра — от 6,62 до 6,39 ед. рН.

Установлено, что удельная электропроводность концентрата в процессе микрофльтрации снизилась от 4,68 до 2,92 мСм/см, изменение удельной электропроводности фильтра происходило в сторону увеличения от 4,75 до 5,74 мСм/см, что свидетельствует о постепенном переходе растворимых солей через мембранный элемент из концентрата в фильтрат.

Результаты анализа образцов концентрата микрофильтрации (далее — концентрат МФ) и фильтрата микрофильтрации (далее — фильтрат МФ) по основным физико-химическим показателям представлены в табл. 1.

На основании данных табл.1, определено, что по мере проведения процесса микрофильтрации в концентрате наблюдалось увеличение массовых долей следующих показателей: жира — от 0,1 до 0,6 %, казеина — от 1,56 до 6,49 % и, соответственно, белка — от 2,53 до 8,52 %; в фильтрате — белка от 0,25 до 0,31 %. Проведенный перерасчет массовой доли казеина в белке показал, что в процессе микрофильтрации в концентрате данный показатель увеличился от 61,6 % до 76,1 %, что косвенно указывает на переход части сывороточных белков в фильтрат. При анализе динамики небелкового азота следует отметить, что наблюдалось увеличение его массовой доли в фильтрате от 0,021 до 0,034 %.

Таблица 1. Результаты исследования концентрата и фильтрата, полученных после микрофильтрации обезжиренного молока без термической обработки
Table 1. Results of the study of the concentrate and filtrate obtained after microfiltration of skimmed milk without heat treatment

Наименование пробы	Массовая доля, %					
	жира	зола	сухих веществ	небелкового азота	белка	казеина
Обезжиренное молоко	0,1	0,67	9,5	0,038	2,53	1,56
Концентрат МФ 1 (30 мин)	0,2	0,75	10,4	0,050	3,89	2,61
Концентрат МФ 1 (90 мин)	0,5	1,04	13,5	0,063	7,30	5,58
Концентрат МФ 1 (150 мин)	0,6	1,19	16,2	0,050	8,52	6,49
Фильтрат МФ 1 (30 мин)	-	0,48	5,7	0,021	0,25	-
Фильтрат МФ 1 (90 мин)	-	0,49	6,1	0,031	0,26	-
Фильтрат МФ 1 (150 мин)	-	0,46	6,3	0,034	0,31	-

Установлено, что увеличение массовой доли сухих веществ концентрата с 9,5 до 16,2 % и фильтрата с 5,7 до 6,3% приводит к снижению производительности лабораторно-экспериментальной баромембранной установки от 6,75 л/час до 3,75 л/час.

Результаты идентификации методом ДСН-электрофореза фракционного состава проб, перечисленных в табл. 1, отражены на электрофореграмме (рис. 1).

Анализ электрофореграммы, представленной на рис. 1, показал, что при ведении процесса микрофильтрации обезжиренного молока без термической обработки по мере увеличения массовой доли сухих веществ концентрата и фильтрата наблюдается переход сывороточных белков в фильтрат, что отражено на дорожке 8 и подтверждает полученные результаты об увеличении массовой доли казеина в белке для образцов концентрата.

На втором этапе исследований в качестве исходного молочного сырья использовали молоко обезжиренное, прошедшее термообработку, со следующими параметрами: температура — 12,6 °С; титруемая кислотность — 20 °Т; активная кислотность — 6,67 ед. рН; удельная электропроводность — 5,33 мСм/см; массовая доля сухих веществ — 8,8 %.

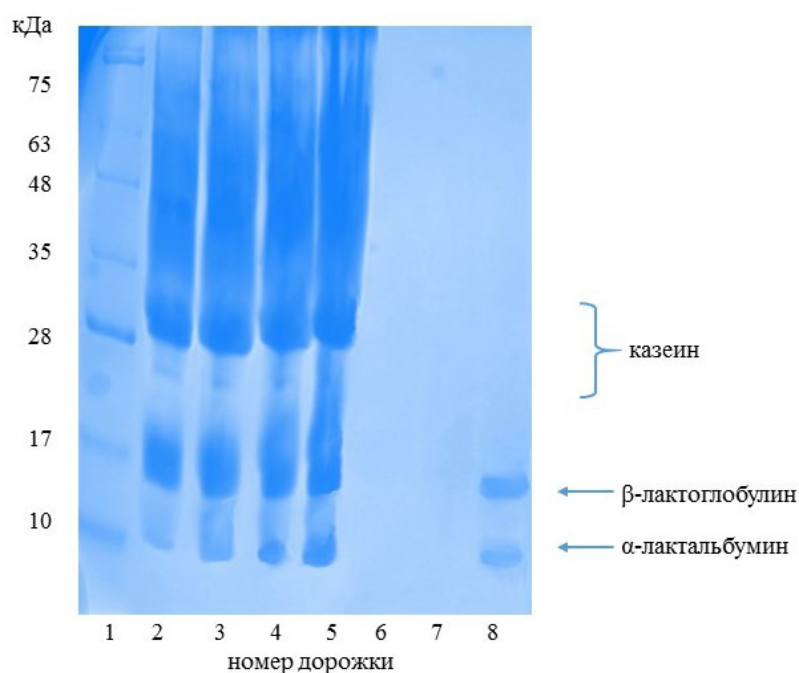
Микрофильтрацию проводили аналогично первому этапу: рабочее давление 2 бара на протяжении 150 минут, однако температура системы увеличилась незначительно от 12,6 до 14,5 °С, что обусловлено подключением системы охлаждения к баромембранной установке. Определено, что активная кислотность концентрата и фильтрата в процессе микрофильтрации практически не изменялись, что объясняется ведением процесса при незначительной динамике температуры.

Результаты анализа образцов концентрата и фильтрата, отобранных в процессе микрофильтрации молока обезжиренного, прошедшего термообработку, показали, что наблюдалось увеличение массовой доли сухих веществ в концентрате с 9,3 до 13,0 %, фильтрате — с 4,9 до 5,9 %. Аналогичная тенденция наблюдалась в концентрате по показателю массовая доля белка — увеличение от 3,99 до 6,98 %, массовая доля казеина соответственно изменялась

с 3,16 до 5,34 %. Содержание белка в фильтрате составило 0,1 %, что свидетельствует о незначительном переходе фракций белка. Следует отметить, что наблюдалось снижение производительности установки, как и на первом этапе эксперимента.

Проводили два цикла диафильтрации путем внесения дистиллированной воды в количестве, равном количеству фильтрата. Определено, что при проведении диафильтрации №1 и диафильтрации №2 наблюдалось незначительное изменение титруемой кислотности концентрата. Результаты исследования концентрата и фильтрата, полученных при диафильтрации №1 и диафильтрации №2, показали, что при завершении диафильтрации №1 массовая доля сухих веществ в концентрате и фильтрате составила 10,7 % и 2,7 % соответственно, при завершении диафильтрации №2 — 9,8 % и 1,4 % соответственно. Следует отметить, что в фильтрате после проведения двух циклов диафильтрации отсутствует белок.

Идентификация фракционного состава белков образцов, отобранных в процессе микрофильтрации обезжиренного термообработанного молока, диафильтрации №1 и диафильтрации №2, представлена на рис. 2.

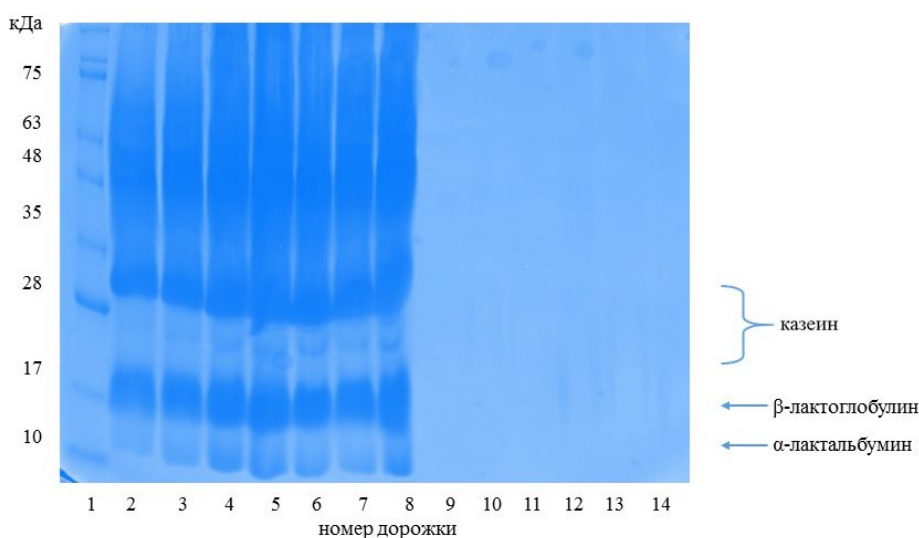


1 – маркер молекулярных масс, 2 – обезжиренное молоко;
3 – концентрат МФ 1 (30 мин); 4 – концентрат МФ 1 (90 мин);
5 – концентрат МФ 1 (150 мин); 6 – фильтрат МФ 1 (30 мин);
7 – фильтрат МФ 1 (90 мин); 8 – фильтрат МФ 1 (150 мин)

Рис. 1. Электрофореграмма образцов концентрата и фильтрата при микрофильтрации обезжиренного молока без термической обработки
Fig. 1. Electropherogram of concentrate and filtrate samples for microfiltration of skimmed milk without heat treatment

Определено, что на дорожках 9-14, соответствующих фильтратам, отсутствуют характерные полосы сывороточных белков. Таким образом, описанные в эксперименте условия проведения процесса микрофильтрации обезжиренного молока, прошедшего термообработку, с последующими двумя диафильтрациями не способствуют переходу сывороточных белков в фильтрат.

Заключение. В ходе исследований изучены технологические особенности применения микрофильтрации при обработке двух типов обезжиренного молока (без термической обработки, термообработанное) с использованием полимерной мембраны пористостью 0,1 мкм, показана возможность разделения молочных белков на казеиновые и сывороточные. В дальнейшем планируется проведение работ по установлению последовательности комбинации ферментативных и мембранных процессов для углубленного фракционирования белков молочного сыра.



1 – маркер молекулярных масс, 2 – обезжиренное молоко;
 3 – концентрат МФ (40 мин); 4 – концентрат МФ (120 мин); 5 – концентрат МФ (160 мин);
 6 – концентрат конечный МФ ДФ1; 7 – концентрат промежуточный МФ ДФ2;
 8 – концентрат конечный МФ ДФ2, 9 – фильтрат МФ (40 мин), 10 – фильтрат МФ (120 мин),
 11 – фильтрат МФ (160 мин), 12 – фильтрат конечный МФ ДФ1,
 13 – фильтрат промежуточный МФ ДФ2, 14 – фильтрат конечный МФ ДФ2

Рис. 2. Электрофореграмма образцов концентрата и фильтрата при микрофильтрации обезжиренного молока

Fig. 2. Electropherogram of concentrate and filtrate samples for microfiltration of skimmed milk

Список использованных источников

1. *Hamman, Ahmed R. A.* Production and storage stability of concentrated micellar casein / Hamman R.A. Ahmed, Steven L. Beckman, Lloyd E. Metzger // *Journal of Dairy Research*. — 2022. — Vol. 105, Issue 2. — P. 1084–1098.
2. *Whey Protein Production, Chemistry, Functionality, and Applications* / ed.: Mingruo Guo. — Burlington: John Wiley & Sons Ltd., 2019. — 259 p.
3. *Geneviève Gйsan-Guiziou* Microfiltration: Applications and potentialities in the dairy industry [Электронный ресурс] // Victoria University. — Mode of access: <https://www.newfoodmagazine.com/article/10075/microfiltrationapplications-and-potentialities-in-the-dairy-industry/>. — Date of access: 02.03.2022 г.
4. *Trevor, J. Britz.* Advanced dairy science and technology / Trevor J. Britz, Richard K. Robinson. — Wiley-Blackwell. — 2008. — 312 p.
5. *Saboyainsta, L.* Current developments of microfiltration technology in the dairy industry / L. Saboyainsta, J.-L. Maubois // *Le Lait*, INRA Editions, 2000. — Vol. 80 (6) — P.541–553.
6. *Peinemann, K.-V.* Membrane Technology: Volume 3: Membranes for Food Applications / K.-V. Peinemann, S. Pereira Nunes, L. Giorno. — WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. — 2010. — 265 p.
7. *Encyclopedia of dairy sciences* / ed.: J. W. Fuquay, P. F. Fox, P. L. H. McSweeney. — 2nd Edition. — Oxford: Elsevier Ltd., 2011. — 4068 p.
8. *Beckman, S. L.* Production efficiency of micellar casein concentrate using polymeric spiral-wound microfiltration membranes / S.L. Beckman, J. Zulewska, M. Newbold, D.M. Barbano // *Journal of Dairy Science*. — 2010. — Vol. 93, Issue 10. — P. 4506–4517.
9. Свойства казеинового концентрата с различными уровнями содержания бета-казеина [Электронный ресурс] // Продукт ВУ. — Режим доступа: <https://produkt.by/story/svoystva-kazeinovogo-koncentrata-s-razlichnymi-urovnyai-soderzhaniya-beta-kazeina-0>. — Дата доступа: 02.03.2022 г.
10. *Hamman, Ahmed R. A.* Progress in micellar casein concentrate: Production and applications / Ahmed R. A. Hamman, Sergio I. Martнnez-Monteagudo, Lloyd E. Metzger // *Compr Rev Food Sci Food Saf*. — 2021. — Vol. 20 (5). — P. 4426–4449.

11. *Whey Proteins From Milk to Medicine* / ed.: Hilton C. Deeth, Nidhi Bansal. — Elsevier Inc., 2019. — 724 p.
12. *Marella, Ch.* Microfiltration Process for Production of Micellar Casein Concentrate / Ch. Marella, V. Sunkesula, A. R. A. Hammam, A. Kommineni, Lloyd E. Metzger // Journal reference: Membranes. — 2021. — Version 1. — P. 656.
13. *Conto, F.* Advances in Dairy Products / F. Contr, M. A. Del Nobile, M. Faccia, A. V. Zambrini, A. Conte. — John Wiley & Sons Ltd. — 2018. — 482 p.
14. Молоко и молочные продукты. Методы определения жира: ГОСТ 5867-90. — Введ. 01.07.1991. — Москва: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2007. — 18 с.
15. Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества: ГОСТ 3626-73. — Введ. 01.07.1974. — Москва: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2008. — 14 с.
16. Молоко и молочные продукты. Определение содержания небелкового азота с применением метода Кьельдаля: ГОСТ Р 55246-2012. — Введ. 29.11.2012. — Москва: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2012. — 10 с.
17. Молоко и молочные продукты. Метод измерения массовой доли общего азота по Кьельдалю и определение массовой доли белка: ГОСТ 23327-98. — Введ. 01.01.2000. — Москва: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2012. — 11 с.
18. Молоко. Определение содержания азота. Часть 1. Метод Кьельдаля: СТБ ISO 8968-1-2008. — Введ. 01.07.2009. — Минск: БелГИСС, 2009. — 16 с.
19. Молоко. Определение содержания казеинового азота. Часть 1. Косвенный метод (арбитражный метод): СТБ ISO 17997-1-2012. — Введ. 01.01.2013. — Минск: БелГИСС, 2012. — 12 с.

Информация об авторах

Шегидевич Екатерина Дмитриевна, заместитель директора по качеству и инновационной работе РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр. Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь).
E-mail: ek.sheg@yandex.ru

Information about authors

Shegidevich Ekaterina Dmitrievna, Deputy Director for Quality and Innovation of the Institute for Meat and Dairy Industry (Partizansky av., 172, 220075 Minsk, Republic of Belarus).
E-mail: ek.sheg@yandex.ru

УДК 664.66.016
https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4(58)-52-61

Поступила в редакцию 04.11.2022
Received 04.11.2022

З. В. Ловкис, С. И. Корзан, Д. А. Зайченко

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

ХРАНЕНИЕ ХЛЕБА В РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ УПАКОВКИ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по обеспечению сохранности хлеба, в различных видах упаковки хранящегося в регулируемых условиях лабораторного стенда. Установлено, что усушка хлеба зависит как от применения разных видов упаковки, так и условий хранения. Отдельные виды упаковки позволили сохранить свойства хлеба на протяжении установленного срока хранения: образец №3 (биаксиально-ориентированная полипропиленовая пленка), образец №4 (целлофановая пленка), образец №8 (фольга). Образцы: №5 (целлюлозная пищевая бумага), №6 (пергамент), №7 (подпергамент), №12 (био-разлагаемая компостируемая пленка на основе PLA (изготовитель Green Tree Group Sp. z o.o.) ОК compost INDUSTRIAL) не обеспечили сохранность хлеба в контролируемые сроки.

Ключевые слова: хлеб, упаковка, условия хранения, температура, влажность, лабораторный стенд, усушка, зависимости.

Z. V. Lovkis, S. I. Korzan, D. A. Zaichenko

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

STORING BREAD IN DIFFERENT TYPES OF PACKAGING AND TEMPERATURE CONDITIONS

Abstract. The article presents the results of research on ensuring the safety of bread in various types of packaging stored in a laboratory bench under controlled conditions. It was found that bread shrinkage depends on both the use of different types of packaging and storage conditions. Certain types of packaging made it possible to preserve the properties of bread during the established shelf life: sample no. 3 (biaxially oriented polypropylene film), sample no. 4 (cellophane film), sample no. 8 (foil). Samples: no. 5 (cellulose edible paper), no. 6 (parchment), no. 7 (subparchment), no. 12 (biodegradable compostable film based on PLA (manufactured by Green Tree Group Sp. z o.o.) ОК compost INDUSTRIAL) did not ensure the safety of bread in controlled terms.

Key words: bread, packaging, storage conditions, temperature, humidity, laboratory bench, shrinkage, dependencies.

Введение. Одна из главных задач хлебопекарной промышленности — получение высококачественных хлебобулочных изделий. В процессе хранения хлебобулочных изделий наблюдается снижение их качественных характеристик, что обусловлено потерей вкуса и аромата, присущим свежим изделиям, изменением твердости и повышением крошковатости мякиша. В связи с этим установление оптимальных сроков хранения является одной из важных задач, позволяющих гарантировать поступление до потребителей качественной продукции, отвечающей требованиям технических нормативных правовых актов [1].

Вопрос о сохранении качества хлеба в процессе транспортировки и хранения и продления сроков хранения исследуется отечественными и зарубежными учеными. Отмечено, что хлеб является одним из наиболее потребляемых пищевых продуктов в мире и одним из самых утилизируемых продуктов из-за его короткого срока хранения и подверженности порче плесенью [2, 3].

В процессе хранения хлебобулочных изделий происходит ряд изменений их свойств, приводящих к ухудшению качества, внешнего вида и часто к полной потере их ценности как

пищевых продуктов. Под действием окружающей среды происходит черствение, плесневение продуктов, усыхание или увлажнение, прогоркание жира и другие процессы, влияющие на вкусовые и пищевые качества продуктов. В зависимости от влажности и температуры окружающей среды, действия солнечной радиации и ряда других факторов в процессе хранения пищевых продуктов происходят те или иные изменения [4 — 6].

Большое значение имеет влажность воздуха, окружающего пищевой продукт. В зависимости от вида продукта и его гигроскопичности необходимо обеспечить условия их хранения. В условиях повышенной относительной влажности происходит увлажнение продукта, консистенция и вкус изделий ухудшаются, они подвергаются действию микроорганизмов. Если же относительная влажность окружающей среды в процессе хранения изделий меньше, чем их гигроскопическая влажность, продукты черствеют [5, 7]. Известно, что крошковатость и черствение приводит к потере качества хлебобулочных изделий, к появлению более твердой текстуры [8–11].

Изменение свежести хлеба при хранении является результатом сложных физико-химических, коллоидных и биохимических процессов — изменений в углеводах и белках (черствение) и потеря влаги (усыхание). Выявлением механизма этих процессов занимаются многие исследователи [12].

Производители продуктов питания в условиях жесткой конкуренции стремятся обеспечить их качество до момента их потребления и удовлетворения физиологических потребностей человека. Упаковка продукта одна из составляющих качества так как она обеспечивает сохранность продукта и его потребительских свойств.

Цель исследований — установить рациональные режимы хранения хлеба, хранящегося в регулируемых условиях и различных видах упаковки.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований являлся хлеб светлый «Водар», закупленный в торговой сети.

Испытания хлеба в различных видах упаковок осуществлялись на лабораторном стенде с контролируемыми условиями [13]. Лабораторный стенд (рис. 1) представляет собой камеру, состоящую из двух секций (морозильной 1 и холодильной 2), со стандартным набором оборудования: компрессор, конденсатор, дроссель, испарители. В секциях 1 и 2 установлены решетки 3 для укладки образцов, а также контрольно-измерительные приборы и оборудование. Морозильная и холодильная секции герметично закрываются дверцами 4 и 5.

В состав контрольно-измерительных приборов входят: термометры 6 и 7, датчик температуры 8, датчик температуры и влажности 9, термогигрометр 10, система измерения и записи данных, состоящая из преобразователя относительной влажности и температуры ПВТ100-Н4.2.И 11, измерителя двухканального ТРМ200-Щ1, модуля сбора данных МСД-200.

Дополнительно холодильная секция 2 оборудована УФ-лампами 12, вентилятором 13, ТЭНом воздушным 14, увлажнителем 15, перегородкой 16, а также патрубком 17 с вентилем для подачи различных газовых сред в камеру.

Для герметизации камеры лабораторный стенд оборудован уплотнителем 18.

При работе лабораторного стенда в секции 2 может образовываться избыточное давление. Для этого в стенде предусмотрена вентиляционный трубопровод 19 соединяющий секцию 2 с окружающей средой. Вентиляционный трубопровод 19 снабжен задвижкой 20.

Лабораторный стенд дополнительно оборудован системой, позволяющей измерять и регистрировать температуру и влажность с возможностью записи данных, и дальнейшего анализа их на ПК.

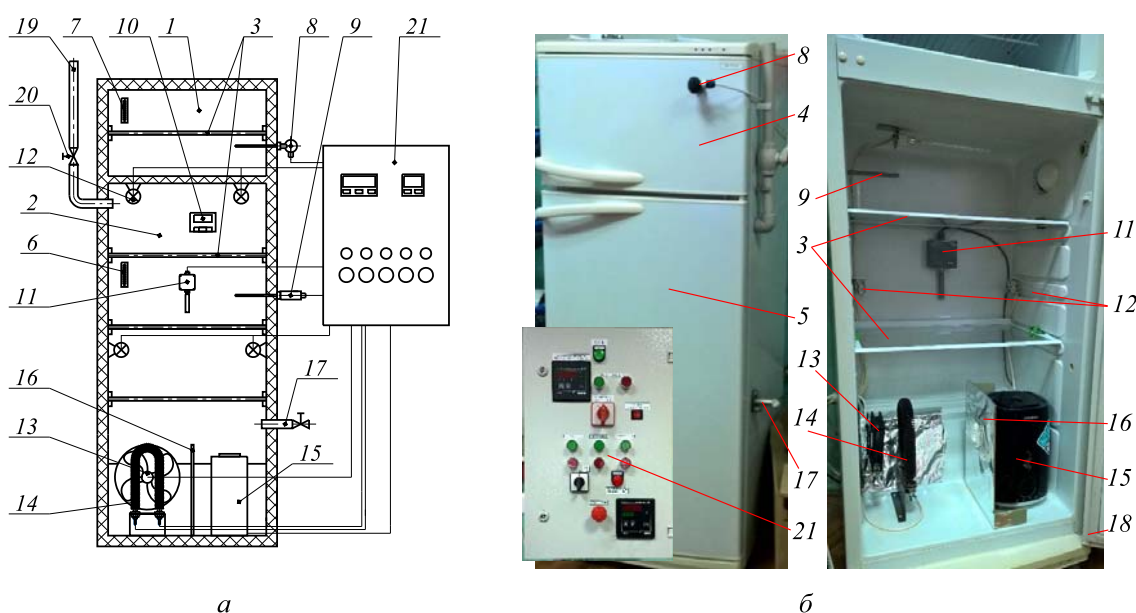
Управление работой лабораторного стенда осуществляется с пульта управления 21, согласно выбранному режиму работы.

Пульт управления позволяет осуществлять работу лабораторного стенда в режимах: нагревания, охлаждения, увлажнения, УФ-излучения и их комбинации. Пульт управления снабжен защитным устройством, исключающее возможность одновременную работу режимов «нагревание» и «охлаждение». Данное защитное устройство выполняет дополнительно функцию переключателя режимов: автоматическая работа установки.

При включении режима «УФ-излучение» на пульте управления загорается сигнализирующая лампочка «НЕ ОТКРЫВАТЬ! УФ-ИЗЛУЧЕНИЕ».

Измерение и контроль температуры и влажности осуществляется отдельно в зависимости от секций: морозильной или холодильной при переключении пакетного переключателя на пульте управления в соответствующее положение: «холод.» или «мороз.».

Для экстренной остановки работы лабораторного стенда и отключения питающего напряжения на пульте управления предусмотрена кнопка «АВАРИЙНЫЙ СТОП».



1 — морозильная секция; 2 — холодильная секция; 3 — решетка; 4, 5 — дверца; 6, 7 — термометр; 8 — датчик температуры; 9, 11 — датчик температуры и влажности; 10 — термогигрометр; 12 — УФ-лампа; 13 — вентилятор; 14 — ТЭН воздушный; 15 — увлажнитель; 16 — перегородка; 17 — патрубок; 18 — уплотнитель; 19 — вентиляционный трубопровод; 20 — задвижка; 21 — пульт управления

Рис. 1. Схема (а) и общий вид (б) лабораторного стенда
 Fig. 1. Scheme (a) and general view (б) of the laboratory stand

Запись данных температуры и влажности осуществляется путем считывания измерителем ТРМ-200 11 сигналов с преобразователя относительной влажности и температуры ПВТ-100 и последующей передачи через интерфейс RS-485 на модуль сбора данных МСД-200, где производится опрос и архивирование параметров на SD-карту.

Осуществление процесса хранения пищевых продуктов в различных упаковках осуществлялось по предварительно установленным условиям хранения в соответствии с ГОСТ и ТУ на пищевые продукты, и другой научно-технической литературы [14]. Затем условия варьировались в сторону уменьшения (увеличения) параметров условий хранения относительно установленных условий в ГОСТ и ТУ.

Для оптимизации процесса хранения пищевых продуктов в различных видах упаковки при контролируемых условиях, нами каждому виду упаковки присваивался свой номер образца, согласно табл. 1.

Общий вид образцов упаковочных материалов приведен на рис. 2.

Образцы хлеба, в упаковочном материале (табл. 1) хранили при температурах $30 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, $22 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ и $-18 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ продолжительностью 96 ч, 144 ч и 432 ч, соответственно. Образцы хлеба хранящиеся при $30 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ и $-18 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, дополнительно выдерживали 0,5 ч и 1 ч, соответственно, после извлечения их из регулируемых условий хранения.

Экспериментально установлено, что при температуре $60 \text{ }^\circ\text{C}$ и выше хлеб практически не черствеет. Снижение температуры хранения с $60 \text{ }^\circ\text{C}$ до $-2...0 \text{ }^\circ\text{C}$ увеличивает скорость черствения хлеба до максимума, а дальнейшее снижение до $-20...-30 \text{ }^\circ\text{C}$ е еще более низкой температуры также практически приостанавливает процесс черствения [15].

Сохранение свежести в нашем случае оценивалось по усыханию изделия. Для этого хлеб нарезался на куски и распределялся по упаковкам с присвоенным номером образца, согласно табл. 1. Упаковку образцов хлеба осуществляли на ручном импульсном запайщике PFS-400. Образцы хлеба взвешивали на электронных весах Scout Pro SPS 202F без упаковки и с упаковкой до и после истечения установленных промежутков времени хранения. Далее определяли усушку хлеба.

Усушкой называется процесс уменьшения массы хлеба в процессе хранения за счет испарения влаги с поверхности корки в окружающую среду. Она выражается в процентах, которые показывают, на какую часть уменьшилась при хранении масса хлеба [16]:

$$G = \frac{m_n - m_k}{m_n} \cdot 100, (1)$$

где m_n — массы хлеба до эксперимента, кг; m_k — масса хлеба после эксперимента, кг.

Таблица 1. Сведения об упаковочных материалах
Table 1. Packaging Material Information

№ образца	Сведения об упаковочном материале
1	Упаковочная пленка из полиэтилена низкого давления (ПНД)
2	Упаковочная пленка для заморозки из ПНД
3	Биаксиально-ориентированная полипропиленовая пленка (БОПП)
4	Целлофановая пленка
5	Целлюлозная пищевая бумага
6	Пергамент
7	Подпергамент
8	Фольга
9	Опытный образец биоразлагаемой пленки на основе полимолочной кислоты (PLA)
10	Биоразлагаемая компостируемая пленка на основе PLA (изготовитель REACH INTERNATIONAL GROUP Sp. z o.o.) OK compost HOME
11	Биоразлагаемая компостируемая пленка на основе PLA (изготовитель Green Tree Group Sp. z o.o.) OK compost HOME
12	Биоразлагаемая компостируемая пленка на основе PLA (изготовитель Green Tree Group Sp. z o.o.) OK compost INDUSTRIAL
13	Биоразлагаемая компостируемая пленка на основе PLA (изготовитель группа компаний KINGLET) OK compost INDUSTRIAL
14	Без упаковки



Рис. 2. Общий вид образцов упаковочных материалов
Fig. 2. General view of samples of packaging materials

При проведении экспериментальных исследований использовались современные измерительные приборы и оборудование. Основные параметры используемых измерительных приборов и оборудования представлены в табл. 2.

При проведении экспериментальных исследований полученные численные значения, могут быть расположены в пределах возможной ошибки опыта, а полученные закономерности — неточными, поэтому необходима оценка погрешности и достоверности опыта.

Достоверность опыта зависит от погрешности и количества измерений, поэтому для установления достоверности опытных данных было принято минимальное число повторений — 3.

Таблица 2. Параметры приборов и оборудования
Table 2. Instrument and equipment parameters

Тип прибора	Марка	Предел измерения		Погрешность прибора
		нижний	верхний	
Часы	CASIO WR 50M	0 ч 0 мин	11 ч 59 мин	0,67 с/сут
Термометр	CHECK-TEMP	-50 °С	+150 °С	± 0,3 °С
Термопреобразователь со-противления	ДТС105-50М.В3.200	-50 °С	+150 °С	± (0,3 + + 0,005· T) ¹
Преобразователь влажности и температуры	ДВ2ТТ20-ГМ-4Т-1П N 7242	0 °С 0 %	+150 °С 98 %	± 0,5 °С ± 2 %
Преобразователь относ. влажности и температуры	ПВТ100-Н4.2.И	-40 °С 0 %	+80 °С 100 %	± 0,5 °С ± 3 %
Измеритель двухканальный	ТРМ200-Щ1	-200 °С	+2500 °С	± 0,25 %
Измеритель-регулятор микропроцессорный	2ТРМ1	-200 °С	+200 °С	± 0,25 %
Модуль сбора данных	МСД-200	0	32 Гб ²	± 1 %
Термогигрометр компактный	REXANT	-10 °С 20 %	+50 °С 90 %	± 0,5 °С ± 2,5 %
Весы электронные	Scout Pro SPS 202F	0	200 г	± 2 %
Запайщик импульсный	PFS-400	0,1 мм ³ 1 мм ⁴	0,6 мм ³ 3 мм ⁴	—

1. T — абсолютное значение температуры, °С;
2. Объем карты памяти модуля сбора данных;
3. Минимальная и максимальная толщина свариваемых пакетов, соответственно;
4. Минимальная и максимальная толщина свариваемого шва, соответственно.

Результаты и их обсуждение. Свежесть хлеба является одним из основных показателей его качества. При хранении хлеба наблюдается снижение его качества, связанное с процессом черствения и усыхания. Хлеб теряет мягкость, повышается крошковатость мякиша и снижается эластичность, теряются вкус и аромат, присущие свежему изделию, т.е. теряются потребительские и вкусовые свойства; корка теряет блеск и хрупкость, слои мякиша, находящиеся под коркой, становятся сухими, жесткими, их влажность приближается к равновесной. По мере хранения глубина этого слоя увеличивается. Высохший мякиш вместе с коркой образует жесткую оболочку, в результате чего повышается твердость изделий.

Фотографии образцов хлеба светлого «Водар» хранимого при температуре -18 ± 3 °С приведены на рис. 3.

В результате проведенных исследований, получены графические зависимости изменения усушки хлеба от времени и условий хранения.

На рис. 4–6 приведены зависимости изменения усушки хлеба от времени хранения при температурах 30 ± 1 °С, 22 ± 1 °С и -18 ± 3 °С, соответственно.

Для более удобного сравнительного представления, полученные зависимости усушки хлеба с учетом выбора упаковочного материала приведены в виде, согласно рис. 7. Границы температурных условий обозначены на одном из приведенных графиков.

Анализируя полученные зависимости усушки хлеба светлого «Водар», можно сделать вывод, что сохранить свежесть хлеба сложная задача. Усушка хлеба различна при использовании разных видов упаковки и условий хранения. Ряд образцов упаковки позволил сохранить свежесть хлеба на протяжении установленного срока хранения: образец №3 (биаксиально-ориентированная полипропиленовая пленка), образец №4 (целлофановая пленка), образец №8 (фольга). Образцы: №5 (целлюлозная пищевая бумага), №6 (пергамент), №7 (подпергамент), №12 (биоразлагаемая компостируемая пленка на основе PLA (изготовитель Green Tree Group Sp. z o.o.) OK compost INDUSTRIAL) хуже всего справились с поставленной задачей.

В ходе проведения экспериментальных исследований по изучению сохранности хлеба, контролировались органолептические показатели. Оценивались следующие показатели: внешний вид, форма и поверхность, цвет и пористость мякиша, запах и вкус. Полученные данные дополняют результаты исследований, приведенные другими авторами [17–19].

Окончание табл. 1



Рис. 3. Образцы хлеба в различных видах упаковки хранящегося при $-18 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$
 Fig. 3. Samples of bread in various types of packaging stored at $-18 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$

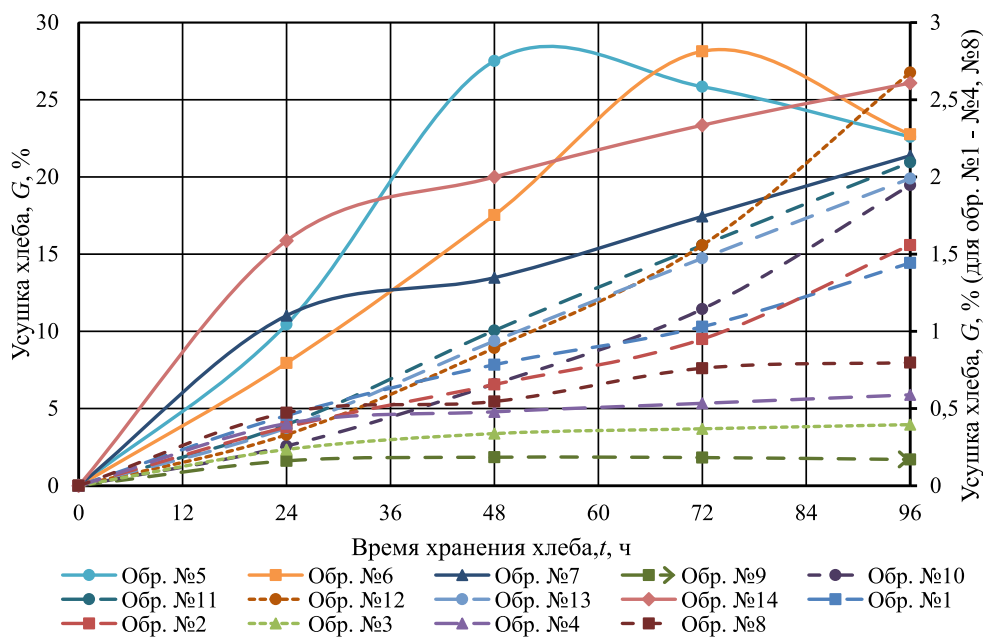


Рис. 4. Усушка хлеба при $T = 30 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ и $W = 70-75 \%$
 Fig. 4. Drying of bread at $T = 30 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ and $W = 70-75 \%$

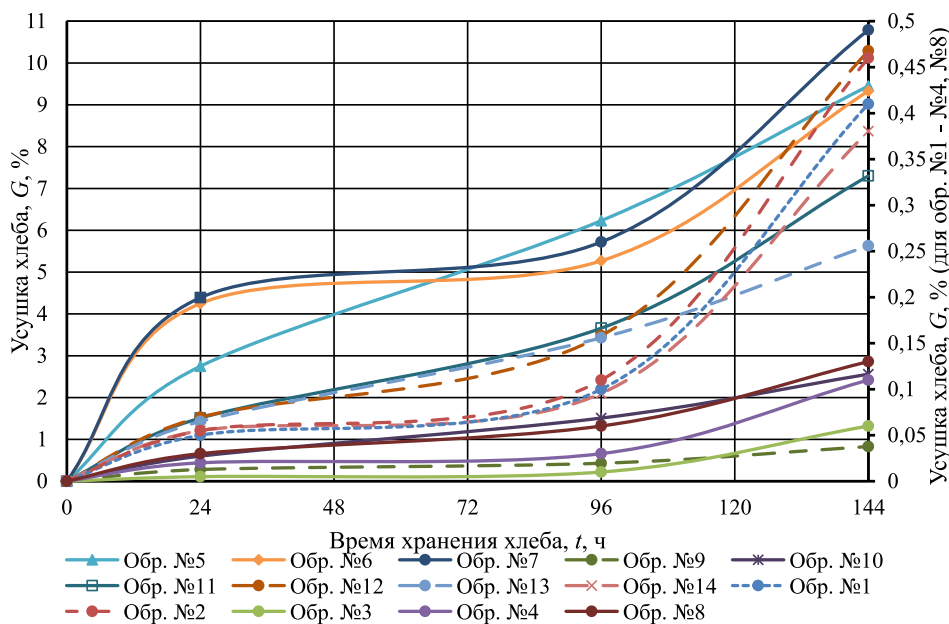


Рис. 5. Усушка хлеба при $T = 22 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ и $W = 70\text{--}75 \%$
 Fig. 5. Drying of bread at $T = 22 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ and $W = 70\text{--}75 \%$

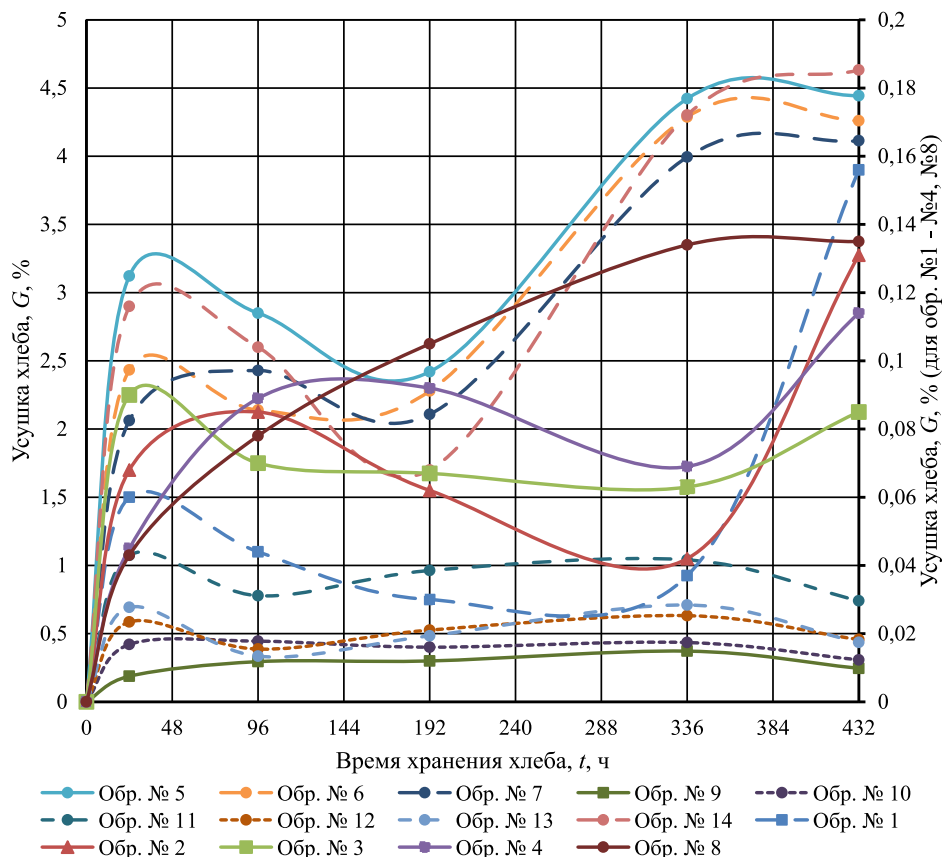


Рис. 6. Усушка хлеба при $T = -18 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$
 Fig. 6. Drying of bread at $T = -18 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$

По результатам анализа рис. 4–7 и оценке органолептических показателей (в статье не приведены) установлены предварительные режимы хранения хлеба в испытываемых упаковках (табл. 3).

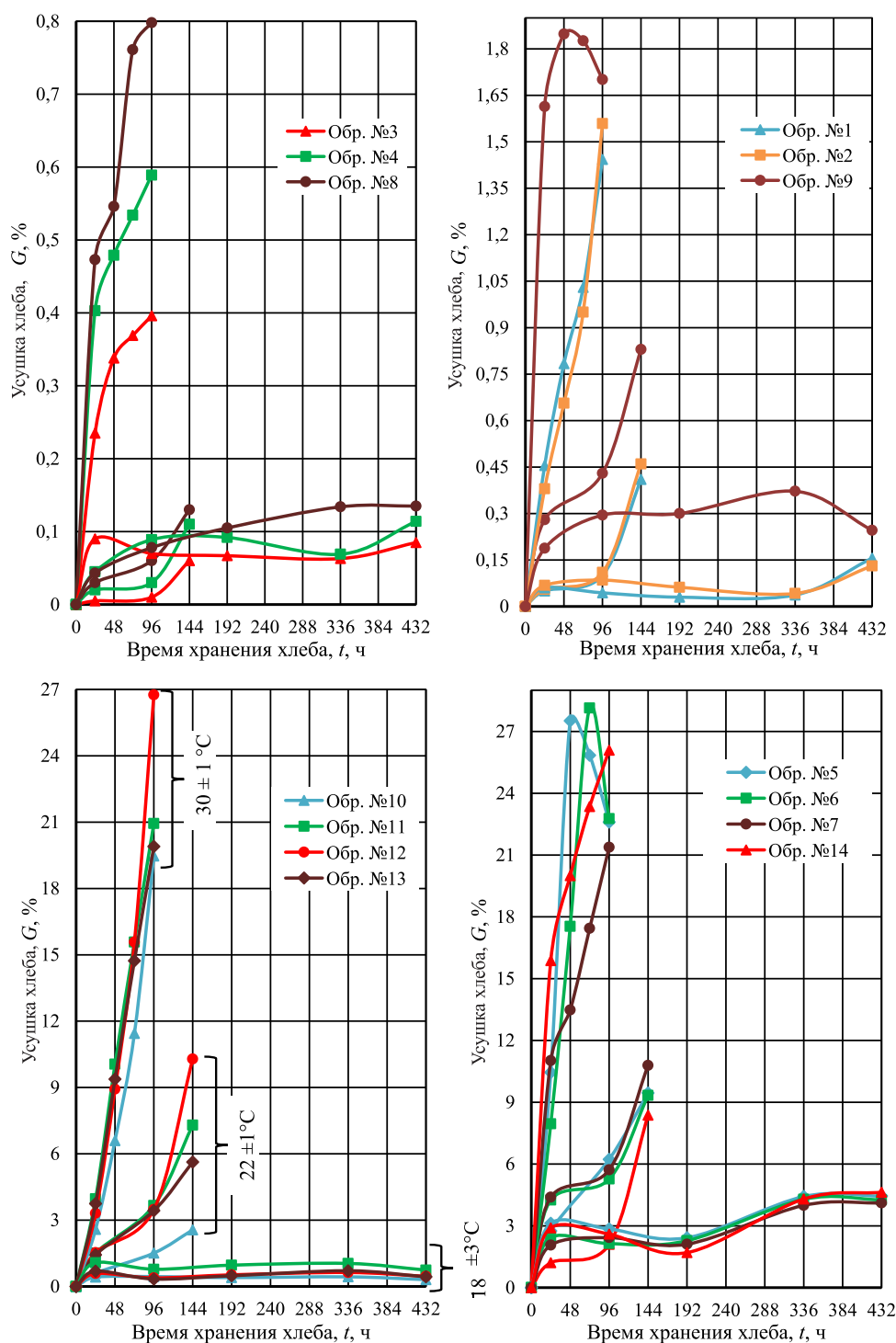


Рис. 7. Усушка хлеба Fig. 7. Drying of bread

Заключение. По результатам исследований, установлено:

При температуре 30 ± 1 °C и относительной влажности 75 % образцы хлеба светлого «Водар», сохранили свое качество в образцах упаковки: № 1 — № 4, № 8 и № 9. Образцы упаковок: № 5 — № 7 и № 10 — № 13, для хранения хлеба при температуре 30 ± 1 °C и относительной влажности 75 % использовать не рекомендуется, т.к. хлеб в образцах № 5 — № 7 значительно усыхает. Исследования показали, что спустя сутки хлеб, упакованный в образцы упаковок № 10 — № 13 теряет качество, обладает сладким привкусом и специфическим карамельным запахом (запах жареной кукурузы).

Таблица 3. Результаты хранения хлеба светлого «Водар»
Table 3. Results of storage of light bread «Vodar»

№ образца	Условия хранения		
	30±1 °С	22±1 °С	-18±3 °С
1	24 ч	96 ч	432 ч соответствует изучаемому периоду хранения
2	24 ч	96 ч	
3	24 ч	96 ч	
4	24 ч	96 ч	
5	не рекомендуется	24 ч	192 ч
6	не рекомендуется	24 ч	192 ч
7	не рекомендуется	24 ч	не рекомендуется
8	48 ч	144 ч	432 ч соответствует изучаемому периоду хранения
9	48 ч	96 ч	
10	не рекомендуется	не рекомендуется	336 ч
11	не рекомендуется	не рекомендуется	не рекомендуется
12	не рекомендуется	не рекомендуется	не рекомендуется
13	не рекомендуется	не рекомендуется	432 ч

2. При температуре 22±1 °С и относительной влажности 75 % образцы хлеба светлого «Водар», сохранили свое качество лучше всего в упаковках: №1 — №4, №8 и №9. Наилучшим среди них это образец №8 в фольге. Образцы упаковок: №5 — №7 и №10 — №13, для хранения хлеба при температуре 22±1 °С и относительной влажности 75 % использовать не рекомендуется, т.к. хлеб в образцах №5 — №7 сохраняет свое качество около 24 ч, дальнейшее хранение протекает с значительным усыханием изделия. Образцы №10 — №13 обладают свойственным специфическим карамельным запахом (запах жареной кукурузы), что на прямую влияет на качество хлеба. Исследования показали, что спустя сутки хлеб, упакованный в образцы упаковок №10 — №13, как и при температуре 30 ± 1 °С обладает горько-сладким привкусом.

3. При температуре -18±3 °С образцы хлеба светлого «Водар», сохранили свое качество на высоком уровне практически во всех образцах. Наилучшим среди них оказались образцы: №1, №4, №8 и №9. Образцы упаковок: №7, №11 и №12, для хранения хлеба при температуре -18±3 °С использовать не рекомендуется, т.к. хлеб в образце №7 приобретает специфический запах и привкус прогорклого масла. Хлеб, упакованный в образцы №11 и №12 спустя 24 ч хранения, обладает специфическим привкусом, при дальнейшем хранении обладает ярко выраженным сладко-соленым привкусом.

Список использованных источников

1. Установление сроков годности сдобных булочных изделий из дрожжевого теста / М. М. Петухов [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2020. — Т. 13, №2(48). — С. 21–26.
2. Antifungal effect of bioprocessed surplus bread as ingredient for bread-making: Identification of active compounds and impact on shelf-life [Electronic resource] / L. Nionelli [i dr.] // Food Control. — 2020. — Vol. 118:107437. — Mode of access: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0956713520303534?token=EC36DAF97883A470774DDB260C3CAABB88A4B52DFA267746CDA2D4E29B126ABF401F3BDDFC209180C234FB22E633EDDA&originRegion=eu-west-1&originCreation=20211222084859>. — Date of access: 03.01.2022.
3. Сравнительный анализ качества хлебобулочных изделий в процессе хранения / Е. В. Бастрон [и др.] // Качество и безопасность пищевых продуктов. — 2021. — №3(68). — С. 92–98.
4. Степаненко, А. Б. Дизайн упаковки как диалог с потребителем / А. Б. Степаненко // Пекарь и кондитер. — 2021. — №4(34). — С. 36–40.
5. Гуль, В. Е. Пленочные полимерные материалы для упаковки пищевых продуктов / В. Е. Гуль, О. Н. Беляцкая. — М.: Пищевая промышленность, 1968. — 280 с.
6. Исследование качества булочных изделий в процессе хранения / З. В. Василенко [и др.] // Вестн. Могилев. гос. ун-та продовольствия. — 2015. — №2(19). — С. 30–35.
7. Муравин, Я. Г. Применение полимерных и комбинированных материалов для упаковки пищевых продуктов / Я. Г. Муравин, М. Н. Толмачева, А. М. Додонов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 205 с.
8. Никифорова, Т. А. Влияние гречневой муки на сохранение свежести хлеба / Т. А. Никифорова, И. А. Хон // Хлебопродукты. — 2017. — №6. — С. 38–39.

9. Investigating the potential of slow-retrograding starches to reduce staling in soft savory bread and sweet cake model systems [Electronic resource] / A. M.R. Hayes [i dr.] // Food Research International. 2020. — Vol. 138, Part A, December 2020, 109745. — Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109745>. — Date of access: 03.01.2022.
10. Bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in bread: a review / D. Angelino [i dr.] // Food and Function. — 2017. — Vol. 8(7). — P. 2368–2393.
11. Phenolic Compounds Isolated from Olive Oil as Nutraceutical Tools for the Prevention and Management of Cancer and Cardiovascular Diseases / P. Reboledo-Rodríguez [i dr.] // International Journal of Molecular Science. — 2018. — Vol. 19(8). — P. 1–21.
12. Горячева, А. Ф. Сохранение свежести хлеба / А. Ф. Горячева, Р. В. Кузьминский. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 240 с.
13. Корзан, С. И. Разработка лабораторного стенда для изучения сохранности пищевых продуктов в биоразлагаемой упаковке / С. И. Корзан, З. В. Ловкис // Аграрная наука — сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии : сборник докладов XXIII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 1 октября 2020 г. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] ; редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. — Минск, 2020. — С. 377–378.
14. Корзан, С. И. Использование биоразлагаемых материалов в пищевой промышленности для упаковки пищевых продуктов / С. И. Корзан // Новые методы и технологии обращения с отходами. Органическая часть коммунальных отходов : сб. тр. / Институт жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. В. О. Китикова. — Минск, 2021. — С. 84–88.
15. Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства: учебник / Л. Я. Ауэрман ; под общ. ред. Л.И. Пучковой. — 9-е изд., перераб. и доп. — СПб: Профессия, 2005. — 416 с.
16. Соболева, Е. В. Основы технологии пищевых продуктов. Лабораторные работы: учеб.-метод. пособие / Е. В. Соболева, М. М. Данина. — СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. — 56 с.
17. Резниченко, И. Ю. Правильная этикетка — залог успешных продаж / И. Ю. Резниченко, О. Ю. Тихонова, И. Л. Сельская // Пищевая промышленность. — 2019. — №7. — С. 19–24.
18. Калинина, И. В. Исследование качества обогащенных видов хлеба в процессе хранения / И. В. Калинина, Н. В. Науменко, И. В. Фекличева // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. — 2015. — Т. 3, №1. — С. 36–44.
19. Влияние пророщенной спельты на качество хлеба белого в процессе хранения / З. Ш. Мингалеева [и др.] // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. — 2020. — №1(60). — С. 102–107.

Информация об авторах

Ловкис Зенон Валентинович, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, академик Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: Lovkis.zv@mail.ru

Корзан Сергей Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: seroga.korzanmc@mail.ru

Зайченко Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по научной и инновационной работе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: info@belproduct.com

Information about authors

Lovkis Zenon Valentinovich, Honored Science Worker of the Republic of Belarus, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Engineering sciences, Professor, Chief Researcher 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: Lovkis.zv@mail.ru

Korzan Sergey Ivanovich, PhD (Engineering), Senior Researcher of the Department of New Technologies and 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: seroga.korzanmc@mail.ru

Zaichenko Dmitry Alexandrovich, PhD (Engineering), Deputy General Director for Scientific and Innovative Work 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

УДК 620.172.215.1:620.172.222
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4\(58\)-62-74](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4(58)-62-74)

Поступила в редакцию 21.09.2022
Received 21.09.2022

З.В. Ловкис, С.И. Корзан

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

ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований механических свойств упаковочных материалов, подвергнутых ультрафиолетовому излучению. Описана методика проведения исследований. Определены предел прочности при растяжении и разрыве, относительное удлинение при разрыве и модуль упругости образцов. Дана визуальная оценка состояния поверхностей образцов и результаты контроля их массы и геометрических размеров. Установлены зависимости изменения прочности и относительного удлинения при разрыве от продолжительности воздействия ультрафиолетового излучения.

Ключевые слова: упаковка, ультрафиолетовое излучение, температура, влажность, лабораторный стенд, зависимости

Z. V. Lovkis, S. I. Korzan

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

CHANGES IN MECHANICAL PROPERTIES OF PACKAGING MATERIALS AS A RESULT OF EXPOSURE TO THEM WITH UV RADIATION

Abstract. The article presents the results of studies of the mechanical properties of packaging materials subjected to ultraviolet radiation. The research methodology is described. The ultimate tensile and rupture strength, elongation at break, and modulus of elasticity of the samples were determined. A visual assessment of the state of the surfaces of the samples and the results of monitoring their mass and geometric dimensions are given. The dependences of the change in strength and relative elongation at break on the duration of exposure to ultraviolet radiation have been established.

Key words: packaging, ultraviolet radiation, temperature, humidity, laboratory bench, dependencies

Введение. Перед отечественными и зарубежными учеными давно стоит одна из важнейших задач по разработке упаковочных материалов и технологических решений, направленных на создание полимеров, имеющих склонность к ускоренному «состариванию» или деградации. При этом стоит отметить, что при выборе подходов к созданию таких материалов следует уделить особое внимание изучению свойств, сроков и условий хранения пищевой продукции для того, чтобы исключить возможность начала процесса деградации до момента окончания жизненного цикла упакованного продукта [1, 2]. В качестве одного из таких решений может быть использовано ультрафиолетовое излучение (УФ-излучение), которое оказывает существенное влияние на скорость фотодеструкции и разрушение материала [3–6].

При старении изменяются многие свойства полимерных материалов — механические (разрушающее напряжение при растяжении, относительное удлинение при разрыве, удельная ударная вязкость, модуль упругости), диэлектрические, окраска (полимер желтеет или окрашивается в другие цвета); состояние поверхности (образуются трещины, появляется липкость и выкрашивание); состояние материала в целом (появление хрупкости, отвердевание или

размягчение). Кроме того, часто изменяются прозрачность, растворимость, запах, а также некоторые химические свойства материалов [7].

Факторы, способствующие старению полимерных материалов, разделяют на внутренние и внешние [8]. К внутренним относят состав и структуру полимера, молекулярную массу и молекулярно-массовое распределение, наличие внутренних дефектов, обусловленных неравномерным распределением вводимых наполнителей и различных добавок, внутренние напряжения. К внешним факторам относят температуру и влажность воздуха, световую и проникающую радиацию, кислород, агрессивные газообразные примеси, содержащиеся в воздухе (SO_2 , NO_2 и др.), механические нагрузки от ветра, динамической энергии водяных капель, града, песка, пыли. Наиболее распространенным и практически важным активатором, способствующим старению полимерных материалов, является температура. При хранении материал находится под воздействием температуры окружающей среды, которая может оставаться длительное время постоянной либо изменяться в каких-либо пределах.

При отсутствии воздействия света и при комнатной температуре окисление пленок из полиэтилена протекает очень медленно. При повышении температуры скорость окисления возрастает. Аналогичную картину можно наблюдать при воздействии рассеянного и, особенно прямого солнечного света. При всех видах внешних воздействий (тепло и свет) в присутствии кислорода в «инертном» полимере происходит образование кислородсодержащих групп: $\text{C}=\text{O}$, OH , COO , OON , причем, $\text{C}=\text{O}$ группы могут быть разных типов — кетонные, альдегидные, сложноэфирные и др. Все эти группы имеют характерные полосы поглощения в ИК-спектре [7]. Внешние воздействия непременно приводят к образованию этих групп в различных количественных соотношениях. Например, при воздействии высоких температур, преобладают кетонные группы, при воздействии излучения — кетонные и альдегидные [8].

Поскольку любые изменения полиэтиленового слоя связаны с возможным изменением его структуры после различных воздействий, представляло интерес проведение соответствующего исследования.

Цель исследований — установить изменение механических свойств упаковочных материалов, подвергнутых воздействию ультрафиолетового излучения.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований являлись образцы упаковочных материалов.

Испытания упаковочных материалов ультрафиолетовым излучением проводились на лабораторном стенде с контролируемыми условиями [9]. Лабораторный стенд (рис. 1) представляет собой камеру, состоящей из двух секций: морозильной 1 и холодильной 2, которая оборудована стандартным набором оборудования: компрессор, конденсатор, дроссель, испарители. Секции оборудованы контрольно-измерительными приборами и оборудованием. В секциях 1 и 2 установлены решетки 3 для укладки образцов. Морозильная и холодильная секции герметично закрываются дверцами 4 и 5.

В состав контрольно-измерительных приборов входят: термометры 6 и 7, датчик температуры 8, датчик температуры и влажности 9, термогигрометр 10, система измерения и записи данных, состоящая из преобразователя относительной влажности и температуры ПВТ100-Н4.2.И 11, измерителя двухканального ТРМ200-Щ1, модуля сбора данных МСД-200.

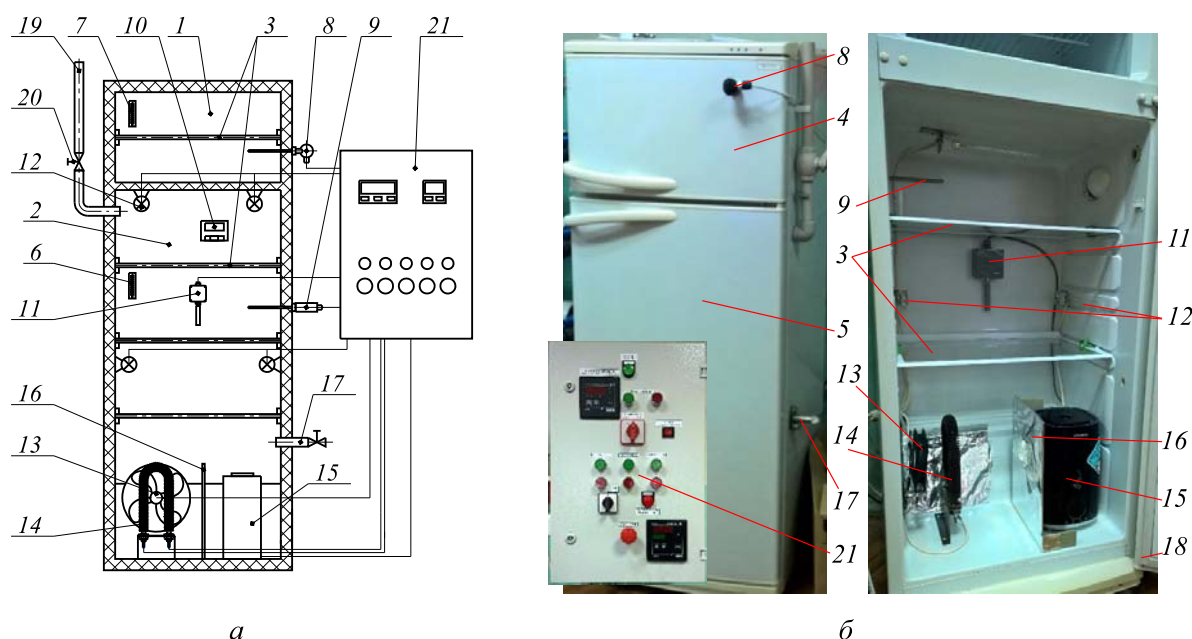
Дополнительно холодильная секция 2 оборудована УФ-лампами 12, вентилятором 13, ТЭНом воздушным 14, увлажнителем 15, перегородкой 16, а также патрубком 17 с вентилем для подачи различных газовых сред в камеру.

Для герметизации камеры, лабораторный стенд оборудован уплотнителем 18.

При работе лабораторного стенда в секции 2 может образовываться избыточное давление. Для этого в стенде предусмотрена вентиляционный трубопровод 19 соединяющий секцию 2 с окружающей средой. Вентиляционный трубопровод 19 снабжен задвижкой 20.

Управление работой лабораторного стенда осуществляется с пульта управления 21, согласно выбранному режиму работы.

В качестве источника излучения при облучении упаковочных материалов, использовались бактерицидные ртутные разрядные лампы низкого давления производства фирмы Philips, модели «tuv-15w», дающие коротковолновое ультрафиолетовое излучение с максимумом в 253,7 нм, обладающее бактерицидным действием. Поверхностная доза облучения в выбранном участке спектра исследования составляла от 18 до 64 мДж/см² в УФ диапазоне, от 540 до 1525 мДж/см² в видимом и от 47 до 57 мДж/см² в инфракрасном диапазоне. При облучении пленочных материалов источник излучения ориентировался над образцами в различных плоскостях.



1 — морозильная секция; 2 — холодильная секция; 3 — решетка; 4, 5 — дверца; 6, 7 — термометр; 8 — датчик температуры; 9, 11 — датчик температуры и влажности; 10 — термогигрометр; 12 — УФ-лампа; 13 — вентилятор; 14 — ТЭН воздушный; 15 — увлажнитель; 16 — перегородка; 17 — патрубок; 18 — уплотнитель; 19 — вентиляционный трубопровод; 20 — задвижка; 21 — пульт управления

Рис. 1. Схема (а) и общий вид (б) лабораторного стенда
 Fig. 1. Scheme (a) and general view (б) of the laboratory stand

В качестве объектов исследования были использованы материалы: упаковочная пленка из полиэтилена низкого давления (обр. № 1), упаковочная пленка для заморозки из полиэтилена низкого давления (обр. № 2), биаксиально-ориентированная полипропиленовая пленка (обр. № 3), целлофановая пленка (обр. № 4), целлюлозная пищевая бумага (обр. № 5), пергамент (обр. № 6), подпергамент (обр. № 7), опытный образец биоразлагаемой пленки на основе полимолочной кислоты (обр. № 9), образцы биоразлагаемой компостируемой пленки на основе полимолочной кислоты (обр. 10 — 13).

Общий вид образцов упаковочных материалов приведен на рис. 2.

Для наглядного представления и точности проведения эксперимента, и сравнительной оценки образцы упаковочных материалов подготавливались одинакового размера 100 x 50 мм, размещались на стеллажах стенда и хранились при температуре 25 ± 1 °С под ультрафиолетовым излучением ламп лабораторного стенда.

Через промежутки времени 24, 48, 96, 168, 336, 504 и 672 часа контролировалась масса и геометрические параметры образцов, определялась визуальная оценка состояния поверхности образцов и оценка механических свойств образцов путем определения предела прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве и модуля упругости [7, 10, 11].

Для определения механических свойств при растяжении нами был разработан и изготовлен испытательный стенд упаковочных материалов на растяжение (рис. 3).

Испытательный стенд представляет собой разрывную машину, состоящую из неподвижного 1 и подвижного 2 зажимов, силоизмерительного элемента 3, систем направляющих 4 и 5, шпильки 6 с гайкой 7, имитирующей червячный редуктор, пластины для скользящей опоры 8 и уголков 9 и 10. Неподвижный зажим 1, пластина для скользящей опоры 8 и уголки 10 закреплены на станине 11. Стенд дополнительно оборудован измерительной линейкой 12 для замера удлинения материала при разрыве.

Порядок работы на испытательном стенде: образец материала с отмеченным рабочим участком 50 мм закрепляли в зажимах испытательного стенда так, чтобы продольная ось образца была расположена в направлении растяжения и приложенные силы действовали по всей ширине образца. Затем прикладывая усилия, осуществляли растягивание и деформацию образцов, при этом считывали данные действующего усилия с силоизмерительного элемен-

та. После разрыва образца, фиксировали усилие при разрыве и освобождали разорванный образец из зажимов.



Рис. 2. Общий вид образцов упаковочных материалов
Fig. 2. General view of samples of packaging materials

Испытания проводились в трехкратной повторности. Во внимание принимались лишь те измерения, в которых разрыв материала происходил в области 50 мм рабочего участка.

На испытательном стенде подвергались разрыву образцы размером 100 x 50 мм, за исключением обр. №3 и №4 — 100 x 25 мм в связи с высокой прочностью.

Испытательный стенд позволил установить усилие деформации на разрыв и удлинение при разрыве упаковочных материалов.

Затем определяли предел прочности при растяжении, относительное удлинение при разрыве и модуль упругости образцов [10, 12].

Предел прочности при растяжении σ_p (Па) — максимальное напряжение, которое может выдержать образец, не разрушаясь, определяли по формуле (1):

$$\sigma_p = \frac{P}{S_0}, \quad (1)$$

где P — усилие при разрыве, Н; S_0 — первоначальная площадь поперечного сечения образца, м².

Относительное удлинение при разрыве ε_p — способность материала менять первоначальную длину при растяжении под действием внешних сил вплоть до разрушения. Относительное удлинение выражается в процентах от первоначальной длины рабочей части образца, принятой за 100 % (формула 2):

$$\varepsilon_p = \frac{\Delta l}{l} 100 = \frac{l - l_0}{l_0}, \quad (2)$$

где Δl — удлинение образца, мм; l — длина рабочей части образца в момент разрушения, мм; l_0 — первоначальная длина рабочей части образца, мм, равна 50 мм.

Модуль упругости образца при растяжении характеризует степень жесткости материала и определяется отношением нормального напряжения к соответствующему относительному удлинению в пределах пропорциональности. Модуль упругости E (Па) рассчитывали на основании закона Гука согласно формуле (3):

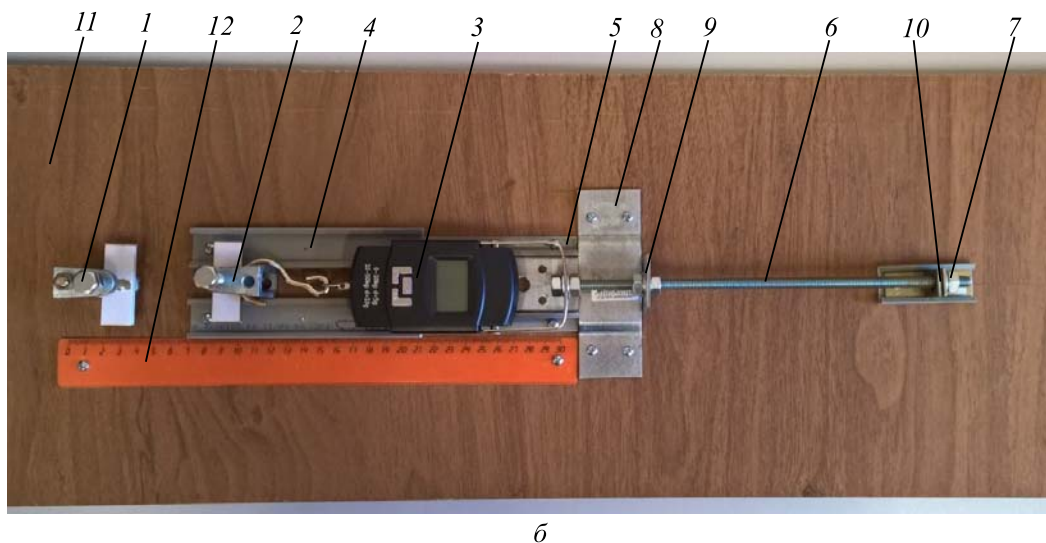
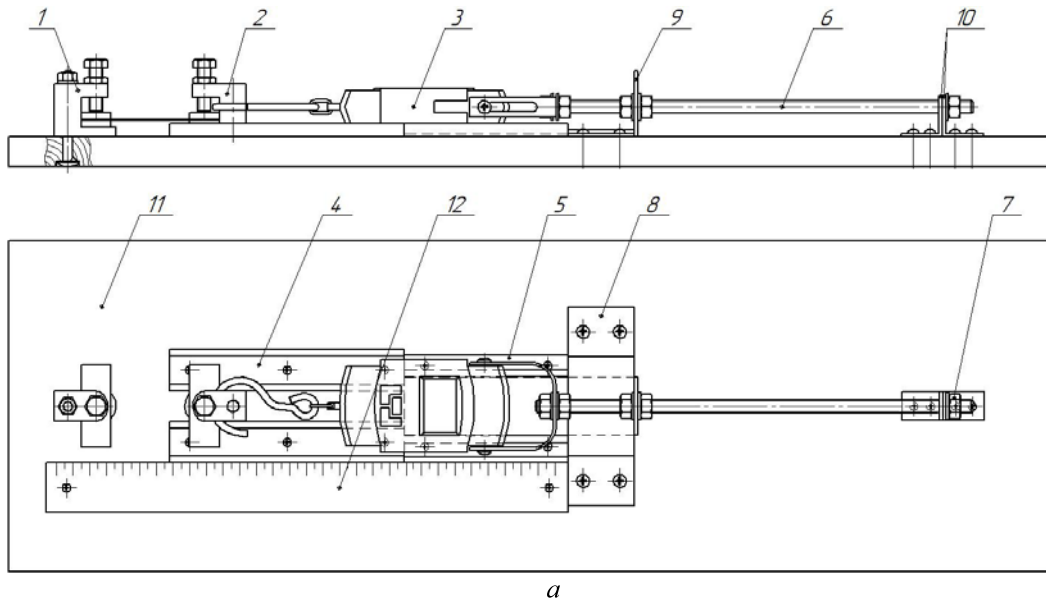
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}, \quad (3)$$

где ε — относительное удлинение при напряжении растяжения σ .

В ходе обработки экспериментальных данных установлено, что изменение прочности в зависимости от продолжительности УФ-излучения испытуемых образцов описывается уравнением (4):

$$\sigma_t = a - bt, \quad (4)$$

где a — прочность до испытания под воздействием УФ-излучения; b — изменение прочности в течение суток; t — продолжительность воздействия УФ-излучения.



1 — зажим неподвижный; 2 — зажим подвижный; 3 — силоизмерительный элемент — безмен;
4, 5 — направляющие; 6 — шпилька; 7 — гайка; 8 — пластина для скользящей опоры;
9, 10 — уголки; 11 — станина

Рис. 3. Схема (а) и общий вид (б) испытательного стенда на растяжение
Fig. 3. Scheme (a) and general view (b) of the tensile test bench

Зависимость изменения относительного удлинения при разрыве от продолжительности УФ-излучения испытуемых образцов имеет вид (5):

$$\varepsilon_t = At^{-C}, \quad (5)$$

где A и C — константы.

Приведенные зависимости для описания изменения прочностных и деформационных свойств носят эмпирический характер и могут использоваться для экстраполяции только в определенных пределах. Полученные зависимости подтверждаются рядом данных, полученных Долежелом Б. [8] в ходе изучения в естественных климатических условиях на старения полистирола и полиэтилена.

Согласно ГОСТ 9.708 [13] результаты испытаний представляются в форме графика, показывающего зависимость коэффициента сохранения свойств K_t образцов от продолжительности испытаний.

Коэффициент сохранения свойств (K_t) в процентах вычисляли по формуле (6):

$$K_t = \frac{\sigma_t}{\sigma_0} \cdot 100, \quad (6)$$

где σ_t — значение показателя напряжения после испытаний к моменту времени воздействия УФ-излучения t , МПа; σ_0 — значение показателя напряжения до испытаний, МПа.

При проведении экспериментальных исследований использовали современные измерительные приборы и оборудование. Основные параметры используемых измерительных приборов и оборудования представлены в табл. 1.

При проведении экспериментальных исследований полученные численные значения, могут быть расположены в пределах возможной ошибки опыта, а полученные закономерности — неточными, поэтому необходима оценка погрешности и достоверности опыта.

Достоверность опыта зависит от погрешности и количества измерений, поэтому для установления достоверности опытных данных было принято минимальное число повторений — 3.

Таблица 1. Параметры приборов и оборудования
Table 1. Instrument and equipment parameters

Тип прибора	Марка	Предел измерения		Погрешность прибора
		нижний	верхний	
Часы	CASIO WR 50M	0 ч 0 мин	11 ч 59 мин	0,67 с/сут
Термометр	CHECK-TEMP	-50 °С	+150 °С	± 0,3 °С
Термопреобразователь сопротивления	ДТС105-50М.В3.200	-50 °С	+150 °С	± (0,3 + 0,005· T) ¹
Преобразователь влажности и температуры	ДВ2ТТ20-ГМ-4Т-1П N 7242	0 °С	+150 °С	± 0,5 °С
		0 %	98 %	± 2 %
Преобразователь относ. влажности и температуры	ПВТ100-Н4.2.И	-40 °С	+80 °С	± 0,5 °С
		0 %	100 %	± 3 %
Измеритель-регулятор микропроцессорный	2ТРМ1	-200 °С	+200 °С	± 0,25 %

1. T — абсолютное значение температуры, °С

Результаты исследований и их обсуждение. На протяжении всего промежутка испытаний масса и геометрические размеры образцов не изменялись, за исключением опытного образца биоразлагаемой пленки на основе полимолочной кислоты (обр. №9). Его масса спустя 672 ч увеличилась практически на 25 % по сравнению с исходной. Это связано с разрывом макромолекулярной цепи по радикальному механизму. Деструкция цепи приводит к изменению физико-химических характеристик и к ухудшению эксплуатационных свойств.

Визуальная оценка состояния поверхности образцов показала, что внешний вид испытываемых образцов изменяется: образец №3 спустя сутки приобретает желтоватый оттенок со стороны воздействия УФ-излучения, образец №7 становится более желтым по сравнению с контрольным образцом, напоминая цвет старых книг. Цвет образцов №12 и №13 стал светлее по сравнению с контрольными образцами, а образец №9 вовсе на 7 сутки стал очень хрупким и при малейшем контакте с ним рассыпался. Образцы №1 и №2 на протяжении 14 сут еще сохраняли свои свойства, при дальнейшем воздействии УФ-излучения становились хрупкими. Также установлено, что практически у всех образцов на 14 сут сжались и свернулись края. В образцах №5 и №6 изменений не обнаружено.

Испытуемые образцы упаковочных материалов хранимые в среде УФ-излучения лабораторного стенда приведены на рис. 4.

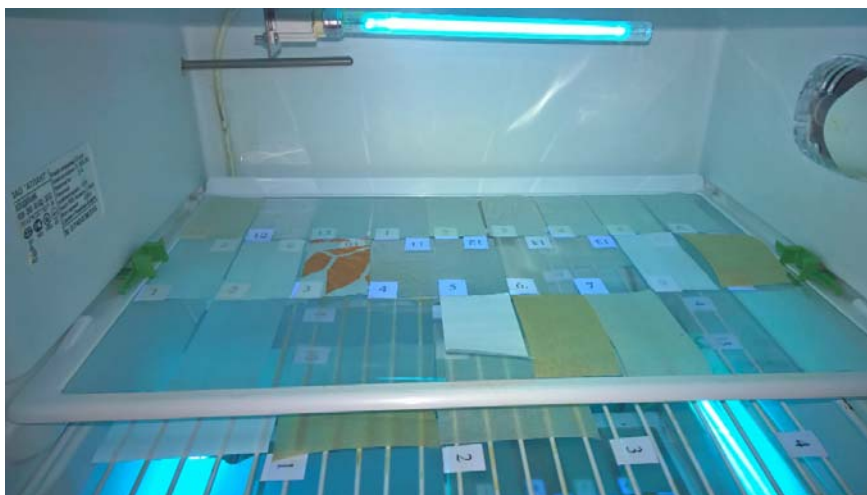


Рис. 4. Испытуемые образцы в лабораторном стенде
 Fig. 4. Test samples in a laboratory stand

Получены зависимости изменения напряжения от относительного удлинения при растяжении испытуемых образцов, подверженных УФ-излучению (рис. 5–12).

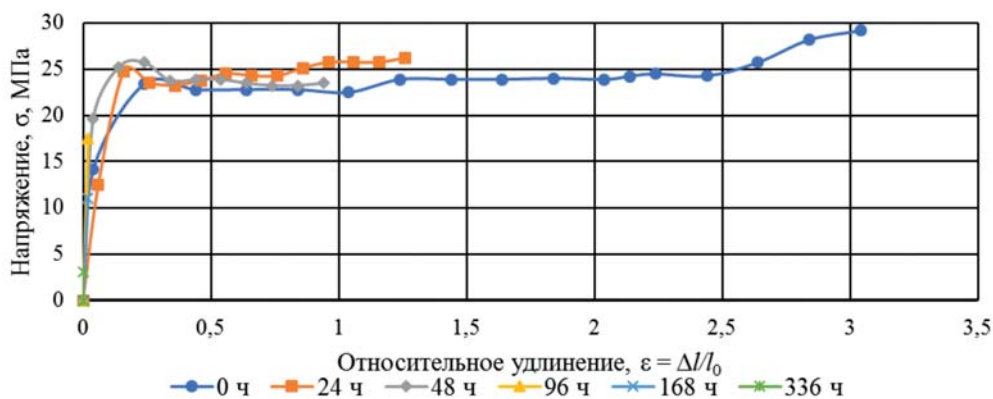


Рис. 5. Зависимости изменения напряжения от относительного удлинения при растяжении обр. №1, подверженного УФ-излучению
 Fig. 5. Stress variation versus tensile elongation mod. No. 1 exposed to UV radiation

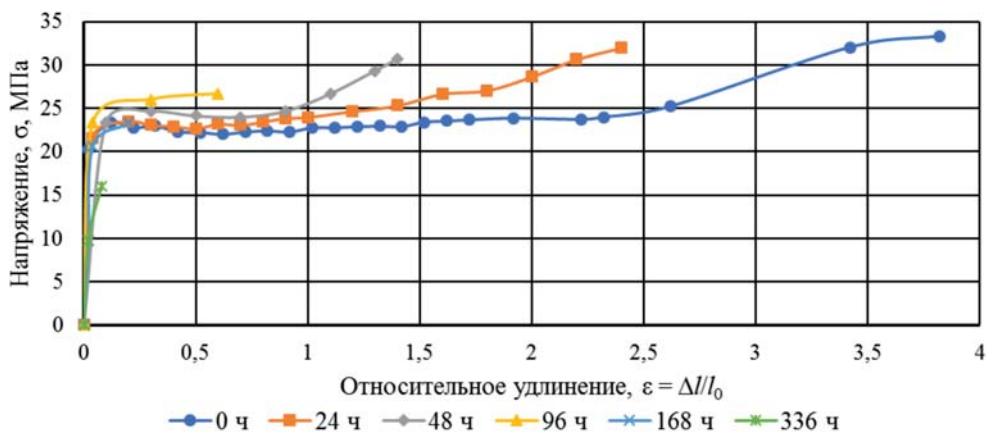


Рис. 6. Зависимости изменения напряжения от относительного удлинения при растяжении обр. №2, подверженного УФ-излучению
 Fig. 6. Stress variation versus tensile elongation mod. No. 2 exposed to UV radiation

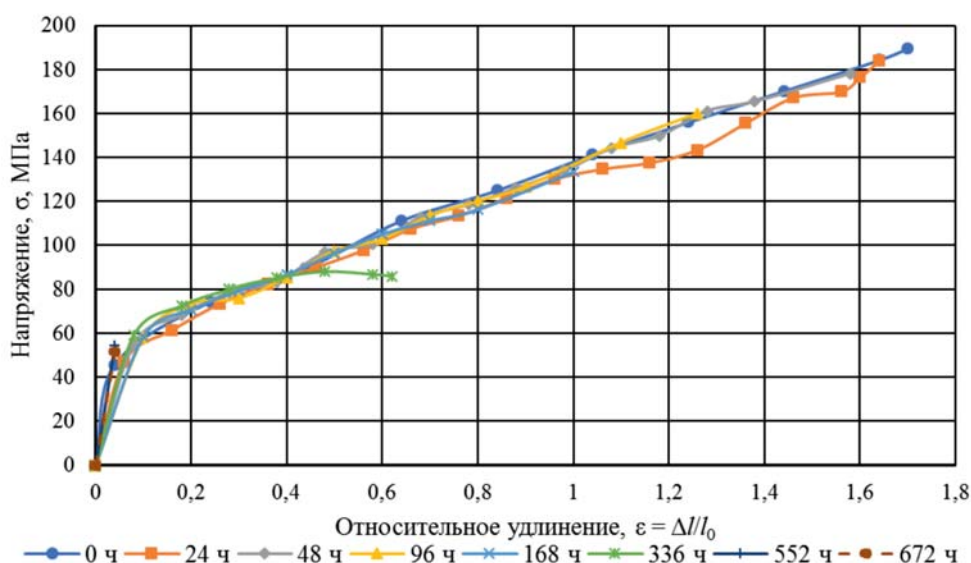


Рис. 7. Зависимости изменения напряжения от относительного удлинения при растяжении обр. №3, подвергнутого УФ-излучению

Fig. 7. Stress variation versus tensile elongation mod. No. 3 exposed to UV radiation

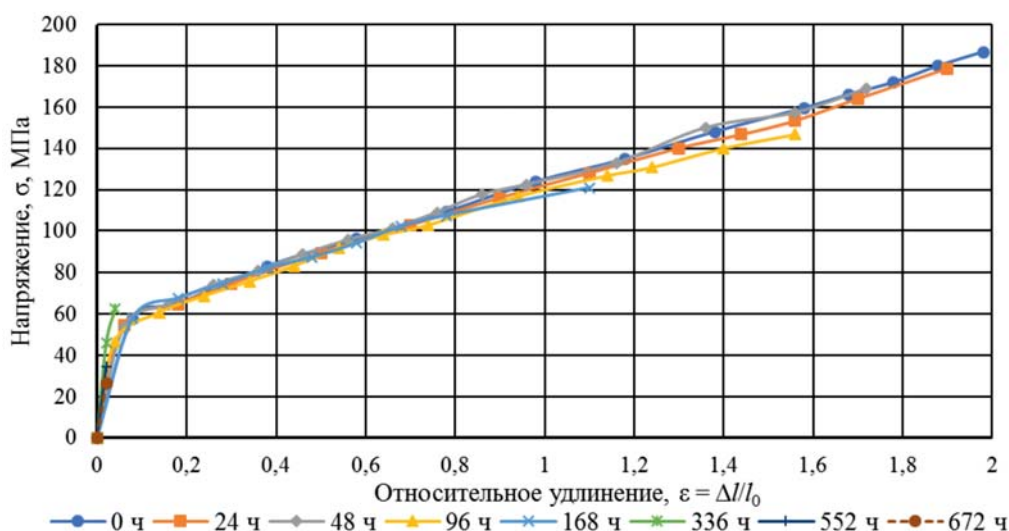


Рис. 8. Зависимости изменения напряжения от относительного удлинения при растяжении обр. №4, подвергнутого УФ-излучению

Fig. 8. Stress variation versus tensile elongation mod. No. 4 exposed to UV radiation

Из рис. 5–12 видно, что на относительное удлинение образцов значительно влияет продолжительность воздействия ультрафиолетового излучения, и с его ростом, относительное удлинение снижается.

На первом участке в пределах упругих деформаций для образцов №1, 2, 11, 12 и 13 (рис. 5, 6, 10, 11, 12 и 13) относительное удлинение составляет $\varepsilon = 0,1$, при достижении напряжения $\sigma \geq 25$ МПа, материал течет и впоследствии разрушается.

Для образцов №3 и 4 (рис. 7 и 8) на первом участке в пределах упругих деформаций относительное удлинение составляет $\varepsilon = 0,05$, при достижении напряжения $\sigma \geq 60$ МПа, материал течет по прямой пропорциональной зависимости и впоследствии разрушается.

Образец №10 (рис. 9) начинает деформироваться уже при достижении напряжения $\sigma \geq 10$ МПа, затем течет и впоследствии разрушается.

На рис. 13 приведена динамика изменения предела прочности при разрыве образцов подверженных УФ-излучению, у которых относительное удлинение отсутствовало.

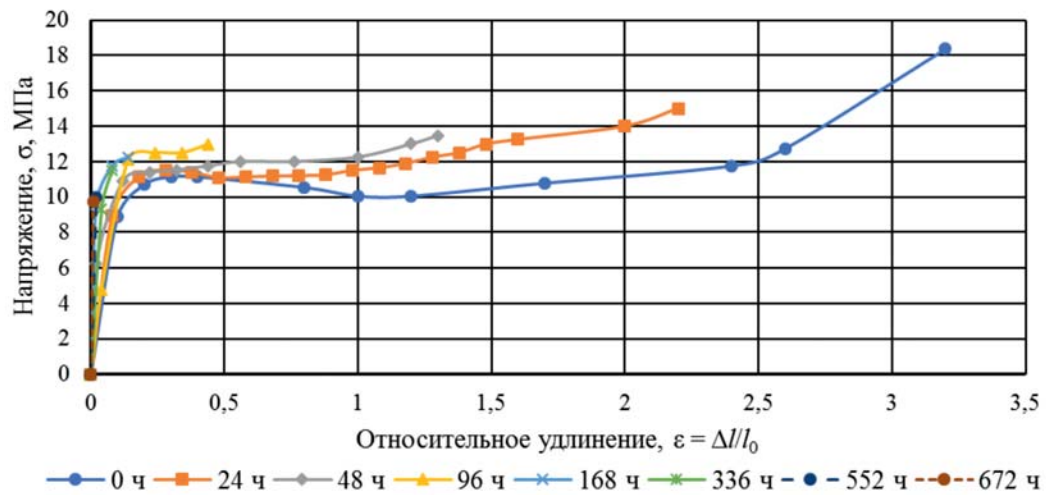


Рис. 9. Зависимости изменения напряжения от относительного удлинения при растяжении обр. №10, подвергнутого УФ-излучению
 Fig. 9. Stress variation versus tensile elongation mod. No. 10 exposed to UV radiation

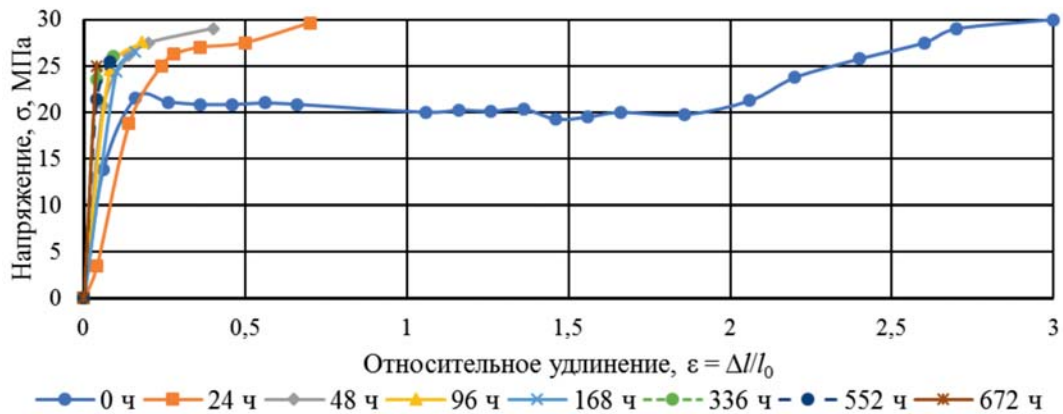


Рис. 10. Зависимости изменения напряжения от относительного удлинения при растяжении обр. №11, подвергнутого УФ-излучению
 Fig. 10. Stress variation versus tensile elongation mod. No. 11 exposed to UV radiation

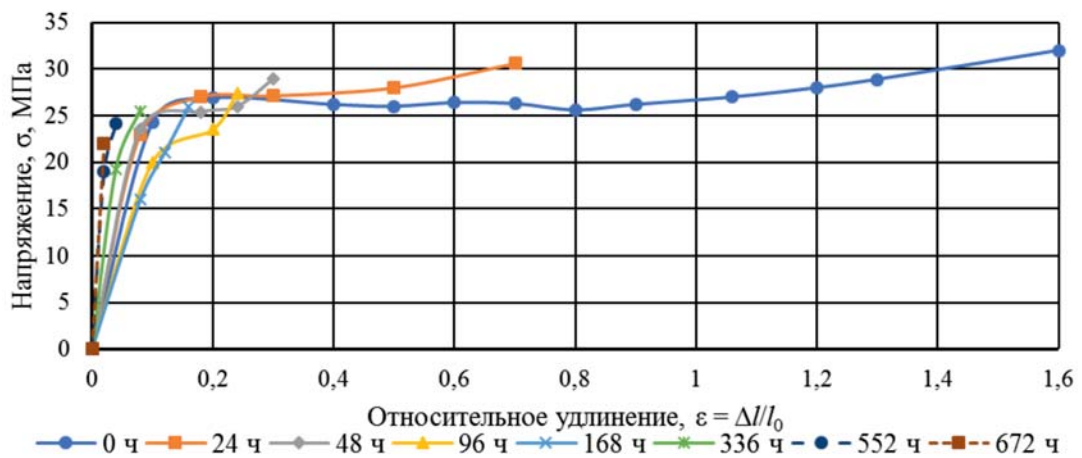


Рис. 11. Зависимости изменения напряжения от относительного удлинения при растяжении обр. №12, подвергнутого УФ-излучению
 Fig. 11. Stress variation versus tensile elongation mod. No. 12 exposed to UV radiation

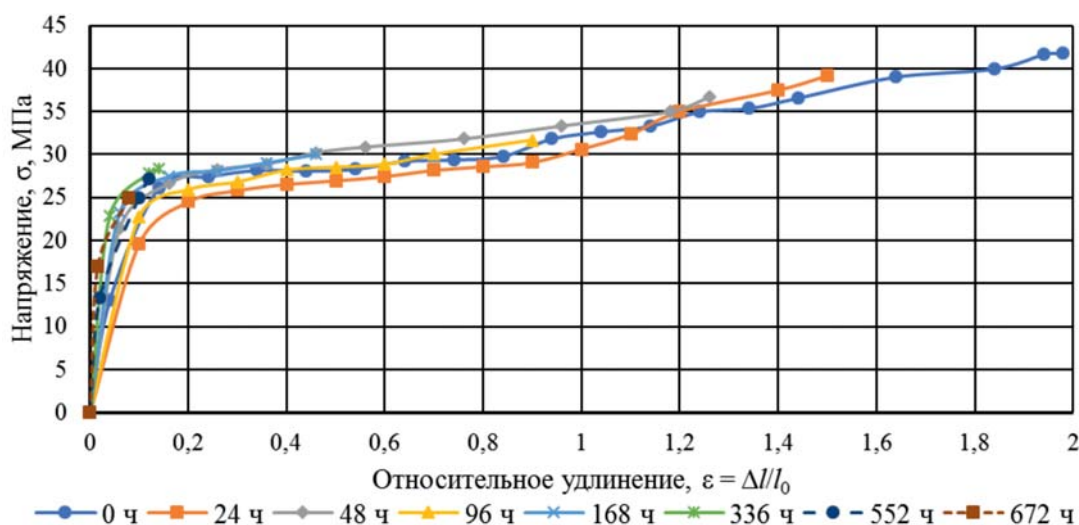


Рис. 12. Зависимости изменения напряжения от относительного удлинения при растяжении обр. №13, подверженного УФ-излучению
 Fig. 12. Stress variation versus tensile elongation mod. No. 13 exposed to UV radiation

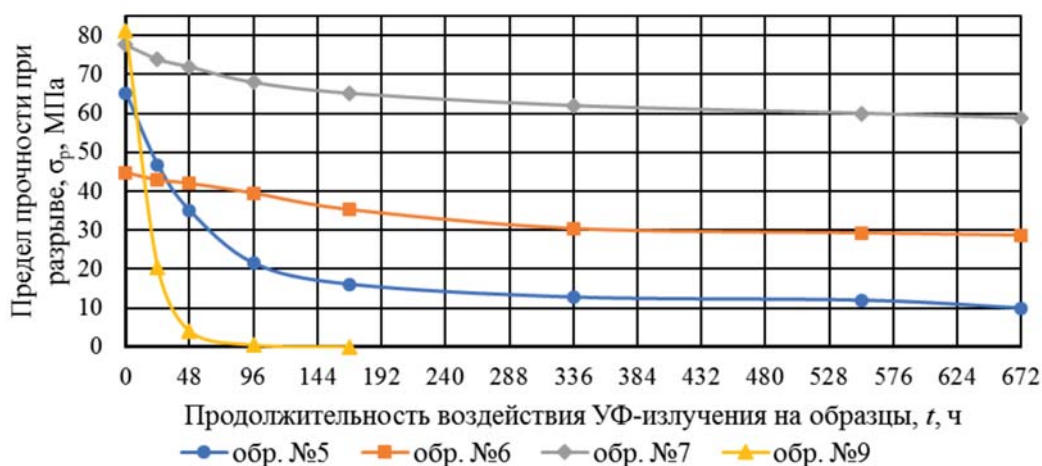


Рис. 13. Динамика изменения предела прочности при разрыве образцов упаковочных материалов, подверженных УФ-излучению
 Fig. 13. Variation in tensile strength during rupture of samples of packaging materials exposed to UV radiation

Из рис. 13 видно, что на протяжении ~ 140 ч воздействия УФ-излучения на образцы, их предел прочности при разрыве снижается по обратной пропорциональной зависимости, в последующем воздействии практически не изменяется.

Подставив известные значения в формулу (3), определили модуль упругости упаковочных материалов, обладающих относительным удлинением (рис. 14).

Модуль упругости показывает критическое напряжение, которое может иметь структура материала при максимальной ее деформации до разрушения. Невысокие значения модуля упругости полимеров способствуют постепенному увеличению необратимых деформаций при постоянной нагрузке.

Следует отметить, что сам по себе модуль упругости полимеров не дает полного представления об их возможностях, поскольку при $\epsilon \rightarrow 0$ величина E может достигать больших значений даже для материалов с незначительной прочностью. Такой эффект наблюдается, например, для хрупких материалов (керамика, чугун, пластмассы при температурах ниже температуры морозостойкости) [14].

Полученные значения модуля упругости при растяжении для большинства испытываемых образцов схожи с табличными значениями [15–18].

Изменение коэффициента сохранения свойств испытуемых образцов от продолжительности воздействия УФ-излучения представлено в виде зависимостей на рис. 15.

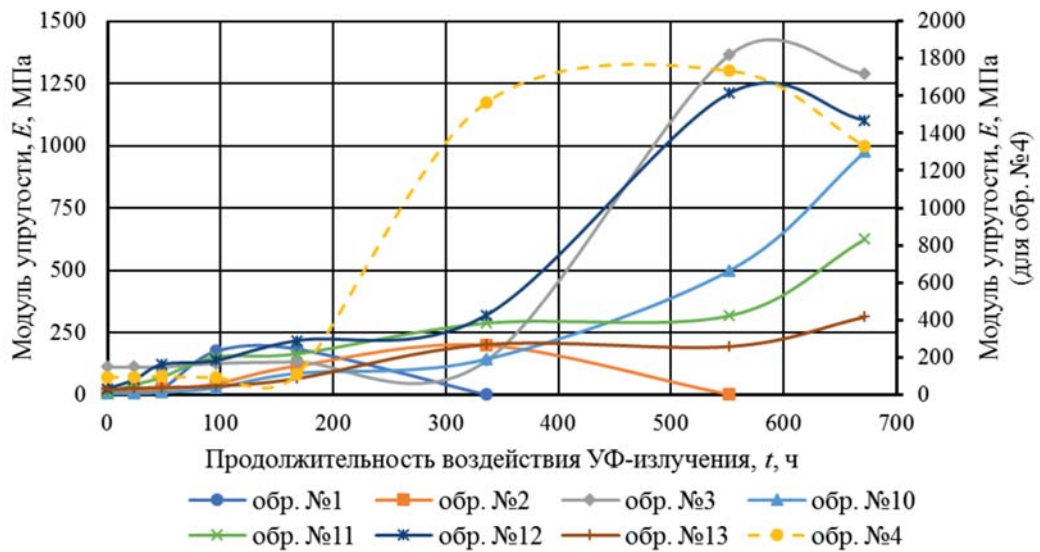


Рис. 14. Изменение модуля упругости испытуемых образцов в зависимости от продолжительности воздействия УФ-излучения
 Fig. 14. Change in the modulus of elasticity of the test samples depending on the duration of exposure to UV radiation

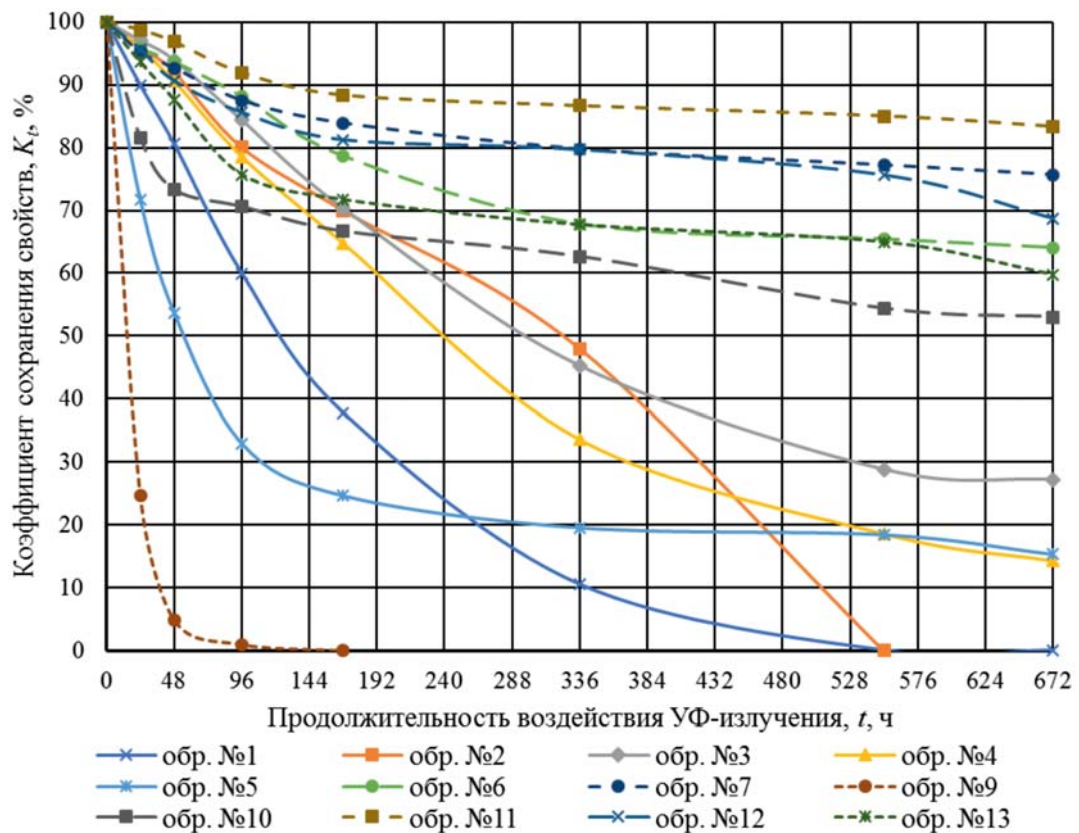


Рис. 15. Изменение коэффициента сохранения свойств в зависимости от продолжительности воздействия УФ-излучения
 Fig. 15. Change in the retention factor depending on the duration of UV radiation

Полученные зависимости (рис. 15) отражают изменения свойств испытуемых образцов под воздействием УФ-излучения. Лучше всего механические свойства сохранились спустя 672 ч УФ-излучения у образца №11 с $K_f = 83,3 \%$, хуже — у обр. №4 с $K_f = 14,3 \%$ и №5 с $K_f = 15,3 \%$. Образцы №1, 2 и 9 полностью потеряли свои свойства ($K_f = 0$) после воздействия УФ-излучения в течение 552 ч, 552 ч и 168 ч соответственно.

Заключение. Полученные результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. На протяжении всего периода испытаний масса и геометрические размеры образцов не изменялись, за исключением опытного образца биоразлагаемой пленки на основе полимолочной кислоты (обр. №9). Его масса после воздействия УФ-излучения в течение 672 ч увеличилась практически на 25 % по сравнению к исходной из-за разрыва макромолекулярной цепи по радикальному механизму. Деструкция цепи приводит к изменению физико-химических характеристик и к ухудшению эксплуатационных свойств.

2. Визуальная оценка состояния поверхности образцов показала, что внешний вид испытуемых образцов изменяется: биаксиально-ориентированная полипропиленовая пленка (обр. №3) спустя сутки приобретает желтоватый оттенок со стороны воздействия УФ-излучения, подпергамент (обр. №7) становится более желтым по сравнению с контрольным образцом, напоминая цвет старых книг. Цвет биоразлагаемых компостируемых пленок на основе полимолочной кислоты (обр. №12 и №13) стал светлее по сравнению с контрольными образцами, а опытный образец биоразлагаемой пленки на основе полимолочной кислоты (обр. №9) на 7 сутки стал очень хрупким и при малейшем механическом воздействии разрушался. Упаковочная пленка из полиэтилена низкого давления (обр. №1) и упаковочная пленка для заморозки из полиэтилена низкого давления (обр. №2) на протяжении 14 сут еще сохраняли свои свойства, но при дальнейшем воздействии УФ-излучения становились хрупкими. Также установлено, что уже на 14 сут внешний вид испытуемых образцов не соответствовал первоначальному виду: образцы сжались, края свернулись. На образцах из целлюлозной пищевой бумаги (обр. №5) и пергаменте (обр. №6) изменений не обнаружено.

3. Получены эмпирические зависимости для описания изменения прочностных и деформационных свойств материалов: изменение прочности в зависимости от продолжительности УФ-облучения испытуемых образцов и зависимость изменения относительного удлинения при разрыве от продолжительности УФ-облучения испытуемых образцов.

4. Определен предел прочности при растяжении, относительное удлинение при разрыве и модуль упругости испытуемых образцов.

5. Получены зависимости изменения коэффициента сохранения свойств образцов от продолжительности воздействия УФ-излучения. Зависимости показывают на сколько изменяются свойства испытуемых образцов с учетом воздействия УФ-излучения. Лучше всего механические свойства сохранились после 672 часов воздействия УФ-излучения в биоразлагаемой компостируемой пленке на основе полимолочной кислоты (обр. №11) с $K_f = 83,3 \%$, хуже — в целлофановой пленке (обр. №4) с $K_f = 14,3 \%$ и целлюлозной пищевой бумаге (обр. №5) с $K_f = 15,3 \%$. Упаковочная пленка из полиэтилена низкого давления (обр. №1), упаковочная пленка для заморозки из полиэтилена низкого давления (обр. №2) и опытный образец биоразлагаемой упаковки на основе полимолочной кислоты (обр. №9) полностью потеряли свои свойства ($K_f = 0$) уже при продолжительности воздействия УФ-излучения, соответственно 552 ч, 552 ч и 168 ч.

Таким образом, по результатам проведенных исследований для продолжительного хранения пищевых продуктов в поле воздействия УФ-излучения рекомендуются следующие упаковочные материалы: пергамент (обр. №6), биоразлагаемая компостируемая пленка на основе полимолочной кислоты (обр. 11), биоразлагаемая компостируемая пленка на основе полимолочной кислоты (обр. 10) и подпергамент (обр. №7).

Список использованных источников

1. Харитонов, В. Д. Влияние ультрафиолета на состав и свойства молока / В. Д. Харитонов, Е. А. Юрова // Молочная промышленность. — 2006. — №7. — С. 32–33.
2. Федотова, О. Б. О старении и сроке годности упаковки / О. Б. Федотова // Молочная промышленность. — 2019. — №6. — С. 12–13.
3. Бутко, М. П. Обеззараживание поверхностей ультрафиолетовым излучением / М. П. Бутко, В. С. Тиганов // Проблемы ветеринарной санитарии и экологии. — 1993. — Ч. 1. — С. 105–114.
4. Матвеева, Е. Н. Тезисы докладов на совещании по старению и стабилизации полимеров / Е. Н. Матвеева, А. А. Козодой, А. Л. Гольдберг. — М.: АН СССР, 1961. — 368 с.

5. *Нейман, М. Б.* Старение и светостабилизация полимеров / М. Б. Нейман. — М. : Наука, 1964. — 332 с.
6. *Кестельман, В. Н.* Физические методы модификации полимерных материалов / В. Н. Кестельман. — М.: Химия, 1980. — 224 с.
7. *Фойгт, И.* Стабилизация синтетических полимеров против действия света и тепла / И. Фойгт ; под ред. Б. М. Коварской. — Пер. с немец. — Л. : Химия, 1972. — 544 с.
8. *Павлов, Н. Н.* Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях / Н. Н. Павлов. — М. : Химия, 1982. — 224 с.
9. *Корзан, С. И.* Разработка лабораторного стенда для изучения сохранности пищевых продуктов в биоразлагаемой упаковке / С. И. Корзан, З. В. Ловкис // Аграрная наука — сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии : сборник докладов XXIII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 1 октября 2020 г. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] ; редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. — Минск, 2020. — С. 377–378.
10. *Карякина, М. И.* Лабораторный практикум по испытанию лакокрасочных материалов и покрытий / М. И. Карякина. — М. : Химия, 1977. — 240 с.
11. *Санжаровский, А. Т.* Физико-механические свойства полимерных и лакокрасочных покрытий / А. Т. Санжаровский. — М. : Химия, 1978. — 184 с.
12. Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение = Пленкі полімерныя. Метад выпрабавання на расцяжэнне : ГОСТ 14236-81. — Введ. РБ 27.02.12. — М. : Госстандарт, 2012. — 12 с.
13. Единая система защиты от коррозии и старения. Пластмассы. Методы испытаний на старение при воздействии естественных и искусственных климатических факторов : ГОСТ 9.708-83. — Взамен ГОСТ 17170-71, ГОСТ 17171-71 ; введ. 17.12.92. — М. : Издательство стандартов, 1992. — 12 с.
14. Производство изделий из полимерных материалов : учеб. пособие / В. К. Крыжановский [и др.]. — СПб. : Профессия, 2004. — 464 с.
15. *Ван Кревелен, Д. В.* Свойства и химическое строение полимеров / Д. В. Ван Кревелен ; под ред. А. Я. Малкина. — Пер. с англ. — М. : Химия, 1976. — 416 с.
16. *Гуль, В. Е.* Пленочные полимерные материалы для упаковки пищевых продуктов / В. Е. Гуль, О. Н. Беляцкая. — М. : Пищевая промышленность, 1968. — 280 с.
17. *Соломенко, М. Г.* Тара из полимерных материалов : справ. издание / М. Г. Соломенко, В. Л. Шредер, В. Н. Кривошей . — М. : Химия, 1990. — 400 с.
18. *Лушейкин, Г. А.* Расчет свойств полимеров по химическому строению и составу. Часть 1 / Г. А. Лушейкин, С. А. Тюрина // Пластические массы. — 2021. — № 3-4. — С. 27–31.

Информация об авторах

Ловкис Зенон Валентинович, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, академик Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: Lovkis.zv@mail.ru

Корзан Сергей Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: seroga.korzanmc@mail.ru

Information about authors

Lovkis Zenon Valentinovich, Honored Science Worker of the Republic of Belarus, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Engineering sciences, Professor, Chief Researcher 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: Lovkis.zv@mail.ru

Korzan Sergey Ivanovich, PhD (Engineering), Senior Researcher of the Department of New Technologies and 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: seroga.korzanmc@mail.ru

УДК 664.871.335.9

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4\(58\)-75-79](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4(58)-75-79)

Поступила в редакцию 04.08.2022

Received 04.08.2022

Е. В. Рощина¹, О. Г. Котоменкова², Т. В. Васюта³

¹ Учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», г. Гомель, Республика Беларусь

² Высшая школа сервиса и торговли Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ Учреждение образования «Молодечненский торгово-экономический колледж» Белкоопсоюза, г. Молодечно, Республика Беларусь

ИДЕНТИФИКАЦИЯ КЕТЧУПОВ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Аннотация. В статье рассматриваются теоретические и практические подходы к проведению идентификации томатных кетчупов. В частности, рассмотрены критерии идентификации, методы их определения. Представлены результаты ассортиментной, информационной и квалиметрической идентификации томатных кетчупов разных изготовителей.

Ключевые слова: кетчуп, идентификация, показатели качества, критерии.

E.V. Roshchyna¹, O. G. Kotomenkova², T.V. Vasyuta³

¹ Educational Institution “Belarusian Trade and Economic University of Consumer Cooperation”, Gomel, Republic of Belarus

² Higher School of Service and Trade of Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University,

St. Petersburg, Russian Federation ³ Educational Institution “Molodechno Trade and Economic College” Belkoopsoyuz, Molodechno, Republic of Belarus

IDENTIFICATION OF KETCHUP: THEORY AND PRACTICE

Abstract. The article discusses theoretical and practical approaches to the identification of tomato ketchups. In particular, the identification criteria and methods of their determination are considered. The results of assortment, information and qualimetric identification of tomato ketchups from different manufacturers are presented.

Key words: ketchup, identification, quality indicators, criteria.

Введение. Одной из наиболее актуальных проблем идентификации следует считать выявление ограниченного перечня существенных признаков, обеспечивающих подтверждение тождественности продукции с достаточной степенью достоверности.

Цель идентификации — установить тождественность объекта (товара) его основополагающим характеристикам.

Идентификации присущи разнообразные функции [1]: указующая, информационная, подтверждающая.

Кетчуп изготавливается промышленным путем в больших объемах во всех странах. Это продукт, изготавливаемый из свежих томатов или концентрированных томатных продуктов с добавлением вкусовых веществ, с добавлением или без добавления фруктовых и овощных пюре, грибов, овощей, орехов, сухофруктов, воды, растительного масла, пищевых кислот, загустителей, стабилизаторов, консервантов, с массовой долей растворимых сухих веществ не менее 14% [2].

Статистические данные свидетельствуют, что в Республику Беларусь больше импортируется кетчупов томатных и прочих томатных соусов, нежели экспортируется [3].

Композиция кетчупа проста: томатное пюре, уксус и пряности. Вкус также довольно простой — ярко выраженный томатный со сладковатым или острым привкусом и ароматом пряностей, умеренно соленый. Отличие кетчупа, производимого в разных странах, связано, прежде всего, с вкусоароматическими нюансами, связанными с национальными предпочтениями. Вместе с тем, разница во вкусе кетчупа может быть обусловлена разными требованиями к качеству и рецептурой.

Таким образом, определение критериев для проведения идентификации кетчупов, позволяющих установить принадлежность данного товара к определенной партии, классификационной группировке, категории качества является актуальной задачей.

Материалы и методы исследований. При проведении групповой идентификации, как подвида ассортиментной идентификации кетчупов следует в качестве идентифицирующих критериев выбирать такой формирующий фактор, как сырье, а также показатели химического состава.

Основа кетчупа – томаты, богаты витаминами Р, РР, К, всеми витаминами группы В и аскорбиновой кислотой, которой в них почти в столько же, сколько в цитрусовых. Соли калия, магния, кальция, фосфора и железа, не менее важные для организма человека, также содержатся в томатах и не разрушаются при первичной тепловой обработке.

Натуральный кетчуп, приготовленный по всем правилам, и содержащий необходимое количество красных томатов имеет в своем составе такое вещество как пигмент ликопин, придающим этим овощам красный цвет. Этот пигмент обладает явным противоопухолевым действием, а, кроме того, снижает риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний. Интересен тот факт, что при нагревании количество ликопина в томатах не снижается, как это обычно происходит с различными витаминами, а увеличивается.

В натуральном томатном кетчупе содержится большое количество каротиноидов, но преобладают β-каротин и ликопин. Таким образом, количественное содержание каротиноидов и, в частности, ликопина, свидетельствует о натуральности кетчупа и может быть использовано при проведении идентификации сырьевого состава.

При определении содержания каротиноидов следует использовать стандартные методики в соответствии с ГОСТ Р 54058-2010 «Продукты пищевые функциональные. Метод определения каротиноидов» [4]. Определение может проводиться спектрофотометрическим методом [5].

Видовую идентификацию кетчупов целесообразно проводить в соответствии с требованиями, изложенными в нормативных документах, в частности в стандартах. Однако, изначально следует определить страну происхождения томатного кетчупа, так как существует ряд различий в стандартах на кетчупы разных стран (отличия в терминологии, ингредиентном составе, классификации, регламентировании показателей качества) [6].

На первом этапе проводится органолептическая оценка образцов: определяются цвет, запах и вкус, консистенция и внешний вид.

Как показали исследования, приводимая в стандарте [2] характеристика органолептических показателей не дает возможности получить объективные результаты органолептического анализа. С целью совершенствования описательных методов оценки органолептических показателей качества кетчупов и возможности количественного выражения их значений разработана пятибалльная шкала для оценки качества кетчупов [6].

Несмотря на высокую информативность результатов органолептических методов, для целей идентификации в современной практике идентификационного анализа все большее распространение получают измерительные методы определения органолептических показателей, что обусловлено необходимостью устранения недостатков первой группы методов. Сохраняя большинство преимуществ органолептических методов идентификации, они позволяют получать объективные, сопоставимые и воспроизводимые результаты идентификации. При этом обе группы методов чаще всего дополняют друг друга и используются в комплексе.

Широкое применение для оценки вкуса и запаха пищевых продуктов получили портативные установки «электронный язык» и «электронный нос» («e-nose»), которые по принципу действия являются биосенсорами, успешно применяемыми при определении содержания углеводов, органических кислот, витаминов, контроле стерильности, определении патогенов и решении других задач. В отличие от соответствующих органов чувств человека с их помощью можно определять количественные и качественные значения вкуса и запаха [7https://studref.com/388862/tovarovedenie/metody_identifikatsii_obnaruzheniya_falsifikatsii_prodovolstvennyh_tovarov].

Цвет лежит в основе ассортиментной и квалитетической идентификации многих продуктов, в том числе и кетчупов. Цвет — специфичная и индивидуальная характеристика, обладающая высокой информативностью при установлении подлинности продукции. Способность предметов отражать или пропускать те или иные световые лучи характеризуется с помощью спектров отражения или пропускания. Для измерения спектров используют методы оптической спектроскопии: спектрофотометрии или спектроколориметрии. На основе спектров отражения или пропускания можно рассчитать координаты цвета, а также такие цветовые характеристики, как цветовой тон, чистота, яркость или светлота, насыщенность, которые количественно характеризуют цвет данного предмета. Большое применение для целей идентификации находят оптические методы: микроскопия, рефрактометрия, поляриметрия, нефелометрия и др. К другим физическим методам идентификации можно отнести денсиметрию (измерение плотности), вискозиметрию (измерение вязкости) и др. [8].

Измерительные методы определения консистенции. На формирование консистенции (структуры) продукта оказывают влияние большое число факторов: химический состав и физико-химические свойства основного и вспомогательного сырья, технология, условия хранения и др. Поэтому консистенцию можно рассматривать как показатель, комплексно характеризующий качество, индивидуальный и специфичный для каждого продукта.

Для кетчупов структурно-механические свойства имеют особое значение при решении вопроса идентификации, так как существенно изменяются при изменении состава. Для исследования консистенции пищевых продуктов, в том числе кетчупов, применяют следующее аналитическое оборудование: спредметры, консистометры Боствика, реометры Брукфильда, прибор Вейлера — Ребиндера и др.

Изменение состава пищевых продуктов при квалитетической или количественной фальсификациях отражается на величине этих характеристик, поэтому указанные методы часто используют при идентификации продукции. К наиболее распространенным в настоящее время физико-химическим методам идентификации относят различные виды хроматографии.

Хроматографические методы — это совокупность методов разделения и анализа многокомпонентных смесей, основанных на использовании явления сорбции в динамических условиях.

Описанный комплекс измерительных методов определения органолептических показателей составляет хорошую альтернативу субъективным органолептическим методам, так как позволяет получить точную количественную информацию об исследуемых свойствах продукции.

Практические подходы идентификации нами были применены при проведении информационной, ассортиментной, квалитетической идентификации томатных кетчупов разных производителей.


Результаты исследований и их обсуждение. При проведении информационной идентификации четырех образцов томатных кетчупов, проанализирована информация, содержащаяся на упаковке и в сертификате соответствия, а также в товаротранспортной накладной.

В результате сделаны следующие выводы:

- ♦ сертификаты соответствия, сопровождающие партии, подтверждают, что кетчупы соответствуют требованиям СТБ 1000 [2], СанНПин [9]; ГН10-117-99 [10].
- ♦ информация в товаросопроводительной накладной совпадает с информацией на упаковке и с информацией, содержащейся в сертификате соответствия;
- ♦ на маркировке упаковки при нанесении даты изготовления указывается и номер смены, что позволяет достовернее отождествить партийную принадлежность.

Таким образом, информация, указанная в сопроводительных документах, идентична информации на упаковке исследуемых кетчупов, что свидетельствует о прослеживаемости информации и принадлежности конкретного кетчупа к соответствующей товарной партии.

Информационная идентификация также проведена путем сравнения информации, содержащейся на упаковке требованиям СТБ 1100 [11]. Результаты показали, что содержание информации на упаковках кетчупов «Императорский», «АВС», «Чумак», «Золотая капля» соответствует требованиям СТБ 1100. Кроме информации, предусмотренной стандартом, содержится и дополнительная информация: Так же указаны телефоны отдела продаж и адрес официального сайта предприятия.

На основании выше изложенного можно сделать вывод, что маркировка всех рассматриваемых образцов кетчупов идентична требованиям к содержанию маркировки, изложенным в СТБ 1100. Кроме обязательной информации на упаковках имеется и дополнительная. Так, на всех упаковках, кроме кетчупа «Золотая капля» нанесен знак «Не содержит ГМО». На упаковке с кетчупом «Императорский» манипуляционный знак , дополнительно помещен рецепт от Бон Аппетито по приготовлению свиных ребрышек «По-императорски» с использованием кетчупа «Императорский». Кроме, этого на упаковке содержится надпись «Спасибо, что выбрали нас! Мы уверены, что Вы по достоинству оцените наш кетчуп! Он приготовлен по особому рецепту с использованием только качественных ингредиентов. Уникальное оборудование и современная технология гарантируют качество и неповторимый вкус!».

На всех упаковках имеются телефоны производителей, а также электронные адреса официальных сайтов.

В рамках информационной идентификации проведена оценка массы нетто. В соответствии с СТБ 8019 Товары фасованные. Общие требования [12] к количеству товара предел допускаемых отрицательных отклонений содержимого упаковочной единицы от номинального количества не должен превышать 9 г. Масса содержимого потребительской упаковки исследуемых образцов идентична требованиям ТНПА.

Результаты проведенной ассортиментной идентификации с целью установления тождественности кетчупам по их наиболее существенным признакам, ассортиментным характеристикам показали следующие результаты:

- ♦ кетчуп «Чумак шашлычный (категория «экстра», производитель - АО «Чумак», Украина) по внешнему виду представлял собой однородную протертую массу из концентрированных томатопродуктов с мелкими частицами зелени, пряностей; вкус и запах кисло-сладкий, умеренно соленый, слегка островатый; консистенция однородная, мажущаяся; цвет — красно-коричневый;
- ♦ кетчуп «Золотая капля шашлычный (категория «высшая», производитель - ОАО «Минский маргариновый завод») имел идентичные предыдущему образцу органолептические показатели, кроме консистенции, которая оказалась жидковатой;
- ♦ кетчуп «АВС» (категория «высшая», производитель - СООО «Фирма АВС Плюс» г. Гродно) по внешнему виду представлял собой однородную протертую массу из концентрированных томатопродуктов с мелкими частицами зелени, пряностей; вкус и запах кисло-сладкий, умеренно соленый, слегка островатый; консистенция однородная, жидковатая; цвет — красно-коричневый;
- ♦ кетчуп «Императорский» (категория «высшая», производитель — ЧУП «Молодечненский пищевой комбинат») по внешнему виду представлял собой однородную протертую массу из концентрированных томатопродуктов с мелкими частицами зелени, пряностей; вкус и запах кисло-сладкий, умеренно соленый, слегка островатый; консистенция однородная, жидковатая; цвет — красно-коричневый.

Состояние органолептических показателей указывает на то, что исследуемые образцы относятся к кетчупам. Данное заключение основано на описании в СТБ 1000 [2] внешнего вида, консистенции исследуемых образцов приемлемых для кетчупов. Кроме того, результаты ассортиментной идентификации позволили подтвердить соответствие образцов своему наименованию. Определяющими показателями при этом явились вкус и запах.

В процессе квалитетической идентификации установлено, что все исследованные образцы по органолептическим показателям идентичны требованиям, изложенным в СТБ 1000.

Идентифицирующими критериями с учетом физико-химических показателей выступали: массовая доля сухих веществ, массовая доля титруемых кислот, массовая доля хлоридов. Причем, содержание растворимых сухих веществ в кетчупе является одним из критериев видовой идентификации, т.к. от данного показателя зависит категория кетчупа.

При проведении квалитетической идентификации по физико-химическим показателям (табл.1) установлена тождественность категорий исследуемых образцов.

Таблица 1. Результаты квалитетической идентификации образцов кетчупов по физико-химическим показателям

Table 1. Results of qualimetric identification of ketchup samples by physical and chemical parameters

Показатель	Требования по ТНПА	Образцы кетчупов			
		«Императорский»	«Золотая капля»	«АВС»	«Чумак»
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	категория «Экстра» — 25,0 высшая категория — 23,0	23,6	24,0	23,0	26,0
Массовая доля титруемых кислот, %	0,2-2,5	0,95	1,17	1,6	1,3
Массовая доля хлоридов, %	0,5-3,0	1,8	2,4	2,5	2,95

Кетчупы «Императорский», «Золотая капля», «АВС» соответствуют по содержанию сухих веществ высшей категории, а кетчуп «Чумак» — категории «экстра». Определяющим показателем при этом явилось содержание сухих веществ.

Проведенная идентификация образцов кетчупов позволяет сделать вывод о тождественности их по групповой принадлежности и требованиям ТНПА.

Список использованных источников

1. Николаева, М. А. Идентификация, обнаружение фальсификации продовольственных товаров — М.: Форум, 2009. — 464 с.
2. Соусы и кетчупы. Общие технические условия : СТБ 1000-96. — Введ. 01.07.97 (с отменой на территории РБ ГОСТ 17471-93 (в части соусов «Аппетитный» и «Грузинский»), ГОСТ 28322-89 (в части термина «консервированный соус»). — Минск : Госстандарт, 2008. — 12 с.

3. *Рощина, Е. В.* Состояние производства и потребления томатосодержащих консервов в Республике Беларусь / Е. В. Рощина, Т. В. Васюта, В. В. Волк–Хусензода // Потребительская кооперация. 2019. №3. С. 71–77.
4. Продукты пищевые функциональные. Метод определения каротиноидов. ГОСТ Р 54058-2010 - М. 2011. 11 с.
5. Продукты переработки плодов и овощей. Методы испытаний. Технические условия: ГОСТ 25555.0–82. — Введ. 1983–01–01.— М.: Стандартинформ, 2010. — 3 с.
6. *Курегян А. Г.* Спектрофотометрия в анализе каротиноидов [Электронный ресурс] / А. Г. Курегян // Фундаментальные исследования. — 2015. — №2 (ч. 23) — с. 5166–5172. // URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38175>.
7. *Рощина, Е.В., Васюта, Т.В.* Сравнительная оценка требований к качеству кетчупов в Беларуси, СНГ, ЕС и США /Е.В. Рощина, Т.В. Васюта//Стандартизация. 2020. №3. С. 57-63
8. *Положение о порядке проведения экспертизы товаров (результатов выполнения работ, оказанных услуг), достоверности информации о товарах (работах, услугах): постановление Совета Министров Республики Беларусь от 14.01.2009 г. №26 // Консультант Плюс: Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр». — Минск, 2016.*
9. *Коршунова, В.В.* Идентификация и фальсификация продовольственных товаров: метод. указания / сост. В.В. Коршунова; Новосиб. гос. аграр. ун-т. Биолого-технолог. фак. — Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2014. 52 с.
10. Санитарные нормы и правила «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам» : утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 21.06.2013 г. — Минск, 2013. 167 с.
11. Постановление Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 26.04.1999 №16 «О введении Республиканских допустимых уровней содержания радионуклидов в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99)». Гигиенические нормативы 10-117-99 «Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99)» // Постановление Главного государственного санитарного врача от 16 апреля 2001 г. №26 (зарегистрировано в Национальном реестре №8/5786 от 02.05.2001г.).
12. Пищевые продукты. Информация для потребителя. Общие требования : СТБ 1100-2016. — Взамен СТБ 1100-2007 ; введ. РБ 01.10.07. — Минск : Госстандарт, 2016. — 26 с.
13. Товары фасованные. Общие требования к количеству товара /Товары фасаваныя. Агульныя патрабаванні да колькасці тавару : ГОСТ 8019-2002. — Введ. 01.07.03. — Минск : Госстандарт, 2002. — 16 с.

Информация об авторах

Рощина Елена Васильевна, кандидат технических наук, доцент заведующая кафедрой товароведения, учреждения образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации» (Проспект Октября, 50, 246029, г. Гомель, Республика Беларусь).

E-mail: ewas2005@rambler.ru

Котоменкова Ольга Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент Высшей школы сервиса и торговли Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (ул. Новороссийская, 50, 194021, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация).

E-mail: kot-og@yandex.ru

Васюта Татьяна Валерьевна, руководитель практики УО «Молодечненский торгово-экономический колледж» Белкоопсоюза (Площадь Центральная, 1, 222310, г. Молодечно, Республика Беларусь).

E-mail: tow2010@mail.ru

Information about authors

Roshchyna Alena Vasilevna, PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Commodity Science, Educational Institution “Belarusian Trade and Economic University of Consumer Cooperation” (50, Prospect October, Homel 246029, Republic of Belarus).

E-mail: ewas2005@rambler.ru

Kotomenkova Olga Gennadievna, PhD (Engineering), Associate Professor of the Higher School of Service and Trade Institute of Industrial Management, Economics and Trade of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (Polytechnicheskaya str., 29, 195251, St. Petersburg, Russian Federation). E-mail: kot-og@yandex.ru

Vasyuta Tatiana Valerievna, Head of practice, educational institution “Molodechno College of Trade and Economics” Belcoopsyuz (Tsentralnaya Square, 1, 222310, Molodechno, Republic of Belarus).

E-mail: tow2010@mail.ru

УДК 553.554.6
https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4(58)-80-87

Поступила в редакцию 12.09.2022
Received 12.09.2022

Т. М. Шачек¹, У. С. Горбацевич², Н. В. Комарова³, Е. С. Красовская³

¹*Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

²*РУП «Институт мясо-молочной промышленности», г. Минск, Республика Беларусь*

³*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» г. Минск, Республика Беларусь*

ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НИТРАТОВ: ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ МОДИФИКАЦИИ И ВНЕДРЕНИЯ В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ

Аннотация. В статье представлены результаты внутрилабораторного верификационного эксперимента, выполненного в аккредитованной лаборатории с целью оценки возможности внедрения модифицированной стандартной методики определения нитратов согласно ГОСТ 34570–2019. Проведен сравнительный анализ действующей (ГОСТ 29270–95) и модифицированной (ГОСТ 34570–2019) методик измерения массовой доли нитратов, основанных на прямой потенциометрии. При планировании внутрилабораторного эксперимента осуществлен выбор рабочих образцов с учетом области применения методики (фрукты, овощи и продукты их переработки с уровнем содержания нитратов в диапазоне — 60–1400 мг/кг), разработана блок-схема измерения и определены изменяющиеся факторы для выполнения условий повторяемости и промежуточной прецизионности.

Представленные в статье результаты исследований включают промежуточные экспериментальные данные, необходимые для расчетов, и итоговые характеристики контроля точности результатов измерений внутрилабораторного эксперимента по верификации, полученные с учетом требований действующих технических нормативных правовых актов в области оценки точности результатов измерений.

Ключевые слова: нитраты, прямая потенциометрия, модифицированная стандартная методика, верификация, внутрилабораторный эксперимент, планирование, результаты контроля точности.

T. M. Shachek¹, U. S. Harbatsevich², N. V. Komarova³, E. S. Krasovskaya³

¹*Educational institution “Belarusian State Technological University”, Minsk, Republic of Belarus*

²*Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

³*RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus*

POTENTIOMETRIC METHOD FOR THE DETERMINATION OF NITRATES: MAIN ASPECTS OF MODIFICATION AND IMPLEMENTATION IN TESTING LABORATORIES

Abstract. The article presents the results of an intralaboratory verification experiment performed in an accredited laboratory in order to assess the possibility of introducing a modified standard method for the determination of nitrates according to GOST 34570–2019. A comparative analysis of the current (GOST 29270–95) and modified (GOST 34570–2019) methods for measuring the mass fraction of nitrates based on direct potentiometry was carried out. While planning an intralaboratory experiment, the selection of working samples was carried out taking into account the scope of the methodology (fruits, vegetables and products of their processing with a nitrate content in the range of 60–1400 mg/kg), a measurement flowchart was developed and changing factors are determined to fulfill the conditions of repeatability and intermediate accuracy.

The results of the research which are presented in the article include intermediate experimental data that are necessary for calculations and the final characteristics of monitoring the accuracy of

measurement results of an intralaboratory experiment for verification, obtained taking into account the requirements of the current technical regulatory legal acts in the field of assessing the accuracy of measurement results.

Key words: nitrates, direct potentiometry, modified standard method, verification, intralaboratory experiment, planning, accuracy control results.

Введение. Содержание нитратов — показатель безопасности, нормируемый для воды, некоторых видов сырья и продуктов его переработки. Существует понятие предельно допустимой концентрации (ПДК) нитратов, попадание которой в организм человека несет минимальный риск для здоровья. По рекомендациям ВОЗ, безопасная суточная доза для взрослого составляет до 3,7 мг на 1 кг массы тела [1].

Основопологающим документом, регламентирующим допустимые уровни содержания нитратов в Республике Беларусь, является ТР ТС 021 «О безопасности пищевой продукции» [2]. Для количественного определения уровня данного показателя в различных объектах применяются стандартные методики, основанные на применении фотометрии:

- ♦ ГОСТ EN 12014-3 «Продукты пищевые. Определение содержания нитрата и/или нитрита. Часть 3. Спектрофотометрический метод определения содержания нитрата и нитрита в мясных продуктах с применением ферментативного восстановления нитрата до нитрита» [3];
- ♦ ГОСТ 33045 «Вода. Методы определения азотсодержащих веществ» (разделы 8–9) [4];
- ♦ ГОСТ 29270 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов» (раздел 4) [5].

Однако для контроля содержания нитратов в продуктах переработки фруктов и овощей наиболее распространенным является потенциометрический (ионометрический) метод, основанный на измерении потенциала, возникающего на мембране ионоселективного электрода при погружении последнего в раствор — водный экстракт анализируемой пробы. Метод привлекает простотой, экспрессностью, возможностью вести определение в мутных и окрашенных средах. Он достаточно хорошо изучен, экспериментально отработан и обеспечен недорогой аппаратурой. Чувствительность и избирательность метода зависят от свойств нитратселективного электрода, а именно обусловлены свойствами его мембраны [6, 7].

До настоящего момента основным стандартом, содержащим требования к потенциометрической методике определения нитратов в продуктах переработки плодов и овощей, являлся ГОСТ 29270 «Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения нитратов» (раздел 5), введенный в действие в 1997 г. [5] Однако с декабря 2022 года на территории Республики Беларусь планируется введение в действие нового стандарта — ГОСТ 34570 «Фрукты, овощи и продукты их переработки. Потенциометрический метод определения нитратов» [8], устанавливающего методику количественного определения нитратов во фруктах, овощах и продуктах их переработки.

Проведя сравнительный анализ двух стандартных методик, установили их основные общие и отличительные аспекты (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика стандартных методик определения нитратов на основе прямой потенциометрии
Table 1. Characteristic of standard methods for the determination of nitrates based on potentiometry

Наименование раздела стандарта	ГОСТ 29270 (раздел 5) [5]	ГОСТ 34570 [8]
Область применения	Продукты переработки плодов и овощей	Свежие фрукты, овощи и продукты их переработки
	Применяется для продуктов: – не содержащих хлориды; – с содержанием хлоридов не превышающем уровень нитратов более чем в 50 раз ¹	Не распространяется на овощи семейства крестоцветных, соленые и квашеные овощи, соленые и моченые фрукты
	Метод является экспрессным	Диапазон измерений (без учета разбавления пробы) от 30 до 5000 мг/кг вкл.
Сущность метода	Метод основан на извлечении нитратов из пробы экстрагирующим раствором алюмокалиевых квасцов с последующим измерением концентрации аналита с помощью ионоселективного нитратного электрода	

Окончание табл. 1

Наименование раздела стандарта	ГОСТ 29270 (раздел 5) [5]	ГОСТ 34570 [8]
Подготовка к испытанию	Описаны операции по приготовлению растворов сравнения (градуировочных растворов), подготовке прибора и электродов к работе	
	Приготовление экстрагирующего раствора для продуктов, содержащих овощи семейства крестоцветных	Приготовление экстрагирующего раствора алюмокалиевых квасцов и насыщенного раствора хлорида калия для заполнения электрода сравнения
Подготовка проб	Пробу продукта массой $(10,00 \pm 0,01)$ г взвешивают в стакане вместимостью 100 см^3 , приливают мерным цилиндром 50 см^3 экстрагирующего раствора и гомогенизируют	
	Для соков: 1 г алюмокалиевых квасцов на 100 г продукта добавляется непосредственно в пробу. Для сушеных фруктов и овощей: к $10,0 \text{ г}$ приливают $100,0 \text{ см}^3$ раствора алюмокалиевых квасцов, нагревают на водяной бане до размягчения продуктов, охлаждают и встряхивают на аппарате в течение 5 мин	-
Проведение измерений	Операции по градуировке прибора и построению градуировочной кривой	
	В испытуемой пробе измеряют потенциал электродной пары E , мВ	Измеряют потенциал электродной пары в испытуемой пробе без добавки (E_0 , мВ) и с добавками ($E_0 + D_1$ и $E_0 + D_2$, мВ)
Обработка результатов	Используя градуировочный график по измеренному значению E , мВ определяют rC_x . Содержание нитратов, мг/кг, находят по значению rC_x в соответствии с таблицами (для продуктов с разным содержанием сухих веществ, %) в приложении к данному стандарту	Концентрацию нитратов в пробе рассчитывают путем экстраполяции градуировочной кривой к потенциалу исходного образца методом двойных добавок с градуировкой (или методом Грана). Расчет ведут по формуле (п. 10.1 стандарта) с использованием результатов экспериментального определения массовой доли влаги в пробе по ГОСТ 33977 [9]
Контроль точности результатов измерений	Раздел отсутствует	Указаны метрологические характеристики метода (пределы повторяемости и воспроизводимости, границы относительной погрешности — в %), приведен алгоритм проверки приемлемости результатов измерений
	Допустимое расхождение (%) между результатами двух параллельных определений ²	

Примечания — 1) Информация указана в разделе «Сущность метода»; 2) Информация указана в разделе «Обработка результатов».

Таким образом, данные, представленные в табл. 1, свидетельствуют о существенной модификации новой стандартной методики. Среди преимуществ ГОСТ 34570 [8] можно выделить:

- ♦ расширение области применения методики за счет введения новых матриц — свежие фрукты и овощи, с уточнением диапазона измерений;
- ♦ применение более точного метода определения концентрации — метод добавок, а также обязательное использование экспериментальных данных по содержанию влаги образцов в окончательных расчетах массовой доли нитратов;
- ♦ наличие критериев и алгоритма оценки точности полученных результатов.

Для проведения испытаний по новой методике, лаборатория должна предварительно подтвердить возможность ее использования — предоставить объективные свидетельства выполнения установленных метрологических характеристик, т.е. провести верификацию, что и было целью данной работы.

Результаты исследований и их обсуждение. Выбор объектов исследования — образцы свежих овощей, фруктов, а также продукты их переработки с различным уровнем содержания нитратов — 60 до 1400 мг/кг (табл. 2), осуществляли исходя из рабочего диапазона методики и области ее применения [8].

Таблица 2. Характеристика объектов исследования

Table 2. Characteristics of the objects of study

Номер образца	Наименование образца	Допустимые уровни нитратов, мг/кг [2]
№1	Свекла консервированная, нарезанная соломкой	не более 1400
№2	Нектар морковный	не более 250
№3	Фруктовое пюре для детского питания (яблоко, манго, папайя, банан)	не более 50
№4	Петрушка листовая свежая	не более 2000
№5	Морковь свежая (урожай 2021 года)	не более 400
№6	Банан	не более 200
№7	Томат сливка	не более 150
№8	Яблоко Айдаред	не более 60

Пробоподготовка различных видов продукции осуществлялась согласно общим указаниям по ГОСТ 26671 [10] и заключалась в следующем:

- ♦ твердые продукты — образцы №№ 1, 4–8 — измельчали, дробили, размалывали и растирали в зависимости от вида продукта до получения однородной массы;
- ♦ пробы жидких и пюреобразных продуктов однородной консистенции — образцы №№ 2–3 (соковая продукция с мякотью, фруктовые пюре) только перемешивали.

Измерения нитратов в пробах объектов исследования проводили согласно разработанной блок-схеме (рис. 1).

Массовую долю нитратов, X , мг/кг в пробе продукта вычисляли по формуле

$$X = \frac{\left(V + \frac{W \cdot 0,001 \cdot}{1} \right) \cdot 10^{-C_x} \cdot 62 \cdot 10^6}{10^3 \cdot m}, \quad (1)$$

где V — объем экстрагирующего раствора, см³; W — массовая доля влаги в исходном продукте, определенная по ГОСТ 33977 [9], %; 0,01 — коэффициент перевода процентов в доли единиц; m — масса пробы, г; 1 — плотность воды, г/см³; 10^{-C_x} — концентрация нитратов в пробе, моль/дм³; 62 — молярная масса нитрат-иона, г/моль; 10^6 — коэффициент согласования единиц массы; 10^3 — коэффициент согласования единиц объема.

Эксперимент проводили в лаборатории физико-химических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» с применением средств измерений, имеющих действующую поверку:

- ♦ иономер лабораторный И-160М — заводской номер №197104;
- ♦ дозатор Transferpette 1–10 см³ — заводской номер №89N46934;
- ♦ весы лабораторные электронные Adventure — заводской номер №1121412716;
- ♦ измерительный ионоселективный электрод ЭЛИС-121N03 — заводской номер №07381;
- ♦ электрод сравнения (хлорсеребряный) ЭВЛ-1М3.

Сравнительный анализ экспериментальных данных — массовой доли нитратов в отобранных образцах продукции, с действующими предельно допустимыми нормами для данной группы (табл. 3) свидетельствовал о соответствии установленным требованиям [2] всех исследуемых проб, за исключением образца №4 — петрушка листовая свежая, где было обнаружено превышение ПДК в 1,1 раз.

Цель верификационного эксперимента — получить объективные свидетельства возможности применения указанной лабораторией модифицированного стандартного потенциометрического метода в соответствии с метрологическими характеристиками, представленными в ГОСТ 34570 [8]. Внутривлабораторный верификационный эксперимент проводили с соблюдением условий повторяемости и промежуточной прецизионности с учетом изменяющихся факторов, указанных на рис. 2.



Рис. 1. Блок-схема определения нитратов в продуктах переработки фруктов и овощей в соответствии с ГОСТ 34570 [8]

Fig. 1. Procedure for the determination of nitrates in fruit processing products and vegetables in accordance with GOST 34570 [8]

Таблица 3. Содержание нитратов в образцах продукции
Table 3. Nitrate content in product samples

№ образца	Наименование образца	Экспериментальное значение, мг/кг	Допустимые уровни, не более, мг/кг [2]
1	Свекла консервированная	1279,2±230,0	1400
2	Нектар морковный	138,6±24,9	250
3	Фруктовое пюре для детского питания	21,8±3,9	50
4	Петрушка листовая свежая	2133,5±384,0	2000
5	Морковь	301,6±54,6	400
6	Банан	57,3±10,3	200
7	Томат сливка	< 30 (8,3±1,5)	150
8	Яблоко «Айдаред»	< 30 (6,4±1,2)	60

В качестве критериев приемлемости полученных результатов были выбраны предел повторяемости ($r = 15 \%$) и предел воспроизводимости ($R = 25 \%$), предельные значения и алгоритмы расчета которых представлены в пп. 11.1–11.3 ГОСТ 34570 [8].

Экспериментальные данные, полученные на разных этапах измерений и необходимые для расчета массовой доли нитратов в пробе — массы образцов, значения концентрации нитратов рХ и массовой доли влаги — представлены в табл. 4.

Данные, полученные в ходе внутрилабораторного эксперимента по верификации изучаемой методики, представлены в табл. 5.

Результаты контроля точности экспериментальных данных (табл. 5), полученные в соответствии с алгоритмом согласно ГОСТ 34570 [8] (пп. 11.2–11.3), представлены в табл. 6.

Вышеприведенная информация свидетельствует о том, что при реализации рассматриваемой методики в лаборатории физико-химических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практи-

ческий центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» в условиях повторяемости и промежуточной прецизионности не выявлено превышений рассчитанных с учетом выбранных критериев приемлемости — $r = 15\%$ и $R = 25\%$ [8], нормативов.

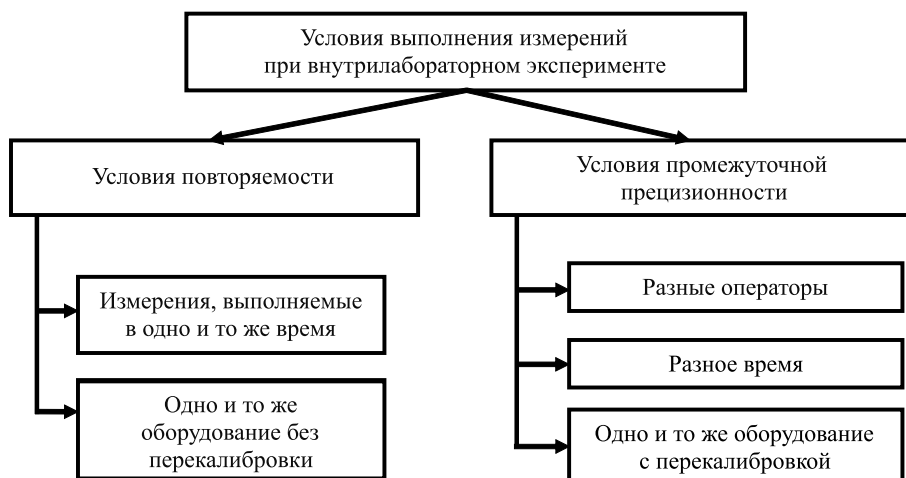


Рис. 2. Условия проведения внутрилабораторного эксперимента
Fig. 2. Conditions for conducting an intralaboratory experiment

Таблица 4. Промежуточные экспериментальные данные для расчета концентрации
аналита в исследуемых образцах

Table 4. Intermediate experimental data for concentration calculation
analyte in test samples

№ образца	Оператор 1			Оператор 2		
	m , г	pX	W , %	m , г	pX	W , %
Образцы продуктов переработки овощей и фруктов						
№1	10,0029	2,448	87,5	10,0039	2,451	87,7
	10,0048	2,459	87,6	10,0028	2,460	87,5
№2	10,0056	3,413	90,9	10,0046	3,417	90,8
	10,0026	3,423	90,8	10,0038	3,426	90,6
№3	10,0083	4,224	82,2	10,0033	4,220	83,1
	10,0050	4,216	81,8	10,0060	4,214	82,8
Образцы фруктовой и овощной продукции						
№4	10,0015	2,233	82,7	10,0014	2,230	82,5
	10,0022	2,242	81,9	10,0024	2,239	80,7
№5	10,0007	3,070	86,3	10,0009	3,076	86,7
	10,0008	3,092	86,5	10,0011	3,087	86,2
№6	10,0050	3,795	74,3	10,0067	3,791	73,5
	10,0066	3,798	73,8	10,0056	3,788	74,1
№7	10,0080	4,640	89,1	10,0090	4,637	89,2
	10,0020	4,643	88,5	10,0079	4,644	89,5
№8	10,0052	4,749	86,1	10,0063	4,751	86,3
	10,0065	4,764	86,4	10,0059	4,762	86,7

Заключение. Результаты выполненного экспериментального исследования позволяют сделать следующие выводы:

- ♦ содержание нитратов в исследуемых образцах свежего растительного сырья и продуктов их переработки соответствовало установленным нормативам [2], за исключением образца №4 — петрушка листовая свежая, где было обнаружено превышение ПДК;

- ♦ результаты реализации внутрилабораторного эксперимента по рассматриваемой методике в условиях повторяемости и промежуточной прецизионности можно считать приемлемыми, поскольку при оценке точности полученных данных не выявлено превышений рассчитанных нормативов.

Таблица 5. Результаты верификационного эксперимента
Table 5. Verification experiment results

Номер образца	Оператор 1			Оператор 2		
	X_1 , мг/кг	X_2 , мг/кг	\bar{X}_1 , мг/кг	X_1 , мг/кг	X_2 , мг/кг	\bar{X}_2 , мг/кг
Образцы продуктов переработки овощей и фруктов						
№1	1298,5	1265,8	1282,2	1289,4	1263,1	1276,25
№2	140,7	137,5	139,1	139,4	136,6	138,0
№3	21,3	21,9	21,6	21,8	22,1	21,95
Образцы фруктовой и овощной продукции						
№4	2130,6	2116,7	2123,65	2145,3	2141,2	2143,25
№5	309,4	294,2	301,8	305,3	297,4	301,35
№6	57,1	56,6	56,85	57,5	57,9	57,7
№7	< 30 (8,4)	< 30 (8,3)	< 30 (8,35)	< 30 (8,4)	< 30 (8,2)	< 30 (8,3)
№8	< 30 (6,5)	< 30 (6,2)	< 30 (6,35)	< 30 (6,4)	< 30 (6,3)	< 30 (6,35)

Таблица 6. Результаты оценки точности экспериментальных данных
Table 6. Results of evaluation of the accuracy of experimental data

Номер образца	Условия повторяемости				Условия воспроизводимости	
	Фактическое значение		Нормативное значение(расчетное)		Фактическое значение	Нормативное значение (расчетное)
	$X_1 - X_2$		$0,01\bar{X}$			
	Оператор 1	Оператор 2	Оператор 1	Оператор 2	$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	$0,01\bar{X}$
Образцы продуктов переработки овощей и фруктов						
№1	32,7	26,3	192,3	191,4	5,9	319,8
№2	3,2	2,8	20,9	20,7	1,1	34,6
№3	0,6	0,3	3,2	3,3	0,35	5,4
Образцы фруктовой и овощной продукции						
№4	13,9	4,1	318,5	321,5	19,6	533,4
№5	15,2	7,9	45,3	45,2	0,45	75,4
№6	0,5	0,4	8,5	8,7	0,85	14,3
№7	0,1	0,2	1,3	1,2	0,05	2,1
№8	0,3	0,1	1,0	1,0	0	1,6

Таким образом, стандартная потенциометрическая методика определения массовой доли нитратов в варианте, изложенном в ГОСТ 34570 [8], может быть использована в лаборатории физико-химических испытаний Республиканского контрольно-испытательный комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» для определения содержания нитратов в овощах, фруктах и продуктах их переработки в диапазоне концентраций от 30 до 2000 мг/кг.

Полученные результаты будут использованы сотрудниками учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» при подготовке студентов, обучающихся на I ступени высшего образования по специальности 1–54 01 03 «Физико-химические методы и приборы контроля качества продукции» специализации 1–54 01 03 02 «Сертификация продовольственных товаров» в учебно-исследовательской работе студентов, дипломном проектировании, а также при изучении дисциплины «Химико-аналитический контроль пищевых продуктов»:

- ♦ в лекционном курсе — с целью изучения теоретических и практических аспектов внедрения новых и модифицированных методов в практику работы аккредитованных испытательных лабораторий;
- ♦ в лабораторном практикуме — для освоения метода прямой потенциометрии и различных способов определения концентрации аналита, в частности метода двойных добавок с градуировкой (или метод Грана).

Список использованных источников

1. Нитраты, нитриты и N-нитрозосоединения / Совместная программа ООН и ВОЗ: Гигиенические критерии состояния окружающей среды; сост. L. Griciute; пер. с англ. И.В. Сутокская. — Москва: Медицина, 1981. — 118 с.

2. О безопасности пищевой продукции: ТР ТС 021/2011. — Введ. 2011–12–09. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2011. — 154 с.
3. Продукты пищевые. Определение содержания нитрата и/или нитрита. Часть 3. Спектрофотометрический метод определения содержания нитрата и нитрита в мясных продуктах с применением ферментативного восстановления нитрата до нитрита: ГОСТ EN 12014-3–2015. — Введ. 2015–07–29. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2015. — 16 с.
4. Вода. Методы определения азотсодержащих веществ: ГОСТ 33045–2014. — Введ. 2016–11–01. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2016. — 24 с.
5. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов: ГОСТ 29270–95. — Введ. 1997–07–01. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. — 15 с.
6. Приборы и методы определения нитратов в продуктах растениеводства / Методы и техническое обеспечение контроля качества товаров [Электронный ресурс]. — Москва, 2022. — Режим доступа: <https://znaytovar.ru/new136.html>. — Дата доступа: 15.05.2022.
7. Электрохимические методы анализа : учеб. пособие / А. Н. Козицина, А. В. Иванова, Ю. А. Глазырина [и др.]; под общ. ред. А. И. Матерна ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 128 с.
8. Фрукты, овощи и продукты их переработки. Потенциометрический метод определения нитратов [Текст]: ГОСТ 34570–2019. — Введ. 2020–12–01. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2020. — 17 с.
9. Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения общего содержания сухих веществ: ГОСТ 33977–2016. — Введ. 2018–10–01. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2018. — 20 с.
10. Продукты переработки фруктов и овощей, консервы мясные и мясорастительные. Подготовка проб для лабораторного анализа: ГОСТ 26671–2014. — Введ. 2016–01–01. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2016. — 7 с.

Информация об авторах

Шачек Татьяна Михайловна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции УО «Белорусский государственный технологический университет» (Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: shachek@tut.by

Горбачевич Ульяна Сергеевна, инженер-химик РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (Партизанский пр-т, 17, 2220075, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: gorbacevich.95@mail.ru

Комарова Наталья Викторовна, кандидат технических наук, начальник Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: rkik-npc@mail.ru

Красовская Елена Сергеевна, заведующий лабораторией физико-химических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: am0989362@gmail.com

Information about authors

Shachek Tatyana Mikhaylovna, PhD (Technical), associate professor, associate professor, Department of Physical-Chemical Methods of Products Certification Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: shachek@tut.by

Harbatsevich Ulyana Sergeevna, chemist engineer of RUE “Institute of Meat and Dairy Industry” (172 Partizansky Ave, 220075, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: gorbacevich.95@mail.ru

Komarova Natalia Viktorovna, PhD (Technical), the head of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety 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: rkik-npc@mail.ru

Krasouskaya Elena Sergeevna, head of the Laboratory of Physical-Chemical Research of the Republican Control and Testing Complex for Food Quality and Safety of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: am0989362@gmail.com

УДК 54.062 + 543.544 (33+7.087.9)
https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4(58)-88-99

Поступила в редакцию 04.08.2022
Received 04.08.2022

Л. Н. Соболенко^{1,2}, С. В. Черепица¹, С. Н. Сытова¹, А. Н. Коваленко¹,
М. Ф. Заяц², В. В. Егоров², С. М. Лещев², И. В. Мельситова²

¹ *Институт ядерных проблем Белорусского государственного университета,
г. Минск, Республика Беларусь*

² *Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь*

ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ ЛЕТУЧИХ КОМПОНЕНТОВ В АЛКОГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. В статье представлены результаты совместной разработки метода газохроматографического определения летучих компонентов (ацетальдегида, метанола, метилацетата, этилацетата, 2-пропанола, 1-пропанола, изобутанола, 1-бутанола и изоамилола в спиртосодержащих продуктах с объемным содержанием этанола в диапазоне от 9,9 до 96,0 % (вино, sake, ликер, текила, водка, граппа, бурбон, скотч, кальвадос, ракия, ром, бренди, виски, джин и спирт этиловый ректификованный). В основе метода лежит использование этанола, содержащегося в алкогольных напитках, в качестве внутреннего стандарта для количественного определения указанных компонентов. Оценка приемлемости полученных результатов в условиях повторяемости и промежуточной прецизионности выполнялась в соответствии с СТБ ИСО 5725-6. Массовые концентрации летучих компонентов в исследованных алкогольных и спиртосодержащих продуктах варьировались в пределах от 1,84 до 677 мг/л безводного спирта для ацетальдегида, от 3,25 до 12394 мг/л безводного спирта для метанола и от 1,49 до 4243 мг/л безводного спирта для остальных летучих компонентов. Высокая эффективность и широкая международная апробация метода с использованием этанола в качестве внутреннего стандарта могут служить основанием для инициирования в установленном порядке межлабораторных испытаний с международным участием под патронажем авторитетной Международной межправительственной организации по виноградарству и виноделию (OIV) с целью его последующего утверждения как стандартизованного референтного метода для контроля качества и безопасности алкогольной продукции на межгосударственном и международном уровне.

Ключевые слова: алкогольная продукция; контроль качества и безопасности; летучие компоненты; прямое определение.

L. N. Sabalenka^{1,2}, S. V. Charapitsa¹, S. N. Sytova¹, A. N. Kavalenka¹,
M. F. Zayats², V. V. Egorov², S. M. Leschev², I. V. Melsitava²

¹*Institute for Nuclear Problems of Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus*

²*Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus*

INNOVATIVE METHOD FOR DETERMINING THE QUANTITATIVE CONTENT OF VOLATILE COMPOUNDS IN ALCOHOL PRODUCTS

Abstract. The article presents the results of collaborative study of the method for gas chromatographic determination of alcoholic fermentation volatile by-products (acetaldehyde, methanol, methyl acetate, ethyl acetate, propan-2-ol, propan-1-ol, 2-methylpropan-1-ol, butan-1-ol and 3-methylbutan-1-ol) in alcoholic beverages with volume ethanol content in range from 9.9 to 96.0 % (wine, sake, liquor, tequila, vodka, grappa, bourbon, scotch, calvados, rakia, rum, brandy, whiskey, gin and rectified ethyl alcohol). The zest of the method is the use of ethanol, present in beverages, as a reference substance for quantitative determination of mentioned components. Checking of precision data, obtained under repeatability conditions and under both repeatability and intermediate precision conditions, and trueness of test results, was carried out according to the ISO 5725-6. Contents of

acetaldehyde, methanol and volatiles in 15 commercial alcoholic beverages analyzed by the developed method varied in the from 1.84 to 677 mg/L of absolute ethanol, from 3.25 to 12394 mg/L of absolute ethanol, from 1.49 to 4243 mg/L of absolute ethanol intervals, correspondingly. The high efficiency and wide international approbation of the method using ethanol as an internal standard can serve as the basis for initiating, in the prescribed manner, interlaboratory tests on the basis of specialized international organizations, for example, the Codex Alimentarius Commission and the International Intergovernmental Organization for Viticulture and Winemaking (OIV) for the purpose of its subsequent approval as a standardized reference method for quality control and safety of alcoholic beverages.

Key words: alcohol products; quality and safety control; volatile compounds; direct determination.

Введение. В странах Таможенного союза Евразийского экономического союза (ЕАЭС) в настоящее время действует более 20 стандартов, предназначенных для определения массовых концентраций летучих компонентов в пищевой (алкогольной) и спиртосодержащей продукции [1–21]. В табл. 1 представлен перечень действующих в странах Таможенного союза ЕАЭС стандартов на алкогольную и спиртосодержащую продукцию.

Таблица 1. Перечень действующих в странах Таможенного союза ЕАЭС стандартов на алкогольную и спиртосодержащую продукцию

Table 1. List of standards for alcoholic and alcohol-containing products in force in the countries of Eurasian Economic Cooperation Organization (EECO)

№	Номер стандарта	Область действия	Определяемые компоненты
1	ГОСТ 10749.3-80	технический этиловый спирт	альдегиды
2	ГОСТ 10749.6-80		этилацетат
3	ГОСТ 10749.12-80		фурфурол
4	ГОСТ 10749.13-80		изобутанол, изоамилол
5	ГОСТ 10749.14-80		метанол
6	ГОСТ 12280-75	виноградные, плодовые, шампанские, игристые вина и виноматериалы; коньячные, винные, виноградные и фруктовые (плодовые) дистилляты; коньяки; кальвадосы; фруктовые (плодовые) водки с объемной долей этилового спирта не менее 40%	альдегиды
7	ГОСТ 13194-74	коньячные, винные, виноградные и фруктовые (плодовые) дистилляты, коньяки, кальвадосы, плодовые водки	метанол
8	ГОСТ 14138-76	коньячные, винные, виноградные и фруктовые (плодовые) дистилляты; коньяки; кальвадосы; фруктовые (плодовые) водки с объемной долей этилового спирта не менее 40%	высшие спирты
9	ГОСТ 14139-76	коньячные, винные, виноградные и фруктовые (плодовые) дистилляты	средние эфиры
10	ГОСТ 14352-73		средние эфиры
11	ГОСТ 30536-97	водка и этиловый спирт, отгоны, полученные из окрашенных ликеро-водочных изделий и изделий с ароматическими добавками	ацетальдегид, метилацетат, этилацетат, метанол, 1-пропанол, изобутанол, 1-бутанол, изоамилол
12	ГОСТ 31684-2012	этиловый спирт-сырец из пищевого сырья	ацетальдегид, метилацетат, этилацетат, метанол, 2-пропанол, 1-пропанол, изобутанол, 1-бутанол, изоамилол, этилформат, изобутилацетат, изоамилацетат, этиллактат, этилоктаноат, этилдеcanoат, этиллаурат, 2-бутанол, 2-фенилэтанол, ацетон, кротоновый альдегид

Окончание табл. 1

№	Номер стандарта	Область действия	Определяемые компоненты
13	ГОСТ 31811-2012	этиловый спирт, полученный из пищевого или непищевого сырья, денатурированный кротоновым альдегидом, и спиртосодержащую пищевую продукцию (за исключением любых растворов, эмульсий, суспензий), спиртные напитки	кротоновый альдегид
14	ГОСТ 33833-2016	спиртные напитки объемной долей этилового спирта от 7,0 до 60,0%: аперитивы, коктейли, бальзамы, джины, пунши, наливки, настойки (горькие, полусладкие, сладкие), десертные напитки, спиртные газированные и негазированные напитки, ликеры (крепкие, десертные, эмульсионные), кремы, ром, виски, текилу, спиртные зерновые дистиллированные напитки	метанол
15	ГОСТ 33834-2016	винодельческая продукция [вина, спиртные напитки из винного (в том числе коньячного), виноградного, фруктового (плодового) и кальвадосного дистиллятов, винного, виноградного и фруктового (плодового) спиртов с объемной долей этилового спирта не менее 35,0%] и сырье для ее производства	ацетальдегид, метилацетат, этилацетат, ацетон, метанол, 2-пропанол, 1-пропанол, изобутанол, 1-бутанол, изоамилол, этилформиат, изобутилацетат, изоамилацетат, этиллактат, этилоктаноат, этилдеcanoат, этиллаурат, 2-бутанол
16	ГОСТ Р 51999-2002	ректификованный и денатурированный синтетический технический этиловый спирт, предназначенный для изготовления различной химической продукции, парфюмерно-косметических изделий, для медицинской и фармацевтической продукции при производстве средств наружного применения, а также для поставки на экспорт.	ацетальдегид, этилацетат, метанол, 2-пропанол, 2-бутанол, кротоновый альдегид, 1-бутанол, изоамилол, 1-пропанол
17	ГОСТ Р 52363-2005	головная фракция, концентрат головных примесей, промежуточная фракция этилового спирта из пищевого сырья, которые являются отходами спиртового производства, образующимися при выработке спирта этилового ректификованного из пищевого сырья, и спиртосодержащие отходы ликероводочного производства	ацетальдегид, ацетон; этилформиат, этилацетат, метанол, 2-бутанол, 2-пропанол, этилпропионат, диацетил, изобутилацетат, 1-пропанол, этилбутират, изобутанол, изоамилацетат, 1-бутанол, изоамилол
18	ГОСТ Р 57893-2017	продукты брожения и сырье для их производства, пиво, квасы, медовухи, концентрированные сброженные основы	ацетальдегид, ацетон, этилацетат, метанол, 2-пропанол, 2-бутанол, 1-пропанол, изобутанол, изоамилацетат, 1-бутанол, изоамилол, 1-гексанол, этиллактат
19	ГОСТ Р 55878-2013	ректификованный гидролизный технический этиловый спирт, вырабатываемый из непищевого растительного сырья	ацетальдегид, метилацетат, этилацетат, метанол, 2-пропанол, 1-пропанол, изобутанол, 1-бутанол, изоамилол
20	СТБ ГОСТ Р 51698-2001	водка и этиловый спирт, отгоны, полученные из окрашенных ликеро-водочных изделий и изделий с ароматическими добавками	
21	ГОСТ 33408-2015	коньяки, коньячные дистилляты и бренди	

Анализ содержания указанных стандартов показал, что для определения массовых концентраций летучих компонентов в 12 из 21 стандартов используется газохроматографический (далее — ГХ) метод анализа, в остальных стандартах — титриметрический и фотометрический

методы анализа. Наиболее распространенными анализируемыми веществами, содержащимися в алкогольной и спиртосодержащей продукции, являются девять летучих компонентов: ацетальдегид, метилацетат, этилацетат, метанол, 1-пропанол, изобутанол, 1-бутанол и изоамилол.

В подавляющем большинстве стран дальнего зарубежья, в том числе США, Евросоюза, Китая, Индии, Мексики для обеспечения контроля качества и безопасности алкогольной продукции указан один метод определения количественного содержания летучих компонентов в алкогольной продукции [22], принятый в качестве международного на основе проведенных под эгидой Еврокомиссии межлабораторных испытаний [23]. Метод реализуется на газовых хроматографах с пламенно-ионизационным детектором, оснащенных капиллярной колонкой с полярной фазой. Количественный расчет выполняется с применением метода внутреннего стандарта. В качестве внутреннего стандарта используют вещества, заведомо отсутствующие в алкогольной продукции, получаемой при ферментативном брожении.

Анализ алкогольной продукции является консервативной областью, поскольку его результаты тесно сопряжены не только с экономическими рисками для производителя, но и напрямую со здоровьем населения, потребляющего данный продукт питания. По этой причине метод, применяемый для анализа алкогольной продукции, должен обладать высокой точностью, воспроизводимостью, быть экспрессным, в виду высокой загруженности предприятий-производителей, и простым в применении. В работах [24, 25] был предложен инновационный метод, удовлетворяющий вышеперечисленным требованиям и основанный на применении этанола, содержащегося в алкогольных напитках, в качестве внутреннего стандарта при газохроматографическом анализе.

Организация экспериментальных исследований. Эксперимент проводился в два этапа. На первом этапе были установлены метрологические характеристики метода, а на втором этапе были выполнены экспериментальные исследования по определению устойчивости метода на 15 матрицах алкогольной и спиртосодержащей продукции.

Для выполнения исследований показателей точности, правильности и неопределенности метода был проведен внутрилабораторный эксперимент. В качестве образцов для исследования использовались 7 приготовленных градуировочных растворов с концентрациями летучих компонентов в диапазоне 2,0 — 5000 мг/л безводного спирта.

При проведении внутрилабораторных исследований для каждого уровня ($g = 6$) в условиях промежуточной прецизионности с изменяющимися факторами «время-оператор» в течение одного месяца тремя операторами было проанализировано $p = 15$ серий градуировочных растворов, каждая из которых включала в себя $n = 2$ повторных измерений, выполненных в условиях повторяемости. Общее количество измерений в условиях промежуточной прецизионности для всех отобранных массовых концентраций градуировочных растворов составило $np = 2 \times 15 = 30$ результатов измерений.

Для экспериментального подтверждения устойчивости метода для широкого спектра матриц алкогольных и спиртосодержащих продуктов был также проведен внутрилабораторный эксперимент. В качестве образцов для исследования использовались 15 алкогольных и спиртосодержащих продуктов, приобретенных в торговых сетях: водка, джин, спирт этиловый ректифицированный, виски, бренди, бурбон, граппа, ракия, текила, ром, скотч, кальвадос, sake, вино и ликер.

При проведении внутрилабораторных исследований для каждого спиртосодержащего продукта ($k = 1...15$) в условиях промежуточной прецизионности с изменяющимися факторами «время-оператор-объем вводимой пробы» в течение шести недель двумя операторами было проанализировано $p = 6$ серий измерений спиртосодержащих продуктов, каждая из которых включала в себя $n = 2$ повторных измерений, выполненных в условиях повторяемости.

Полученные экспериментальные данные были обработаны в соответствии с требованиями серии стандартов СТБ ИСО 5725 [26–29] и руководством Еврахим [30].

Материалы и методы исследований. Метрологические характеристики метода были установлены в ходе экспериментальных исследований двух серий из 7 градуировочных растворов с концентрациями летучих компонентов в диапазоне 2 — 5000 мг/л безводного спирта.

Приготовление градуировочных растворов. Для приготовления градуировочных растворов использовался водный раствор этилового спирта (ВЭС) с объемным содержанием этанола — $(40 \pm 0,1) \%$. Приготовление ВЭС осуществлялось путем смешения этилового ректифицированного спирта из пищевого сырья и дистиллированной воды. Приготовленный ВЭС термостатировался при температуре $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$ в течение 30 минут. Объемную долю этилового спирта в ВЭС определяли по ГОСТ 3639 [31], плотность ВЭС определяли с помощью водно-спиртовых таблиц [32].

Для приготовления наиболее концентрированного градуировочного раствора «А» с концентрацией летучих компонентов порядка 5000 мг/л безводного спирта все индивидуальные летучие компоненты (ацетальдегид, метилацетат, этилацетат, метанол, 2-пропанол, 1-пропанол, изобутанол, 1-бутанол, изоамилол) с содержанием основного вещества не менее 99,5% вносились в ВЭС. Для приготовления градуировочных растворов «В», «С», «D», «1», «2», «3» с концентрациями 500; 250; 200; 25; 10; 2,0 мг/л безводного спирта, соответственно, градуировочный раствор «А» с концентрацией летучих компонентов 5000 мг/л безводного спирта разбавлялся необходимым количеством ВЭС.

Пробоподготовка образцов алкогольной и спиртосодержащей продукции. Определение массовой концентрации летучих компонентов в 15 спиртосодержащих продуктах: водке, джине, спирте этиловом ректифицированном, виски, бренди, бурбоне, граппе, ракии, текиле, роме, скотче, кальвадосе и саке проводилось прямым вводом пробы продукта в испаритель хроматографа. Определение массовой концентрации летучих компонентов в вине и ликере проводилось вводом дистиллята, полученного после предварительной перегонки анализируемого продукта по п. 7.1 ГОСТ 32095 [33].

Таблица 2. Объемные доли этанола в алкогольных напитках
Table 2. The ethanol volume concentration in the alcoholic beverages

Образец	Объемная доля этанола, заявленная производителем, %	Объемная доля этанола, установленная по ГОСТ 3639, %
Вино	9,0-13,0	9,92 ± 0,06
Саке	14,5	14,52 ± 0,06
Ликер	18,0	18,01 ± 0,06
Текила	38,0	38,04 ± 0,06
Водка	40,0	40,00 ± 0,06
Граппа	40,0	40,02 ± 0,06
Бурбон	40,0	39,98 ± 0,06
Скотч	40,0	39,97 ± 0,06
Кальвадос	40,0	39,98 ± 0,06
Ракия	40,0	40,03 ± 0,06
Ром	40,0	40,04 ± 0,06
Бренди	40,0	39,98 ± 0,06
Виски	43,0	42,99 ± 0,06
Джин	47,0	47,00 ± 0,06

Условия газохроматографического анализа. Измерения градуировочных растворов и образцов алкогольной и спиртосодержащей продукции проводили на газовом хроматографе Хроматэк-Кристалл 5000.1 с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой длиной 60 м, внутренним диаметром 0,53 мм и толщиной пленки неподвижной полярной фазы 1,0 мкм. Режим анализа: изотерма при 75 °С в течение 9 минут, далее нагрев до 130 °С со скоростью 5 град/мин, далее изотерма до 180 °С со скоростью 10 град/мин, температура испарителя 190 °С, температура детектора 280 °С, газ-носитель азот особо чистый, режим контроля постоянного давления 26 кПа, сброс 1:12. Объем дозируемых проб составил 1,0 мкл. Измеренные хроматограммы градуировочных растворов приведены на рис 1.

Выполнение градуировки. Градуировочная характеристика, выражающая зависимость отношения площадей пиков *i*-го летучего компонента и этанола на хроматограмме от отношений концентраций (мг/л безводного спирта) *i*-го летучего компонента и этанола устанавливалась по градуировочному раствору «С». Выбранный градуировочный раствор измеряли газохроматографически не менее двух раз в условиях повторяемости. Расчет градуировочных коэффициентов выполняли по следующей формуле:

$$RRF_i^{Eth} = \frac{C^i(C)}{\rho_{Eth}} \cdot \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (A_j^{Eth}(C) / A_j^i(C)), \quad (1)$$

где RRF_i^{Eth} — относительный фактор отклика (градуировочная характеристика) *i*-го летучего компонента к этанолу; $C^i(C)$ — концентрация *i*-го летучего компонента в градуировочном растворе «С», мг/л безводного спирта; ρ_{Eth} — плотность безводного этанола, $\rho_{Eth} = 789300$ мг/л; $A_j^i(C)$ — величина откли-

ка детектора на i -ый летучий компонент, полученная в результате j -го измерения градуировочного раствора «С», единицы площади пика; $A_j^{Eth}(C)$ — величина отклика детектора на этанол, полученные в результате j -го измерения градуировочного раствора «С», единицы площади пика; M — количество измерений градуировочного раствора ($M = 2$).

Оценка метрологических характеристик метода. Повторяемость оценивалась в соответствии с п. 7 СТБ ИСО 5725-2 [26]. Промежуточная прецизионность оценивалась в соответствии с п. 7 СТБ ИСО 5725-2 [26] и п. 7 СТБ ИСО 5725-3 [27]. Правильность оценивалась в соответствии с п. 5 СТБ ИСО 5725-4 [28]. Неопределенность оценивалась в соответствии с [34, 35]. Линейность отклика детектора оценивалась параметром R^2 (коэффициент детерминации) с использованием программного обеспечения MS Excel. Пределы обнаружения и количественного определения устанавливались в соответствии с п. 6.2 руководства Еврахим [30].

Исследование алкогольных и спиртосодержащих продуктов с использованием разработанного метода. Концентрация i -го летучего компонента в градуировочных растворах и образцах алкогольных и спиртосодержащих продуктов в размерности мг/л безводного спирта рассчитывалась по формуле:

$$C^i = RRF_i^{Eth} \cdot \rho_{Eth} \cdot \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (A_j^i / A_j^{Eth}), \quad (2)$$

где A_j^i — величина отклика детектора на i -ый летучий компонент, полученная в результате j -го измерения градуировочного раствора или образца, единицы площади пика; A_j^{Eth} — величина отклика детектора на этанол, полученная в результате j -го измерения градуировочного раствора или образца, единицы площади пика.

Проверка приемлемости результатов измерений. Проверка приемлемости результатов измерений в условиях повторяемости выполнялась в соответствии с п. 4.2.1 СТБ ИСО 5727-6 [35] по формуле:

$$\frac{2 \cdot |C_1^i(k) - C_2^i(k)|}{C_1^i(k) + C_2^i(k)} \cdot 100 \% \leq 2,8 \cdot \sigma_r, \quad (3)$$

где 2 — число параллельных определений; $C_1^i(k)$, $C_2^i(k)$ — результаты параллельных определений массовой концентрации i -го летучего компонента в k -ом анализируемом образце, мг/л безводного спирта; σ_r — предел повторяемости для i -го летучего компонента, %.

Проверка приемлемости результатов измерений в условиях промежуточной прецизионности выполнялась в соответствии с п. 4.2.2 СТБ ИСО 5727-6 [29] методом сравнения расхождения двух результатов измерений $\bar{C}_1^i(k)$ и $\bar{C}_2^i(k)$, полученных в условиях промежуточной прецизионности (разные исполнители, время измерений) при анализе одной и той же пробы, с критической разностью $CD_{0,95}$ по формуле:

$$\frac{|\bar{C}_1^i - \bar{C}_2^i|}{\bar{C}^i} \cdot 100 \% \leq CD_{0,95}, \quad (4)$$

$$CD_{0,95} = \sqrt{(2,8 \cdot \sigma_{I(TO)}^i)^2 - (2,8 \cdot \sigma_r^i)^2 \cdot \left(1 - \frac{1}{2n_1} - \frac{1}{2n_2}\right)}, \quad (5)$$

где \bar{C}^i — среднее арифметическое значение массовой концентрации i -го летучего компонента анализируемом образце, полученное в условиях промежуточной прецизионности, мг/л безводного спирта; n — количество результатов параллельных измерений, полученных в условиях повторяемости, ($n_1 = n_2 = 2$); $\sigma_{I(TO)}^i$ — относительное среднее квадратичное стандартное отклонение промежуточной прецизионности i -го летучего компонента, %;

Контроль правильности результатов измерений выполнялся в соответствии с п. 4.2.3 СТБ ИСО 5727-6 [29]. В качестве образцов для контроля правильности (образец с заранее известным значением массовой концентрации летучих компонентов) использовались все градуировочные растворы, кроме «С». Контроль правильности выполнялся после измерений всех образцов алкогольных и спиртосодержащих продуктов.

Правильность результатов измерений признавалась удовлетворительной, если выполнялось условие:

$$\frac{|\bar{C}_{изм}^i - \bar{C}_{расч}^i|}{\bar{C}_{расч}^i} \cdot 100 \% \leq 2 \cdot \sqrt{(\sigma_{I(TO)}^i)^2 - \frac{(\sigma_r^i)^2}{2}}, \quad (6)$$

где $\bar{C}_{расч}^i$ – известное (паспортное) значение массовой концентрации i -го летучего компонента в контрольном образце, мг/л безводного спирта; $\bar{C}_{изм}^i$ – рассчитанное по формуле на основе экспериментальных данных значение массовой концентрации i -го летучего компонента в контрольном образце, мг/л безводного спирта.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты выполнения градуировки, оценки линейности отклика детектора хроматографа и расчетов пределов обнаружения и количественного определения представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты оценки метрологических характеристик разработанного метода
Table 3. Results of estimation of the metrological characteristics of the developed method

Летучий компонент	Градуировочный коэффициент, $RRF^{Эт}$	Коэффициент детерминации, R^2	Предел обнаружения, мг/л безводного спирта	Предел количественного определения, мг/л безводного спирта
Ацетальдегид	1,312	0,9994	0,042	0,140
Метилацетат	1,445	0,9997	0,016	0,053
Этилацетат	1,074	0,9994	0,016	0,054
Метанол	1,304	0,9995	0,120	0,399
Пропан-2-ол	0,765	0,9994	0,043	0,144
Пропан-1-ол	0,665	0,9992	0,017	0,058
2-метилпропан-1-ол	0,536	0,9993	0,023	0,077
Бутан-1-ол	0,615	0,9991	0,012	0,041
3-метилбутан-1-ол	0,560	0,9996	0,018	0,059

Параметр, характеризующий линейность отклика детектора для всех летучих компонентов имел значения $R^2 > 0,999$.

Результаты, полученные в результате экспериментальных исследований метрологических характеристик метода, представлены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты оценки метрологических характеристик разработанного метода
Table 4. Results of estimation of the metrological characteristics of the developed method

Летучий компонент	Диапазон измерений массовой концентрации, мг/л безводного спирта	Относительное стандартное отклонение повторяемости, σ_r , %	Относительное отклонение промежуточной прецизионности, $\sigma_{I(TO)}$, %	Относительная расширенная неопределенность, U , % ($P = 0,95$ $k = 2$)
Ацетальдегид	от 5,2 до 13,4 включ.	3,4	3,7	8,1
	от 13,4 до 5000 включ.	2,2	2,5	5,4
Метилацетат	от 2,1 до 10,5 включ.	5,1	5,2	10,7
	от 10,5 до 5071 включ.	2,3	2,4	4,9
Этилацетат	от 2,1 до 10,4 включ.	5,0	5,2	10,6
	от 10,4 до 5049 включ.	2,3	2,4	5,0
Метанол	от 16,3 до 24,7 включ.	1,9	2,3	6,3
	от 24,7 до 5073 включ.	1,5	1,8	4,6
Пропан-2-ол	от 4,2 до 12,5 включ.	3,5	3,9	8,4
	от 12,5 до 5068 включ.	2,0	2,5	5,4
Пропан-1-ол	от 2,1 до 10,6 включ.	5,1	5,3	10,8
	от 10,6 до 5162 включ.	2,3	2,5	5,2
2-метилпропан-1-ол	от 2,1 до 10,5 включ.	4,7	5,1	10,5
	от 10,5 до 5058 включ.	2,1	2,3	4,9
Бутан-1-ол	от 2,1 до 10,5 включ.	4,7	4,8	9,9
	от 10,5 до 5063 включ.	2,1	2,2	4,5
3-метилбутан-1-ол	от 2,1 до 10,7 включ.	4,7	4,9	10,0
	от 10,7 до 5203 включ.	2,1	2,4	5,1

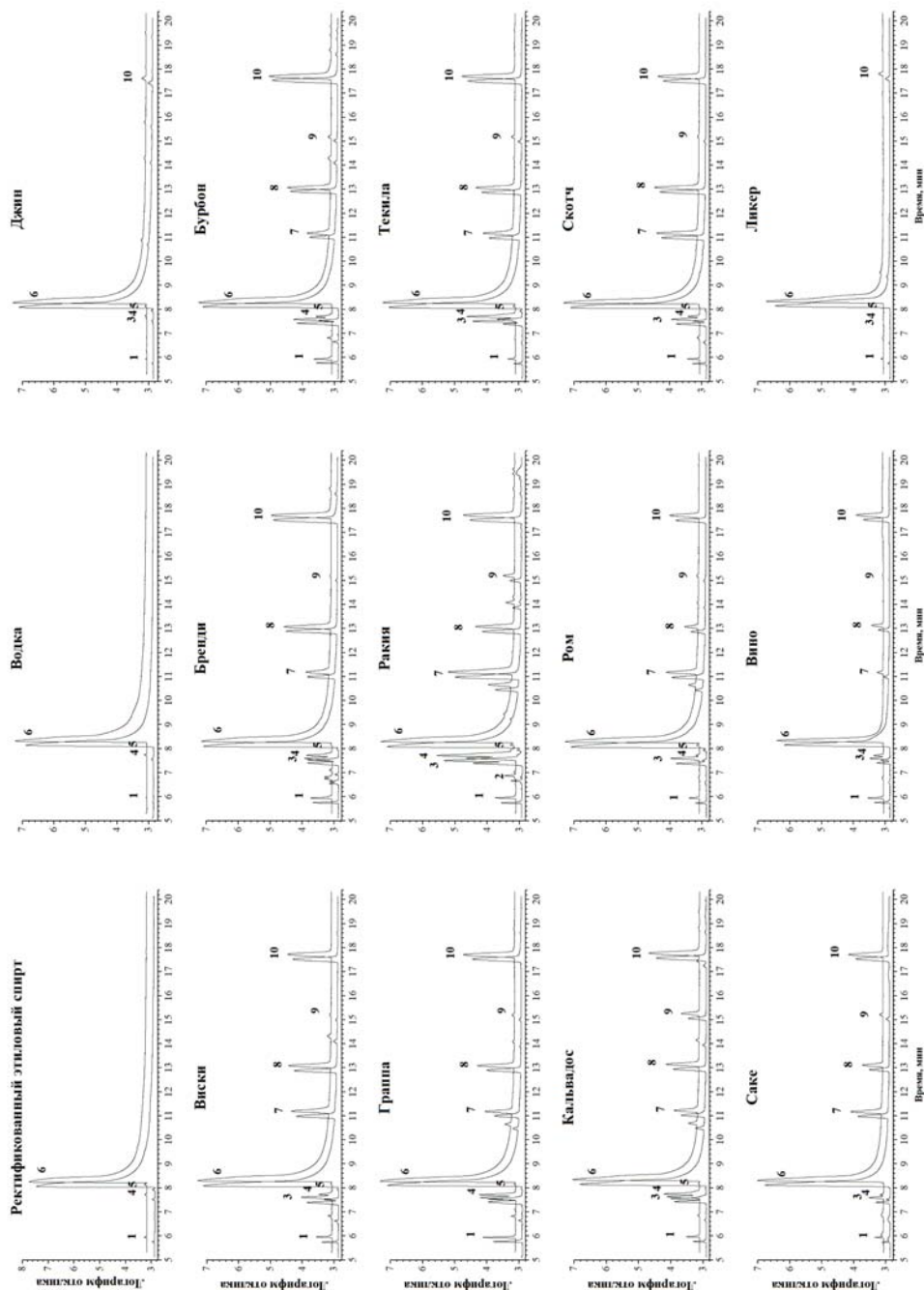


Рис. 1. Хроматограммы исследованных алкогольных и спиртосодержащих продуктов в логарифмическом масштабе.
 1 – ацетальдегид; 2 – метилацетат; 3 – этилацетат; 4 – метанол; 5 – пропан-2-ол; 6 – этанол; 7 – пропан-1-ол; 8 – 2-метилпропан-1-ол; 9 – бутан-1-ол; 10 – 3-метилбутан-1-ол

Fig. 1. The chromatograms of samples of alcoholic and ethanol-containing products in the logarithmic scale.
 1 – acetaldehyde; 2 – methyl acetate; 3 – ethyl acetate; 4 – methanol; 5 – propan-2-ol; 6 – ethanol; 7 – propan-1-ol; 8 – 2-methylpropan-1-ol; 9 – butan-1-ol; 10 – 3-methylbutan-1-ol

Результаты оценки смещения метода в соответствии с п. 5 СТБ ИСО 5725-4 [28] подтвердили незначимость смещения при уровне значимости $\alpha = 0,05$ для всех видов исследованной продукции в исследованном диапазоне массовых концентраций летучих компонентов (таблица 3).

Метрологические характеристики разработанного метода (повторяемость, промежуточная прецизионность и расширенная неопределенность) имеют лучшие значения по сравнению с метрологическими характеристиками официальных методов определения исследованных летучих компонентов в алкогольной продукции и спирте этиловом ректифицированном [11, 14, 15, 20, 21]

Проверка приемлемости результатов измерений в условиях повторяемости и промежуточной прецизионности, а также результаты контроля правильности для исследованных шести серий измерений спиртосодержащих продуктов в условиях повторяемости и промежуточной прецизионности показали, что полученные значения концентраций летучих компонентов полностью удовлетворяют требованиям к вышеуказанным характеристикам. Результаты расчетов массовых концентраций летучих компонентов в исследованных образцах представлены в табл. 5.

Таблица 5. Результаты оценки метрологических характеристик разработанного метода
Table 5. Results of estimation of the metrological characteristics of the developed method

Летучий компонент	Концентрация и неопределенность концентрации в образце $\bar{C} \pm U(\bar{C})$, мг/л безводного спирта				
	ректифицированный этиловый спирт	водка	джин	виски	бренди
Ацетальдегид	2,54±0,3	1,85±0,2	2,33±0,3	64,0±4,8	159±12
Метилацетат	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Этилацетат	0±0	0±0	1,67±0,2	310±24	355±27
Метанол	3,29±0,3	9,63±1,0	4,38±0,4	69,0±4,8	343±24
2-пропанол	2,53±0,3	1,54±0,2	3,67±0,4	2,80±0,3	5,04±0,6
1-пропанол	0±0	0±0	0±0	578±44	263±20
Изобутанол	0±0	0±0	0±0	571±42	1155±85
1-бутанол	0±0	0±0	0±0	3,45±0,5	3,29±0,4
Изоамилол	0±0	0±0	10,7±0,8	728±54	3241±240
Летучий компонент	Концентрация и неопределенность концентрации в образце $\bar{C} \pm U(\bar{C})$, мг/л безводного спирта				
	бурбон	граппа	ракия	текила	кальвадос
Ацетальдегид	101±7,6	223±17	111±8,3	29,3±2,2	87,8±6,6
Метилацетат	0±0	0±0	46,3±3,5	0±0	0±0
Этилацетат	612±47	443±34	1167±89	123±9,4	616±47
Метанол	113±7,8	439±30	12252±845	1727±119	971±67
2-пропанол	1,76±0,2	2,60±0,3	11,2±0,8	6,16±0,7	5,31±0,6
1-пропанол	181±14	209±16	4216±320	360±27	337±25,6
Изобутанол	729±54	324±24	454±34	519±38	542±40
1-бутанол	8,39±1,1	5,50±0,7	42,3±3,1	9,90±1,3	166±12
Изоамилол	3257±241	1101±81	1309±97	1696±126	2233±165
Летучий компонент	Концентрация и неопределенность концентрации в образце $\bar{C} \pm U(\bar{C})$, мг/л безводного спирта				
	ром	скотч	саке	вино	ликер
Ацетальдегид	35,6±2,7	37,1±2,8	44,9±3,4	668±50	23,5±1,8
Метилацетат	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Этилацетат	258±20	216±16	136±10	557±42	2,98±0,4
Метанол	13±0,9	48±3,3	24±1,7	406±28	6,84±0,7
2-пропанол	7,54±0,9	2,25±0,3	0±0	11,9±0,9	0±0
1-пропанол	324±25	574±44	628±48	155±12	1,53±0,2
Изобутанол	49±3,6	561±42	194±14	335±25	0±0
1-бутанол	4,51±0,6	2,94±0,4	19,2±1,4	11,4±0,8	0±0
Изоамилол	225±17	528±39	718±53	1804±134	51,0±3,8

Заключение. Анализ результатов выполненных экспериментальных исследований 15 спиртосодержащих продуктов, включая водку, джин, спирт этиловый ректификованный, виски, бренди, бурбон, граппу, раки, текилу, ром, скотч, кальвадос, саке, вино и ликер, подтвердили, что разработанный метод применим для анализа матриц водки, джина, спирта этилового ректификованного, виски, бренди, бурбона, граппы, ракии, текилы, рома, скотча, кальвадоса, саке, вина и ликера.

Отсутствие ручной процедуры количественного введения в испытуемый образец вещества внутреннего стандарта обеспечивает высокую достоверность определяемых величин концентраций летучих компонентов, уменьшает трудозатраты и упрощает процедуру выполнения анализа в целом.

Необходимо отметить, что ранее результаты межлабораторных с международным участием испытаний метода были представлены в виде устного доклада и опубликованы в трудах 42-го Международного конгресса международной межправительственной организации виноделия и виноградарства (OIV) [36]. Замечаний относительно отсутствия научной новизны, эффективности и бесперспективности внедрения метода в повседневную практику нет. Внедрение метода не требует каких-либо дополнительных материальных, финансовых или трудовых затрат.

Список использованных источников

1. Спирт этиловый технический. Метод определения карбонильных соединений : ГОСТ 10749.3-80. — Введ. 01.01.1982. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. — 4 с.
2. Спирт этиловый технический. Метод определения сложных эфиров : ГОСТ 10749.6-80. — Введ. 01.01.1982. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. — 4 с.
3. Спирт этиловый технический. Метод определения фурфурола : ГОСТ 10749.12-80. — Введ. 01.01.1982. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. — 4 с.
4. Спирт этиловый технический. Метод определения сивушных масел : ГОСТ 10749.13-80. — Введ. 01.01.1982. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. — 4 с.
5. Спирт этиловый технический. Метод определения метилового спирта : ГОСТ 10749.14-80. — Введ. 01.01.1982. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. — 8 с.
6. Вина, виноматериалы, коньячные и плодовые спирты. Метод определения альдегидов : ГОСТ 12280-75. — Введ. 01.07.1977. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. — 8 с.
7. Коньяки и коньячные спирты. Метод определения метилового спирта : ГОСТ 13194-74. — Введ. 01.07.1977. — М. Стандартинформ, 2009. — 10 с.
8. Коньячные и плодовые спирты. Метод определения высших спиртов : ГОСТ 14138-76. — Введ. 01.07.1977. — М.: Стандартинформ, 2009. — 8 с.
9. Коньячные и плодовые спирты. Методы определения средних эфиров : ГОСТ 14139-76. — Введ. 01.01.1977. — М.: Стандартинформ, 2009. — 8 с.
10. Коньячные спирты. Метод определения фурфурола : ГОСТ 14352-73. Введ. — 01.01.1975. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. — 10 с.
11. Водка и спирт этиловый. Газохроматографический метод определения содержания токсичных микропримесей : ГОСТ 30536-97. — Введ. 01.01.1999. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. — 12 с.
12. Спирт этиловый-сырец из пищевого сырья. Газохроматографический метод определения содержания летучих органических примесей : ГОСТ 31684-2012. — Введ. 01.02.2016. — М.: Стандартинформ, 2013. — 16 с.
13. Спирт этиловый и спиртосодержащая продукция. Газохроматографический метод определения содержания кротонового альдегида (денатурирующей добавки) : ГОСТ 31811-2012. — Введ. 01.02.2015. — М.: Стандартинформ, 2019. — 12 с.
14. Напитки спиртные. Газохроматографический метод определения объемной доли метилового спирта : ГОСТ 33833-2016. — Введ. 01.01.2018. — М.: Стандартинформ, 2016. — 16 с.
15. Продукция винодельческая и сырье для ее производства. Газохроматографический метод определения массовой концентрации летучих компонентов : ГОСТ 33834-2016. — Введ. 01.04.2018. — М.: Стандартинформ, 2016. — 16 с.
16. Спирт этиловый технический синтетический ректификованный и денатурированный. Технические условия : ГОСТ Р 51999-2002. — Введ. 01.01.2004. — М.: Стандартинформ, 2018. — 28 с.

17. Спиртосодержащие отходы спиртового и ликероводочного производства. Газохроматографический метод определения содержания летучих органических примесей : ГОСТ Р 52363-2005. — Введ. 01.07.2006. — М.: Стандартинформ, 2009. — 24 с.
18. Спирт этиловый технический гидролизный ректификованный. Технические условия : ГОСТ Р 55878-2013. — Введ. 01.07.2018. — М.: Стандартинформ, 2014. — 20 с.
19. Продукты брожения и сырье для их производства. Газохроматографический метод определения массовой концентрации летучих компонентов : ГОСТ Р 57893-2017. — Введ. 01.01.2019. — М.: Стандартинформ, 2017. — 16 с.
20. Водка и спирт этиловый из пищевого сырья. Газохроматографический экспресс-метод определения содержания токсичных микропримесей : СТБ ГОСТ Р 51698-2001. — Введ. 01.11.2002. — Минск : Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2006. — 21 с.
21. Коньяки, дистилляты коньячные, бренди. Определение содержания альдегидов, эфиров и спиртов методом газовой хроматографии : ГОСТ 33408-2015. — Введ. 01.08.2016. — М.: Стандартинформ, 2016. — 20 с.
22. Determination of the principal volatile substances of spirit drinks of viti-vinicultural origin : OIV-MA-BS-14: R2009. — International Organization of Vine and Wine (OIV). Compendium of international methods of analysis of spirituous beverages of viti-vinicultural origin, 2004. — 21 p.
23. Gas Chromatographic Determination of Volatile Congeners in Spirit Drinks: Interlaboratory Study / J. Kelly [et al.] // J. AOAC Int. — 1999. — Vol. 82. — P. 1375–1388.
24. Использование основного компонента (растворителя) в качестве внутреннего стандарта при хроматографическом определении примесей / С.В. Черепица [и др.] // Журн. аналит. химии. — 2003. — Т. 58, №4. — С. 416–420.
25. Direct Determination of Volatile Compounds in Spirit Drinks by Gas Chromatography / S. Charapitsa [et al.] // J. Agric. Food Chem. — 2013. — Vol. 61, iss. 12. — С. 2950–2956.
26. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости градуировочного метода измерений : СТБ ИСО 5725-2-2002 — Введ. 01.07.2003. — Минск : Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2003. — 56 с.
27. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 3. Промежуточные показатели прецизионности градуировочного метода измерений : СТБ ИСО 5725-3-2002 — Введ. 01.07.2003. — Минск : Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2003. — 36 с.
28. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 4. Основные методы определения правильности градуировочного метода измерений : СТБ ИСО 5725-4-2002 — Введ. 01.07.2003. — Минск : Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2003. — 32 с.
29. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике : СТБ ИСО 5725-6-2002 — Введ. 01.07.2003. — Минск : Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2003. — 48 с.
30. Руководство ЕВРАХИМ «Пригодность аналитических методов для конкретного применения. Руководство для лабораторий по валидации методов и смежным вопросам» пер. с англ. / под ред. Б. Магнуссона и У. Эрнемарка, 2-е изд. — К.: ООО «Юрка Любченка», 2016. — 90 с.
31. Растворы водно-спиртовые. Методы определения концентрации этилового спирта : ГОСТ 3639-79. — Введ. 01.01.1982. — М.: Издательство стандартов, 1994. — 16 с.
32. Таблицы для определения объема и содержания этилового спирта в водно-спиртовых растворах. М. : ИПК Издательство стандартов, 1999.
33. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Метод определения объемной доли этилового спирта : ГОСТ 32095-2013. — Введ. 01.03.2016. — М.: Стандартинформ, 2014. — 8 с.
34. Руководство ЕВРАХИМ/СИТАК. Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях / пер. Р. Л. Кадиса, Г. Р. Нежиховского, В. Б. Симины; под ред. Л. А. Конопелько. — СПб.: ГП ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, 2002. — 149 с.
35. Технический отчет №1/2007. Пересмотр неопределенности измерения: альтернативные подходы по оцениванию неопределенности (на англ. языке). — 33 EUROLAB, 2007. — 62 с.
36. Interlaboratory study of ethanol usage as an internal standard in direct determination of volatile compounds in alcoholic products / S. Charapitsa [et al.] // BIO Web Conf. — 2019. — V. 15. — 8 P.

Информация об авторах

Соболенко Лидия Николаевна, младший научный сотрудник лаборатории аналитических исследований Института ядерных проблем БГУ; магистр химических наук; аспирант кафедры аналитической химии химического факультета БГУ (ул. Бобруйская, 11, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: lidia.sobolenko@gmail.com

Черепица Сергей Вячеславович, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории аналитических исследований Института ядерных проблем БГУ (ул. Бобруйская, 11, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: siarhei.charapitsa@gmail.com

Сытова Светлана Николаевна, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией аналитических исследований Института ядерных проблем БГУ (ул. Бобруйская, 11, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: s_sytova@mail.ru

Коваленко Антон Николаевич, старший научный сотрудник лаборатории аналитических исследований Института ядерных проблем БГУ (ул. Бобруйская, 11, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: anton@inp.bsu.by

Заяц Михаил Федорович, доктор химических наук; доцент, заведующий кафедрой аналитической химии БГУ (ул. Ленинградская, 14, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: zayats@bsu.by

Егоров Владимир Владимирович, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры аналитической химии БГУ (ул. Ленинградская, 14, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: egorvv@bsu.by

Лещев Сергей Михайлович, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры аналитической химии БГУ (ул. Ленинградская, 14, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: leschev.sergey54@gmail.com

Мельситова Инна Владимировна, кандидат химических наук, доцент, кафедры аналитической химии БГУ (ул. Ленинградская, 14, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: melsitava@bsu.by

Information about authors

Sabalenska Lidziya Nikolaevna, Junior Researcher of the Laboratory of Analytical Research of Institute for Nuclear Problems of Belarusian State University; M. Sc. (Chemistry), PhD student of the Department of Analytical Chemistry of BSU; (Bobruyskaya str., 11, 220006, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: lidia.sobolenko@gmail.com

Charapitsa Siarhei Viacheslavovich, PhD (Physics and mathematics), Leading Researcher of the Laboratory of Analytical Research of Institute for Nuclear Problems of Belarusian State University (Bobruyskaya str., 11, 220006, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: siarhei.charapitsa@gmail.com

Sytova Svetlana Nikolaevna, PhD (Physics and mathematics), Head of the Laboratory of Analytical Research of Institute for Nuclear Problems of Belarusian State University (Bobruyskaya str., 11, 220006, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: s_sytova@mail.ru

Kavalenka Anton Nikolayevich, Researcher of the Laboratory of Analytical Research of Institute for Nuclear Problems of Belarusian State University (Bobruyskaya str., 11, 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: anton@inp.bsu.by

Zayats Mikhail Fedorovich, Dr. (Chemistry), Associate Professor, Head of the Department of Analytical Chemistry of Belarusian State University (Leningradskaya str., 14, 220050, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: zayats@bsu.by

Egorov Vladimir Vladimirovich, Dr. (Chemistry), Professor, Professor of the Department of Analytical Chemistry of Belarusian State University (Leningradskaya str., 14, 220050, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: egorvv@bsu.by

Leshev Siarhei Michaylovich, Dr. (Chemistry), Professor, Professor of the Department of Analytical Chemistry of Belarusian State University (Leningradskaya str., 14, 220050, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: leschev.sergey54@gmail.com

Melsitava Ina Vladimirovna, PhD (Chemistry), Associate Professor of the Department of Analytical Chemistry of Belarusian State University (Leningradskaya str., 14, 220050, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: melsitava@bsu.by

УДК 663.813
https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4(58)-100-107

Поступила в редакцию 12.09.2022
Received 12.09.2022

А. Н. Лилишенцева¹, Д. К. Семенчукова², Н. В. Комарова²

¹*Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

²*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АУТЕНТИЧНОСТИ СОКОВ ФРУКТОВЫХ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ

Аннотация. В статье представлены результаты исследования аутентичности концентрированных фруктовых соков, поступающих в Республику Беларусь в качестве сырья для производства восстановленных соков и нектаров. В ходе анализа полученных результатов было выявлено, что показатели аутентичности в трех из десяти исследуемых соков не характерны для натурального сырья, из которого произведены соки. Установлено, что государственные стандарты, которыми руководствуются в Республике Беларусь на рынке соковой продукции, регламентируют требования к качеству и безопасности соков и не предусматривают оценку их аутентичности.

Ключевые слова: качество, безопасность, аутентичность, концентрированный сок, фруктовый сок, идентификация.

A. N. Lilishentseva¹, D. K. Semenchukova², N. V. Komarova²

¹*Educational Institution “Belarusian State Economic University”, Minsk, Republic of Belarus*

²*RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of
Belarus”, Minsk, Republic of Belarus*

RESEARCH OF INDICATORS OF AUTHENTICITY OF CONCENTRATED FRUIT JUICE

Abstract. The article presents the results of a study of the authenticity of concentrated fruit juices coming to the Republic of Belarus as raw materials for the production of reconstituted juices and nectar. During the analysis of the results obtained, it was revealed that the authenticity indicators in three of the ten studied juices are not characteristic of the natural raw materials from which the juices are made. It is established that the state standards that guide the juice products market in the Republic of Belarus regulate the requirements for the quality and safety of juices and do not provide for an assessment of their authenticity.

Key words: quality, safety, authenticity, concentrated juice, fruit juice, identification.

Введение. Физиологическая потребность в пищевых веществах — это необходимая совокупность алиментарных факторов для поддержания динамического равновесия между человеком как сформировавшимся в процессе эволюции биологическим видом и окружающей средой, направленная на обеспечение жизнедеятельности, сохранения и воспроизводства вида и поддержания адаптационного потенциала организма [1].

Соки содержат комплекс пищевых и биологически активных веществ, необходимых человеку, и позволяют частично восполнять существующий недостаток фруктов и овощей в питании.

Основными критериями потребительской ценности фруктовых соков является приближенность к исходному сырью по органолептическим свойствам и пищевой ценности, а также отсутствие в них веществ, не свойственных свежему сырью. С этой точки зрения идеальным следует считать сок, полностью сохранивший в процессе изготовления и хранения

наиболее ценные в пищевом отношении компоненты сырья и обладающий всей полнотой положительных органолептических свойств.

На внутренний рынок Республики Беларусь сок поставляется в виде готовой фасованной продукции либо в виде концентрированных соков, которые в последствии доводят до необходимых органолептических и физико-химических показателей.

Существующие современные технологии производства соков могут обеспечить соответствие природного состава фруктов и произведенных из них соков, т.е. сохранение полезных свойств используемого сырья, однако некоторые производители нацелены на получение большей прибыли за счет снижения качества изготавливаемой продукции.

Кроме стандартизированных показателей качества и безопасности соковой продукции, существуют критерии, определяющие аутентичность соков. Данные критерии не являются обязательными, однако их определение показывает добросовестность производителей.

Аутентичность продукции — неотъемлемая составная часть качества пищевой продукции, определяемая совокупностью физико-химических и биологических показателей, абсолютные количественные значения и интервалы, изменения которых обоснованы природными свойствами сырья и допустимым технологическим воздействием при получении готовых пищевых продуктов.

В странах Европейского союза разработан ряд нормативных документов, устанавливающих критерии качества и подлинности соковой продукции:

- ♦ Richtwerte und Schwankungsbreiten bestimmter Kennzahlen fuer Fruchtsaeft e und Nectare. R.S.K. (Рекомендуемые значения и интервалы колебаний определенных показателей фруктовых соков и нектаров), Германия.

- ♦ Качественный сборник A.F.N.O.R — Association Francaise de Normalisation (Французская ассоциация по стандартизации), Франция.

- ♦ Autenticity Criteria (Кодекс критериев аутентичности), Нидерланды.

- ♦ CODEX STAN 247-2005 (содержит ряд идентификационных показателей и методы их анализа, разработан Комиссией Codex Alimentarius).

- ♦ Свод правил для оценки качества фруктовых и овощных соков (AIJN Code of Practice) Европейской ассоциации производителей фруктовых соков (далее — Свод правил AIJN).

Свод правил AIJN представляет собой справочное руководство, содержащее спектр показателей, характеризующих как базовые требования к качеству соков, которые должны рассматриваться как обязательные для всех соков, реализуемых в странах Европейского союза, а также характеризующие аутентичность сока. Указанные диапазоны этих показателей отражают обычные природные и технологические колебания.

Целью проводимых исследований являлось установление соответствия показателей аутентичности и безопасности фруктовых концентрированных соков основным международным критериям.

Объектами исследований служили фруктовые концентрированные соки (апельсиновый, яблочный, ананасовый, виноградный, грушевый) различных производителей. Испытания концентрированных соков проводили после разбавления их дистиллированной водой до минимально допустимого уровня для восстановленных соков, установленного приложением 2 к ТР ТС 023/2011.

Методы исследований. При проведении исследований использовались стандартные методы анализа: метод потенциометрического титрования, метод высокоэффективной жидкостной хроматографии, метод ферментативного анализа, фотометрический метод, метод атомно-абсорбционной спектроскопии, рефрактометрический метод.

Результаты исследований и их обсуждение. В соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного союза «Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей» ТР ТС 023/2011 добавление в соки сахаров, сахарных растворов или сиропов (сахароза, декстроза безводная, глюкоза, фруктоза) допускается в целях корректировки вкуса в количестве не более чем 1,5 % от массы готовой продукции и не может осуществляться в целях замещения растворимых сухих веществ сока. Добавление сахара или сахаров в соки из фруктов, предназначенных для детского питания, не допускается [2]. Для сравнения в странах Европейского союза действует Директива 2001/112/ЕС, касающаяся фруктовых соков и некоторых аналогичных продуктов, предназначенных для употребления в пищу человеком, которая не допускает добавление сахаров во все виды фруктовых соков [3].

Таким образом, как европейское законодательство, так и законодательство Евразийского экономического союза (ЕАЭС) ограничивает использование добавленных сахаров при производстве фруктовых соков. Основной вклад в углеводный состав и в растворимые сухие

вещества (Brix) фруктовых соков составляют природные сахара самих фруктов, а именно фруктоза, глюкоза и сахароза.

Показатель Brix используется и для определения кода ТН ВЭД при назначении тарифной ставки таможенной пошлины. Данный показатель может быть сфальсифицирован недобросовестными производителями путем добавления сахара в разбавленные соки. Количественное определение сахаров имеет решающее значение при идентификации фруктовых соков.

Исходя из этого в исследуемых соках было определено содержание сахаров методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Результаты представлены в табл. 1 с учетом пересчета на массовые доли растворимых сухих веществ, нормируемые в стандарте для соответствующих соков.

Таблица 1. Содержание сахаров в исследуемых образцах фруктовых концентрированных соков
Table 1. Sugar content in the studied samples of fruit concentrated juices

Наименование сока	Страна производства	Массовая концентрация, г/дм ³					
		Глюкоза		Фруктоза		Сахароза	
		Фактическое значение	Рекомендуемое значение [4]	Фактическое значение	Рекомендуемое значение [4]	Фактическое значение	Рекомендуемое значение [4]
Сок апельсиновый (образец №1)	Израиль	35,50	20-35	25,36	20-35	50,76	10-50
Сок яблочный (образец №2)	Азербайджан	33,30	15-35	36,01	45-85	24,36	5-30
Сок яблочный (образец №3)	Израиль	20,28		63,78		23,61	
Сок ананасовый (образец №4)	Израиль	55,08	15-40	39,62	15-40	40,76	25-80
Сок ананасовый (образец №5)	Азербайджан	43,91		28,63		77,26	
Сок красного винограда (обр. №6)	Израиль	23,94	60-110	51,27	60-110	120,07	следы
Сок красного винограда (обр. №7)	Израиль	104,58		74,23		—	
Сок белого винограда (образец №8)	Израиль	109,15		73,95		—	
Сок белого винограда (образец №9)	Израиль	106,44		72,58		—	
Сок грушевый (образец №10)	Российская Федерация	47,08	10-35	33,31	50-90	69,79	до 15

Примечание: «-» — полученное значение ниже предела обнаружения метода.

Анализ результатов, представленных в табл. 1, показывает, что четыре образца исследуемых соков (сок яблочный — образец №2; сок ананасовый — образец №4; сок красного винограда — образец №6; сок грушевый — образец №10) имеют количественный состав сахаров, не характерный для натуральных соков соответствующих наименований. В образце №2 яблочного сока соотношение глюкозы и фруктозы составило 0,9, при этом соотношении, превосходящее 0,5, может свидетельствовать о добавлении сахаристых ингредиентов, содержащих большое количество глюкозы, однако точное заключение можно сделать только после более полного исследования. В образце ананасового сока №4 соотношение глюкозы и фруктозы составило 1,4, что гораздо выше значения, присущего для натурального продукта (0,8–1,25), и может указывать на нарушение технологии производства, а именно на избыточное использование при производстве сердцевины плода. Аналогичная ситуация наблюдается и в соке ананасовом (образец №5), хотя концентрация сахаров в данном образце находится в рекомендуемых диапазонах. В образце №6 сока из красного винограда установлено высокое количество сахарозы при низком содержании фруктозы и глюкозы, что может свидетельствовать о добавлении сахара в сок. В образце грушевого сока отмечено высокое содержание сахарозы и повышенное содержание глюкозы, что может указывать на добавление в сок сахаристых ингредиентов.

Не следует оставлять без внимания то, что присутствие добавленного сахара и последующая термическая обработка соков может спровоцировать образование оксиметилфурфура (ОМФ). Принимая во внимание то, что реакция Майяра, представляющая собой сложный многоступенчатый и разветвленный процесс взаимодействия углеводов с аминокислотами, одним из побочных продуктов которой является оксиметилфурфурол, можно предположить, что формальное число, характеризующее содержание в соке свободных аминокислот, которое является одним из наиболее сложных подделываемых показателей, идентифицирующим продукцию, будет изменяться в обратной зависимости от накопления ОМФ (рис. 1).

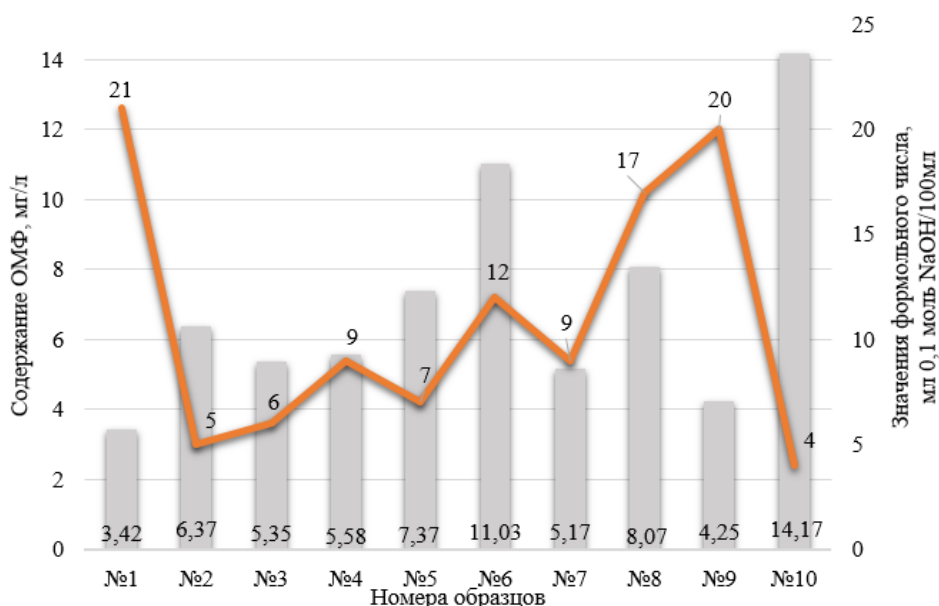


Рис. 1. Результаты исследования содержания оксиметилфурфурола и значений формольного числа в фруктовых концентрированных соках
 Fig. 1. The results of the study of the content of oxymethylfurfural and the values of the formol index in fruit concentrated juices

Полученные результаты по показателю «содержание оксиметилфурфурола» сравнивались с допустимым значением, регламентируемым в ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и указанным в Своде правил АИЖН, которое составляет не более 10 мг/кг для апельсиновых соков и не более 20 мг/кг для остальных видов соков.

Содержания ОМФ во всех десяти образцах находилось в пределах 2,7–15 мг/дм³ и не превышало установленную норму. Наибольшее содержание ОМФ 15 мг/ дм³ было выявлено в образце грушевого сока (образец №10).

Следует отметить, что данные соки не подвергались вторичному высокотемпературному нагреву, как это происходит в промышленных условиях при производстве восстановленных соков перед розливом в потребительскую упаковку.

Результаты, полученные при определении значений формольного числа, сравнивали в пределах групп, сформированных в зависимости от вида сырья, используемого при производстве сока, так как диапазоны значений сформированы в Своде правил АИЖН отдельно для каждого вида сока, а именно: для апельсиновых соков — 15–26 см³ 0,1 моль NaOH/100 см³; для яблочных соков — 3–10 см³ 0,1 моль NaOH/100 см³; для виноградных соков — 10–30 см³ 0,1 моль NaOH/100 см³; для ананасовых соков — 8–20 см³ 0,1 моль NaOH/100 см³; для грушевых соков — 2–17 см³ 0,1 моль NaOH/100 см³.

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

- ♦ значение формольного числа сока из красного винограда (образец №7) незначительно выходит за минимальную границу, что может свидетельствовать об использовании перезрелого сырья;
- ♦ в ананасовом соке (образец №5) значение формольного числа незначительно меньше рекомендуемого уровня, а у образца ананасового сока №4 значение находится вблизи нижней границы, что позволяет предполагать об избыточном использовании при производстве воды и/или центральной части плода, что коррелирует с результатами определения содержания сахаров.

Соки имеют большое значение в системе рационального питания человека, в то же время потребление продуктов с повышенной кислотностью негативно сказывается на функционировании организма. Кислотные и щелочные продукты должны употребляться сбалансировано.

Титруемая кислотность непосредственно влияет на вкус сока. Однако основываясь исключительно на ее значении нельзя сформировать вывод о степени сладости продукта.

В мировой практике используется такой показатель как sugar-acid ratio или сахарокислотный индекс, представляющий собой отношение растворимых сухих веществ к массовой доли

титруемых кислот. Данный показатель напрямую связан со вкусом фруктов: вначале созревания он является низким, т.к. содержание сахаров низкое, а кислот — высокое, а к концу созревания заметно увеличивается.

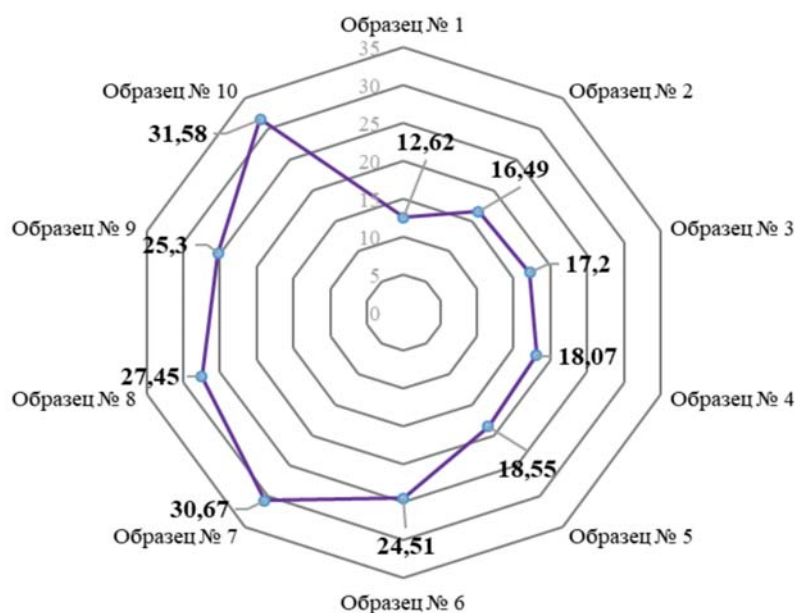


Рис. 2. Результаты расчета коэффициента sugar-acid ratio для каждого образца
 Fig. 2. Results of calculation of the sugar-acid ratio for each sample

Таблица 2. Содержание органических кислот в исследуемых образцах фруктовых соков
 Table 2. The content of organic acids in the studied samples of fruit juices

Наименование сока	Массовая концентрация кислоты, г/дм ³							
	винной		L-яблочной		уксусной		лимонной	
	Фактическое значение	Рекомендуемое значение [4]	Фактическое значение	Рекомендуемое значение [4]	Фактическое значение	Рекомендуемое значение [4]	Фактическое значение	Рекомендуемое значение [4]
Сок апельсиновый (образец № 1)	—	—	0,48	0,8-3,0	0,32	Не более 0,4	8,21	6,3-17,0
Сок яблочный (образец № 2)	—	—	4,46	Не менее 3,0	—		—	0,05-0,15
Сок яблочный (образец № 3)	—	—	3,35		—		0,03	
Сок ананасовый (образец № 4)	—	—	2,34	1,0-4,0	0,14		5,74	3,0-11,0
Сок ананасовый (образец № 5)	—	—	0,37		0,07		5,43	
Сок красного винограда (обр. № 6)	0,08	2,0-7,0	3,75	2,0-7,0	—		1,95	Не более 0,5
Сок красного винограда (обр. № 7)	0,75		0,67		—			
Сок белого винограда (образец № 8)	0,15		5,11		—			
Сок белого винограда (образец № 9)	0,08		5,03		—		0,06	
Сок грушевый (образец № 10)	—	—	0,23	0,8-4,0	—		1,89	Не более 4,0

Примечание: «—» — полученное значение ниже предела обнаружения метода.

Анализ результатов, отраженных на рис. 2, позволил предположить, что образцы № 1– 5 имеют умеренно кислый вкус, а образцы № 7 и № 10 — самый сладкий вкус из всех. Однако вкус образцов оценивался не в сравнении всех десяти образцов, а попарно в каждой группе, сформированной по составу сырья.

Исходя из этого можно выдвинуть следующие предположения: образец апельсинового сока № 1 будет казаться самым кислым; а образец № 2 будет более кислым по сравнению с образцом № 3; образцы № 4 и № 5 по степени кислотности различаться практически не будут; образцы виноградного сока № 6 и № 9 будут казаться кислее, чем образцы № 7 и № 8 соответственно; образец грушевого сока № 10 будет иметь самый сладкий вкус.

Вкусовые свойства фруктовых соков обусловлены также и количественным соотношением органических кислот. Доминирующей нелетучей органической кислотой в семечковых фруктах является L-яблочная кислота, в цитрусовых — лимонная, в винограде — винная. В табл. 2 представлены результаты исследования содержания органических кислот в исследуемых фруктовых соках.

Анализ полученных данных (таблица 2) позволил сделать следующие выводы:

- ♦ в образцах концентрированных фруктовых соков — апельсиновый (образец № 1), ананасовый (образец № 5), сок красного винограда (образец № 7), грушевый сок (образец № 10) содержание L-яблочной кислоты находится ниже предела, характерного для натурального одноименного сырья, что может свидетельствовать как об особенностях используемого сырья, так и о нарушении технологии производства сока;
- ♦ низкое значение винной кислоты во всех исследуемых виноградных соках вероятно связано с осаждением солей винной кислоты в процессе производства концентрированного сока;
- ♦ в соке из красного винограда (образец № 6) установлено высокое значение лимонной кислоты (1,95 г/дм³), что не соответствует предельно допустимому уровню, характерному для винограда и свидетельствует о добавлении лимонной кислоты.

Таблица 3. Значения содержания макроэлементов в исследуемых образцах
Table 3. The values of the content of macronutrients in the studied samples

Наименование сока	Массовая концентрация, мг/дм ³									
	кальция		магния		фосфора		калия		натрия	
	Фактическое значение	Рекомендуемое значение [4]	Фактическое значение	Рекомендуемое значение [4]	Фактическое значение	Рекомендуемое значение [4]	Фактическое значение	Рекомендуемое значение [4]	Фактическое значение	Рекомендуемое значение [4]
Сок апельсиновый (образец № 1)	105,7	60-150	79,3	70-160	113,2	115-210	1426,2	1300-2500	55,3	Не более 30
Сок яблочный (образец № 2)	11,1	30-120	14,7	40-75	29,1	40-75	438,1	900-1500	6,2	
Сок яблочный (образец № 3)	48,9		46,2		70,2		1043,1		17,7	
Сок ананасовый (образец № 4)	51,2	50-250	47,1	70-250	84,5	50-150	1167,3	900-2000	54,4	
Сок ананасовый (образец № 5)	55,1		62,8		91,6		855,0		16,4	
Сок красного винограда (образец № 6)	28,6	100-250	27,2	75-150	37,1	80-180	595,4	850-2000	4,3	
Сок красного винограда (образец № 7)	67,1		125,1		181,9		1116,5		175,5	
Сок белого винограда (образец № 8)	117,9		122,9		53,3		870,4		15,5	
Сок белого винограда (образец № 9)	118,2		121,2		55,9		775,1		12,3	
Сок грушевый (образец № 10)	10,7	35-130	3,6	45-95	3,8	65-200	61,2	1000-2000	4,7	

Важным критерием оценки аутентичности соков служит содержание отдельных макроэлементов и их соотношение. В совокупности с другими факторами анализ содержания макроэлементов позволяет выдвигать предположения о нарушениях технологии производства, разбавлении водой или особенностях используемого сырья.

В результате анализа полученных результатов (табл. 3) было отмечено следующее:

- ♦ значения ниже предела присущего природным особенностям соответствующего сырья одновременно по нескольким основным макроэлементам (кальций, магний, фосфор и калий) в 3-х образцах фруктовых соков — яблочный (образец №2), сок из красного винограда (образец №6), грушевый (образец №10) — свидетельствует о нарушении технологии производства, а именно о разбавлении соков;

- ♦ в образце №5 ананасового сока содержание магния и калия ниже рекомендуемых пределов, а значение содержания кальция лежит в нижнем диапазоне, при этом содержание натрия не превышает рекомендуемый уровень. Это может указывать на использование для производства сока большого количества сердцевины плода или экстракта из кожуры;

- ♦ в образце №7 сока из красного винограда значение содержания кальция ниже указанной рекомендуемой минимальной границы, а значение содержания натрия практически в 6 раз превышает максимальный уровень, что может свидетельствовать о разбавлении сока и применении неразрешенных технологий обработки.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что государственные стандарты, которыми руководствуются в Республике Беларусь, регламентируют требования к качеству и безопасности соков на рынке соковой продукции и не предусматривают оценку их аутентичности.

Основными международными критериями оценки натуральности/подлинности соковой продукции являются такие показатели, как содержание органических кислот, сахаров, макроэлементов, оксиметилфурфурола, формальное число, аминокислотный состав.

В ходе анализа полученных результатов было выявлено, что показатели аутентичности в трех из десяти исследуемых соков не характерны для натурального сырья, из которого произведены соки. В соках яблочном (образец №2, страна производства Азербайджан), из красного винограда (образец №6, страна производства Израиль), грушевом (образец №10, страна производства Российская федерация) установлены низкие концентрации макроэлементов, что свидетельствует о разбавлении сока. Фальсификация указанных образцов подтверждается также результатами исследования сахаров и органических кислот. Высокое содержание сахарозы в образце сока из красного винограда (образец №6) и грушевом соке (образец №10) свидетельствует о добавлении в соки сахара либо иных сахаросодержащих ингредиентов. В соке из красного винограда (образец №6) зафиксировано также высокое содержание лимонной кислоты, в количестве, не характерном для натурального виноградного сока, что противоречит, в том числе требованиям ТР ТС 023/2011 «Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей».

Следует отметить, что исследуемые в данной работе концентрированные соки — это соки, поступающие в Республику Беларусь в качестве сырья для производства восстановленных соков и нектаров, в том числе для питания детей. Отсутствие в Республике Беларусь системы оценки подлинности соковой продукции не гарантирует аутентичность продукции, выпускаемой отечественными производителями, что требует разработки и внедрения механизмов эффективного контроля для предотвращения попадания на потребительский рынок фальсифицированной продукции.

Список использованных источников

1. Нутриом как направление «главного удара»: определение физиологических потребностей в макро- и микронутриентах, минорных биологически активных веществах пищи / В. А. Тутельян, Д. Б. Никитюк, А. К. Батурин [и др.] // Вопросы питания [Электронный ресурс]. — 2020. — №4. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/nutriom-kak-napravlenie-glavnogo-udara-/viewer>. — Дата доступа: 10.08.2022.
2. Евразийская экономическая комиссия // Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей: ТР ТС 023/2011 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: . — Дата доступа: 10.08.2022.
3. Директива Совета европейских сообществ от 20 декабря 2001 года (2001/112/ЕС) «О фруктовых соках и некоторых подобных продуктах, предназначенных для питания» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu>. — Дата доступа: 10.08.2022.

4. Свод правил для оценки качества фруктовых и овощных соков AIN (Европейская ассоциация производителей фруктовых соков). Перевод на русский язык — Некоммерческая организация «Российский союз производителей соков» (РСПС) — М.: Планета. — 2019. — 224 с.
5. *Лилишенцева, А. Н.* Фальсификация цитрусовых соков/ А. Н. Лилишенцева, К. В. Боровая // Пищевая промышленность: наука и технология. — 2021. — Т 14. — №3(53). — С 71–78.

Информация об авторах

Лилишенцева Анна Николаевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров УО «Белорусский государственный экономический университет» (ул. Свердлова, 7, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: lilishenceva@yandex.by

Семенчукова Диана Константиновна, эксперт группы организации испытаний и обеспечения качества продуктов питания Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: rkik-npc@mail.ru

Комарова Наталья Викторовна, кандидат технических наук, начальник Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: rkik-npc@mail.ru

Information about authors

Lilishentseva Anna Nikolaevna, PhD (Engineering), assistant professor, Associate Professor of the Department of Commodity Science and Expertise of Goods of the EI “Belarusian State Economic University” (7 Sverdlova st., 220030, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: lilishenceva@yandex.by

Semenchukova Dziana Konstantinovna, expert of the testing organization and food quality assurance group of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety 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: rkik-npc@mail.ru

Komarova Natalia Viktorovna, PhD (Engineering), the head of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety 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: rkik-npc@mail.ru

УДК 664.34:637.144
https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4(58)-108-118

Поступила в редакцию 15.11.2022
Received 15.11.2022

А. Н. Никитенко¹, А. М. Мазур², Д. В. Савенок¹, С. А. Ламоткин¹, З. Е. Егорова¹

¹Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К ОКИСЛЕНИЮ КУПАЖЕЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХРУСТЯЩЕГО КАРТОФЕЛЯ

Аннотация. Хрустящий картофель активно вошел в число потребляемых продуктов современного человека. Пищевая ценность обжаренных продуктов обусловлена содержанием полиненасыщенных жирных кислот (далее ПНЖК) групп ω -3 и ω -6, относящихся к эссенциальным веществам в питании человека. Оптимальное соотношение потребления ω -3 и ω -6 жирных кислот для поддержания здоровья людей должен быть на уровне 1 : (3–5). Обжаривание картофеля в маслах приводит к протеканию процесса окисления, поэтому важным является повышение устойчивости к окислению купажей растительных масел с оптимальным соотношением ω -3 и ω -6 жирных кислот в процессе термической обработки. Цель работы — разработать купажи на основе растительных масел со сбалансированным соотношением ПНЖК и повышенной устойчивостью к окислению путем добавления экстракта розмарина и смеси токоферолов для производства хрустящего картофеля. Перед испытаниями в разработанные купажи на основе растительных масел, кукурузное и льняное — 70 : 30 (мас.%), кукурузное и рыжиковое — 60 : 40 (мас.%), добавляли антиокислители экстракт розмарина (30 мг/100 г) и смесь токоферолов (80 мг/100 г). Предварительно подготовленный картофель обжаривали при температуре $(135 \pm 5)^\circ\text{C}$. В чипсах из сырого картофеля исследовали органолептические показатели, массовую долю влаги и массовую долю жира. Сенсорный анализ купажей растительных масел включал оценку цвета, вкуса и запаха. Окислительные процессы в маслах при обжаривании оценивали по изменению перекисного и кислотного числа. Установлено, что лучшая способность к замедлению процесса окисления купажей растительных масел с оптимизированным составом ω -3 и ω -6 жирных кислот до 2,5 раз наблюдалась при добавлении смеси токоферолов. Разработанные купажи растительных масел с оптимизированным составом ω -3 и ω -6 жирных кислот на основе кукурузного и рыжикового, кукурузного и льняного масел с добавлением антиокислителей могут быть использованы в качестве нагревающей среды для производства хрустящего картофеля, соответствующего требованиям качества.

Ключевые слова: купажи растительных масел, окисление липидов, полиненасыщенные жирные кислоты, антиокислители, линоленовая кислота, хрустящий картофель

A. N. Nikitenko¹, A. M. Mazyr², D. V. Savenok¹, S. A. Lamotkin¹, Z. E. Egorova¹

¹Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus

INVESTIGATION OF THE RESISTANCE TO OXIDATION OF BLENDS OF VEGETABLE OILS FOR CRISPY POTATO PRODUCTION

Abstract. Crispy potatoes are actively included in the number of consumed products of modern man. The nutritional value of fried foods is determined by the content of polyunsaturated fatty acids of the ω -3 and ω -6 groups, which are essential substances in human nutrition. The optimal level of consumption of ω -3 and ω -6 fatty acids to maintain human health should be at the level of 1 : (3–5). Frying potatoes in oils leads to the oxidation process, so it is important to increase the resistance to oxidation of blends of vegetable oils with an optimal ratio of ω -3 and ω -6 fatty acids during heat

treatment. The aim of the work is to develop blends based on vegetable oils with a balanced ratio of PUFAs and increased resistance to oxidation by adding rosemary extract and a mixture of tocopherols for the production of crispy potatoes. Before testing, the developed blends based on vegetable oils, corn and linseed - 70 : 30 (wt.%), corn and camelina - 60 : 40 (wt.%), were added with antioxidants rosemary extract (30 mg/100 g) and a mixture of tocopherols (80 mg/100 g). The pre-prepared potatoes were fried at a temperature of $(135 \pm 5)^\circ\text{C}$. Organoleptic parameters, mass fraction of moisture and mass fraction of fat were studied in raw potato chips. Sensory analysis of blends of vegetable oils included an assessment of color, taste and smell. Oxidative processes in oils during frying were evaluated by changes in peroxide and acid numbers. It has been established that the best ability to slow down the process of oxidation of blends of vegetable oils with an optimized composition of ω -3 and ω -6 fatty acids up to 2.5 times was observed with the addition of a mixture of tocopherols. The developed mixtures of vegetable oils with an optimized composition of ω -3 and ω -6 fatty acids based on corn and camelina, corn and linseed oils with the addition of antioxidants can be used as a heating medium for cooking crispy potatoes that meet the quality requirements.

Key words: vegetable oil blends, BAFS, lipid oxidation, polyunsaturated fatty acids, antioxidants, linolenic acid, crisp

Введение. Хрустящий картофель являются пищевым продуктом активно вошедшим в культуру потребления современного человека и используется для быстрого утоления голода, перекуса между основными приемами пищи. Наибольшей популярностью чипсы пользуется у молодежной аудитории, детей и очень занятых людей, что связано с особыми сенсорными впечатлениями: сочетание консистенции и мягкого обволакивающего ощущения во рту (восприятие масла) [1, 2].

Для переработки растительного сырья на хрустящий картофель предусмотрены различные виды тепловой обработки: бланширование, жарка, сушка (конвективная, ИК, микроволновая и др.). Перспективные научные исследования в области производства хрустящего картофеля направлены на предпочтительный выбор различных видов растительных масел для обжарки [1, 3].

Пищевая ценность обжаренного продукта обусловлены рядом факторов, среди которых особая роль принадлежит сырью и применяемым для жарки растительным маслам, которые являются источником ω -3, ω -6, ω -9 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). Научно доказана роль полиненасыщенных жирных кислот как эссенциальных веществ в питании человека, профилактике и лечении ряда заболеваний и состояний. Данные свойства ПНЖК связаны с количеством и соотношением ω -3, ω -6 ПНЖК. Для поддержания оптимального уровня ПНЖК необходимо потреблять ω -3, ω -6 в соотношении 1:(5–10), а для профилактики ряда заболеваний — 1 : (3–5) [4–6].

Многочисленные исследования нутрициологов указывают на несбалансированное потребление ПНЖК населением, включая уязвимые группы (дети, люди пожилого возраста, страдающие различными видами заболеваний). Путь решения проблемы нехватки физиологических функциональных ингредиентов в питании человека заключается в создании купажей растительных масел с оптимизированным составом жирных кислот [7–9]. Однако область применения масел ограничивается, так как известно, что в их состав входят ненасыщенные жирные кислоты, которые подвергаются окислению при воздействии кислорода воздуха. Химические изменения происходят в положении двойных связей и их скорость приближительно соотносится со степенью ненасыщенности, содержанием линоленовой ($\text{C}_{18:3}$), линолевой ($\text{C}_{18:2}$), олеиновой ($\text{C}_{18:1}$). Окисление масел приводит к образованию перекисей, гидроперекисей, которые переходят в карбонильные соединения и в дальнейшем полимеризуются. Эти процессы активируются при повышении температуры, присутствии кислорода воздуха и влаги продукта, приводя к ухудшению качества и сокращению сроков годности из-за изменения цвета и появления неприятного вкуса и запаха [10].

Для решения данной проблемы при производстве растительных масел добавляют синтетические антиокислители: пропилгаллат (E310), трет-бутилгидроксихинон (E319), бутилксианизол (E320), бутилгидрокситолуол (E321) и др. В частности, пропилгаллат обладает низкой термостойкостью и приводит появлению темного окрашивания продукта при обжаривании. Бутилксианизол обладает сильным фенольным запахом, который может отчетливо проявляться при нагревании растительного масла в тонком слое и изменять общее представление о аромате продукта. Также в присутствии высокого количества ионов натрия и калия масло, содержащее E319 и E320, может приобретать розовые оттенки. Бутилгидрокситолуол обладает слабой температурной устойчивостью и способен темнеть

в присутствии ионов железа. Имеющиеся научные данные указывают на токсичность ряда синтетических антиоксидантов и ограничивают массовое их применение в пищевой промышленности [11, 12].

Для стабилизации растительных масел также применяют растительные экстракты: горчичного порошка, черного байхового чая, зеленого чая, листьев нанди, лавра, лимонника, расторопши и др., создавая термостабильные композиции масел [13].

Известно, что хорошими антиоксидантными свойствами обладают токоферолы (витамин E), за счет регулирования интенсивности свободно-радикальных реакций. Для ряда растительных масел после технологической обработки (рафинация, отбеливание, дезодорация) содержания токоферолов оказывается достаточно, чтобы обеспечить оптимальную стабильность растительных масел [12].

Одной из основных операций производства хрустящего картофеля является обжарка продукта в растительных маслах. Процесс также широко используется в общественном питании для изготовления жареных изделий из овощей (хрустящего картофеля и др.), орехов, теста, рыбы, мяса, птицы. Исследования по изучению термического окисления растительных масел и их купажей представлены в [14]. Однако существует потребность в оценке купажей растительных масел с оптимизированным составом ПНЖК для использования их в качестве среды для нагрева картофельных пластин при обжарке. Процесс окисления растительных масел будет зависеть от образования продуктов окисления и состава сырья. Поэтому весьма важным является повышение устойчивости к окислению купажей растительных масел с оптимальным соотношением ПНЖК в процессе тепловой обработки пищевых продуктов.

Цель работы — разработать купажи на основе растительных масел со сбалансированным соотношением ПНЖК и повышенной устойчивостью к окислению путем добавления экстракта розмарина и смеси токоферолов для производства хрустящего картофеля.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- 1) создать купажи растительных масел с оптимальным соотношением ПНЖК и с добавлением экстракта розмарина и смеси токоферолов;
- 2) исследовать окислительную устойчивость разработанных купажей растительных масел с оптимальным соотношением ПНЖК путем обжарки сырого картофеля;
- 3) изучить показатели качества хрустящего картофеля и масел после обжарки.

Методы исследований. Результаты ранее проведенных исследований показали, что наибольшей устойчивостью к окислению обладают купажи на основе кукурузного масла. Для оптимизации состава ω -3 и ω -6 жирных кислот кукурузного рафинированного дезодорированного масла применяли льняное (высшего сорта, нерафинированное) масло и рыжиковое (пищевое, нерафинированное) масло. Данные масла не только содержат ω -3 жирные кислоты на уровне 40–60%, но и применяются в лечебно-профилактическом питании, при лечении заболеваний желудочно-кишечного тракта и диетическом питании, обладают бактерицидным, ранозаживляющим, антигельминтным действием [14].

Состав жирных кислот растительных масел исследовали газохроматографическим методом на приборе «Хроматэк Кристалл 5000», оснащенном ПИД-детектором, кварцевой капиллярной колонкой длиной 100 м, диаметром 0,25 мм, с нанесенной фазой — цианопропилфенилполисилоксан, газ-носитель — азот, объем вводимой пробы — 1 мкл (см. табл. 1). Метилирование жирных кислот осуществляли по ГОСТ 31665 [15].

Анализ состава и содержания жирных кислот проводили по ГОСТ 30418 [16]. Для этого готовили раствор метилата натрия в метаноле молярной концентрации 2 моль/дм³. В стаканчике с точностью до 0,01 г взвешивали 2,7 г метилата натрия. В мерную колбу вместимостью 25 см³ наливали 10–12 см³ абсолютного метанола и растворяли в нем метилат натрия. Полученный раствор перемешивали, охлаждали до комнатной температуры и доливали абсолютным метанолом до метки. Далее взвешивали 0,1±0,02 г жировой фазы продукта в пробирке и растворяли в 2,0 см³ гексана. В полученный раствор пипеткой вносили 0,1 см³ раствора метилата натрия в метаноле молярной концентрации 2 моль/дм³, закрывали пробирку пробкой. После перемешивания в течение 2 мин смесь отстаивали 5 мин и верхний слой, содержащий метиловые эфиры, фильтровали через бумажный фильтр. 0,1 до 2 мм³ раствора метиловых эфиров жирных кислот, приготовленных из испытуемой пробы, отбирали и вводили в колонку.

Также проводили измерение стандартной смеси компонентов FAME Mix, SUPELCO в изотермических условиях, идентичных условиям измерения метиловых эфиров жирных кислот испытуемой пробы, и измеряли объемы удерживания метиловых эфиров жирных кислот.

Таблица 1. Условия определения жирных кислот методом газовой хроматографии
Table 1. Conditions for the determination of fatty acids by gas chromatography

Наименование параметра, ед. изм.	Значение параметра
Объем вводимой пробы, мкл	1
Газ-носитель	Азот
Расход газа, мл/мин	17
Температура испарителя, °С	250
Колонка, длина, м	капиллярная кварцевая, 100
- внутренний диаметр, мм;	0,25
- толщина пленки, мкм	5
Детектор	ПВД
Температура детектора, °С	160

Идентифицировали пики метиловых эфиров жирных кислот испытуемой пробы по графикам, применяя метод внутренней нормализации, т.е. предполагали, что общая площадь пиков всех компонентов испытуемой пробы составляет 100 %, с использованием программного обеспечения Unichrome®.

Массовую долю метилового эфира жирных кислот вычисляли по формуле 1.

$$X_i = \frac{A_i}{\sum A_i} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где A_i — площадь пика метилового эфира жирной кислоты, мм²; $\sum A_i$ — сумма площадей всех пиков метиловых эфиров жирных кислот, мм². Вычисление проводили с точностью до второго десятичного знака, с последующим округлением до первого десятичного знака.

После определения состава жирных кислот растительных масел, основываясь на полученных данных, проводили расчет количества компонентов каждого из масел на основе решения системы из двух уравнений:

$$\frac{m_a \cdot c_a^1 + m_b \cdot c_b^1}{m_a \cdot c_a^2 + m_b \cdot c_b^2} = 10, \quad (2)$$

$$m_a + m_b = 1, \quad (3)$$

где m_a, m_b — масса растительного масла, кг; c_a^1, c_b^1 — концентрация линолевой кислоты в растительном масле a , масс.%; c_a^2, c_b^2 — концентрация α -линоленовой кислоты в растительном масле b , масс.%;

На основании расчетов составили купажи растительных масел в соотношениях: кукурузное и льняное — 70 : 30 (мас.%), кукурузное и рыжиковое — 60 : 40 (мас.%), обеспечивающих содержание ω -3 и ω -6 ПНЖК (линоленовой и линолевой жирных кислот) 1 : (3–5). Для этого проводили ступенчатое смешивание масел при скорости 200 об/мин, добавляя по 1/20 компонента от рассчитанных количеств. Купажи растительных масел укупоривали в атмосфере азота и хранили до проведения исследований. Экстракт розмарина в количестве 30 мг/100 г и смесь токоферолов — 80 мг/100 г добавляли перед испытаниями.

Для оценки влияния термической обработки продукта и факторов окружающей среды на процессы, протекающих при нагревании купажей масел, подготавливали образцы хрустящего картофеля, для изготовления которого выбирали сырье, соответствующее ГОСТ 26832 и Регламенту Комиссии (EU) 2017/2158 [17, 18]. Картофель хранили при температуре не выше 6 °С. Для испытаний отбирали пробы продукта с содержанием редуцирующих сахаров менее 1,5 %.

Картофель мыли, очищали, нарезали в виде пластин толщиной 2 мм, которые промывали и бланшировали при температуре (75–85) °С, подсушивали и обжаривали при температуре (135 ± 5) °С до золотисто-желтого цвета.

В хрустящем картофеле исследовали: массовую долю влаги по ГОСТ 33977, массовую долю жира — ГОСТ 8756.21 [19, 20]. Сенсорный анализ растительных масел, купажей на их основе и хрустящего картофеля проводили, основываясь на восприятии органами чувств комиссией в составе пяти обученных испытателей. При проведении органолептической оценки

смесей растительных масел с оптимизированным составом ПНЖК использовали 5-балльную шкалу, исследуя цвет в проходящем и отраженном свете на белом фоне, вкус при температуре не ниже 40 °С, запах при температуре не ниже 50 °С, основываясь на требованиях, изложенных в ГОСТ 5472, СТБ ИСО 6564, ГОСТ ISO 11037 и Постановлении Министерства торговли и Министерства здравоохранения Республики Беларусь [21, 24].

Окислительные процессы в купажах растительных маслах при обжаривании оценивали по изменению значений показателей перекисного числа по СТБ ГОСТ Р 51487 [25], кислотного числа — ГОСТ 31933 [26] и общему содержанию продуктов термического окисления — СТБ 985 [27]. Пробы для испытаний отбирали после проведения цикла обжаривания предварительно бланшированного картофеля до золотисто-желтого цвета, не допуская избыточного потемнения хрустящего картофеля.

Все испытания проведены с применением статистической математической обработки полученных данных, расхождение между результатами независимых единичных измерений не превысило доверительную вероятность 0,95 % и допустимые установленные пределы методов.

Результаты исследований и их обсуждение. Качество и характеристики купажей растительных масел с оптимальным соотношением ПНЖК в процессе изготовления продукции важны для поддержания здоровья и самочувствия людей, особенно тех, кто регулярно включают жиросодержащие продукты в состав традиционных, лечебных и спортивных рационов питания, а также в виде продуктов функционального назначения. Исследования показали, что ПНЖК стимулируют снижения потребления пищи, им также принадлежит доминирующая роль в клеточной, иммунной, гормональной функциях организма. ω -3 ПНЖК подавляют выработку провоспалительных нейромедиаторов и образуют противовоспалительные простагландины, препятствуют скоплению в крови тромбоцитов, усиливают функции мозга и оказывают сосудорасширяющее действие и иммуномоделирующий эффект (укрепление слабой иммунной системы и успокоение гиперактивной иммунной системы, вследствие ревматизма, бронхиальной астмы и др.), блокируют пути распространения мутации при раке толстой кишки, молочной железы и простаты, снижают инсулинорезистентность [7, 8].

Ряд исследований указывает на то, что потребление жиров, содержащих от 12 до 18 атомов углерода в молекулярной цепи, составляет более 95 % от общего потребления, в число которых входят и ПНЖК. Группа исследователей Национального института здоровья США установили, что избыточное потребление ω -6 ПНЖК повышает риск развития инфаркта миокарда и смерти от ишемической болезни сердца. Simoroulos A.P. показал, что дисбаланс в потреблении ω -3 и ω -6 ПНЖК вызывает проявление депрессий, насилия и оказывает колоссальный вред организму человека [28]. ω -6 ПНЖК из рафинированных растительных масел снижает биодоступность в организме ω -3 ПНЖК и тормозит конверсию альфа-линоленовой кислоты в активную форму докозагексаеновой и эйкозапентаеновой кислот на 40 %. Диета современного человека содержит 1 : (10 –25) ω -3 и ω -6 ПНЖК (линоленовой и линолевой жирных кислот), тогда как баланс потребления — 1 : (3–5) способствует здоровью кишечной микрофлоры, эластичности клеточных стенок и другим уже приведенным выше полезным эффектам. Более 70 % жителей современных, промышленно развитых стран испытывают недостаток в потреблении омега-3 ПНЖК — альфа-линоленовой кислоты, основным источником которой является жирная рыба и растительные масла (льняное и рыжиковое). Состав жирных кислот растительных масел и купажей, на их основе с оптимизированным составом ω -3 и ω -6, представлен в табл. 2.

Таблица 2. Жирнокислотный состав растительных масел и их купажей
Table 2. Fatty acid composition of vegetable oils and their blends

Группа жирных кислот	Содержание жирных кислот, мас. %				
	кукурузное	льняное	рыжиковое	кукурузно-льняной купаж (70:30)	кукурузно-рыжиковый купаж (60:40)
Сумма насыщенных (пальмитиновая и стеариновая)	11,5	9,5	7,7	7,7	6,3
Ненасыщенные:					
олеиновая (ω -9)	43,0	19,8	15,9	32,2	32,9
линолевая (ω -6)	32,5	17,0	17,8	45,1	40,1
α -Линоленовая (ω -3)	2,0	51,0	35,7	15,0	10,1
Соотношение ω -3 : ω -6	1:16	3:1	2:1	1:3	1:4

Как видно из представленных данных оптимальное соотношение ω -3 : ω -6 ПНЖК было обнаружено в купажах на основе кукурузного и льняного масел (70 : 30), кукурузного и рыжикового (60 : 40), в которые перед обработкой картофеля добавляли антиокислители — экстракт розмарина (30 мг/100 г) и смесь токоферолов (80 мг/100 г). Картофельные пластины обжарили до достижения показателей качества хрустящего картофеля, представленных в табл. 3.

Результаты исследований изменения физико-химических показателей растительных масел (перекисного и кислотного чисел) в процессе обжарки предварительно подготовленных картофельных пластин представлены на рис. 1–4.

Таблица 3. Показатели качества хрустящего картофеля
Table 3. Crispy potato quality indicators

Наименование показателя	Значение показателя
Органолептические показатели:	
- внешний вид	Пластины круглой и овальной формы толщиной 1,5–2 мм.
- вкус и запах	Свойственный обжаренному в масле картофелю
- консистенция	Хрустящая, пористая, жесткая, с корочкой, характерной для обжаренных в масле продуктов
- цвет	от золотисто-желтого до кремового
Химические показатели:	
Массовая доля влаги, %	1±0,3
Массовая доля жира, %	37±5

Образование первичных продуктов окисления в разработанных растительных маслах отражено на рис. 1–2.

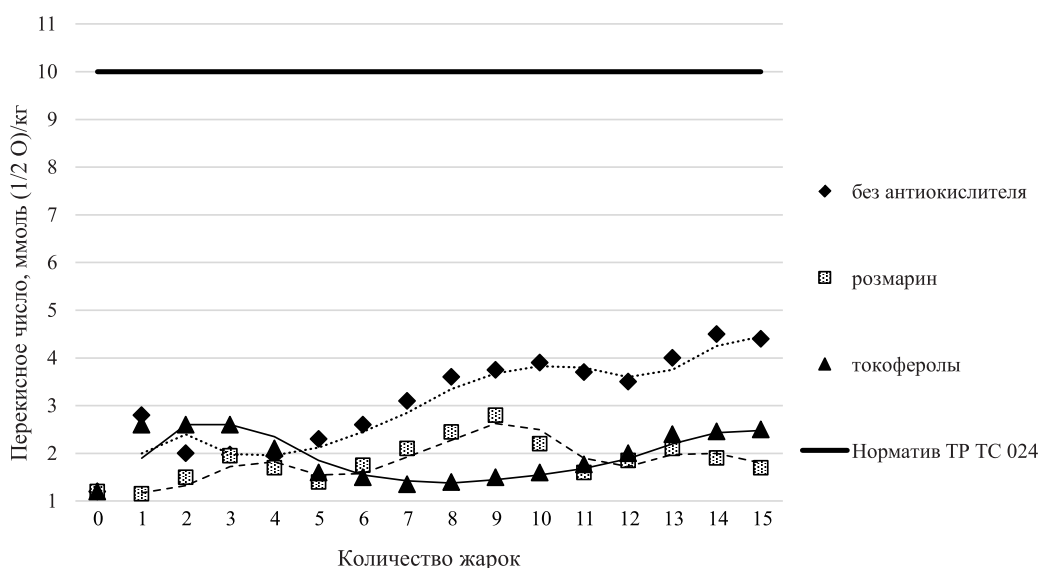


Рис. 1. Изменение перекисного числа купажей на основе кукурузного и льняного масел
Fig. 1. Variation of the peroxide number of blends based on corn and linseed oil

Как видно из полученных данные (рис. 1), наиболее интенсивное (в 2,5 раза) образование перекисных соединений происходило в маслах на основе кукурузного и льняного без добавления антиокислителя. Изменение содержание перекисей в исследуемых маслах варьировало от 1,2 до 4,5 мэкв/кг, в зависимости от использованного антиокислителя и не превысило предельно установленной величины (10 мэкв/кг) за период испытаний.

Экспериментальные данные, представленные на рис. 2, свидетельствуют о активном накоплении (в 2,5 раза) перекисных соединений при продолжительной обжарке предварительно обработанных и подготовленных картофельных пластин в купажах на основе кукурузного и рыжикового масел без добавления антиокислителя. Следует отметить, что внесение смеси токоферолов уменьшало (от 10 до 70%) содержание перекисей и тормозило процесс термического окисления масел по сравнению с добавлением экстракта розмарина.

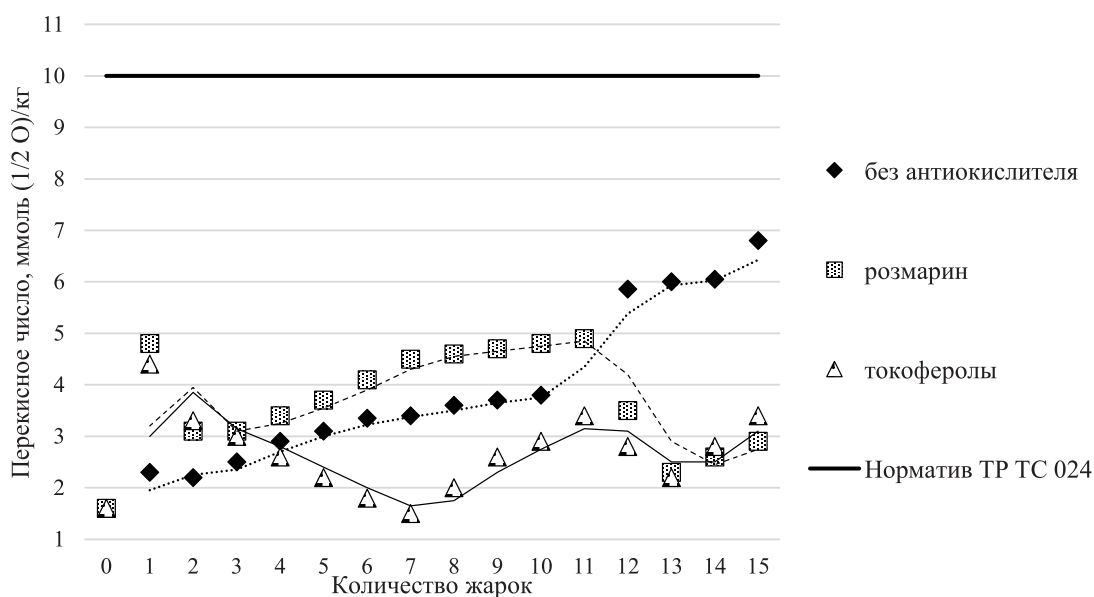


Рис. 2. Изменение перекисного числа купажей на основе кукурузного и рыжикового масел
 Fig. 2. Variation of the peroxide number of blends based on corn and camelina oil

Результаты исследований изменения кислотного числа разработанных купажей растительных масел с оптимизированным составом ω -3 и ω -6 ПНЖК в процессе обжарки картофельных пластин представлены на рис. 3 и 4.

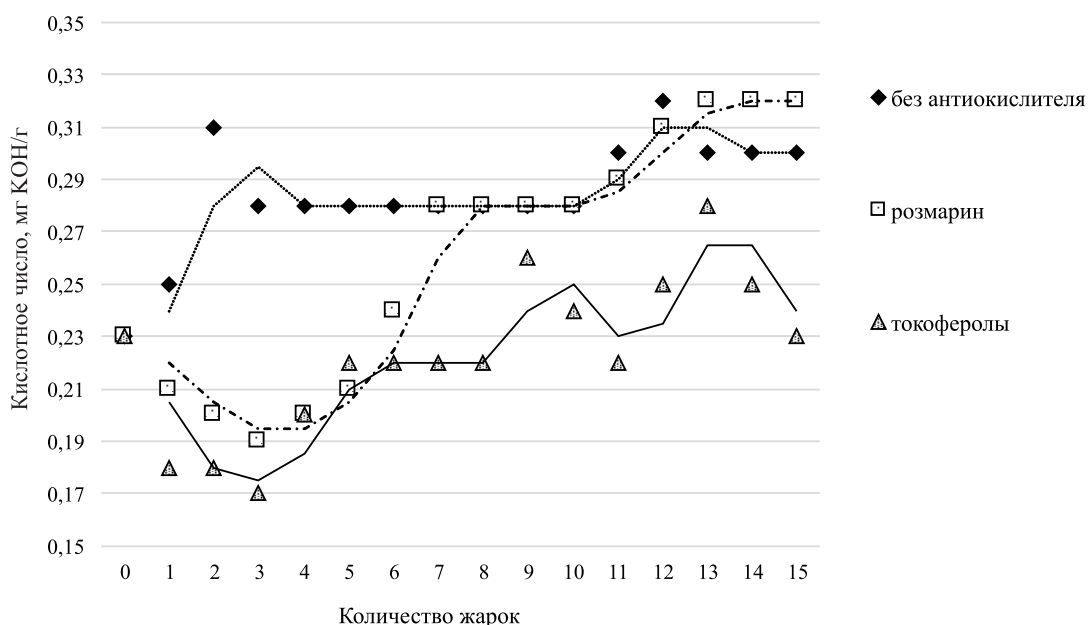


Рис. 3. Изменение кислотного числа купажей на основе кукурузного и льняного масел
 Fig. 3. Variation of the acid number of blends based on corn and linseed oil

Анализ полученных данных (рис. 3 и 4) указывает на то, что кроме образования первичных продуктов окисления липидов, далее происходит появление карбонильных соединений. Наибольшей устойчивостью к образованию данных соединений в процессе обжарки картофельных пластин показали купажи на основе кукурузного-рыжикового (в 1,4 раза) и кукурузного-льняного (в 1,5 раза) масел при добавлении смеси токоферолов. Внесение экстракта розмарина существенно не снизило и привело к росту значения кислотного числа на 13

жарке для купажа на основе кукурузного и льняного масел и (7 — 13) для купажа на основе кукурузного и рыжикового масел.

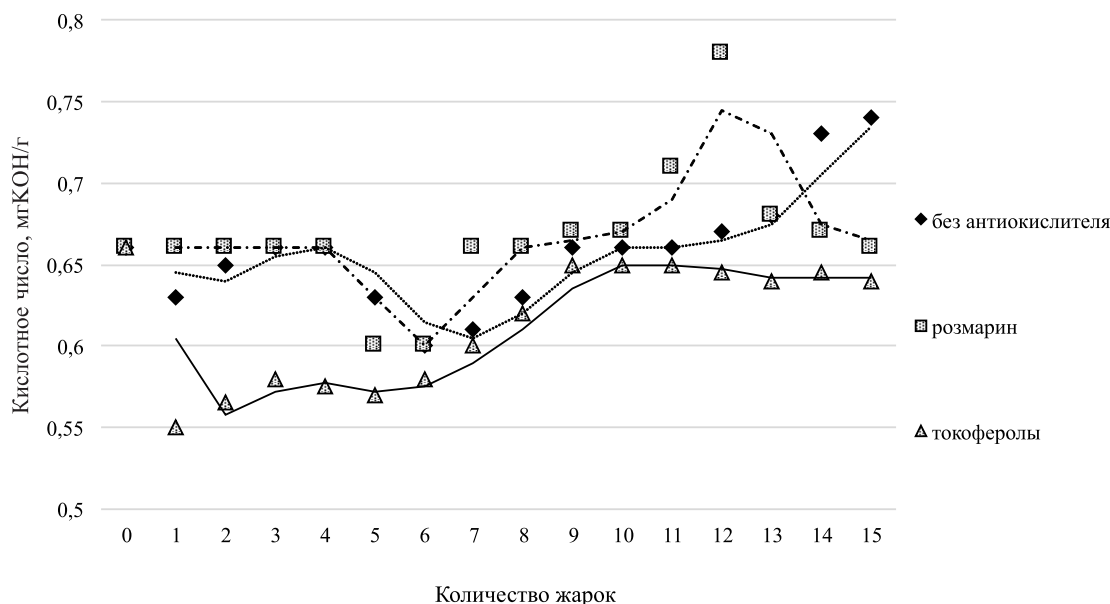
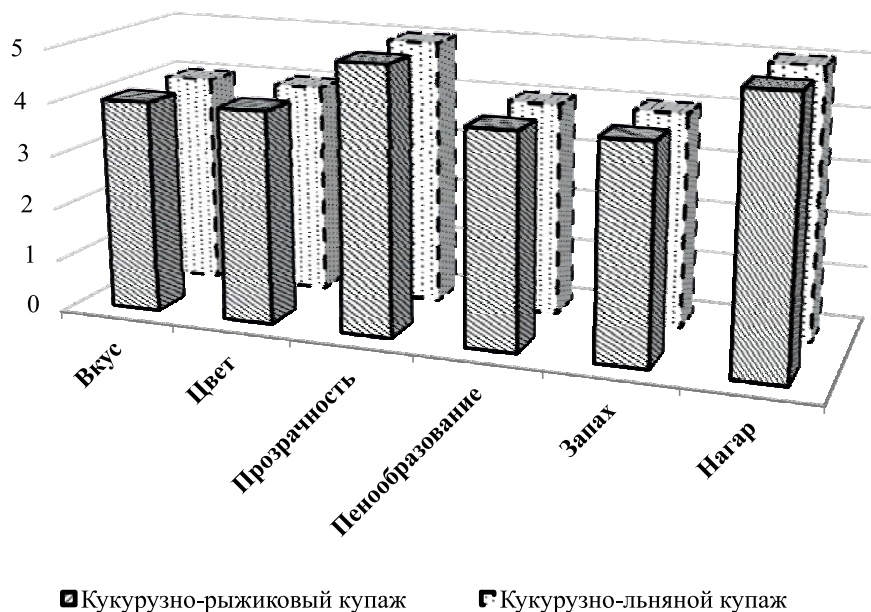


Рис. 4. Изменение кислотного числа купажей на основе кукурузного и рыжикового масел
 Fig. 4. Variation of the acid number of blends based on corn and camelina oil

После проведенных циклов обжарки картофельного сырья разработанные смеси растительных масел соответствовали требованиям технического регламента ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию» и другим нормативным документам и содержали менее 1 % продуктов термического окисления [29–31].

Далее выполнили органолептическую оценку разработанных купажей растительных масел по показателям: цвет в проходящем и отраженном свете на белом фоне, вкус при температуре не ниже 40°C, запах при температуре не ниже 50 °C (см. рис. 5).



■ Кукурузно-рыжиковый купаж ■ Кукурузно-льняной купаж

Рис. 5. Органолептическая оценка купажей растительных масел с добавлением смеси токоферолов после жарки
 Fig. 5. Organoleptic evaluation of blends of vegetable oils after frying with the addition of a mixture of tocopherols

Наилучшие значения исследуемых показателей были получены для купажей с оптимальным составом ω -3 и ω -6 ПНЖК на основе кукурузного масла с добавлением смеси токоферолов. Смеси масел характеризовались прозрачностью, золотисто-желтым цветом, посторонний запах продуктов термического распада жиров был выражен слабо, образование пены соответствовало норме, частицы нагара не образовывались.

Использование купажей растительных масел с оптимизированным составом ПНЖК и повышенной устойчивостью к окислению для изготовления хрустящего картофеля, способствует потреблению ω -3 и ω -6 жирных кислот на рекомендуемом уровне 1 : (3–5). Включение разработанных купажей растительных масел в рацион питания людей позволит частично решить проблему нехватки ПНЖК семейства ω -3 с целью удовлетворения физиологических потребностей человека в основных пищевых веществах и энергии.

Заключение. Таким образом, были разработаны купажи на основе кукурузного масла с добавлением льняного (70 : 30 (мас. %)) и рыжикового (60 : 40 (мас. %)), которые обладают повышенной устойчивостью к окислению за счет внесения экстракта розмарина (30 мг/100 г) и смеси токоферолов (80 мг/100 г), которые могут быть использованы для производства хрустящего картофеля.

Проведена оценка окислительной устойчивости купажей растительных масел путем обжаривания обработанных картофельных пластин. На основе результатов исследования органолептических, физико-химических показателей установлено, что лучшая способность к предотвращению и замедлению процесса окисления купажей растительных масел с оптимизированным составом ПНЖК до 2,5 раз была отмечена при добавлении смеси токоферолов.

Разработанные купажи растительных масел с оптимизированным составом ω -3 и ω -6 ПНЖК на основе кукурузного и рыжикового, кукурузного и льняного масел с добавлением антиокислителей могут быть использованы в качестве нагревающей среды для изготовления хрустящего картофеля, соответствующего требованиям качества.

Список использованных источников

1. *Никитенко, А. Н.* Технология чипсов из яблок, районированных на территории Республики Беларусь: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.18.01 / А.Н. Никитенко; Могилевский государственный университет продовольствия. — Минск, 2014. — 26 с.
2. *Шлоссер, Э.* Нация фастфуда / Э. Шлоссер; пер. с англ. А. Логвинской. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. — 304 с.
3. *Мазур, А. М.* Машины и оборудование для переработки картофеля (монография) / А.М. Мазур. — М.: Полимаг, 1999. — 372 с.
4. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. — 36 с.
5. Санитарные нормы и правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения для различных групп Республики Беларусь», утв. постановлением Мин-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 20 ноября 2012 г. №180, с изм., утв. постановлением Мин-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 16 ноября 2015 г. №111. [Электронный ресурс] / Респ. центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, Мин-во здравоохранения Республики Беларусь. — Минск, 2015. — Режим доступа : <http://www.rcheph.by>. — Дата доступа : 05.04.2019.
6. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), утв. Решением Комиссии таможенного союза от 28 мая 2010 года №299. (с изм., 21 мая 2019 г. №78). — Режим доступа: www.eaeunion.org. — Дата доступа : 24.05.2019.
7. *Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation.* FAO Food and Nutrition. Paper 91. Rome: United Nations Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2010. — 166 p.
8. *Назаров, П. Е.* Полиненасыщенные жирные кислоты как универсальные эндогенные биорегуляторы // П.Е. Назаров, Г.И. Мягков, Н.В. Гроза // Вестник МИТХТ. Химия и технология лекарственных препаратов и биологически активных соединений. — 2009. — Т.4. №5. — С. 3–19.

9. *Гузик, Е. О.* Гигиеническая оценка факторов риска неинфекционных заболеваний у школьников / Е.О. Гузик // *Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Респ. науч.-практ. центр гигиены, Бел. науч. о-во гигиенистов ; редкол.: Л.В. Половинкин (гл. ред.) [и др.]. — Вып. 20. — Минск: ГУ «Республиканская научная медицинская библиотека», 2012. — С. 162–168.*
10. *Пищевая инженерия : энциклопедия систем жизнеобеспечения / под ред. Г. В. Барбосы-Кановаса. — М.: ЮНЕСКО, 2007. — 847 с.*
11. *Пищевая химия / А.П. Нечаев [и др.]. — СПб.: ГИОРД, 2001. — 592 с.*
12. *Жировые продукты для здорового питания. Современный взгляд / Л.Г. Ипатова [и др.]. — М.: ДеЛи принт, 2009. — 396 с.*
13. *Способ стабилизации жиров и масел: патент №12261. ВУ, МПК С 11В 5/00 / З.В. Василенко, А.М. Смагин, Д.А. Смагин; заявка №а20070078; заявитель Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия». — заявл. 29.01.2007; опубл. 30.08.2007 // Национальный центр интеллектуальной собственности.*
14. *Никитенко, А. Н.* Исследование влияния термообработки на окислительную устойчивость купажей растительных масел в различных средах / А.Н. Никитенко, С.А. Ламоткин, М.И. Леснева, А.В. Стрибуть, В.О. Мартинчик, Г.Н. Ильина // *Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. — Минск: БГТУ, 2019. — №1 (217). — С. 54-61.*
15. *Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот: ГОСТ 31665–2012. — Введ. 01.02.2015. — Минск: Госстандарт, 2015. — 12 с.*
16. *Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава: ГОСТ 30418–96. — Введ. 01.01.1998. — Минск: Межгосуд. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. — 5 с.*
17. *Картофель свежий для переработки на продукты питания. Технические условия: ГОСТ 26832–86. — Введ. 01.06.1987. — Минск: Госстандарт, 2017. — 8 с.*
18. *2017/2158/EU «Регламент Комиссии (ЕУ) 2017/2158 от 20 ноября 2017 г., учреждающий меры снижения уровня загрязнения и уровни контроля для сокращения присутствия акриламида в пищевых продуктах». утв. Решением Комиссии ЕС от 20.11.2017 г. №883. — Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32017R2158>. — Дата доступа: 24.10.2022.*
19. *Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения общего содержания сухих веществ: ГОСТ 33977–2016. — Введ. 01.10.2018. — Минск: Госстандарт, 2018. — 18 с.*
20. *Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения жира: ГОСТ 8756.21–89. — Введ. 01. 07.1990. — Минск: Госстандарт, 2011. — 12 с.*
21. *Масла растительные. Определение запаха, цвета и прозрачности: ГОСТ 5472–50. — Введ. 01. 11.1950. — Минск: Госстандарт, 2010. — 8 с.*
22. *Органолептический анализ. Методология. Методы профильного анализа флейвора: СТБ ИСО 6564–2007. — Введ. 01.07.2007. — Минск: Госстандарт, 2007. — 12 с.*
23. *Органолептический анализ. Руководство по оценке цвета пищевых продуктов: ГОСТ ISO 11037–2013. — Введ. 01.03.2016. — Минск: Госстандарт, 2014. — 20 с.*
24. *Об утверждении и введении в действие «Методических указаний по лабораторному контролю качества продукции в общественном питании»: постановление Министерства Торговли Респ. Беларусь и Министерства Здравоохранения Респ. Беларусь, 29 апр. 2001 г., №18/29 // ЭТАЛОН. Законодательство Респ. Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2022.*
25. *Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа: СТБ ГОСТ Р 51487–2001. Введ. 01.11.2002. — Минск: Госстандарт, 2002. — 12 с.*
26. *Масла растительные. Методы определения кислотного числа: ГОСТ 31933–2012. Введ. 01.02.2012. — Минск: Госстандарт, 2012. — 12 с.*
27. *Пирожки, пончики и пончики с начинкой. Общие технические условия: СТБ 985–95. — Введ. 01.10.1995. — Минск: Госстандарт, 2010. — 30 с.*
28. *Флек, А.* Жиры против углеводов. Книга-компас о том, как правильные жиры из продуктов «расплавляют» нездоровые жиры в организме и возвращают стройность и здоровье / А. Флек. — М.: Эксмо, 2021. — 352 с.
29. *ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию». утв. Решением Комиссии ТС от 9.12.2011 г. №883. — Режим доступа: www.eaeunion.org. — Дата доступа: 24.05.2019.*

30. 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 М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 21 июня 2013 г. №52 [Электронный ресурс] / Респ. центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья. Министерство здравоохранения Респ. Беларусь. — Минск, 2013. — Режим доступа: <http://www.rcheph.by>. — Дата доступа: 04.05.2019.

Информация об авторах

Никитенко Анастасия Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: dennast9@mail.ru

Мазур Анатолий Макарович, доктор технических наук, профессор кафедры технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр-т Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: 6557206@mail.ru.

Савенок Дана Васильевна, студентка учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: danielllsavenok@mail.ru.

Ламоткин Сергей Александрович, кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: jossby@rambler.ru.

Егорова Зинаида Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: egorovaze@mail.ru.

Information about authors

Nikitenko Anastasia Nikolaevna, PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Physical and Chemical Methods for Products Certification of the Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: dennast9@mail.ru.

Mazur Anatoly Makarovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair of technologies and technical support of agricultural products processing of the educational establishment "Belarusian State Agrarian Technical University" (Nesavisimosti Avenue, 99, 220023, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: 6557206@mail.ru.

Savenok Dana Vasilevna — student of the Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: danielllsavenok@mail.ru..

Lamotkin Sergey Aleksandrovich, PhD (Chemistry), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Physical and Chemical Methods for Products Certification of the Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: jossby@rambler.ru.

Egorova Zinaida Evgenievna, PhD (Engineering), docent, Assistant Professor, the Department of Physical and Chemical Methods for Products Certification of the Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: egorovaze@mail.ru.