

ISSN 2414-9845 (Online)

ISSN 2410-0242 (Print)

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Том 13, № 1, 2026

Научно-теоретический и практический журнал
Издается с 2014 года

Главный редактор

Д. И. Фролов, канд. техн. наук, доцент
Пензенский государственный технологический
университет, Пенза, Россия

Зам. главного редактора

А. А. Курочкин, д-р техн. наук, профессор
Пензенский государственный технологический
университет, Пенза, Россия

Редакционная коллегия:

- А. М. Зимняков**, канд. хим. наук, доцент
Пензенский государственный университет,
Пенза, Россия;
- В. М. Зимняков**, д-р экон. наук, профессор
Пензенский государственный аграрный
университет, Пенза, Россия;
- А. И. Купреенко**, д-р техн. наук, профессор
Брянский государственный аграрный университет,
Брянск, Россия;
- В. И. Курдюмов**, д-р техн. наук, профессор
Ульяновская государственная сельскохозяйственная
академия имени П. А. Столыпина, Ульяновск, Россия;
- О. Н. Кухарев**, д-р техн. наук, профессор
Пензенский государственный аграрный
университет, Пенза, Россия;
- В. А. Милюткин**, д-р техн. наук, профессор
Самарский государственный аграрный
университет, Кинель, Россия;
- В. Ф. Некрашевич**, д-р техн. наук, профессор
Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия;
- А. Н. Омаров**, канд. техн. наук, доктор философии
Западно-Казахстанский инновационно-
технологический университет, Уральск, Казахстан;
- С. В. Чекайкин**, канд. техн. наук, доцент
Пензенский государственный технологический
университет, Пенза, Россия;
- Г. В. Шабурова**, канд. техн. наук, доцент
Пензенский государственный технологический
университет, Пенза, Россия

Адрес редакции:

Фролов Дмитрий Иванович
г. Пенза, ул. Антонова, д.26 к.209
E-mail: surr@itit58.ru, surr@bk.ru
Сайт: <https://itit58.ru>
Издается 4 раза в год

Журнал «Инновационная техника и технология»
индексируется в РИНЦ (<http://www.elibrary.ru>),
Google Scholar, ICI World of Journals,
DOAJ (<https://doaj.org/toc/2410-0242>), AGRIS.

© Фролов Д. И., 2026

INNOVATIVE MACHINERY AND TECHNOLOGY

Volume 13, Issue 1, 2026

Scientific theoretical and practical journal
Issued since 2014

Editor-in-Chief

D. I. Frolov, candidate of technical sciences,
associate professor
Penza State Technological University, Penza, Russia

Deputy-chief editor

A. A. Kurochkin, doctor of technical sciences, professor
Penza State Technological University, Penza, Russia

Editorial board members:

- A. M. Zimnyakov**, cand. of chemical sciences,
assoc. professor
Penza State University, Penza, Russia;
- V. M. Zimnyakov**, doctor of economic sciences,
professor
Penza State Agrarian University, Penza, Russia;
- A. I. Kupreenko**, doctor of technical sciences,
professor
Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia;
- V. I. Kurdyumov**, doctor of technical sciences, professor
Ulyanovsk State Agricultural Academy
in honor of P.A. Stolypin, Ulyanovsk, Russia;
- O. N. Kuharev**, doctor of technical sciences,
professor
Penza State Agrarian University, Penza, Russia;
- V. A. Milutkin**, doctor of technical sciences,
professor
Samara State Agrarian University, Kinel, Russia;
- V. F. Nekrashevich**, doctor of technical sciences, professor
Ryazan State Agrotechnological University
Named After P.A. Kostychev, Ryazan, Russia;
- A. N. Omarov**, cand. of technical sciences, PhD
West Kazakhstan Innovative
and Technological University, Uralsk, Kazakhstan;
- S. V. Chekaykin**, cand. of technical sciences,
associate professor
Penza State Technological University, Penza, Russia;
- G. V. Shaburova**, candidate of technical sciences,
associate professor
Penza State Technological University, Penza, Russia

The editorial office address:

Dmitry Ivanovich Frolov
Penza, st. Antonov 26-209
E-mail: surr@itit58.ru, surr@bk.ru
website: <https://itit58.ru>
Issued 4 times a year

“Innovative machinery and technology”
indexed in the RSCI (<http://www.elibrary.ru>),
Google Scholar, ICI World of Journals,
DOAJ (<https://doaj.org/toc/2410-0242>), AGRIS.

© Frolov D. I., 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Перспективы расширения ассортимента мучных кондитерских изделий с использованием фруктового и плодово-ягодного сырья <i>Баженова Е.Д., Гарькина П.К.</i>	7
Обзор технологий кулинарной продукции на основе рыбного сырья с целью создания новых продуктов <i>Бочкарёва З.А., Орнелла Насра</i>	11
Съедобные столовые приборы как устойчивая альтернатива пластиковым изделиям: обзор предметного поля <i>Бурак Л.Ч., Сапач А.Н.</i>	20
Перспективы применения кукурузной муки в мучных кондитерских изделиях <i>Зотова Е.В., Гарькина П.К.</i>	44
Физико-химическое обоснование и технологические параметры получения поликомпонентной пищевой добавки на основе овощной фасоли <i>Курочкин А.А., Новикова О.А.</i>	48
Обоснование рациональной технологии пищевой добавки на основе семян калины <i>Курочкин А.А., Новикова О.А., Поляков А.В.</i>	54
Экструзионная технология в производстве готовых к употреблению снековых продуктов <i>Фролов Д.И., Алмакаев Р.Р.</i>	61
Оптимизация режимов экструзии кукурузной крупы <i>Фролов Д.И., Алмакаева Е.А.</i>	68
Использование соевых отрубей в качестве заменителя жира в рецептуре безглютенового печенья <i>Чибирева А.В., Фролов Д.И.</i>	74

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Классификация теплового оборудования предприятий общественного питания <i>Курочкин А.А., Липенгольц В.М.</i>	79
Метод автоматизированного анализа пористой структуры экструдатов с использованием OpenCV <i>Тришкин Н.А., Фролов Д.И.</i>	85
Интеграция вакуумной камеры в одношнековый экструдер для термовакuumной обработки экструдатов <i>Фролов Д.И., Моторин В.В.</i>	91
Автоматизированные склады для мясопродуктов <i>Шабаетов Р.Р., Зимняков В.М.</i>	95

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Современное производство сыров в России <i>Зимняков В.М.</i>	104
Обратная связь с покупателями торговой сети «Магнит» как фактор формирования ее конкурентоспособности <i>Курочкин А.А., Липенгольц В.М.</i>	111
Анализ условий и факторов развития молочнопродуктового подкомплекса <i>Липявский А.П., Зимняков В.М.</i>	117
Органическое производство продукции в России: экономические и экологические аспекты <i>Назаркина Ю.А., Фролов Д.И.</i>	123

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

<i>Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей</i>	129
<i>Требования к оформлению статьи</i>	129

CONTENTS

FOOD TECHNOLOGY

Prospects for expanding the range of flour confectionery products using fruit and berry raw materials <i>Bazhenova E.D., Garkina P.K.</i>	7
A review of fish-based culinary product technologies for novel product developments <i>Bochkareva Z.A., Ornella Nasra</i>	11
Edible cutlery as a sustainable alternative to plastic products: A field review <i>Burak L.Ch., Sapach A.N.</i>	20
Prospects for using corn flour in flour confectionery products <i>Zotova E.V., Garkina P.K.</i>	44
Physical and chemical justification and technological parameters for obtaining a multi-component food additive based on vegetable beans <i>Kurochkin A.A., Novikova O.A.</i>	48
Justification of a rational technology for a food additive based on viburnum seeds <i>Kurochkin A.A., Novikova O.A., Polyakov A.V.</i>	54
Extrusion technology in the production of ready-to-eat snack products <i>Frolov D.I., Almakaev R.R.</i>	61
Optimization of corn groat extrusion modes <i>Frolov D.I., Almakaeva E.A.</i>	68
The use of soy bran as a fat substitute in the gluten-free cookie recipe <i>Chibireva A.V., Frolov D.I.</i>	74

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

Classification of thermal equipment of public catering enterprises <i>Kurochkin A.A., Lipengolts V.M.</i>	79
A method for automated analysis of the porous structure of extrudates using OpenCV <i>Trishkin N.A., Frolov D.I.</i>	85
Integration of a vacuum chamber into a single-screw extruder for thermal vacuum treatment of extrudates <i>Frolov D.I., Motorin V.V.</i>	91
Automated warehouses for meat products <i>Shabaev R.R., Zimnyakov V.M.</i>	95

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF AGRICULTURE

Modern production of cheeses in Russia <i>Zimnyakov V.M.</i>	104
Feedback from Magnit customers as a factor in shaping its competitiveness <i>Kurochkin A.A., Lipengolts V.M.</i>	111
Analysis of the conditions and factors of the dairy product subcomplex development <i>Lipyavsky A.P., Zimnyakov V.M.</i>	117

Organic food production in Russia: economic and environmental aspects <i>Nazarkina Yu.A., Frolov D.I.</i>	123
---	------------

AUTHOR GUIDELINES

<i>The procedure for consideration, approval and rejection of articles</i>	129
<i>Article requirements</i>	129

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 664.6

Перспективы расширения ассортимента мучных кондитерских изделий с использованием фруктового и плодово-ягодного сырья

Баженова Е.Д., Гарькина П.К.

Аннотация. Рынок функциональных продуктов находится на стадии активного развития. Рецептуру функционального продукта обычно разрабатывают путём добавления функциональных ингредиентов или снижения содержания тех ингредиентов, которые считаются менее полезными для здоровья человека, поэтому возникает необходимость выявления совместимости рецептурных компонентов.

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, здоровое питание, пищевая ценность.

Для цитирования: Баженова Е.Д., Гарькина П.К. Перспективы расширения ассортимента мучных кондитерских изделий с использованием фруктового и плодово-ягодного сырья // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 7–10.

Prospects for expanding the range of flour confectionery products using fruit and berry raw materials

Bazhenova E.D., Garkina P.K.

Abstract. The functional food market is in the process of active development. The functional food formulation is usually developed by adding functional ingredients or reducing the content of those ingredients that are considered less beneficial for human health, so it is necessary to identify the compatibility of the formulation components.

Keywords: flour confectionery products, functional products, and oat flour.

For citation: Bazhenova E.D., Garkina P.K. Prospects for expanding the range of flour confectionery products using fruit and berry raw materials. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 7–10. (In Russ.).

Введение

Для эффективного внедрения нового ассортимента целесообразно рассмотреть следующие подходы:

Разработка рецептуры с минимальным содержанием сахаров и консервантов.

Современные технологии переработки фруктов и ягод – вакуумная сушка, заморозка, концентрирование соков позволяют сохранить максимум полезных свойств.

Создание специализированных линий оборудования для автоматизированного процесса приготовления полуфабрикатов.

Организация собственной фермы или заключе-

ние договоров с местными сельхозпроизводителями для устойчивого снабжения сырьём.

Технология обогащения пищевых продуктов предполагает использование:

– готовых витаминно-минеральных премиксов или смесей;

– однокомпонентных препаратов витаминов и минеральных веществ;

– применение экстрактов лекарственных трав для производства продуктов лечебно-профилактического назначения;

– использование белковых препаратов;

– использование пищевых добавок природного происхождения (пектин, каррагинан, хитозан);

– применение местного растительного сырья

богатого биологически активными веществами в производстве кондитерских, хлебобулочных изделий и пищевых концентратов;

– использование смесей для производства мучных кондитерских изделий.

Важным преимуществом применения в технологии мучных кондитерских и хлебобулочных изделий натуральных продуктов является комплексность их химического состава, возможность с их помощью осуществлять обогащение хлебобулочных изделий одновременно витаминами, белками и минеральными веществами.

Цель исследований – провести анализ перспективы применения различного фруктового и овощного сырья в производстве мучных кондитерских изделий.

Объекты и методы исследований

В исследовании проанализированы статьи из научных журналов, в которых оценивалось применение зернового, фруктового и ягодного сырья в производстве мучных кондитерских изделий.

Результаты и их обсуждение

На данный момент учёными разработано множество рецептов мучных кондитерских изделий и хлеба, где в состав рецептуры входят многокомпонентные или однокомпонентные смеси и порошки из продуктов переработки зерна и овощных продуктов.

Так, в работе Пахотиной И.В. и Зеловой Л.А. введение в рецептуру определенного процента фасоловой муки взамен части пшеничной обеспечивает повышение содержания белка в пряниках на 0,054–0,071% в зависимости от типа или сорта пшеничной муки [1].

Ученые Алтайского государственного аграрного университета Меренкова С.П. и Жмачинская Е.О., с целью увеличения ассортимента кондитерских изделий, разработали модельных мучные смеси за счет внесения дополнительного сырья, одним из вариантов которого является овсяная и ячменная мука [2].

Белокурова Е.В. при выборе биологически активного сырья для создания продуктов нового поколения на основе мучных кондитерских изделий рассматривала порошковые компоненты, такие как мука тыквенная и расторопши, сухой лист стевии и сухая лактулоза [3].

Короткова О. Г. в своей диссертации по разработке технологии и товароведной оценке хлебопе-

карных смесей и изделий на их основе разработала патент №2390132 на способ производства хлеба из композитной смеси с применением в рецептуру ячменных, гречневых, гороховых и картофельных отрубей. В результате была разработана рецептура сухих многокомпонентных хлебопекарных смесей и изделий из них [4].

Богдановой В.А. изучена возможность применения порошка из черноплодной рябины в производстве бисквитного полуфабриката. Порошок из черноплодной рябины вводили в рецептуру бисквитного полуфабриката в объеме 5, 10, 15% от всего количества муки. Выпеченный полуфабрикат оценивали по показателям качества [5].

Проанализировав вышерассмотренные данные в состав рецептур которых входят пищевые добавки, не только улучшаются свойства готовой продукции, но и повышается ее биологическая ценность. Также обогащение мучных кондитерских изделий различными видами мучных смесей на основе зерновых культур дает возможность моделировать химический состав, повышать пищевую и биологическую ценность готовых продуктов.

Ученые Сибиль А.В., Резниченко И.Ю., Бакин И.А. разработали композитную смесь для обогащения сахарного печенья – порошкообразный продукт, состоящий из порошкообразных полуфабрикатов из плодов шиповника, абрикоса, черноплодной рябины, ягод клюквы. Смесь служит для обогащения изделий витаминами, микроэлементами, пищевыми волокнами [6].

Группа исследователей из Московского государственного университета технологий и управления под предводительством Васюковой А. Т. для обогащения традиционного дрожжевого теста витаминами, макро – и микроэлементами, клетчаткой решено было использовать порошок из растительного культивируемого и дикорастущего сырья: черноплодной рябины, плодов шиповника, крапивы, моркови, яблок и бананов [7].

Выводы

Использование плодово-ягодного сырья для изготовления мучных кондитерских изделий представляет собой многообещающее направление, которое способно обеспечить рост прибыли предприятия, повысить конкурентоспособность продукции и удовлетворить растущие запросы современного потребителя относительно качества и пользы пищи.

Литература

- [1] Пахотина И.В. Пряничные изделия повышенной белковости из композитных смесей // Зелова Л.А. / Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – с. 150–155.

References

- [1] Pakhotina I.V. Gingerbread products with increased protein content made from composite mixtures // Zelova L.A. / Bulletin of the Altai State Agrarian University. – 2017. – pp. 150–155.

- [2] Меренкова С.П. Анализ хлебопекарных свойств модельных мучных смесей с добавлением вторичных продуктов переработки зерна // Жмачинская Е.О./ Вестник Алтайского государственного аграрного университета – 2016. – с. 135–142.
- [3] Белокурова Е.В. Пищевые сухие композитные смеси в производстве мучных кулинарных и хлебобулочных изделий функционального назначения// Дерканосова А.А./ Вестник ВГУИТ – 2013. – с. 119–124.
- [4] Пат. №2390132, Российская Федерация, МПК А21D8/02, А21D2/36 (2006/01)/ Способ производства хлеба из композитной смеси. Романова А.С., Стабровская О.И., Короткова О.Г.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Кемеровский технологический институт пищевой промышленности.– №2008152677/13; заявл. 29.12.2008; опублик.27.05.2007. Бюл. №15.–4с.
- [5] Богданова, В. А. Бисквит с порошком из черноплодной рябины / В. А. Богданова // Инновационные тенденции развития российской науки : материалы XI Международной научно-практической конференция молодых ученых, Красноярск, 10–11 апреля 2018 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Департамент научно-технологической политики и образования; Красноярский государственный аграрный университет. Том Часть I. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2018. – С. 256-259. – EDN YLDAJV.
- [6] Сибиль А.В. Разработка технологии смесей для полуфабрикатов мучных изделий// Резниченко И.Ю., Бакин И.А. / Ползуновский вестник – Алтайский государственный технический университет, 2012. – с. 153–157.
- [7] Васюкова А. Т. Использование сухих функциональных смесей в технологиях хлебобулочных изделий // Пучкова В. Ф. Жилина Т. С./ Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского Смоленский гуманитарный университет.– 2003. – с.1–7.
- [2] Merenkova S.P. Analysis of the baking properties of model flour mixtures with the addition of grain processing by-products // Zhmachinskaya E.O./ Bulletin of the Altai State Agrarian University – 2016. – pp. 135–142.
- [3] Belokurova E.V. Food dry composite mixtures in the production of flour culinary and bakery products for functional purposes// Derkanosova A.A./ Vestnik VGUIT – 2013. – pp. 119–124.
- [4] Patent No. 2390132, Russian Federation, IPC A21D8/02, A21D2/36 (2006/01)/ Method for producing bread from a composite mixture. Romanova A.S., Stabrovskaya O.I., Korotkova O.G.; applicant and patent holder: State Educational Institution of Higher Professional Education Kemerovo Technological Institute of Food Industry. No. 2008152677/13; applied for on December 29, 2008; published on 27.05.2007. Bull. No. 15.–4p.
- [5] Bogdanova, V. A. Biscuit with chokeberry powder / V. A. Bogdanova // Innovative trends in the development of Russian science : materials of the XI International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Krasnoyarsk, April 10–11, 2018 / Ministry of Agriculture of the Russian Federation; Department of Scientific and Technological Policy and Education; Krasnoyarsk State Agrarian University. Volume Part I. – Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2018. – Pp. 256-259. – EDN YLDAJV.
- [6] Sibil A.V. Development of technology of mixtures for semi-finished flour products// Reznichenko I.Yu., Bakin I.A. / Polzunovsky Bulletin – Altai State Technical University, 2012. – p. 153–157.
- [7] Vasyukova A. T. Use of dry functional mixtures in technologies of bakery products // Puchkova V. F. Zhilina T. S./ Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky Smolensk Humanitarian University.– 2003. – pp. 1–7.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Баженова Елена Дмитриевна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail: lesya3191@mail.ru</p>	<p>Bazhenova Elena Dmitrievna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail: lesya3191@mail.ru</p>
<p>Гарькина Полина Константиновна кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 094-79-49 E-mail: worolina89@mail.ru</p>	<p>Garkina Polina Konstantinovna PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 094-79-49 E-mail: worolina89@mail.ru</p>

Обзор технологий кулинарной продукции на основе рыбного сырья с целью создания новых продуктов

Бочкарёва З.А., Орнелла Насра

Аннотация. Рыба является богатым источником белка, минеральных веществ, но рыба в настоящий момент в России является дорогостоящим сырьем. Спрос на сбалансированное и рациональное питание возрастает и использование менее ценного рыбного сырья в виде изделий из рыбной рубленой массы является актуальным. Добавки (например, соевый белок, овощные наполнители) уменьшают долю дорогостоящего рыбного сырья, при этом обогащая продукт и повышая его пищевую ценность. Цель работы - обзор научных исследований в области технологий кулинарной продукции на основе рыбного сырья. Видом анализа являлась классификация - разделение по видам используемых добавок с целью влияния на пищевую ценность, функционально-технологические свойства и пр. Использование различных ингредиентов производится для: обогащения полезными пищевыми веществами, модификации текстуры, снижения себестоимости.

Результаты исследования показывают, что рыбная рубленая масса является хорошей основой для обогащения, а его текстура позволяет вводить различные добавки без существенного ухудшения качества готовых изделий. В работе рассмотрены самые значимые направления расширения ассортимента рубленых изделий на основе рыбного сырья и показывают, что обогащение рыбного мяса источниками питательных веществ позволит решить проблемы, связанные со здоровьем и расширением ассортимента кулинарной продукции из рыбного сырья.

Ключевые слова: сырье рыбное, полуфабрикаты, изделия, рубленые, добавки.

Для цитирования: Бочкарёва З.А., Орнелла Насра Обзор технологий кулинарной продукции на основе рыбного сырья с целью создания новых продуктов // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 11–19.

A review of fish-based culinary product technologies for novel product developments

Bochkareva Z.A., Ornella Nasra

Abstract. Fish represents a valuable source of high-quality protein and essential minerals. However, in the current economic context of the Russian Federation, fish is characterized as an expensive raw material. Due to the increasing consumer demand for balanced and rational nutrition, the development of culinary products based on comminuted fish muscle tissue using less valuable fish raw materials is a relevant area of research.

The incorporation of supplementary ingredients (e.g., soy protein, vegetable fillers) into formulations allows for a reduction in the proportion of costly fish raw materials, while simultaneously enriching the final product and enhancing its nutritional value. The objective of this work is to provide a comprehensive review of scientific research in the field of culinary product technologies derived from fish raw materials. The analytical method employed is classification, specifically the categorization of additives based on their intended impact on nutritional value, functional and technological properties, and other quality parameters. The utilization of various ingredients is aimed at: fortification with beneficial nutrients, texture modification, and reduction of production costs.

The findings of this review indicate that comminuted fish muscle tissue serves as an effective base matrix for fortification. Its structural and rheological properties permit the incorporation of diverse additives without significantly compromising the quality attributes of the finished products. This paper examines the most significant trends in expanding the assortment of minced fish-based culinary products. It demonstrates that enriching fish muscle tissue with sources of essential nutrients can contribute to addressing public health challenges related to nutrition and to broadening the range of fish-based culinary offerings.

Keywords: fish raw materials, semi-finished products, products, chopped, additives.

For citation: Bochkareva Z.A., Ornella Nasra A review of fish-based culinary product technologies for novel product developments. *Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]*. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 12–19. (In Russ.).

Введение

Растущий спрос потребителей на рыбу и рыбопродукты сказывается на рыбных ресурсах во всем мире, резко сокращая запасы многих видов рыбы. Поэтому получение высококачественных продуктов можно увеличить с помощью изготовления рыбных рубленых масс с различными добавками [1]. Рыбные рубленые изделия относятся к популярным продуктам в питании современного человека, но они имеют менее стабильную структуру по сравнению с мясными аналогами, теряют полезные рыбные жиры при тепловой обработке, а также являются одними из недешевых продуктов. Использование различных ингредиентов производится для: обогащения полезными пищевыми веществами, модификации текстуры, снижения себестоимости.

Цель работы - обзор научных исследований в области технологий кулинарной продукции на основе рыбного сырья.

Объекты и методы исследований

При подготовке настоящего обзора использовались источники литературы, включенные в издания ВАК, Scopus, Cyberleninka.ru и «Google Scholar», патентный поиск. Предпочтение было отдано источникам, опубликованным в последние 10 лет. Видом анализа являлась классификация - разделение по видам используемых добавок с целью влияния на пищевую ценность, функционально-технологические свойства и пр. Данные, использованные в настоящем исследовании, были отобраны на основе конкретных научных критериев с сохранением общих научных характеристик. Использованы ключевые слова «полуфабрикаты рыбные», «изделия рыбные рубленые», «масса рыбная рубленая», «добавки», «ингредиенты функциональные».

Результаты и их обсуждение

Исследования показывают, что рыбная рубленая масса является хорошей основой для обогащения, а его текстура позволяет вводить различные добавки без существенного ухудшения качества готовых изделий.

В современном мире существуют несколько направлений расширения ассортимента рубленых изделий из рыбы. Самыми значимыми из них являются следующие.

Обогащение пищевыми волокнами и овощами

Рыба является богатым источником белка, но в ней не хватает клетчатки, которая необходима для обмена веществ в организме. Зерновые являются богатым источником волокон, но в них отсутствуют некоторые необходимые организму питательные

вещества. Таким образом, комбинирование рыбной массы с источниками клетчатки позволит решить проблемы, связанные со здоровьем, связанные с диетами с низким содержанием клетчатки. Злаковые волокна, которые содержат большое количество нерастворимой клетчатки, обладают физиологическими преимуществами, такими как механизм пережевывания, стимуляция работы кишечника и влияние на период его прохождения. В дополнение к этим физиологическим свойствам, зерновые волокна, состоящие в основном из целлюлозы, обладают полезными технологическими свойствами, такими как высокая способность связывать воду и жир, и являются оптимальными ингредиентами для получения высоких урожаев и снижения себестоимости [2].

В статье Питюриной И. С., Евсениной М. В., Луповой Е. И. исследуется совершенствование рецептуры и технологии производства рыбных котлет с применением амарантовых отрубей. Амарантовые отруби вводились в состав рыбной рубленой массы с частичной заменой пшеничного хлеба в количестве от массы пшеничного хлеба: 50%, 75% и 100%. Замена 75% пшеничного хлеба в составе рыбных изделий на отруби способствует сохранению сочной консистенции изделия, при этом происходит увеличение содержания пищевых волокон на 0,93 г, а также таких минеральных веществ, как К, Са, Mg, P, Fe. Количество белка увеличилось на 2,22%; жира - на 0,44; углеводов - на 6,58% [3].

В технологии производства рыбных рубленых изделий Бражная И. Э., Грибова О. М., Корчунов В. В. показали возможность использования муки амаранта, которая улучшила не только формуемость полуфабрикатов, но и повысила содержание витаминов, минеральных веществ и незаменимых аминокислот, но в изделиях появлялся привкус муки амаранта. Чтобы замаскировать привкус муки амаранта в изделия добавляли сливочное масло с повышением себестоимости рыбных рубленых изделий, а также изделия изготавливали без внесения масла, но амарантовую муку предварительно пассеровали при температуре 120 °С в течение 6 мин [4].

Овощи содержат ряд полезных веществ, которые практически отсутствуют в продуктах животного происхождения: пищевые волокна, минеральные вещества, дубильные и ароматические вещества, органические кислоты, фитонциды, витамины.

Разработка Ивановой Г. В., Никулиной Е. О., Колман О. Я., в которой рыбный фарш содержит вареную картофельную массу, перемешанную с клюквенными и брусничными выжимками, способствует улучшению витаминно-минерального состава рыборастворимых котлет [5].

Использование крупы пшеничной и таких овощей, как капуста белокочанная, морковь, лук

репчатый предлагают для производства рыборастворительных изделий Геращенко Г.А. и Кольга А.С. с предварительной тепловой обработкой добавляемых продуктов для улучшения структуры изделий. Адекватное замещение пшеничного хлеба на растительный компонент увеличивает количество потребляемых пищевых волокон и уменьшает калорийность продукта [6].

Целью исследования авторов [7] была разработка рыбных рубленых полуфабрикатов с повышенным содержанием пищевых волокон из порошка шелухи подорожника и добавлением моркови и картофеля, белой фасоли, перловой крупы в качестве связующих компонентов. Предлагаемая продукция ориентирована на людей пожилого возраста, так как содержащийся в ней псиллиум способствует восстановлению и налаживанию работы желудочно-кишечного тракта. Кроме того, полуфабрикат позволит восполнять суточную норму в основных питательных веществах, таких как витамины, минералы и аминокислоты.

Авторы статьи [8] утверждают, что такое растительное сырье, как капуста брокколи и отруби экструзионной обработки, представляют собой источники пищевых волокон, минеральных веществ и витаминов, могут использоваться в качестве функциональной добавки для рыбных рубленых изделий. В данных исследованиях были разработаны и исследованы изделия с внесением в рецептуру различного процентного содержания от общей массы фарша капусты брокколи и экструдата пшеничных отрубей. По результатам исследований наиболее приемлемым по органолептическим показателям и пищевой ценности является образец № 2 с содержанием 8% капусты брокколи и 10% экструдата пшеничных отрубей.

Сахарова О.В., Дементьева Н.В., Федосеева Е.В. рассмотрели влияние пищевых волокон на относительную биологическую ценность рыборастворительных изделий с добавлением свеклы, моркови, ламинарии японской. Добавление данных наполнителей повышало относительную биологическую ценность готовых изделий по сравнению с контролем, т.е. без растительной составляющей. Относительная биологическая ценность образцов с ламинарией составила 94-97% [9].

Обогащение витаминами и минералами

В питании существует проблема дефицита микронутриентов, таких как минеральные вещества и витамины. Рыба сама является источником ценных нутриентов, но стоит проблема удешевления данного сырья и поэтому добавление более дешевых функциональных ингредиентов способствует расширению ассортимента этой группы продуктов.

В лабораторных условиях Красноярского государственного аграрного университета исследовали образцы рыбных изделий с внесением 4, 6 и 10 % сухой морской капусты в рубленую массу из минтая. Было определено, что улучшается минеральный состав, особенно содержание йода, меди и селена, среди витаминов увеличивается содержание

В12, а также увеличивается влагоудерживающая способность полуфабрикатов, соответственно повышается сочность готовых изделий [10].

В патенте [11] дана разработка нового вида рыбных рубленых изделий повышенной пищевой ценности с порошком из пророщенного зерна пшеницы. Порошок предварительно замачивают в воде с температурой $65 \pm 1^\circ\text{C}$ на 60 минут в соотношении 1:1,25. Данная функциональная добавка обогащает готовые изделия макро- и микроэлементами, такими как калий, магний, сера, кальций, кремний, хлор, натрий, марганец, цинк, алюминий, медь, фтор, титан, молибден, никель, хром, кобальт, йод и витаминами группы В, а также Е и РР.

В работе [12] представлено проектирование рецептур рыбных полуфабрикатов как с растительными компонентами, так и с добавлением продуктов, обогащенных витамином Д. Источником данного витамина в разрабатываемых изделиях являлась печень трески. Было установлено, что разработанные полуфабрикаты характеризуются привлекательными органолептическими показателями, такими как сочная и нежная консистенция, без привкуса печени трески. Также установлена микробиологическая безопасность разработанной продукции.

Целью научных исследований авторов статьи [13] являлось формирование структуры рыбных полуфабрикатов с пролонгированными сроками хранения за счет введения растительного сырья такого как мука из нута, кукурузы, гречневой крупы, сублимированной спирулины, богатыми источниками минеральных веществ и витаминов. Пролонгирование хранения достигается тем, что данные растительные продукты богаты полифенолами, витаминами и антиоксидантами.

Обогащение биологически активными соединениями

Авторы разработки кулинарных изделий из рыбного сырья с БАД, в качестве добавок использовали сушеные базилик-томат-паприку, сушеный укроп и муку из топинамбура, что способствовало улучшению показателей пищевой ценности [14].

Разработана технология рыборастворительных полуфабрикатов (РРП) высокой степени готовности с использованием CO₂-экстрактов из растительного сырья с антиоксидантными свойствами. Определены химический состав CO₂-экстрактов, дозировка основных компонентов рецептуры, органолептические и микробиологические показатели разработанных РРП в течение гарантированного срока хранения. Автором были получены CO₂-экстракты из выжимок плодов граната, плодов облепихи, листьев малины, зеленого чая, семян винограда. Комплексный экстракт содержал каротиноиды, моно- и диглицериды, токоферолы, флавоноиды, ПНЖК, терпеноиды и в целом концентрация антиоксидантов составила 8,0 - 2 мг/кг. Наилучшими органолептическими характеристиками обладали изделия с содержанием 2,5% CO₂-экстракта шрота облепихи и комплексным CO₂-экстрактом [15].

Для исследования рыбных рубленых изделий:

котлет и бифштексов авторами в качестве БАД использованы масляный экстракт сушеных грибов, масляный экстракт можжевельника, масляный экстракт кориандра, полученные в лабораторных условиях и пищевая добавка «Моби люкс Универсал», содержащая белок молочный сывороточный, инулин, белок плазмы крови, обогатитель кальциевый, гемоглобин, белок молочный йодированный. В результате исследования получены изделия с нетрадиционной вкусовой гаммой и высокими показателями влагоудерживающей способности [16].

Для уменьшения дефицита селена разработаны рыбные кулинарные изделия функционального назначения, обогащенные селеном, для чего в массу был введена биологически активная добавка «Селексен», которая содержит органическую форму селена. «Селексен» вводили в виде порошка в количестве 50-80 % от суточной нормы потребления селена для взрослого человека. Определено, что добавка не влияет на органолептические показатели готовых изделий из рыбной рубленой массы [17].

В статье [18] рассматривается разработка рыбных котлет с использованием натуральных экстрактов в качестве замены синтетических консервантов. Для этого использовали экстракты граната (41,4% пуникалагина), розмарина (5,8% карнозиновой кислоты и карносола), гидрокситиросола (7,3%) и цитрусовых (55% гесперидина). Результаты показали, что рыбные котлеты с натуральными экстрактами имеют высокий уровень белка (14%), низкий процент жира (менее 2%), содержат много фосфора и селена, а также повышенное количество альфа-липоевой кислоты (ALA) (до 40% в случае экстракта розмарина) и докозагексаеновой кислоты (DHA) (на 30% больше, чем в контрольном образце).

В исследовательской работе была изучена антиоксидантная эффективность добавления кофейной кислоты в рыбный фарш с добавлением или без добавления пшеничных пищевых волокон. Пшеничные пищевые волокна показали значительное прооксидантное действие на рыбный фарш при хранении в холодильнике, которое значительно снижалось в присутствии 100 мг/кг кофейной кислоты. В образцах, содержащих кофейную кислоту и пшеничные пищевые волокна, окисление липидов было полностью подавлено через 10 дней. Результаты, полученные в результате инструментального анализа профиля текстуры, показали, что включение пшеничных пищевых волокон с кофейной кислотой или без нее снижает параметры анализа профиля текстуры. Кофейная кислота не оказала никакого влияния на способность связывать воду. Эти результаты доказывают, что кофейная кислота может успешно использоваться в качестве природного антиоксиданта в продуктах из рыбного фарша с добавлением пищевых волокон пшеницы [19].

Для коррекции липидного профиля

Основное сырьё для производства рыбных рубленых полуфабрикатов - мясо тощей рыбы: судак, хек, треска, окунь морской и др. В блюдах из рыбы

тощих сортов ПНЖК присутствуют в следовых количествах или совсем отсутствуют. Для обогащения кулинарных изделий из рыбной рубленой массы авторами был осуществлен выбор источников ПНЖК растительного происхождения. Критериями выбора являлись количество и сбалансированность ω -6 к ω -3 - 5-10:1, а также наличия антиоксидантов. Такими добавками являлись ядро грецкого ореха и семя подсолнечника, как источник витамина E – природный оксидант. При оценке 5 образцов по функционально-технологическим свойствам наиболее приемлемым был образец №3 с содержанием 7 г ядра грецкого ореха и 8 г семян подсолнечника. Но по органолептическим показателям рекомендовано введение растительных комплексов с содержанием 3-6 г ядер грецких орехов и 4-6 г семян подсолнечника [20].

Представлены результаты исследования в научной статье «Научное обоснование использования имитационного шпика при производстве рыбных полуфабрикатов» [21]. Авторами было предложено заменить свиной шпик на имитационный на основе альгината натрия. Отмечено, что имитационный шпик не оплавляется при термообработке и не создаёт неприятное послевкусие, при этом его себестоимость значительно ниже свиного. Также в статье показано влияние имитационного шпика на органолептические, физико-химические (ВУС, содержание влаги) и структурно-механические показатели рыбных полуфабрикатов (колбасок).

Авторы исследования в работе показывают, что калорийность рыбных кулинарных изделий можно снизить за счет использования коллагено-растительной композиции, созданной из пищевых рыбных отходов, в частности из кожи рыб. Введение разработанного продукта в массу изделия снижает калорийность до менее 100 ккал и обогащает при этом белком и пищевыми волокнами [22].

В патенте раскрывается способ приготовления формованных полуфабрикатов из рыбной массы с молоками лососевых рыб, что оказывает влияние на липидный состав изделий. Авторами изобретения исследован жирнокислотный состав молок лососевых, который представлен в основном, полиненасыщенными жирными кислотами. Соотношение в липидах молок кислот ω 3 и ω 6-семейств в среднем составляет 11,95, низок уровень моноеновых жирных кислот с 20 атомами углерода при отсутствии изомеров декозеновой кислоты, что указывает на их высокие диетические свойства [23].

Мясо осетровых получают из жирной рыбы, богатой ненасыщенными маслами. При переработке продуктов из осетровых рыб в рыбные массы часто происходит отделение жира, что приводит к потере питательных веществ. Это означает, что для эмульгирования требуется больше белка, чтобы сохранить стабильность продуктов из реструктурированной осетрины. В исследовании изучается влияние на эмульгирующие свойства рыбной массы белков нута. Реструктурированные продукты из

осетрины с добавлением белка нута образуют плотную сетчатую структуру, что значительно снижает процент потери жира - с 1,92 % до 0,97 %. Эти результаты показывают, что белок нута, модифицированный путем гомогенизации под высоким давлением, обладает превосходными эмульгирующими свойствами, эффективно снижая выделение жира в продуктах из осетровых рыб [24].

Влияние на функционально-технологические свойства

В статье Габдукаевой Л.З., Решетник О.А. представлены результаты комбинирования молочного и растительных ингредиентов в технологии рыбных полуфабрикатов. Экспериментальные образцы содержали творог в качестве замены части рыбного сырья (от 20 до 50 %) и ядрицу пророщенной гречневой крупы и чечевичной муки (1:1) для полной замены пшеничного хлеба. Установлено, что растительные компоненты положительно влияют на функционально-технологические свойства полуфабрикатов, это позволяет увеличить выход готовых изделий повышенной сочности. Оптимальная концентрация внесения молочного компонента - 25 % от массы рыбного фарша [25].

В работе [26] авторами изучены свойства фасоловой и рисовой муки в качестве компонентов, связывающих влагу, улучшающих пищевую и биологическую ценность рыбных рубленых изделий. Актуальность этой исследовательской работы заключается в том, что многие пищевые продукты, в том числе и рыбный фарш имеет очень слабую влагоудерживающую способность, когда при кулинарной обработке готовый продукт теряет много влаги и вместе с ней удаляются полезные вещества. При использовании фасоловой и рисовой муки для изготовления изделий, помимо функционально-технологических свойств, улучшаются показатели по основным пищевым веществам.

Целью работы, показанной в статье [27] было определить влияние добавления пектина ALM при приготовлении реструктурированных рыбных продуктов на функциональные и механические свойства и связать эти изменения с изменениями механических и функциональных свойств гелей. При добавлении гидроколлоида в количестве 1 или 2% наблюдалось снижение твердости и консистенции без увеличения влагоудерживающей способности. Добавление 1%-ного пектина ALM улучшило механические свойства гелей при реструктуризации рыбы. Более высокое содержание пектина ALM оказало разрушительное воздействие на организм.

В статье [28] показана возможность расширения ассортимента рыбных рубленых изделий путем добавления муки из нута и пребиотика лактулозы. Рассмотрены образцы изделий с содержанием муки из нута в количестве 5%, 10% и 15%. Так как мука из нута увеличивает долю связанной воды, потери при тепловой обработке рубленых рыбных полуфабрикатов меньше, чем у контрольного образца, при этом добавление бобовых способствует улучше-

нию консистенции и образованию менее влажной структуры рубленой массы. Помимо этого, авторы, ссылаясь на работу Ярцевой Н.В. [29], утверждают, что обогащение рубленой массы пребиотиком лактулозой будет способствовать положительному влиянию не только на метаболизм микробиоты кишечника, но и на функционально-технологические свойства фарша: происходит стабилизация белковой системы, увеличивается выход, повышается влагоудерживающая и жирудерживающая способность продукта.

Использование рыбной рубленой массы с добавками для производства кулинарных изделий является актуальным по нескольким причинам:

1) Для улучшения функционально-технологических свойств: добавки способствуют повышению влагосвязывающих и влагоудерживающих свойств; улучшается связность массы, что способствует лучшему формованию полуфабрикатов и сохранению формы при тепловой обработке; уменьшаются потери при тепловой обработке.

2) Для повышения пищевой и функциональной ценности: можно вводить витаминно-минеральные премиксы, антиоксиданты, овощи, зерновые, пищевые волокна, полиненасыщенные жирные кислоты, повышая этим сбалансированность состава и снижая калорийность.

3) Для расширения ассортимента и улучшения потребительских свойств готовых изделий: введение добавок способствует разнообразию вкусов; правильно подобранные добавки улучшают текстуру, делая изделия более сочными и нежными; некоторые ингредиенты (например, антиокислители) замедляют окисление жиров.

4) Для экономической выгоды: снижается себестоимость рыбного сырья за счет использования добавок; можно использовать менее ценные виды рыбы или обрезки, повышая рентабельность производства; использование вторичного сырья и малоценных видов рыб и растительные компоненты снижают нагрузку на рыбные запасы.

Выводы

Рыбная рубленая масса с добавками – это экономически выгодное и технологически оправданное решение для производства полуфабрикатов и готовых изделий. Это позволяет улучшить качество продукта, снизить затраты и предложить потребителю разнообразные варианты готовых изделий. Однако важно соблюдать баланс, чтобы добавки не ухудшали натуральность и вкус рыбы. Разработанные продукты будут способствовать решению проблем, связанных с потреблением более полезных продуктов, создадут рынок новых рыбных продуктов. Новые изделия из рубленой массы могут быть использованы мелкими предпринимателями для получения большего дохода за счет производства функциональных рыбных продуктов с использованием недорогих ингредиентов.

Литература

- [1] Аксентьева В.В., Мозжерина И.В., Попов В.Г. Анализ технологий рыбной продукции функционального назначения // Пищевая промышленность, 2021. №11, стр. 26-29 DOI: 10.52653/ppi.2021.11.11.002 EDN: YCBQMU
- [2] Zhong J, Barrajoń-Catalán E, Lorenzo JM, Lu J and Tiwari BK (2021) Editorial: Development of Functional Foods From Marine Sources. *Front. Nutr.* 8:812497. DOI: 10.3389/fnut.2021.812497 EDN: BJNDYC
- [3] Питюрина И. С., Евсенина М. В., Лупова Е. И. Применение амарантовых отрубей в технологии производства рыбных котлет для придания функциональных свойств // «Вестник КрасГАУ», 2024, №3, с. 206–213. DOI: 10.36718/1819–4036-2024-3-206-213 EDN: YPMHHW
- [4] Бражная И.Э., Грибова О.М., Корчунов В.В. Разработка технологии производства рыбопродуктивных рубленых изделий // Вестник МГТУ, том 18, № 1, 2015. С. 74–79 EDN: TVRTUD
- [5] Цугленок Н. В., Иванова Г. В., Кольман О. Я. / Патент № 2475151 С1, RU, А23L 1/325. Рыбопродуктивные рубленые изделия на основе «Белипа». Заявка № 2011137770/13 от 13.09.2011; опубл. 20.02.2013. EDN: NMPBHX
- [6] Кольга А.С., Герашченко К.А. Разработка комбинированных рыбных полуфабрикатов // В сборнике: Студенческая наука - взгляд в будущее. Материалы XIX Всероссийской студенческой научной конференции. Красноярск, 2024. С. 21-23. EDN: WYCIKH
- [7] Агеев О.В., Титова И.М., Бобков Я.В. Совершенствование рецептуры рыбопродуктивного полуфабриката с повышенным содержанием клетчатки // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2023. Т. 11. № 3. С. 55-63. EDN: SYARTK
- [8] Пчелинцева О.Н., Бочкарёва З.А., Лисина С.В. Новый продукт с функциональными свойствами из рыбного сырья с растительными компонентами // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 132-139. EDN: VSCXOQ
- [9] Сахарова О. В., Дементьева Н. В., Федосеева Е. В. Исследование влияния пищевых волокон на относительную биологическую ценность рыбопродуктивных котлет // Вестник КрасГАУ, 2019. № 9(150). С. 32–34. EDN: MVBAUI
- [10] Владимцева Т.М., Козина Е.А. Влияние нетрадиционного наполнителя рыбного фарша на качество рубленых полуфабрикатов. // Вестник КрасГАУ. 2024. № 4 (205). С. 201-208. DOI: ORG/10.36718/1819-4036-2024-4-201-208 EDN: NURKAW
- [11] Евтухова О.М., Сафронова Т.Н. Рыбные рубленые изделия, обогащенные пророщенным зерном пшеницы / Патент на изобретение RU 2595165 С1, 20.08.2016. Заявка № 2015113261/13 от 09.04.2015. EDN: OKZHCC

References

- [1] Aksent'eva V.V., Mozzherina I.V., Popov V.G. Development of recipes and technologies for the production of fish-growing products for baby food // *Food industry*, 2021. No. 11. pp. 26-29. DOI: 10.52653/ppi.2021.11.11.002 EDN: YCBQMU
- [2] Zhong J, Barrajoń-Catalán E, Lorenzo JM, Lu J and Tiwari BK (2021) Editorial: Development of Functional Foods From Marine Sources. *Front. Nutr.* 8:812497. DOI: 10.3389/fnut.2021.812497 EDN: BJNDYC
- [3] Pityurina I., Evsenina M., Lupova E. Amaranth bran use in the fish cutlets production technology to impart functional properties // *Bulletin of KrasGAU*. 2024. No.3. pp. 206–213. DOI: 10.36718/1819–4036-2024-3-206-213 EDN: YPMHHW
- [4] Brazhnaya I.E., Gribova O.M., Korchunov V.V. Technology of production of fish-vegetable minced products // *Vestnik of MSTU vol. 18, No. 1. 2015. pp. 74–79 EDN: TVRTUD*
- [5] Tsuglenok N.V., Ivanova G.V., Kol'man O.Ja. Chopped fish-and-vegetal products based on belip (fish-and-curd mixture) / Patent No. 2475151 C1, RU, А23L 1/325. Application No. 2011137770/13 dated 09/13/2011; published 02/20/2013. EDN: NMPBHX
- [6] Kolga A.S., Gerashchenko K.A. Development of combined fish semi-finished products // In the collection: Student science - a look into the future. Materials of the XIX All-Russian Student Scientific Conference. Krasnoyarsk, 2024. pp. 21-23. EDN: WYCIKH
- [7] Ageev O.V., Titova I.M., Bobkov Ya.V. // Improving the formulation of fish-and-vegetable semi-finished product with a high fiber content. *Bulletin of SUSU. Food and Biotechnologies*. 2023. Vol. 11. No. 3. pp. 55-63. EDN: SYARTK
- [8] Pchelintseva O.N., Bochkareva Z.A., Lisina S.V. A new product with functional properties from fish raw materials with plant components. *Polzunovskiy vestnik*. 2021. No. 2. pp. 132-139. EDN: VSCXOQ
- [9] Sakharova O. V., Dementieva N. V., Fedoseeva E. V. The research of the influence of food fibers on the relative biological value of fish-growing cutlets // *Bulletin of KrasGAU*, 2019. No. 9(150). pp. 32-34. EDN: MVBAUI
- [10] Vladimirtseva T.M., Kozina E.A. Influence of nontraditional minced fish filler on the quality on the chopped semi-finished products quality. // *Bulletin of KrasGAU*. 2024. No. 4 (205). pp. 201-208. DOI: ORG/10.36718/1819-4036-2024-4-201-208 EDN: NURKAW
- [11] Yevtukhova O.M., Safronova T.N. Chopped fish products enriched with sprouted wheat grain / Patent for invention RU 2595165 C1, 08/20/2016. Application No. 2015113261/13 dated 04/09/2015. EDN: OKZHCC
- [12] Kulikova A.S., Titova I.M., Pisarkova M.V. Designing fish semi-finished products for feeding school-age children / *Izvestia KGTU*. 2019. No. 54. pp. 116-129. EDN: CCRQPW

- [12] Куликова А.С., Титова И.М., Писарькова М.В. Проектирование рыбных полуфабрикатов для питания детей школьного возраста / Известия КГТУ. 2019. № 54. С. 116-129. EDN: CCRQPW
- [13] Васюкова А.Т., Кривошонок К.В. Использование растительных пищевых добавок для формирования структуры рыбных полуфабрикатов пролонгированного срока хранения / Рыбное хозяйство. 2025. № 2. С. 126-131. DOI: ORG/10.36038/0131-6184-2025-2-126-131 EDN: PAZZBQ
- [14] Разработка функциональных продуктов питания из рыбного сырья с растительными добавками // Васюкова А.Т., Москаленко А.С., Суворов О.А., Токарева Т.Ю. // В сборнике: Цифровое общество: образование, наука, карьера. Сборник научных трудов. Москва, 2022. С. 1657-1667 EDN: FJYMPС
- [15] Зюзина О.Н. Разработка технологии и оценка потребительских свойств полуфабрикатов с использованием рыбного и растительного сырья Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кубанский государственный технологический университет. Краснодар, 2012 EDN: ORVFXR
- [16] Влияние БАД на структуру рыбных фаршевых изделий /Васюкова А.Т., Тихонов Д.А., Тонапетян Т.А., Бойко Г.Ю./ Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. Т. 82. № 1 (83). С. 129-133. DOI: 10.20914/2310-1202-2020-1-129-133 EDN: QNDVBB
- [17] Применение «Селексена» в рыбных кулинарных изделиях функционального назначения // Кобзева С.Ю., Зубцов Ю.Н., Жмурина Н.Д., Сасова О.В. // В сборнике: Современные проблемы товароведения, экономики и индустрии питания. Сборник статей по итогам I заочной Международной научно-практической конференции. Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Саратовский социально-экономический институт (филиал). 2016. С. 110-112. EDN: XGOVJB
- [18] Martínez-Zamora L, Ros G, Nieto G. Designing a Clean Label Fish Patty with Olive, Citric, Pomegranate, or Rosemary Extracts. *Plants (Basel)*. 2020 May 22;9(5):659. doi: 10.3390/plants9050659. PMID: 32456111; PMCID: PMC7284376. EDN: NPRCFM
- [19] Isabel Sánchez-Alonso, Mercedes Careche, Pilar Moreno, María Jesús González, Isabel Medina, Testing caffeic acid as a natural antioxidant in functional fish-fibre restructured products, *Food Science and Technology*, Volume 44, Issue 4, 2011, Pages 1149-1155, doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.018.
- [20] Попова Н.Н., Столбовских Л.И. Разработка рыбных рубленых полуфабрикатов сбалансированного жирнокислотного состава / Сервис в России и за рубежом. 2013. №5. С. 30-37.
- [21] Scientific substantiation of using fat substitute in semi-finished fish products Korzhavina Yu.N., Alshevsky D.L., Ustich V.I., Kazimirchenko O.V., Alshevskaya M.N. // *Vestnik of Astrakhan State Technical University*.
- [13] Vasyukova A.T., Krivoshonok K.V. The use of herbale food additives to form the structure of fish semifinished products with a prolonged shelf life. 2025. No. 2. pp. 126-131. DOI: ORG/10.36038/0131-6184-2025-2-126-131 EDN: PAZZBQ
- [14] Development of functional food products from fish raw materials with vegetable additives // Vasyukova A.T., Moskalenko A.S., Suvorov O.A., Tokareva T.Yu. // In the collection: Digital Society: education, science, career. Collection of scientific papers. Moscow, 2022. pp. 1657-1667 EDN: FJYMPС
- [15] Zyuzina O.N. Technology development and evaluation of consumer properties of semi-finished products using fish and vegetable raw materials Abstract of the thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences / Kuban State Technological University. Krasnodar, 2012 EDN: ORVFXR
- [16] Influence additions on the structure of the free fares // Vasyukova A.T., Tikhonov D.A., Tonapetyan T.A., Boyko G.Yu. / *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2020. Vol. 82. No. 1 (83). PP. 129-133. DOI: 10.20914/2310-1202-2020-1-129-133 EDN: QNDVBB
- [17] The use of Selexene in functional fish culinary products // Kobzeva S.Yu., Zubtsov Yu.N., Zhmurina N.D., Sasova O.V. // In the collection: Modern problems of commodity science, economics and the food industry. Collection of articles on the results of the First correspondence International Scientific and Practical Conference. Plekhanov Russian University of Economics, Saratov Socio-Economic Institute (branch). 2016. pp. 110-112. EDN: XGOVJB
- [18] Martínez-Zamora L, Ros G, Nieto G. Designing a Clean Label Fish Patty with Olive, Citric, Pomegranate, or Rosemary Extracts. *Plants (Basel)*. 2020 May 22;9(5):659. doi: 10.3390/plants9050659. PMID: 32456111; PMCID: PMC7284376. EDN: NPRCFM
- [19] Isabel Sánchez-Alonso, Mercedes Careche, Pilar Moreno, María Jesús González, Isabel Medina, Testing caffeic acid as a natural antioxidant in functional fish-fibre restructured products, *Food Science and Technology*, Volume 44, Issue 4, 2011, Pages 1149-1155, doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.018.
- [20] Popova N.N., Stolbovskikh L.I. The development of fish minced semi balanced fatty acid composition / Service in Russia and abroad. 2013. No. 5. pp. 30-37. (In Russ.)
- [21] Scientific substantiation of using fat substitute in semi-finished fish products Korzhavina Yu.N., Alshevsky D.L., Ustich V.I., Kazimirchenko O.V., Alshevskaya M.N. // *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. Series: Fishing Industry. 2022. № 3. С. 66-73. DOI: 10.24143/2073-5529-2022-3-66-73 EDN: BXBFFP
- [22] Technology and recipe composition of fish culinary product using collagen-plant composition Zarubin N.Yu., Lavrukhina E.V., Bredikhina O.V., Grinevich A.I., Mezhonov A.V., Arkhipov L.O. // *Food industry*. 2024. No. 9. pp. 86-88. DOI: 10.52653/PPI.2024.9.9.017 EDN: MXVTLZ

- Series: Fishing Industry. 2022. № 3. С. 66-73. DOI: 10.24143/2073-5529-2022-3-66-73 EDN: BXBFFP
- [22] Технология и рецептурный состав рыбного кулинарного изделия с использованием коллагеново-растительной композиции Зарубин Н.Ю., Лаврухина Е.В., Бредихина О.В., Гриневич А.И., Межонов А.В., Архипов Л.О. // Пищевая промышленность. 2024. № 9. С. 86-88. DOI: 10.52653/PPI.2024.9.9.017 EDN: MXVTLZ
- [23] Богданов В.Д., Дементьева Н.В., Коровина Ю.А. Способ приготовления рыбных формованных изделий. / Патент на изобретение RU 2475149 C1, 20.02.2013. Заявка № 2011128558/13 от 08.07.2011 EDN: ZGPVAT
- [24] Yue Wang, Jiaqi Liu, Weiping Zhao, Jinye Yang, Jinfeng Pan, Sangeeta Prakash, Xiuping Dong Chickpea protein: Novel stabilizer for sturgeon restructured products / Journal of Food Engineering, Elsevier, February 2026. DOI.ORG/10.1016/j.jfoodeng.2025.112762 EDN: CIBUVK
- [25] Габдукаева Л.З., Решетник О.А. Разработка технологии рыбных полуфабрикатов для питания детей // Индустрия питания. 2019. Т. 4. № 1. С. 7-13. DOI 10.29141/2500-1922-2019-4-1-1 EDN: VAUPJW
- [26] Кочконбай Кызы А., Тарасовна С.П. Использование в рецептуре рыбных фаршевых изделий бобовых и злаковых ингредиентов, их влияние на реологические свойства фарша // Вестник Пространство ученых в мире. 2023. № 1. С. 63-72. EDN: PMOGSB
- [27] R.M Uresti, N López-Arias, J.J González-Cabriales, J.A Ramírez, M Vázquez, Use of amidated low methoxyl pectin to produce fish restructured products, Food Hydrocolloids, Volume 17, Issue 2, 2003, pp. 171-176, DOI.ORG/10.1016/S0268-005X(02)00049-8.
- [28] Бочкарева З.А., Назарова Е.И. Совершенствование технологии рыбных рубленых изделий с бобовыми и лактулозой // Инновационная техника и технология. 2024. Т. 11. № 3. С. 18-22 EDN: ULEDVV
- [29] Пребиотик «Лактулоза премиум» как перспективная функциональная добавка в рыбный фарш /Ярцева Н.В., Долганова Н.В., Алексанян И.Ю., Нугманов А.Х.Х./ Индустрия питания. 2020. Т. 5. № 3. С. 25-34. DOI 10.29141/2500-1922-2020-5-3-3 EDN: AOOTQI
- [23] Bogdanov V.D., Dementieva N.V., Korovina Yu.A. Method of preparation of moulded fish products. / Patent for invention RU 2475149 C1, 02/20/2013. Application No. 2011/128558/13 dated 07/08/2011 EDN: ZGPVAT
- [24] Yue Wang, Jiaqi Liu, Weiping Zhao, Jinye Yang, Jinfeng Pan, Sangeeta Prakash, Xiuping Dong Chickpea protein: Novel stabilizer for sturgeon restructured products / Journal of Food Engineering, Elsevier, February 2026. DOI.ORG/10.1016/j.jfoodeng.2025.112762 EDN: CIBUVK
- [25] Gabdukayeva L.Z., Reshetnik O.A. Development of the fish semi-finished products for baby food // The food industry. 2019. Vol. 4. No. 1. pp. 7-13. DOI 10.29141/2500-1922-2019-4-1-1 EDN: VAUPJW
- [26] Kochkonbai Kyzy A., Tarasova S.P. The use of legumes and cereals ingredients in the recipe of minced fish products, their influence on the rheological properties of minced meat // Bulletin of the Space of scientists in the world. 2023. No. 1. pp. 63-72. EDN: PMOGSB
- [27] R.M Uresti, N López-Arias, J.J González-Cabriales, J.A Ramírez, M Vázquez, Use of amidated low methoxyl pectin to produce fish restructured products, Food Hydrocolloids, Volume 17, Issue 2, 2003, pp. 171-176, DOI.ORG/10.1016/S0268-005X(02)00049-8.
- [28] Bochkareva Z.A., Nazarova E.I. Improving the technology of minced fish products with legumes and lactulose // Innovative mashinery and technology. 2024. Vol. 11. No. 3. pp. 18-22 EDN: ULEDVV
- [29] Yartseva N. V., Dolganova N. V., Aleksanian I. Yu., Nugmanov A. H.H. Prebiotic “Lactulose Premium” as a Promising Functional Additive in Minced Fish. Food Industry. 2020. Vol. 5, No. 3. pp. 25–34. DOI 10.29141/2500-1922-2020-5-3-3 EDN: AOOTQI

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Бочкарева Зенфира Альбертовна кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 094-79-49 E-mail: bochkariievaz@mail.ru</p>	<p>Bochkareva Zenfira Albertovna PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 094-79-49 E-mail: bochkariievaz@mail.ru</p>
<p>Орнелла Насра магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail: nasraornella@gmail.com</p>	<p>Ornella Nasra undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail: nasraornella@gmail.com</p>

Съедобные столовые приборы как устойчивая альтернатива пластиковым изделиям: обзор предметного поля

Бурак Л.Ч., Сапач А.Н.

Аннотация. Растущая обеспокоенность во всем мире по поводу загрязнения пластиком, микропластиком и его биоаккумуляции способствует исследованиям научного сообщества по разработке устойчивой и съедобной посуды из натуральных биополимеров. Цель данного обзора – системный анализ современных методов проектирования, производства и повышения функциональности биоразлагаемых столовых приборов. Материалом для данного обзора послужили оригинальные исследования, научные обзоры по теме исследования, опубликованные в рецензируемых журналах за 2019–2025 годы. Анализ результатов научных исследований показал, что в качестве сырья для изготовления съедобных столовых приборов используют крахмалы, растительные белки и пищевые волокна, а технологии изготовления такие как, формование, выпечку, термическое прессование и экструзию, которые определяют прочность, влагостойкость и срок хранения изделий. Установлено, что перспективными направлениями являются композиты на основе белков и полисахаридов, пищевое сшивание, введение биоактивных добавок и создание гидрофобных покрытий, что способствует увеличению механической прочности и функциональности. Возможность использования съедобной посуды зависит от стабильности в процессе хранения, экономической целесообразности и эффективности, соответствия требованиям безопасности, международным стандартам и законам о качестве и безопасности пищевых продуктов. Применение съедобных столовых приборов в сети общественного питания позволит снизить объемы отходов и их негативное влияние на окружающую среду. Вместе с тем обзор научных исследований показал отсутствие утвержденных стандартных методик оценки долговечности, влагостойкости и сенсорных характеристик съедобных приборов, что не дает возможности сравнить результаты различных исследований и их внедрение. Широкое использование съедобных столовых приборов в качестве устойчивой упаковки в системе общественного питания возможна при условии улучшения их потребительских свойств, экономической эффективности и увеличении общего жизненного цикла. Дальнейшие научные исследования должны быть направлены на разработку единых методик оценки съедобных столовых приборов, оптимизацию их состава и технологий, а также общего жизненного цикла и восприятия потребителями.

Ключевые слова: столовые съедобные приборы, пластик, отходы, водоросли, полисахариды, белки, пищевые волокна, экструзия, литье.

Для цитирования: Бурак Л.Ч., Сапач А.Н. Съедобные столовые приборы как устойчивая альтернатива пластиковым изделиям: обзор предметного поля // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 20–43.

Edible cutlery as a sustainable alternative to plastic products: A field review

Burak L.Ch., Sapach A.N.

Abstract. Growing global concern about plastic pollution, microplastics, and their bioaccumulation is driving scientific research into developing sustainable and edible tableware from natural biopolymers. The purpose of this review is to systematically analyze current methods for designing, manufacturing, and enhancing the functionality of biodegradable cutlery. This review draws on original research and scientific reviews on the topic, published in peer-reviewed journals from 2019 to 2025. An analysis of the research results revealed that starches, plant proteins, and dietary fiber are used as raw materials for the manufacture of edible cutlery, while manufacturing technologies such as molding, baking, heat pressing, and extrusion determine the strength, moisture resistance, and shelf life of the products. Composites based on proteins and polysaccharides, food-grade cross-linking, the introduction of bioactive additives, and the creation of hydrophobic coatings, which contribute to increased mechanical

strength and functionality, have been identified as promising areas. The feasibility of using edible tableware depends on its shelf-life stability, economic feasibility, and effectiveness, as well as compliance with safety requirements, international standards, and food quality and safety laws. The use of edible cutlery in the food service industry will reduce waste and its negative impact on the environment. However, a review of scientific research revealed a lack of approved standard methods for assessing the durability, moisture resistance, and sensory properties of edible cutlery, preventing comparison of the results of various studies and their implementation. The widespread use of edible cutlery as sustainable packaging in the food service industry is possible only if its consumer properties, cost effectiveness, and overall life cycle are improved. Further scientific research should focus on developing unified methods for assessing edible cutlery, optimizing its composition and technology, as well as its overall life cycle and consumer perception.

Keywords: fedible cutlery, plastic, waste, algae, polysaccharides, proteins, dietary fiber, extrusion, molding.

For citation: Burak L.Ch., Sapach A.N. Edible cutlery as a sustainable alternative to plastic products: A field review. *Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]*. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 21–43. (In Russ.).

Введение

Согласно оценкам, ежегодно выбрасываются миллиарды одноразовых пластиковых столовых приборов, включая чашки, миски и ложки, что оказывает существенное негативное влияние на окружающую среду. способствует загрязнению окружающей среды. Одноразовые пластиковые столовые приборы представляют собой серьезную экономическую, экологическую и социальную проблему, поскольку они в значительной степени не подлежат переработке и накапливаются в наземных и морских экосистемах [1]. Пластиковая посуда может сохраняться в окружающей среде многие десятилетия, распадаясь на микро- и нанопластик, который угрожает биоразнообразию и здоровью человека [1, 2]. В глобальном масштабе ежегодно производится около 141 миллиона тонн пластиковой упаковки, из которых почти 33% не попадает в официальные системы сбора отходов, в итоге скапливаясь на свалках и в естественной среде [2, 3]. Разложение этих пластиков приводит к выбросам парниковых газов и микропластика, которые сохраняются в наземных и водных экосистемах и могут биоаккумулироваться в организме человека, вызывая респираторные, желудочно-кишечные и иммунологические риски для здоровья [4, 5]. Используя пищевые биоразлагаемые ингредиенты, съедобная посуда может сократить количество пластиковых отходов, поддерживать принципы циклической экономики и предоставлять функциональные решения для упаковки и сохранения продуктов питания. Съедобные столовые приборы и устойчивая упаковка для пищевых продуктов играют решающую роль в снижении воздействия одноразовой посуды на окружающую среду, сохраняя при этом гигиену и функциональные характеристики во время обращения, транспортировки, хранения и потребления [6]. Выступая в качестве защитного барьера, съедобные чашки, миски и ложки помогают сохранить

качество продуктов питания и потенциально могут продлить срок их годности, одновременно предлагая биоразлагаемую альтернативу традиционной пластиковой упаковке [2, 6]. Поэтому разработка посуды на основе съедобных и биополимеров имеет первостепенное значение для снижения загрязнения окружающей среды, защиты здоровья человека и перехода к циклической и устойчивой системе упаковки пищевых продуктов [7]. Растущая обеспокоенность по поводу загрязнения пластиком, микропластиком и его биоаккумуляции ускорила переход к устойчивой и съедобной посуде из натуральных биополимеров. Полисахариды, белки и липиды широко используются в качестве съедобных полимеров благодаря своей биоразлагаемости, возобновляемости, биосовместимости и экологичности по сравнению с синтетическими пластиками на основе нефти [8]. Эти биополимеры разлагаются на естественные побочные продукты, такие как биомасса, вода и углекислый газ, посредством микробной активности, не способствуя долгосрочному накоплению в окружающей среде [6]. Полученные из растительных, животных или морских источников, эти материалы составляют основу съедобных столовых приборов, включая чашки, миски и ложки, которые можно безопасно потреблять вместе с продуктами питания, устраняя отходы после использования. Съедобная столовая посуда, такая как пленки и покрытия, служит защитным слоем, который сохраняет качество, вкус и свежесть пищи, предотвращая микробное загрязнение и порчу во время обработки, хранения и потребления [9]. Производство и использование съедобной столовой посуды регулируются строгими правилами безопасности, включая стандарты FDA, общепризнанные как безопасные (GRAS), стандарты Европейского агентства по безопасности пищевых продуктов (EFSA) и сертификацию ISO, что гарантирует безопасность потребителей и соответствие международным правилам контакта с пищевыми продуктами [6]. Кро-

ме того, съедобные столовые приборы могут быть функционализированы активными пищевыми агентами, придавая антиоксидантные, антимикробные или pH-чувствительные свойства, которые улучшают сохранность пищевых продуктов и контроль по всей цепочке поставок [10, 11]. Несмотря на растущее число публикуемых научных обзоров, посвященных съедобным пленкам, покрытиям и съедобным столовым приборам общего назначения, сохраняется потребность в узкоспециализированном обзоре, ориентированном на практическое применение, который был бы сосредоточен именно на съедобной столовой посуде. В отличие от тонких съедобных пленок и ложек, контейнеры должны удовлетворять четкому, а порой и противоречивому набору требований: достаточная прочность на изгиб и ударопрочность для выдерживания жидкости, контролируемая смачиваемость и барьерные свойства при длительном контакте с жидкостью, термостойкость к воздействию горячей пищи и напитков, а также требования безопасности пищевых продуктов, применимые к материалам, которые могут употребляться в пищу или находиться в тесном контакте с пищевыми продуктами. Во многих существующих обзорах особое внимание уделяется спискам ингредиентов или свойствам пленок, но не синтезируется путь от сырья → обработки → измеримых функциональных целей для стаканчиков и контейнеров. Поэтому, цель данного исследования - обзор научных исследований и системный анализ современных методов проектирования, производства и повышения функциональности биоразлагаемых столовых приборов..

Объекты и методы исследований

Поиск опубликованной научной литературы по исследованию в области съедобных чашек, мисок и ложек как устойчивых альтернатив традиционной пластиковой посуде. проводили в библиографических базах «PubMed», «Scopus», «Web of Science» и «Google Scholar». Для поиска релевантных научных публикаций определены и использованы ключевые слова и словосочетания: «столовые съедобные приборы», «биоразлагаемость», «растительные белки», «полисахариды», «крахмалы», «водоросли», «пищевые волокна», «экструзия», «литье» «биоактивные соединения», «функциональные ингредиенты». В качестве временных рамок для обзора научных публикаций был принят период 2019–2025гг. На первом этапе было отобрано 298 научных публикаций, после проверки аннотаций и удаления дублирующих публикаций для целей настоящего обзора отобрано 93 источника, которые соответствовали критериям включения. Анализ данных выполнен с их систематизацией, обобщением, промежуточными выводами и общим заключением.

Результаты и их обсуждение

1. Сырье для изготовления съедобной столовой посуды и приборов

Выбор приемлемого сырья и состав, который может обеспечить желаемую механическую прочность, структурную целостность, водостойкость и вкусовые качества, имеют решающее значение для разработки съедобных столовых приборов и посуды. Природные биополимеры, такие как белки [желатин, соевый белок, казеин), углеводы [крахмалы, мука, камеди) и липиды [растительные масла, воски), обычно используются в качестве основных ингредиентов при создании съедобных контейнеров [12]. Для повышения гибкости и улучшения свойств эти материалы часто смешивают со сшивающими агентами и пластификаторами, например, сорбитом и глицерином [9, 13]. Для увеличения срока годности и повышения потребительской привлекательности могут добавляться функциональные добавки, включая натуральные ароматизаторы, красители и антибактериальные вещества [14].

1.1 Растительные источники

Зерновые культуры, такие как пшеница, рис и кукуруза, богаты углеводами, белками и пищевыми волокнами, что делает их идеальными для съедобных рецептур. Белки обеспечивают готовым изделиям прочность и гибкость, а крахмал обеспечивает превосходные структурообразующие и связующие качества. Зерновую муку можно использовать в тесте различных форм, что позволяет производить съедобные миски и чашки с регулируемой пищевой ценностью и вкусом [15]. Добавление гидроколлоидов или натуральных ингредиентов может улучшить их прочность и водостойкость, что делает их идеальными для полужидких и сухих блюд [16]. Кроме того, бобовые богаты белками, сложными углеводами и пищевыми волокнами, которые улучшают их структурообразующие и связующие свойства. Белки с гелеобразующей прочностью и стабильностью, такие как соя, горох и маш, можно использовать для изготовления долговечной съедобной упаковки [17]. Содержание крахмала и клетчатки в бобовой муке улучшает текстуру и структуру продуктов. Улучшить их гибкость и влагостойкость можно, используя гидроколлоиды или натуральные пластификаторы. Съедобные миски и чашки, изготовленные из бобовых, также обладают индивидуальными питательными и сенсорными качествами, повышая их полезность и привлекательность для потребителей [17, 18]. Бобовые являются экологичным вариантом съедобной посуды, поскольку они сокращают количество пластиковых отходов и соответствуют принципам циклической экономики [19]. Данная стратегия поддерживает цели безотходной и циклической экономики, предлагая экологичное и адаптивное решение для экологически чистой посуды. В исследовании, проведенном Subbuvel и др. была разработана съедобная форму (миска) на биооснове с натуральными эле-

ментами, такими как многозерновая мука, очищенная пшеница, льняное семя, джаггери и эфирное масло пажитника [20]. Для улучшения ее качества в рецептуру добавляли различное количество пшеничных отрубей (0–10%). Пшеничные отруби увеличивали антиоксидантную активность примерно на 28% и значительно снижали всасывание воды и жира. Также было обнаружено, что разработанная миска имела высокое содержание белка — 13,17 г белка на 100 г. Эксперименты по разложению ее в почве дополнительно подтвердили ее биоразлагаемость. Учитывая результаты данного исследования можно предполагать, что данный образец может служить экологической альтернативой пластиковым формам для торта [20]. Также, Meshram и соавторы разработали съедобную чашку на основе проса кодо, обогащенную порошком гибискуса, где они использовали малоиспользуемую питательную культуру просо кодо (*Paspalum scrobiculatum*) в качестве основного ингредиента [21]. Исследователи улучшали рецептуры, где при содержании 0%–6% экстракта гибискуса и гуаровой камеди, содержания влаги было в диапазоне 5,7% и 8,5%, а вязкость теста около 2690–4470 мПа с при скорости сдвига 50 с⁻¹, растворимости в воде 18%–22% и индексов набухания 22%–32%. Оптимальная рецептура, содержащая 6% экстракта гибискуса, продемонстрировала высокую антиоксидантную активность (IC 50 ≈ 75 мкг/мл) и повышенную термическую стабильность. Лабораторные испытания показали, что чашки могут сохранять горячие напитки не менее 60 минут, а холодные напитки - несколько часов [21]. Авторы Andrejko D. и др., в качестве экологически предпочтительной альтернативы пластиковой столовой посуде исследовали производство съедобных тарелок и мисок из льняного семени и его побочных продуктов [22]. Они разработали веганскую посуду с использованием цельных семян льна или льняного жмыха. Тарелки из льняного жмыха показали меньшую деформацию под нагрузкой, но со значительно большим крошением и более ярким красновато-желтым оттенком. Водопоглощение было больше у изделий на основе жмыха, тогда как тарелки на основе семян имели самое низкое поглощение. Большинство образцов теряли прочность после использования, при этом тарелка из семян оставалась более долговечной. Исследование показывает, что съедобная льняная столовая посуда механически и органолептически приемлема, и может быть устойчивой и биоразлагаемой альтернативой одноразовым пластиковым тарелкам и мискам [22]. Также при разработке съедобных чашек и мисок в качестве устойчивой альтернативы одноразовой пластиковой и бумажной посуде использовались различные материалы, такие как пивная дробина (ПД) с пальчатым просом, очищенной мукой, неочищенным пальмовым сахаром и ксантановой камедью [16], пшеничная мука с рисовыми отрубями, мука из очищенного нута, арахисовый жмых, обогащенные яблочные выжимки, крахмал

из свеклы и патока [23], пальчатое просо и просо с рисовой мукой, пшеничной мукой и топленным маслом ванаспати [19], мелкое просо, просо кодо и просо с манной крупой, порошком неочищенного пальмового сахара и ксантановой камедью, а также сорговое просо с пшеничной мукой [24].

Биополимеры, содержащиеся в побочных продуктах переработки фруктов и овощей, таких как кожура, мякоть, сердцевина и семена, могут быть использованы для изготовления биоразлагаемых упаковочных материалов. Например, пектин из кожуры фруктов (манго, цитрусовых и яблок) улучшает удержание влаги, гелеобразование и формирование структуры [25]. Крахмал из отходов корнеплодов и клубней в формованных пищевых продуктах улучшает консистенцию и структуру. В то же время листовые овощи, такие как шпинат или свекольная ботва, не обладают сильной структурообразующей способностью, но содержат пигменты и обладают антиоксидантной активностью [26]. Из-за низкой механической прочности пленки на основе фруктов и овощей непригодны для изготовления съедобной посуды. Однако смешивание с натуральными добавками способствует улучшению гибкости, барьерных свойств и визуальной привлекательности [23]. Vyshali и др. исследовали производство съедобных контейнеров для пищевых продуктов из биоразлагаемых отходов фруктов в качестве устойчивой альтернативы пластику [27]. Использовали в качестве сырья сердцевину ананаса, кожуру граната и апельсина, которые содержат многие питательные вещества, а для улучшения связывания добавляли льняную муку и порошок из семян джекфрута. Съедобные столовые приборы содержали большое количество белка, мало жира и сырую клетчатку. Испытания на безопасность не выявили *E.Coli* и превышение содержания тяжелых металлов. Сенсорные исследования показали приемлемые результаты по внешнему виду, текстуре и вкусу. Авторы исследования пришли к выводу, что прототипы на основе фруктовых отходов являются безопасной, полезной и экологически приемлемой альтернативой пластиковой посуде [27]. Для изготовления съедобных ложек использовали также отходы кожуры мозамби и саговый крахмал. Примерный состав ложек варьировался (влажность 6,67–33,33%, содержание белка 1,65–2,33%, жира 0,94–4,96%), и их водопоглощение возрастало с увеличением содержания кожуры. Образец, содержащий 50% порошка мозамби, был признан наиболее приемлемым по сенсорной оценке (оценка 8,67), а разложение ложек на 46–60% в течение 12 дней продемонстрировало их перспективность как богатых питательными веществами, биоразлагаемых столовых приборов [28]. В другом исследовании были созданы биоразлагаемые ложки с превосходной механической прочностью, антиоксидантной активностью и повышенным содержанием полифенолов, с использованием в качестве сырья виноградной муки в сочетании с просом, пшеницей, ксантановой каме-

дью и пальмовым маслом. Наилучшие результаты показал образец с ксантатом и всеми тремя видами муки, продемонстрировав улучшенный пищевой профиль и структурную целостность [29]. Хотя эти результаты демонстрируют возможность использования фруктовых и овощных отходов в качестве устойчивого сырья, масштабирование такой упаковки с использованием свежих продуктов потребовало бы больших затрат, что делает утилизацию отходов более целесообразной с экономической и экологической точки зрения.

1.2 Водоросли

Биополимеры, полученные из морских водорослей, такие как агар, альгинат и каррагинан, обеспечивают сильные гелеобразующие и загущающие свойства, что делает их подходящими для разработки формованных изделий, таких как съедобные чашки и миски [17, 30]. Их гидрофильная природа ограничивает влагостойкость, но ее можно улучшить путем смешивания с белками или хитозаном, ламинирования гидрофобными слоями (например, пчелиным воском) или ионной сшивки (например, кальцием для альгината) [31]. Хитозан особенно привлекателен для съедобных столовых приборов, поскольку он антибактериальный, гибкий и биоразлагаемый. Его умеренные влагобарьерные свойства улучшаются в кислых средах и могут быть дополнительно улучшены с помощью многослойных структур, химической сшивки (например, глутаральдегидом) или смешивания с гидрофобными добавками [32, 33]. Использование микробных биополимеров, включая пуллулан, геллановую камедь, полигидроксиалканоаты (ПГА) и бактериальную целлюлозу (БЦ) [14], обладает рядом преимуществ. ПГА термопластичны и долговечны, БЦ образует прочные и гибкие сети, пуллулан создаёт прозрачные структуры, препятствующие проникновению кислорода, а геллановая камедь образует прочные гели. Поскольку пуллулан и БЦ гидрофильны, для повышения влагостойкости требуются дополнительные модификации, такие как пластификация, нанесение поверхностных покрытий или включение нанокомпозитов. Промышленные дизайнеры Chelsea Briganti и Leigh Ann Tucker разработали Loliware — съедобную чашку на основе морских водорослей с натуральными подсластителями. Эти чашки безопасны, полностью натуральны и не содержат пластика, промышленных химикатов, глютена, желатина, токсинов и генетически модифицированных организмов (ГМО). В настоящее время в коллекции, одобренной FDA, доступно пять различных вкусовых вариантов чашек [34]. Кроме того, в ходе исследования, проведенного Hongsheng были разработаны съедобные контейнеры на основе агара с использованием рисового крахмала и овощного сока в качестве устойчивой альтернативы пластиковым контейнерам [34].

2. Полисахариды

При разработке съедобных столовых приборов, таких как чашки и кухонные принадлежности,

камеди и гидроколлоиды (гуаровая камедь, ксантановая камедь и каррагинан) имеют решающее значение для их биосовместимости и практических качеств. Будучи экологически чистыми альтернативами одноразовому пластику, данные натуральные полисахариды улучшают текстуру, прочность и стабильность [35]. Гуаровая камедь увеличивает вязкость и помогает создавать слабые гели, в то время как ксантановая и камедь плодов рожкового дерева образуют прочные гели для структурной поддержки. Каппа-каррагинан обеспечивает термообратимые гели, идеально подходящие для жестких текстур. Эти камеди улучшают связывание воды, механическую прочность и стабильность при хранении [34]. В сочетании они повышают формуемость и долговечность, что позволяет моделировать съедобные столовые приборы по индивидуальным требованиям [34]. Крахмал является популярным биополимером в производстве съедобных столовых приборов из-за его доступности, низкой стоимости, биоразлагаемости и способности изготавливать формованные изделия, такие как съедобные чашки и миски [36]. Можно создавать жесткие, формуемые материалы, подходящие для ложек, вилок, чашек и мисок, путем термической и химической обработки крахмала, полученного из кукурузы, проса, риса, пшеницы и других злаковых источников [37]. Основным процессом, при котором гранулы нативного крахмала расширяются и теряют свою кристаллическую форму при нагревании в присутствии воды, называется желатинизацией. Гранулы поглощают воду и расширяются, когда крахмал нагревается в воде (около 60–80 °C). Водородные связи цепей крахмала разрываются. Когда амилоза просачивается, образуется густой, пастообразный гель [38]. Процесс желатинизации необходим для формирования крахмала в процессе изготовления съедобной посуды. После охлаждения и сушки правильно желатинизированные материалы становятся однородными и жесткими. Хрупкость или растрескивание могут быть результатом неполной желатинизации. Температура желатинизации кукурузного крахмала выше (около 70–75 °C), но рисовый крахмал желатинизируется при более низкой температуре (около 60–70 °C) и дает более гладкую текстуру. Исходя из соотношения амилозы к амилопектину, просяной и пшеничный крахмалы демонстрируют промежуточное поведение желатинизации. Гранулы крахмала имеют полукристаллические структуры, состоящие из кристаллических и аморфных областей, которые чередуются. Кристаллическость варьируется в зависимости от ботанического источника; например, крахмалы типа В (клубневые крахмалы) имеют более рыхлую структуру и большее содержание воды, тогда как крахмалы типа А (злаковые крахмалы, такие как пшеница, рис и кукуруза) являются компактными и имеют высокий кристаллический порядок. Желатинизация снижает кристаллическость [34, 40]. Для использования в качестве сырья для изготовления съедобных столовых приборов

они должны быть достаточно гибкими, прочными и эластичными. Чистый крахмал часто бывает хрупким, особенно при низкой влажности. С другой стороны, большая концентрация амилозы делает его прочнее, но также и более хрупким. Волокна и белки являются усилителями, которые увеличивают прочность [41], тогда как пластификаторы, такие как глицерин, увеличивают гибкость и уменьшают хрупкость. От количества пластификатора зависят типичная прочность на растяжение и удлинение при разрыве [42]. Водостойкость и долговечность можно улучшить путем смешивания с другими биополимерами и сшивания лимонной кислотой [34, 40]. В таблице 1 представлен перечень и характеристика материалов, используемых для изготовления съедобных столовых приборов.

3. Способы изготовления съедобных столовых приборов

Экологичные съедобные столовые приборы (съедобные чашки, миски и ложки) могут быть изготовлены различными методами, такими как компрессионное формование, экструзия, термоформование и литье под давлением с использованием вышеупомянутых съедобных материалов.

Компрессионное формование

Компрессионное формование является широко используемым традиционным и простым методом для разработки компонентов, используемых в транспорте, электрических переключающих плат, автоматических выключателей, крышек для бутылок, кнопок, уплотнений, контейнеров, корпусов, защитных шлемов, компонентов насосов, зубчатых передач, тормозных элементов, структурных рам, шкивных узлов, панелей кузова транспортного средства, кухонной утвари и форм для бытовой электроники [47]. Это в данном методе отмеренное количество сырья, помещают в предварительно нагретую форму и сжимают под гидравлическим прессом высокого давления, что приводит к размягчению материала, денатурации белка, полимеризации и химическим изменениям в формованном изделии. Он работает по принципу вязкого течения и деформации полимера под высоким давлением, имея высокую размерную точность, низкий уровень отходов биоразлагаемого материала [48]. Компрессионное формование использует гидравлические или пневматические системы и зависит от параметров процесса, включая время отверждения, температуру пресс-формы, давление формования, а также форму, размер и размещение предварительной нагрузки [49]. Новые технологии и достижения привели к переработке и разработке биополимеров и продуктов на основе биоматериалов с использованием компрессионного формования. Биоразлагаемые и съедобные материалы, такие как рисовая шелуха, кукурузный крахмал, пшеничные отруби, просо и сельскохозяйственные отходы, смешиваются с натуральными связующими для образования формовочного теста для приготовления чашек и мисок, что может быть эффективной альтернативой

использованию одноразового пластика в пищевой и пивоваренной промышленности. Согласно исследованию, проведенному Yodkum и соавторами, рисовая мука и обезжиренные отруби смешивались для изготовления съедобных ложек с использованием метода компрессионного формования при 150 °С и 9 бар в течение 7 мин. Изготовленная съедобная ложка, обладала превосходной механической прочностью и высокой влагостойкостью [50].

Экструзия

Новая технология производства полимеров методом экструзии использует химические или ферментативные процессы для изменения полимера, прививки, сшивания, полимеризации и поликонденсации [51]. В этом методе экструдер работает как реактор, где может происходить реакция, дающая лучший биополимер с хорошими свойствами. Экструдер представляет собой горизонтальный химический реактор, оснащенный одним или несколькими шнеками, предназначенный для непрерывной транспортировки молекул реагентов различных типов, включая твердые вещества, расплавы, жидкости и газы. Внутренние физические параметры, такие как сильные сдвиги, температура и давление, формируют рабочее поле экструдера. Транспортировочный элемент осуществляет перемещение материалов, в то время как диспергирующие, смешивающие и пластифицирующие компоненты представляют собой завершающие элементы, из которых формируются экструдированные продукты. Зоны давления и плавления имеют различные этапы обработки в шнеке экструдера, что обеспечивает эффективное взаимодействие между реагентами [34]. Биоразлагаемые и съедобные продукты производятся с использованием смесей ацетата целлюлозы/кукурузного крахмала, белка, пшеницы, кукурузной шелухи и проса [43]. Экструзия изменяет макронутриенты в сырье, что приводит к получению продуктов, которые либо полезны, либо неприемлемы в зависимости от предполагаемого использования. Широкий спектр биоразлагаемых полимеров свежих продуктов, в частности, глюкозы, белков или различных вариантов, был обработан для термического разложения, распада, трансформации и изменения с помощью ферментативного катализа, усиленного разнообразными перекрестными переменными, присутствующими в процессах экструзии [34, 52]. Снижение затрат на ферменты и производство также должно быть направлено на применение в промышленных масштабах. Это эффективно для включения биоактивных соединений в разработку активной упаковки. Технология экструзии и уникальные технологии экструдеров должны быть усовершенствованы, а затем использованы для увеличения систем упаковки пищевых продуктов для различных применений. Процесс экструзии сложен и плохо поддается эффективному регулированию и управлению. Кроме того, поскольку реагенты остаются в процессе реакционной экструзии только в течение короткого

Таблица 1 – Перечень материалов, используемых при изготовлении съедобных столовых приборов различными способами, и их характеристики

Основное сырье и его количество	Применяемые добавки	Метод изготовления	Основные характеристики ингредиентов	Источник
Семена льна или льняной жмых, 300гр.	Масло, льняной клей, пшеничная мука и рожковое дерево	Формовка и выпекание в форме для торта	Съедобные миски обладают хорошими механическими свойствами, так как семена льна богаты омега-3 жирными кислотами; льняная слизь усиливает структурообразование.	[22]
Пшеничные отруби, 0%–10%	Мука из нескольких видов зерна, рафинированная мука (майда), пальмовый сахар, льняное семя и эфирное масло пажитника	Формовка и выпечка теста	Пшеничные отруби повышают содержание клетчатки, антиоксидантную активность и снижают всасывание масла; пальмовый сахар улучшает вкус и действует как натуральное связующее вещество; масло пажитника оказывает антимикробное действие.	[20]
Пивная дробина, 0%–10%	Пальчиковое просо, рафинированная мука, джаггери и ксантановая камедь	Тесто прессуют и раскатывают в листы, затем придают ему форму и выпекают.	Низкое водопоглощение и снижение жиропоглощения, высокое содержание белка, полифенолы из дробины усиливают антиоксидантную активность; просо улучшает пищевой профиль; ксантан улучшает текстуру и прочность	[16]
Пшеничная мука, 40 – 60 г	Рисовые отруби, мука из очищенного нута, арахисовый жмых, обогащенный яблочным жмыхом, свекольным жмыхом и экстрактом патоки.	В качестве трафарета использовалась сталь, а расходники стаканчики вырезались ножом.	Обладают приятным вкусом, сбалансированным составом макроэлементов; выжимки фруктов повышают антиоксидантную активность; подходят как для горячих, так и для холодных блюд.	[23]
Пальчатое просо и просо, 20%–60%	Рисовая мука, пшеничная мука и топленое масло ванаспати	Лист сформирован и сформирован с помощью чашеобразной формы	Чашка обладает хорошей водоудерживающей способностью, просо улучшает питательный профиль, а ванаспати улучшает пластичность.	[19]
Просо кодо (<i>Paspalum scrobiculatum</i>), более 90%	Гуаровая камедь и порошок гибискуса	Лист сформирован и сформирован с помощью чашеобразной формы	Гуаровая камедь действует как связующее вещество; гибискус добавляет антиоксиданты и естественный красный оттенок; термостабильные и более крепкие чашки	[21]
Пшено, просо кодо и эхинохлойская трава (скотное просо) около 77 %	Манная крупа, порошок джаггери и ксантановая камедь	Лист сформирован и сформирован с помощью чашеобразной формы	Высокое содержание сырой клетчатки и белка; ксантан улучшает текстуру; манная крупа обеспечивает структуру, обладает антиоксидантным потенциалом (70% ингибирования DPPH)	[24]
Просо сорго, 7%–17,5%	Пшеничная мука	Густое тесто заливается в чашеобразную форму, делая	Просынная и пшеничная мука обеспечивают структуру, проращивание/обжаривание улучшает вкус, усвояемость и текстуру; чашки подходят для горячих/холодных напитков.	[44]
Мука из сорго	Порошок гибискуса, порошок розы	Формование	Повышенное содержание клетчатки и микроэлементов; превосходная прочность текстуры (56 Н); сохраняет целостность в горячих супах до 30 минут; микробиологически безопасен; полностью биоразлагаем в течение 12 дней.	[45]

Основное сырье и его количество	Применяемые добавки	Метод изготовления	Основные характеристики ингредиентов	Источник
Сердцевина ананаса, кожура граната и апельсиновая цедра, 26 – 110 г	Порошок из семян джекфрута и мука из льняного семени	Тесто помещают в формы.	Высокое содержание клетчатки, белка и антиоксидантов; безопасный и экологичный; хорошая структурная прочность благодаря кожуре, сердцевине и муке	[27]
Порошок из кожуры мосамби(10-100%	Крахмал саго	Формование	Биоразлагаемые ложки: белок (1,65–2,33%), жир (0,94–4,96%); биоразлагаемость 46–60% за 12 дней.	[28]
Виноградная мука, 17–50 г	Мука из проса, пшеничная мука, ксантановая камедь, пальмовое масло	Формование	Ложки повышенной прочности; виноградная мука усиливает антиоксидантную активность и питательные свойства; ксантан улучшает структуру	[29]
Водоросли	Органические подсластители, фруктовые и овощные экстракты	Нет данных	Морские водоросли содержат натуральные гидроколлоиды; подсластители улучшают вкусовые качества; стаканчики биоразлагаемы, нетоксичны и подходят для соков.	[34]
Агар	Рисовый крахмал и овощной сок	Формование	Агар образует прочные гели; крахмал повышает жесткость; экологичен, растворим, может использоваться в качестве корма для животных после использования.	[34]
Желудевая мука, 10–30%	Мука из семян тыквы, маковая мука, пшеничная мука	Формование	Самое высокое содержание полифенолов (14 мг GAE/г) в 30% желудевой муки; сильная антиоксидантная активность и твердость, обеспечиваемые желудями; экологичная альтернатива пластику	[46]

периода времени (1–5 минут), можно использовать только быстропротекающие реакции. Экструзия благодаря шиванию и различным гидрофильным процессам может быть использована для активной упаковки пищевых продуктов [43]. В методе экструзии ультразвук, сверхкритические флюиды и ферменты используются для ускорения синтеза биополимеров. Это позволяет легко настраивать свойства производимых материалов, которые зависят от состава съедобных материалов и условий обработки. Недавно с помощью экструзии и нанесения покрытия были получены новые пены на основе крахмала с покрытием из поливинилового спирта (ПВС) с добавлением пероксида кальция. Полученная пена потенциально способна сохранять гуаву при транспортировке и хранении. Пена продемонстрировала улучшенную влагостойкость, превосходную буферную способность и способность к саморегулированию атмосферы хранения [34].

Термоформование

Процесс термоформования широко используется для производства пенопласта для упаковки пищевых продуктов и создания защитных материалов, съедобных стаканчиков, мисок и подносов. Процесс вспенивания включает в себя нагревание и давление для придания полимерному материалу желаемой формы путем нагревания, формования и охлаждения изделия с использованием экструзии,

выпекания, формования и сверхкритического флюидного вспенивания [53]. Свойства пенопласта, полученного методом термоформования, зависят от источника материала, условий процесса, типа и количества пластификатора и воды. Процесс производства термоформованного продукта включает в себя выбор и резку полимерного или биополимерного листа и нагревание его до размягчения, затем применяется давление или вакуум для разработки формы продукта, мисок, чашек, стакана и т. д. [54]. Эта калибровочная термоформовка используется для разработки мисок, чашек и подносов с использованием пищевых биополимеров или натуральных материалов, рисовой муки, пшеничных отрубей, сорго, желатина или проса, которые смешиваются с пластификаторами для повышения гибкости. При термоформовании съедобных продуктов нагрев осуществляется при более низких температурах, чтобы избежать деградации биополимеров, а формы проектируются для производства структурно стабильных, безопасных для употребления в пищу продуктов [55]. Согласно исследованию, проведенному Diaz и др. крахмал смешивали с полилактоном и армировали биоуглем на основе молотого кофе для разработки пищевых лотков на биологической основе. В рамках метода термоформования используются процессы внутреннего сдвигового смешивания, компрессионного формо-

вания и листового термоформования. Результаты показали, что разработанные лотки обладают превосходной прочностью, удлинением и жесткостью [56]. Другой биоразлагаемый лоток для пасты был разработан Грасиа и соавторами, для изготовления лотков использовался метод терраформирования со смесью бумаги и биополимера. Лотки, сформированные при 105 °С и 8 бар, показали улучшенную термостойкость (примерно 290 °С), прочность на разрыв (49,6 МПа) и влагонепроницаемость [57].

Литье под давлением

Процесс литья под давлением состоит из четырех этапов: пластификация, плавление, формование и охлаждение. На этапе пластификации твердые материалы подаются в нагретый цилиндр, где они расплавляются за счет совместного действия нагрева цилиндра и сдвига, создаваемого вращающимся шнеком, в результате чего образуется расплавленная матрица. Этот расплавленный материал впрыскивается под высоким давлением в охлаждаемую полость формы на этапе заполнения, где происходит сложная динамика потока и передача тепла, после чего наступает фаза уплотнения, где постоянное давление компенсирует усадку, вызванную охлаждением; это требует формования сжимаемым потоком с использованием соотношений давление-объем-температура (pVt) для обеспечения точности размеров и предотвращения дефектов [34]. Наконец, на этапе охлаждения и выталкивания тепло отводится от формованной детали под воздействием формы и конвекции через охлаждающие каналы для получения конечных формованных изделий. Качество литьевого формования изделий зависит от типа сырья, точек плавления смеси, скорости шнека, температурного профиля, давления впрыска и времени пребывания [58]. Традиционно литье под давлением используется в электронной, автомобильной и медицинской промышленности. Проведены исследования по использованию метода литья под давлением в упаковке пищевых продуктов и разработке устойчивых материалов. В качестве биоматериалов использовались кукуруза, картофель, маниока, пшеница, рис, просо, желатин, соя, сыворотка и натуральные добавки, такие как глицерин, гуаровая камедь и продукты на основе растительных волокон [59]. Авторами Félix и др. проведено исследование, с использованием смеси изолятов соевого белка (ИСБ) и яичного альбумина, пластифицированного 40% глицерина по разработке биопластика с использованием литья под давлением при 130 °С и давлении 500 бар. Литье под давлением позволило добиться однородной формы и улучшить прозрачность, особенно при повышенном содержании альбумина. Механические испытания показали, что продукты с высоким содержанием альбумина обладают более высокими прочностными и вязкоупругими свойствами по сравнению с соевым биопластиком [34]. Процесс литья под давлением позволяет индивидуализировать формы и механические свойства для удов-

летворения различных потребностей в упаковке пищевых продуктов и напитков. Совместимость с биополимерами повышает функциональность и потребительскую привлекательность съедобных продуктов, а также способствует разработке мисок и стаканчиков.

4. Методы улучшения функциональности съедобных столовых приборов

Несмотря на то, что съедобные стаканчики и миски кажутся эффективной альтернативой одноразовым столовым приборам, сохранение и долговечность их функциональных характеристик остаются сомнительными. Будучи съедобными и биоразлагаемыми, они зачастую не обладают механической, термической прочностью и влагустойчивостью из-за плохих барьерных свойств и пористой природы, что ограничивает их точное использование в основных приложениях для упаковки пищевых продуктов. С целью преодоления данных ограничений исследователи постоянно изучают функциональные ингредиенты и натуральные добавки, такие как сшивающие агенты, покрытия, биоактивные вещества и армирующие вещества [60]. Эффективные методы, которые были установлены в ходе исследований, это такие как, модификация сырья, сшивание, формирование нанокомпозитов и контролируемая кристаллизация. Наиболее эффективные методы включают комбинацию сшивания, нанонаполнителей и оптимизированной термической обработки. Они также показывают одновременное улучшение структуры, повышение пищевой ценности и общей приемлемости потребителем [22, 24, 34].

Прочность на разрыв, жесткость, устойчивость к деформации и деформация важны для определения потребительского восприятия и удобства использования съедобной посуды. Прочность на разрыв отражает способность материала выдерживать тяговые усилия без разрушения. Твердость указывает на устойчивость поверхности к вдавлению или проникновению и имеет решающее значение для сохранения формы во время обращения и использования. Жесткость – это сопротивление изгибу, которое гарантирует, что съедобные чашки и ложки могут выдерживать вес жидкостей без чрезмерной деформации. Деформация включает в себя усадку или изменение размеров в процессе производства, которые необходимо контролировать для обеспечения постоянства характеристик продукта и удовлетворенности потребителей [34, 61]. Несмотря на многие преимущества перед пластиковой посудой, съедобные миски обладают серьёзными недостатками из-за низкой механической прочности, пористости, плохой термостойкости во влажных условиях и крайне ограниченной жиро- и маслонепроницаемости. Из-за своей хрупкости они подвержены высокой вероятности повреждения при транспортировке, погрузочно-разгрузочных работах и даже при складировании [34, 22]. Неприемлемые сенсорные характеристики при воздействии

высокой температуры в условиях сухого тепла и размокание при воздействии высокой влажности остаются основными проблемами. Отсутствие укрепляющих или защитных покрытий обычно приводит к тому, что пищевые контейнеры легко впитывают влагу. Чтобы улучшить термостойкость и механическую прочность, Nehra и др. включили ПД (побочный продукт, богатый волокнами и фенолами), с целью укрепления структурной матрицы [16]. Его добавление к исходной формуле смеси палчатого проса и пшеничной муки в соотношении 50:50 с ксантановой камедью в качестве связующего вещества поддерживало сцепление матрицы, значительно улучшая твердость, термическую стабильность за счет увеличения плотности материала и жесткости. Последующее контролируемое выпекание при 180 °С обеспечило получение прочных, трещиностойких и термостойких контейнеров. Жесткость и твердость разработанных мисок увеличивались на 18% с увеличением концентрации ПД. Сообщается, что увеличение твердости обусловлено присутствием различных ксилоолигосахаридов, которые изменяют вязкоупругую природу ПД [16]. Аналогичная исследовательская работа была проведена Niu и др., где авторы разработали биоразлагаемое волокно из кукурузного крахмала и жома с покрытием из ПДМС для формирования композитного материала на основе крахмала и целлюлозы для столовых приборов [61]. Волокно жома использовалось в качестве армирующего агента, что улучшило механические свойства разработанных столовых приборов. Было отмечено, что из-за увеличения концентрации жома прочность на растяжение и удлинение при разрыве улучшились до значений 22,4 МПа и 11,5% соответственно, что превосходит показатели пластика. Улучшение механических свойств было обусловлено эффективной передачей напряжения и уменьшением количества дефектов между крахмалом и волокном на границе раздела [62]. В другом исследовании съедобные чашечки на основе сорго были разработаны с помощью комбинации предварительной обработки, подбора рецептуры и термической оптимизации. Обжарка сорго усилила клейстеризацию крахмала и реакцию Майяра, что привело к образованию более слабых, но термостойких структур. При прорастании происходят ферментативные изменения, а также улучшается текстура и упругость крахмально-белковой матрицы. Изменяя концентрацию просяной муки в пшеничной муке (17,5:2,5), чашечки становились более плотными и менее пористыми, со способностью удерживать больше жидкости. Добавление небольшого количества масла и джаггери способствовало увеличению сцепления, делая матрицу более связанной. Контролируемая температура и время выпечки (70 °С) способствовали получению равномерной структуры (без трещин). Проведенные испытания показали, что менее пористые варианты требовали большего усилия для разрушения, что означало большую стабильность из-за улучшенных механи-

ческих свойств. Анализ FTIR также выявил молекулярную перестройку, что способствовало термостойкости и внутренним связям [44].

Прочность и долговечность также повышаются за счет включения растительных волокон в белковые матрицы. Увеличение гибкости и уменьшение водопоглощения наблюдалось при добавлении 5% волокон стебля ипомеи (*Ipomoea aquatica*) в матрицу изолята соевого белка (ИСБ). Это армирование показало большую прочность на сжатие, прочность на изгиб и ударную вязкость, что позволяет столовым приборам сохранять свои свойства в характерных условиях эксплуатации в пищевой промышленности [63]. Результаты микрографии соответствовали композиту ИСБ, армированному волокнами кокосовой шелухи, 3%–5% относительно хорошо диспергированы, но 7%–10% волокон кокосовой шелухи агломерированы, тем самым влияя на механические и биокompозитные свойства [63]. Создание многослойных биокompозитов с использованием целлюлозы полученной из комбучи, с добавлением желатина и дополнительно сшито посредством реакций Майяра, что привело к высокой прочности на разрыв и гибкости с повышенной термо- и влагостойкостью [64]. Исследователи также предположили, что он на практике заменит традиционные столовые приборы на основе древесины. Эффект реакции Майяра привел к получению очень высокосшитого и прочного композита с прочностью на изгиб 117,27 МПа и твердостью со значением 76,6. Реакции влажного нагрева между белками и углеводами, такими как гороховый белок и пуллулан, приводят к образованию когезивных биополимерных сетей, которые могут значительно повысить прочность на разрыв и водостойкость по сравнению с необработанными аналогами из-за превосходной сшивки и улучшенной совместимости между двумя биополимерами [64]. В исследовании Javier и соавторов формировали съедобные миски из семян льна и льняного жмыха в различные формы, такие как миски, тарелки и пирожные. Было отмечено, что съедобные пластины, изготовленные из льняного жмыха, имели самую высокую прочность на разрыв – 7,1 МПа по сравнению со всеми другими образцами [60]. В аналогичной работе Jaspal и др. разработали съедобные миски из проса кодо, куриного и мелкого проса для снижения количества пластиковых отходов. Результаты показали, что твердость увеличилась до 2,5 раз, что повысило структурную целостность мисок [24].

Триметафосфат натрия (ТМФН) — эффективный сшивающий агент в съедобных упаковочных материалах на основе белка и крахмала, позволяющий усилить механическую прочность, снизить растворимость в воде и улучшить термическую стабильность благодаря фосфатно-эфирным связям [24]. Лимонная кислота — легкодоступная пищевая поликарбонная кислота — подходит для процесса сшивания съедобных упаковочных материалов на основе полисахаридов и белка. В результате

этерификации она создает сложноэфирные связи с гидроксильными группами, содержащимися в крахмале и целлюлозе, и приводит к образованию сшитой сети с существенно повышенной механической прочностью и сниженной растворимостью в воде, а также длительной термической стабильностью [17]. Обработка разработанных контейнеров лимонной кислотой, возможно, снизит влагопроницаемость, что повысит устойчивость к деформации и набуханию, делая их полезными в тех случаях, когда съедобные стаканчики и миски должны содержать густые горячие жидкости, такие как подливки, макароны, сыр или макаронные изделия [66]. Разработка съедобных стаканчиков, мисок и ложек требует оптимизации ингредиентов и методов обработки для достижения баланса между механической прочностью, текстурой и устойчивостью к деформации.

В процессе использования или упаковки пищи, съедобные чашки, миски и ложки всегда будут подвергаться воздействию высокой влажности, масла и жира из-за общей природы потребляемой пищи. Следовательно, возникает необходимость покрытия для сохранения их структурной целостности. Результаты исследований подчеркивают успехи в разработке покрытий для съедобных чашек и мисок; по сути, столовых приборов. Эти покрытия не только обеспечивают защиту от масла и воды, но и безопасны для употребления человеком. Покрытия могут быть в основном, на основе воска, на основе полисахаридов и белков, композитными и многослойными. Натуральные воски, в частности полученные из насекомых, то есть шеллак, пчелиный воск, или растительного происхождения, то есть карнаубский воск, канделильский воск, воск рисовых отрубей, подсолнечный воск, соевый воск и кофейный лигнин, можно либо наносить на формованные съедобные материалы путем окунания, либо распылять на съедобные субстраты для получения равномерного слоя, образующего гидрофобное покрытие [67, 68, 69]. Покрытие окунанием создает проблему впитывания избыточной влаги, что может привести к разбуханию или дезориентации стаканчиков еще до того, как покрытие высохнет. Эту проблему можно эффективно решить, варьируя состав и распыляя покрытие с минимальным количеством растворителя. Использование этих покрытий позволяет добиться заметной гидрофобности и самоочищаемости съедобных чашек и мисок, в зависимости от сферы применения, особенно учитывая их устойчивость к маслам и слабым кислотам [34]. Помимо барьерного эффекта, стойкость, достигаемая благодаря покрытию, не повлияет на их съедобность.

Влажность является одним из критических параметров для съедобных стаканчиков и мисок. В съедобных стаканчиках и мисках достаточное количество влаги также устанавливает структурную целостность, предотвращая разбухание, размягчение и легкое разрушение. Поддержание влажности

может зависеть от качества, вкуса и органолептических свойств съедобных стаканчиков и мисок. Присутствие высокой влажности также увеличивает скорость ферментативной активности, что может привести к микробному загрязнению пищевых продуктов. Содержание влаги также влияет на механические свойства съедобных стаканчиков и мисок [70]. Полисахариды и белковые покрытия на основе хитозана, альгината натрия и крахмалов (например, пшеничного, кукурузного и картофельного) в сочетании с липофильными материалами, такими как пчелиный воск, олеиновая кислота или оливковое масло, и стабилизированные поверхностно-активными веществами, могут обеспечивать гораздо лучшую защиту от проницаемости для воды и масла [71, 72]. Более того, могут использоваться композитные и многослойные покрытия, включающие комбинацию различных биополимеров и других функциональных наноматериалов. Свойства покрытий в конечном итоге демонстрируют синергетическое улучшение как барьерных, так и механических свойств [73]. При введении коллагеновых волокон вместе с альгинатом натрия, поливинилбутиралем (ПВБ), нанофибриллами целлюлозы (НФЦ) и полидиметилсилоксаном (ПДМС) достигается превосходная водо- и маслостойкость покрытий при повышенной прочности на разрыв [34]. Такие композитные покрытия особенно перспективны в приложениях, где важна устойчивость материала к термическим или влажным условиям, но также требуется соответствие требованиям к пищевым продуктам. Съедобные стаканчики из матрицы печенья из сливочного масла, покрытые водостойкой пленкой из пектина и поливинилового спирта, показали улучшенную водостойкость. Это покрытие в сочетании с естественной структурой печенья позволило стаканчикам выдерживать любое давление как холодных, так и горячих напитков без деформации. Также наблюдалась устойчивость к уксусной кислоте и этиловому спирту, что указывает на барьерные свойства как для полярных, так и для неполярных жидкостей, хотя в этом случае не наблюдалось существенных изменений самого материала [34]. Исследование, проведенное Nehra и соавторами показало, что биоразлагаемая съедобная чаша с пальчиковым просом, неочищенным пальмовым сахаром, очищенной мукой и ксантановой камедью показало результаты испытаний на водо- и маслопоглощение [34]. Результаты показали, что разработанные съедобные чаши снизили водопоглощение и маслопоглощение до 3,34% и 5,83% соответственно, что позволяет сделать вывод о том, что сформированные съедобные чаши полезны для хранения жирных пищевых продуктов, таких как картофельные чипсы, пончики и картофель фри [16]. В 2025 году было проведено исследование авторами Meshram и другие, в котором были разработаны функциональные съедобные чашки с просом Кодо, модифицированным порошком гибискуса и гуаровой камедью. В этом исследовании авторы

сформулировали концентрацию порошка гибискуса, где высокая концентрация порошка гибискуса увеличивала барьер влажности до 8,5%, варьируясь в диапазоне более низкой активности воды [34]. Manivel и Paramasivam в 2024 году изготовили съедобные ложки на основе сорго с добавлением порошка гибискуса и цветков розы. В этом исследовании авторы установили, что содержание влаги в сформированных ложках на основе сорго составляло 5,32%, что значительно ниже [45]. Барьерные свойства съедобного покрытия, вероятно, будут менее эффективными при наличии дефектов поверхности. Чувствительность к влаге и прочность в значительной степени зависят от селективности и доли биополимеров, липидов и сшивающих агентов в составе. Крахмальные покрытия с большим содержанием амилозы обеспечивают большую прочность, но более восприимчивы к влаге. На эксплуатационные характеристики также влияет толщина покрытия: более толстые и субмикронные слои покрытия повышают водостойкость. Кроме того, для того чтобы быть принятыми потребителями, они должны быть однородными и иметь привлекательный внешний вид.

Функциональные свойства и срок годности. Долговечность и срок годности съедобных стаканчиков и мисок являются важным критерием определения их практичности и возможности промышленного использования. Более длительный срок годности обеспечивает более безопасное хранение без ущерба для качества, сохраняя целостность продукта и снижая риски для здоровья [45]. Использование съедобных стаканчиков и мисок с включенными функциональными биоактивными соединениями в упаковке пищевых продуктов является относительно недавней инновацией, которая все еще находится на стадии разработки в области устойчивой упаковки пищевых продуктов. Это решение способствует обеспечению пользы для здоровья в сочетании с удобством потребления съедобных столовых приборов, стаканчиков и мисок, а также соответствует требованиям потребителей к экологичности и многофункциональности продуктов. Съедобная упаковка также может служить пищевой добавкой, поскольку в нее могут быть включены биоактивные вещества, такие как антиоксиданты, пробиотики и растительные экстракты. Класс биоактивных веществ может включать антиоксиданты, пробиотики, растительные экстракты и другие разнообразные олеорезины и вкусовые соединения из природных источников [76]. Различные экстракты, богатые биоактивными соединениями, такими как антиоксиданты, могут быть извлечены из растительных источников и включены в разработанные столовые приборы. Например, съедобные чашки и миски, изготовленные с использованием таких материалов, как оливковый жмых, мука, сорго, будут обладать высоким содержанием витамина Е, полифенолов и омега-жирных кислот, которые обеспечивают антиоксидантный эффект, который

намного превосходит стандартную съедобную посуду из пшеничных отрубей или кукурузной муки. Кроме того, куркумин, полифенол, извлеченный из куркумы, всегда использовался из-за его противовоспалительных, антиоксидантных свойств и предполагаемых преимуществ для здоровья, что делает его эффективным дополнением к съедобным столовым приборам [17, 76]. Исследование, проведенное Manivel и др. показало, что съедобные ложки, изготовленные из муки сорго, пропитанной порошками из цветков гибискуса и розы, имеют большой потенциал в качестве жизнеспособных вариантов для замены одноразовых пластиковых столовых приборов. Добавление цветов повышает уровень микроэлементов, вкус, осязание и прочность, не делая их менее долговечными и биоразлагаемыми [45]. Потеря веса и микробный анализ съедобных ложек проводились методом общего количества микроорганизмов. В ходе исследования было отмечено, что разработанные обжаренные съедобные чашки с добавлением цветов имеют наименьшее общее количество микроорганизмов со значением 10×10^1 КОЕ/г и потерю веса со значением 8,45% с добавлением цветов. Сформированные съедобные ложки из сорго были подвергнуты анализу с различными продуктами для определения удерживающей способности, и было установлено, что ложки имеют удерживающую способность 50 минут в лимонном соке, 60 минут в мороженом и 30 минут в горячих супах. Разработанные ложки, обогащенные цветками, хорошо сохранились в горячих супах, прошли испытание на падение, были безопасными на микробную и цитосовместимость, с наблюдаемой полной деградацией в течение 12 дней [34]. Следовательно, аналогичная методология может быть воспроизведена для съедобных чашек и мисок. Съедобные столовые приборы также могут служить носителями пробиотиков, которые используются для поддержания здоровья желудочно-кишечной системы, а также для расширения идеи съедобной упаковки как дополнительной добавки к пище [34]. Обширные исследования направлены на разработку инкапсулированных съедобных столовых приборов, обогащенных пробиотиками, которые обладают способностью защищать эти деликатные пробиотики и высвободить их в кишечнике [77]. Jasral и соавторы провели исследование, в ходе которого разработали съедобные миски на основе проса в качестве альтернативы пластиковым стаканчикам. Полученные съедобные стаканчики использовались для хранения мороженого. Исследование показало, что мороженое не вытекло из миски, однако миски становились немного мягкими [24]. Также наблюдается новая тенденция к использованию экстрактов, таких как экстракт зеленого чая, орегано или базилик, которые обладают антимикробными, противогрибковыми и антиоксидантными свойствами, которые могут способствовать безопасности пищевых продуктов и сроку годности, а также соответствовать функциональным

требованиям самой упаковки [17]. Несмотря на то, что результаты обогащенной биоактивными веществами съедобной посуды кажутся перспективными существуют некоторые критические проблемы со стабильностью рецептуры, устойчивым, но эффективным источником для масштабируемости, коммерциализации, безопасности и, что наиболее важно, принятия потребителями. Сохранение химической стабильности и функциональной эффективности включенных биоактивных веществ во время обработки, хранения и потребления останется одной из самых сложных задач. Тепло, кислород, свет или любое изменение pH могут привести к разрушению этих чувствительных добавок (полифенолов, витаминов и пробиотиков) с течением времени, что в дальнейшем потребует технологий активной упаковки для увеличения срока годности самих мисок и чашек. Обеспечение достижения стабильного высвобождения является технически сложной задачей, особенно когда в единую матрицу включены различные биоактивные вещества. Добавление биоактивных веществ может придать продукту неприятные сенсорные ощущения, что снижает его приемлемость. Более того, безопасность и допустимые концентрации добавленных компонентов, особенно растительных экстрактов, требуют проведения полной токсикологической оценки, а также соответствия требованиям законодательства о пищевых продуктах. Для завоевания доверия потребителей необходимы прозрачная коммуникация и понятная маркировка.

5. Примеры использования съедобных столовых приборов в сети общественного питания

В настоящее время различные типы ресторанов и кафе уже используют эти виды съедобных стаканчиков и мисок, привлекая потребителей по всему миру. Arva Innovations предлагает съедобные столовые приборы, включая съедобные трубочки и ложки, с различными вкусами. Съедобные столовые приборы изготавливаются из зерновых, таких как кукуруза, рис и пшеница. Съедобный стаканчик, разработанный Arva Innovations, удерживает жидкость около 4-5 минут, в то время как ложки служат 30 минут [78]. Vakeys — одна из первых индийских компаний в сфере общественного питания, начавших производить съедобные столовые приборы из сорго, пшеницы и риса. Они выпускают ложки с разными вкусами, предлагая клиентам большее разнообразие [79]. Некоторые другие индийские кафе, такие как Third Wave Coffee (Бангалор), Blue Tokai Coffee (Дели), Chai Point (Мумбаи) и Café Peter (Пуна), подают кофе и чай в съедобных вафельных стаканчиках с различными вкусами. Съедобные стаканчики более функциональны и дарят посетителям дополнительный вкус и сенсорное наслаждение (съедобные вафельные стаканчики). Инновации в съедобных столовых приборах привели к созданию различных компаний и стартапов, движущих преобразующее движение к устойчивому питанию. Cupffee - это европейская компания,

которая разработала первую в мире компанию по производству съедобных чашек для кофе, чтобы сократить отходы и загрязнение окружающей среды. Съедобная чашка экологична, изготовлена из натуральных зерен и кокосового масла и обладает восхитительным ароматом, напоминающим свежее испеченное печенье. Компания утверждает, что разработанные чашки выделяют 0,6 кг углекислого газа на 10 чашек [80]. Stroodles, британская компания, разработала различные виды съедобных столовых приборов на основе пасты, которые потребляют клиенты. Stroodles известны своей устойчивостью и могут хранить горячие и холодные блюда в съедобных чашках и мисках в течение длительного времени. Эти съедобные столовые приборы от Stroodles полностью компостируются за 30 дней, обеспечивая устойчивость окружающей среды [81]. Сингапурская компания Crunchy Cutlery фокусируется на использовании растительных столовых приборов с различными вкусами и дизайном [82]. Создание различных компаний и стартапов представляет собой эффективный путь к циклической экономике в реальном мире. Эти инновации не только минимизируют загрязнение пластиком, но и вдохновляют потребителей на ответственное потребление. Авиакомпании и поезда выбрасывают миллионы тонн пластиковых отходов, что приводит к ухудшению состояния окружающей среды. Авиакомпания Air New Zealand выступила с инициативой подачи кофе в съедобных стаканчиках на основе ванили, чтобы минимизировать отходы. Эти стаканчики производит компания Twice, и они разработаны для сокращения потребления одноразовых стаканчиков авиапассажирами. Использование съедобных стаканчиков во время путешествий способствует распространению информации о бренде, формируя его имидж инновационного и экологически ответственного бренда. Съедобные стаканчики дарят чувственное наслаждение, одновременно повышая осведомленность клиентов об устойчивом развитии и воздействии на окружающую среду.

6. Проблемы и перспективы

Продолжающееся развитие инновационных съедобных столовых приборов, таких как съедобные чашки, миски и съедобные ложки, расширяет концепцию съедобной упаковки, которую можно потреблять без какого-либо риска для здоровья. Они могут быть доступны в различных формах, таких как пакеты, чашки, миски и ложки для пищевых продуктов, но пока их использование ограничено. Для решения этих проблем будущие исследования должны быть направлены на улучшение стабильности при хранении в различных условиях окружающей среды. Кроме того, обеспечение производительности при различной влажности, температуре, стандартных правилах и воздействии имеет решающее значение для длительного использования, коммерческой жизнеспособности и безопасного долгосрочного хранения [34]. Срок годности остается одной из самых важных проблем для съедобных столовых приборов.

добных столовых приборов. Большинство продуктов на основе крахмала и злаков демонстрируют ограниченный жизненный цикл при контакте с горячими или водянистыми продуктами. Например, чашки и ложки на основе вафель могут удерживать жидкость всего 15–20 минут, прежде чем потерять целостность, что ограничивает их использование в условиях длительного потребления [34]. Короткое время выдержки не только снижает функциональность, но и ограничивает применение в ресторанах или кафе, где напитки потребляются медленно. Проблема возникает из-за гидрофильной природы крахмала и белков, которые набухают при поглощении воды, что приводит к быстрой потере механической прочности. Гигроскопичность полисахаридов ускоряет микробную порчу, поскольку влажность увеличивает активность воды, способствуя росту бактерий и грибов. Съедобные миски из сухих фруктов или овощей также восстанавливают водный баланс при контакте с жидкостью, что еще больше снижает их пригодность к использованию. Хотя антиоксиданты и антимикробные вещества добавляются для повышения стабильности, их использование в высоких концентрациях часто нарушает целостность материала и изменяет сенсорные свойства [83]. Решение этих ограничений предполагает использование многослойных систем и биокompозитов. Например, съедобные стаканчики, изготовленные из многослойных композитов на основе крахмала и белка в сочетании с гидрофобными слоями (липиды, воски, зеиновые пленки), могут обеспечить повышенную устойчивость к влаге [84]. Гигроскопичность материалов съедобных столовых приборов создает двойную проблему: снижение механической прочности и повышенную восприимчивость к росту микробов. Поглощение влаги приводит к размягчению, растрескиванию и микробному загрязнению, особенно во влажных условиях хранения [16]. Эта проблема усугубляется отсутствием исследований микробной безопасности, адаптированных для съедобной упаковки. В отличие от обычных пластиков, которые инертны, съедобные столовые приборы могут разлагаться, как и сама пища. Таким образом, исследования микробного воздействия должны быть разработаны для моделирования реалистичных сценариев хранения и потребления, включая испытания на повышенные температуру, время воздействия и стресс-тесты на влажность. Без таких результатов данных исследований проблемы безопасности ограничивают принятие потребителями и разрешения на использование регулирующими органами. Возможные решения существующих проблем включают покрытие съедобных столовых приборов пищевыми антимикробными веществами (например, хитозаном, маслом корицы, экстрактом гвоздики) или включение полифенольных соединений в качестве регуляторов влажности [85]. Однако их необходимо тщательно дозировать, чтобы не было ухудшения органолептических показателей. В дальнейшем для

безопасного коммерческого внедрения необходимы систематические оценки микробной стабильности в условиях контролируемой влажности, а также исследования биodeградации и компостируемости в соответствии со стандартами ISO.

Потребители могут отказаться от съедобных ложек или чашек из-за несовместимости вкуса, несоответствия текстуры или ограниченной пригодности для горячих напитков [83]. Более того, нет четкого понимания относительно того, следует ли съедобные столовые приборы употреблять в пищу после использования или выбрасывать, что вызывает опасения по поводу гигиены, безопасности пищевых продуктов и социальной приемлемости. Исследования среди потребителей показывают, что восприятие улучшается, когда съедобные столовые приборы позиционируются как дополнительный продукт питания, а не обязательная замена пластику [86]. Брендинг, подчеркивающий устойчивость, безопасность и новизну, также улучшает восприятие. Будущие исследования должны включать сенсорные исследования потребителей, тесты на кросс-культурную приемлемость и анализ готовности платить, чтобы привести разработку продукта в соответствие с ожиданиями потребителей. Критическим недостатком съедобных столовых приборов является механическая хрупкость. Матрицы на основе крахмала и муки обеспечивают жесткость, но легко трескаются под нагрузкой, особенно при транспортировке и погрузочно-разгрузочных работах. Белки, такие как соя, сыворотка или глютен, могут улучшить гибкость, но условия обработки, такие как температура выпекания, скорость сушки или экструзия, значительно влияют на конечную прочность [87]. Традиционная выпечка и компрессионное формование сохраняют съедобность, но менее масштабируемы для массового производства. Напротив, экструзия и термоформование могут обеспечить промышленную переработку, но могут денатурировать белки или включать сшивку за пределами безопасности пищевых продуктов, делая продукт несъедобным [88]. Таким образом, разработчикам необходимо найти баланс между масштабируемостью и съедобностью. Исследования в области методов мягкой экструзии, ферментативной сшивки и гибридной обработки предлагают перспективные решения.

В настоящее время большая часть съедобных столовых приборов производится в небольших масштабах или на пилотных предприятиях, а крупномасштабная коммерциализация ограничена из-за высоких производственных затрат и энергоемких процессов [34]. Такие процессы, как выпечка, формование, экструзия и сушка, вносят значительный вклад в потребление энергии и увеличивают общие расходы. Одним из перспективных подходов является валоризация побочных продуктов агропромышленного комплекса, таких как фруктовые выжимки, зерновые отруби, пивная дробина) и растительные остатки. Кроме того, энергосберегающие методы

сушки и формования, включая вакуумную сушку, солнечную сушку и сушку с использованием микроволнового излучения, могут дополнительно снизить эксплуатационные расходы по сравнению с традиционными высокотемпературными печами.

Неопределенность в нормативном регулировании остается ключевой проблемой в коммерциализации съедобных столовых приборов. Хотя такие продукты классифицируются как пищевые продукты, в настоящее время не существует гармонизированного международного стандарта, который одновременно рассматривал бы съедобность, безопасность при контакте с пищевыми продуктами, биоразлагаемость и компостируемость [89]. В Европейском союзе съедобные столовые приборы должны соответствовать Регламенту [ЕС] № 1935/2004, который гарантирует безопасность пищевых продуктов, но не содержит рекомендаций по показателям производительности, таким как способность удерживать жидкость, механическая прочность или сенсорная стабильность [34]. В США ингредиенты должны быть сертифицированы FDA по стандарту GRAS, однако многие новые ингредиенты не имеют достаточного количества данных об использовании в пищевых продуктах, что создает нормативную неопределенность [90]. В РФ и Республике Беларусь отсутствует нормативный документ на съедобную посуду и ее использование не установлено. В отличие от традиционных пластиков или материалов, контактирующих с пищевыми продуктами, съедобные столовые приборы не имеют установленных стандартов термостойкости, микробной безопасности, долговечности и сенсорных качеств. В результате производителям сложно подтверждать эксплуатационные характеристики продукции, а регулирующим органам — сертифицировать её соответствие [91]. Кроме того, проблемы с маркировкой возникают, когда продукты продаются как «съедобные» или «биоразлагаемые» без стандартизированных критериев, что может вводить потребителей в заблуждение и подрывать доверие рынка. Неправильная маркировка также может подвергнуть производителей юридическим и репутационным рискам [92]. Для решения этих проблем необходимы разработка и утверждение комплексных стандартов, включающие оценку безопасности ингредиентов, тестирование на миграцию, сенсорную оценку и оценку воздействия на окружающую среду [93]. Сотрудничество между ISO, Codex Alimentarius, национальными регулируемыми органами и заинтересованными сторонами отрасли имеет решающее значение для разработки четких руководств по производству, маркировке и сертификации. Эти шаги будут способствовать доверию потребителей и более широкому внедрению продукции на рынок, обеспечивая безопасность, надежность и достоверность экологических заявлений.

Выводы

Растущая обеспокоенность по поводу загрязнения пластиком, микропластиком и его биоаккумуляции ускорила переход к устойчивой и съедобной посуде из натуральных биополимеров. Полисахариды, белки и липиды широко используются в качестве съедобных полимеров благодаря своей биоразлагаемости, возобновляемости, биосовместимости и экологичности по сравнению с синтетическими пластиками на основе нефти. Поскольку потребители всё чаще ищут альтернативы одноразовым пластиковым и бумажным стаканчикам, мискам и ложкам с покрытием из-за экологических проблем, сфера съедобных столовых приборов стремительно развивается. Обзор научных исследований за последние пять лет показал, что для производства съедобных биоматериалов рассматривают крахмалы, просяную муку, растительные волокна и белки, такие как соя, казеин и желатин, которые обладают заметными экологическими преимуществами по сравнению с традиционными пластиками. Для повышения структурной целостности и масштабируемости оптимизируются такие производственные процессы, как формование, выпечка, термическое прессование и экструзия. Кроме того, стратегии улучшения, включая химическое сшивание пищевыми агентами, гидрофобные покрытия с использованием пищевых восков и композитные составы на основе белка и полисахарида, продемонстрировали значительное улучшение механической прочности, влагостойкости и потребительской приемлемости. Несмотря на эти достижения, ряд препятствий ограничивает широкое внедрение съедобных приборов и посуды. Оценка эксплуатационных характеристик затруднена отсутствием стандартизированных методов испытаний по таким критериям, как долговечность, водо- и термостойкость, а также сенсорная совместимость. Широкомасштабное использование в сети общественного питания также затрудняют производственные затраты, ограничения по обработке, нестабильность материалов и ограниченный срок годности влагочувствительных продуктов. Для устранения этих пробелов необходимы целенаправленные междисциплинарные исследования, объединяющие зелёную химию, материаловедение, пищевую инженерию и сенсорный дизайн. Соблюдение нормативных требований и просвещение потребителей также имеют решающее значение для обеспечения безопасности, приемлемости и надлежащего использования. Разработка высокоэффективных съедобных чашек, мисок и ложек, которые будут функционально надёжными, безопасными и коммерчески выгодными, внесет значительный вклад в развитие устойчивой упаковки пищевых продуктов и инициатив по достижению безотходного производства. Преодоление этих текущих проблем не только будет способствовать практическому внедрению съедобных столовых приборов, но и укрепит экологическую устойчивость и снизит глобальную зависимость от одноразового пластика.

Литература

- [1] Patil T. D., Deshmukh R. K., and Gaikwad K. K. Microbial Exopolysaccharide-Based Flexible Bioactive Film With *Murraya koenigii* Berries' Extract for Food Packaging: Physico-Chemical, Microstructural, Antioxidant, and Antimicrobial Properties // *ACS Food Science & Technology*. 2025.V. 5. pp. 695–708. DOI 10.1021/acsfoodscitech.4c00848
- [2] Бурак Л. Ч., Ермошина Т.В., Королева Л. П. Загрязнение почвенной среды микропластиком, факторы влияния и экологические риски // *Экология и промышленность России*. 2023. Т. 27, № 5. С. 58–63. DOI 10.18412/1816-0395-2023-5-58-63
- [3] Novakovic K., Thumbarathy D., Peeters M., et al. Zero-Waste Circular Economy of Plastic Packaging: The Bottlenecks and a Way Forward // *Sustainable Materials and Technologies*. 2023.V. 38. e00735. DOI 10.1016/J.SUSMAT.2023.E00735
- [4] Cech R., Zaller J. G., Lyssimachou A., Clausing P. And Linhart C. Pesticide Drift Mitigation Measures Appear to Reduce Contamination of Non-Agricultural Areas, but Hazards to Humans and the Environment Remain // *Science of the Total Environment*. 2023.V. 854. p. 158814. DOI 10.1016/j.scitotenv.2022.158814
- [5] Бурак Л. Ч., Писарик М.И., Богданов Н. П. Загрязнение микропластиком окружающей среды и потенциальные угрозы для здоровья человека // *Научное обозрение. Биологические науки*. 2024. № 2. С. 33–40. DOI 10.17513/srbs.1362
- [6] Kumar L., Tyagi, P. Lucia, L. and Pal L. Innovations in Edible Packaging Films, Coatings, and Antimicrobial Agents for Applications in Food Industry // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2025. V. 24, no. 4. e70217. DOI 10.1111/1541-4337.70217.
- [7] Roy S., Pillai A. R. S., Madhumita M., Joshi R., Zhang W., and Shankar S. A Comprehensive Review on Recent Advances in Plant Flour–Based Edible Tableware // *International Journal of Biomaterials*. 2025, no. 1.p.6206991. DOI 10.1155/ijbm/6206991
- [8] Moeini A., Pedram P., Fattahi E., Cerruti P., and Santagata G. Edible Polymers and Secondary Bioactive Compounds for Food Packaging Applications: Antimicrobial, Mechanical, and Gas Barrier Properties // *Polymers*. 2022. V. 14, no. 12. P. 2395. DOI 10.3390/polym14122395.
- [9] Gupta D., Lall A., Kumar S., Patil T.D., and Gaikwad K.K. Plant-Based Edible Films and Coatings for Food-Packaging Applications: Recent Advances, Applications, and Trends // *Sustainable Food Technology*. Royal Society of Chemistry. 2025.V. 2 [5]. pp. 1428–1455. DOI 10.1039/d4fb00110a
- [10] Kumar N., Pratibha J., Prasad et al. Recent Trends in Edible Packaging for Food Applications—Perspective for the Future // *Food Engineering Reviews* . 2023. V.15, no. 4. pp. 718–747. DOI 10.1007/s12393-023-09358-y
- [11] Zhao Y., Li B., Li C., et al. Comprehensive Review of

References

- [1] Patil T. D., Deshmukh R. K., and Gaikwad K. K. Microbial Exopolysaccharide-Based Flexible Bioactive Film With *Murraya koenigii* Berries' Extract for Food Packaging: Physico-Chemical, Microstructural, Antioxidant, and Antimicrobial Properties // *ACS Food Science & Technology*. 2025.V. 5. pp. 695–708. DOI 10.1021/acsfoodscitech.4c00848
- [2] Burak L. Ch., Ermoshina T. V., Koroleva L. P. Pollution of the soil environment with microplastics, influencing factors and environmental risks // *Ecology and Industry of Russia*. 2023. Vol. 27, No. 5. P. 58–63. DOI 10.18412/1816-0395-2023-5-58-63
- [3] Novakovic K., Thumbarathy D., Peeters M., et al. Zero-Waste Circular Economy of Plastic Packaging: The Bottlenecks and a Way Forward // *Sustainable Materials and Technologies*. 2023.V. 38. e00735. DOI 10.1016/J.SUSMAT.2023.E00735
- [4] Cech R., Zaller J. G., Lyssimachou A., Clausing P. And Linhart C. Pesticide Drift Mitigation Measures Appear to Reduce Contamination of Non-Agricultural Areas, but Hazards to Humans and the Environment Remain // *Science of the Total Environment*. 2023.V. 854. p. 158814. DOI 10.1016/j.scitotenv.2022.158814
- [5] Burak L. Ch., Pisarik M. I., Bogdanov N. P. Microplastic pollution of the environment and potential threats to human health // *Scientific Review. Biological Sciences*. 2024. No. 2. P. 33–40. DOI 10.17513/srbs.1362
- [6] Kumar L., Tyagi, P. Lucia, L. and Pal L. Innovations in Edible Packaging Films, Coatings, and Antimicrobial Agents for Applications in Food Industry // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2025. V. 24, no. 4. e70217. DOI 10.1111/1541-4337.70217.
- [7] Roy S., Pillai A. R. S., Madhumita M., Joshi R., Zhang W., and Shankar S. A Comprehensive Review on Recent Advances in Plant Flour–Based Edible Tableware // *International Journal of Biomaterials*. 2025, no. 1.p.6206991. DOI 10.1155/ijbm/6206991
- [8] Moeini A., Pedram P., Fattahi E., Cerruti P., and Santagata G. Edible Polymers and Secondary Bioactive Compounds for Food Packaging Applications: Antimicrobial, Mechanical, and Gas Barrier Properties // *Polymers*. 2022. V. 14, no. 12. P. 2395. DOI 10.3390/polym14122395.
- [9] Gupta D., Lall A., Kumar S., Patil T.D., and Gaikwad K.K. Plant-Based Edible Films and Coatings for Food-Packaging Applications: Recent Advances, Applications, and Trends // *Sustainable Food Technology*. Royal Society of Chemistry. 2025.V. 2 [5]. pp. 1428–1455. DOI 10.1039/d4fb00110a
- [10] Kumar N., Pratibha J., Prasad et al. Recent Trends in Edible Packaging for Food Applications—Perspective for the Future // *Food Engineering Reviews* . 2023. V.15, no. 4. pp. 718–747. DOI 10.1007/s12393-023-09358-y
- [11] Zhao Y., Li B., Li C., et al. Comprehensive Review of Polysaccharide-Based Materials in Edible Packaging:

- Polysaccharide-Based Materials in Edible Packaging: A Sustainable Approach // *Foods*. 2021. V. 10, no. 8.P.1845. DOI 10.3390/foods10081845
- [12] Kumar S., Libertin A., Prakash A., Manikandan, and Sharathbabu. Study on the Different Materials for Making Edible Plates for Sustainable Environment // *AIP Conference Proceedings*. 2024.V.2962. p. 020005. DOI 10.1063/5.0192290.
- [13] Zhang W., Roy S., Ezati P., Yang D. P, and Rhim J. W. Tannic Acid: A Green Crosslinker for Biopolymer-Based Food Packaging Films // *Trends in Food Science & Technology*. 2023.V. 136. pp.11–23. DOI 10.1016/J.TIFS.2023.04.004
- [14] Patil T. D., Tripathi S., and Gaikwad K.K. Effect of Kefiran-Guar Gum-Based Edible Coating Infused With *Murraya Koenigii* Berry Extract on Quality of Button Mushroom [*Agaricus bisporus*] During Postharvest Storage // *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2024.V.18, no. 7.pp. 6264–6273. DOI 10.1007/s11694-024-02645-0
- [15] Kocira A., K. Kozłowicz K., Panasiewicz M., Staniak E., Szpunar-Krok, and Hortyńska P. Polysaccharides as Edible Films and Coatings: Characteristics and Influence on Fruit and Vegetable Quality—A Review // *Agronomy* . 2021. V.11,no. 5.p. 813. DOI 10.3390/agronomy11050813
- [16] Nehra A., Biswas D., and Roy S. Fabrication of Brewer’s Spent Grain Fortified Bio-Based Edible Bowls: A Promising Alternative to Plastic Containers // *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2024.V. 14, no. 14. pp. 16425–16434. DOI 10.1007/s13399-022-03698-1.
- [17] Бурак Л. Ч. Обзор разработок биоразлагаемых упаковочных материалов для пищевой промышленности // *Ползуновский вестник*. 2023. № 1. С. 91-105. DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.012
- [18] Proserpio C., Bresciani A., Marti A., and Pagliarini E. Legume Flour or Bran: Sustainable, Fiber-Rich Ingredients for Extruded Snacks? // *Foods*. 2020. V. 9, no. 11.p. 1680. DOI 10.3390/foods9111680.
- [19] Salunkhe S. R., Shirsat B., Sawant A., Mohod A., and Kolhe P. Development of Nutritive Enriched Edible Dessert Cups // *International Journal of Advanced Biochemistry Research*. 2024. V. 8, no. 10. pp. 529–533. DOI 10.33545/26174693.2024.v8.i10g.2529
- [20] Subbuvel M., Mohan R.,Dubey U., Gopaldaswamy Pillai U.T., and Kavan P. Fabrication of Nutritional Edible Bowls With Wheat Bran, Multigrain Powder, Refined Flour, Flax Seed Powder, Fenugreek Essential Oil, and Jaggery // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2025.V.105, no. 5. pp. 2836–2842. DOI 10.1002/jsfa.14057
- [21] Meshram B. P., Jain P., and Gaikwad K.K. Innovative Development of Kodo Millet [*Paspalum scrobiculatum*]-Based Functional Edible Cups Modified With Hibiscus Powder and Guar Gum: An Eco-Efficient Resource Utilization // *ACS Food Science & Technology*. 2025. V. 5, no. 2. pp. 788–799. DOI 10.1021/acsfoodscitech.4c00985
- A Sustainable Approach // *Foods*. 2021. V. 10, no. 8.P.1845. DOI 10.3390/foods10081845
- [12] Kumar S., Libertin A., Prakash A., Manikandan, and Sharathbabu. Study on the Different Materials for Making Edible Plates for Sustainable Environment // *AIP Conference Proceedings*. 2024.V.2962. p. 020005. DOI 10.1063/5.0192290.
- [13] Zhang W., Roy S., Ezati P., Yang D. P, and Rhim J. W. Tannic Acid: A Green Crosslinker for Biopolymer-Based Food Packaging Films // *Trends in Food Science & Technology*. 2023.V. 136. pp.11–23. DOI 10.1016/J.TIFS.2023.04.004
- [14] Patil T. D., Tripathi S., and Gaikwad K.K. Effect of Kefiran-Guar Gum-Based Edible Coating Infused With *Murraya Koenigii* Berry Extract on Quality of Button Mushroom [*Agaricus bisporus*] During Postharvest Storage // *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2024.V.18, no. 7.pp. 6264–6273. DOI 10.1007/s11694-024-02645-0
- [15] Kocira A., K. Kozłowicz K., Panasiewicz M., Staniak E., Szpunar-Krok, and Hortyńska P. Polysaccharides as Edible Films and Coatings: Characteristics and Influence on Fruit and Vegetable Quality—A Review // *Agronomy* . 2021. V.11,no. 5.p. 813. DOI 10.3390/agronomy11050813
- [16] Nehra A., Biswas D., and Roy S. Fabrication of Brewer’s Spent Grain Fortified Bio-Based Edible Bowls: A Promising Alternative to Plastic Containers // *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2024.V. 14, no. 14. pp. 16425–16434. DOI 10.1007/s13399-022-03698-1.
- [17] Burak L. Ch. Review of the development of biodegradable packaging materials for the food industry // *Polzunovsky Vestnik*. 2023. No. 1. P. 91-105. DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.012
- [18] Proserpio C., Bresciani A., Marti A., and Pagliarini E. Legume Flour or Bran: Sustainable, Fiber-Rich Ingredients for Extruded Snacks? // *Foods*. 2020. V. 9, no. 11.p. 1680. DOI 10.3390/foods9111680.
- [19] Salunkhe S. R., Shirsat B., Sawant A., Mohod A., and Kolhe P. Development of Nutritive Enriched Edible Dessert Cups // *International Journal of Advanced Biochemistry Research*. 2024. V. 8, no. 10. pp. 529–533. DOI 10.33545/26174693.2024.v8.i10g.2529
- [20] Subbuvel M., Mohan R.,Dubey U., Gopaldaswamy Pillai U.T., and Kavan P. Fabrication of Nutritional Edible Bowls With Wheat Bran, Multigrain Powder, Refined Flour, Flax Seed Powder, Fenugreek Essential Oil, and Jaggery // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2025.V.105, no. 5. pp. 2836–2842. DOI 10.1002/jsfa.14057
- [21] Meshram B. P., Jain P., and Gaikwad K.K. Innovative Development of Kodo Millet [*Paspalum scrobiculatum*]-Based Functional Edible Cups Modified With Hibiscus Powder and Guar Gum: An Eco-Efficient Resource Utilization // *ACS Food Science & Technology*. 2025. V. 5, no. 2. pp. 788–799. DOI 10.1021/acsfoodscitech.4c00985
- [22] Andrejko D., and Blicharz-Kania A. An Assessment of the Strength and Physical Properties of Edible

- [22] Andrejko D., and Blicharz-Kania A. An Assessment of the Strength and Physical Properties of Edible Tableware From Flax Seed and Flaxseed Cake // *Materials*. 2024.V. 17, no. 22.p. 5510. DOI 10.3390/ma17225510
- [23] Molu K. R., Aneena E., Panjikaran S. T., Sharon C., and LakshmyP. Standardization and Quality Evaluation of Wheat Flour Based Edible Tableware // *Journal of Research ANGRAU*. 2024.V. 52, no. 1.pp.94–102. DOI 10.58537/jorangrau.2024.52.1.11
- [24] Jaspal S., Aggarwal A., Verma A., Kumar R., Sharma P., Devpal R. Development of Multi-Millet Edible Bowls Using Little, Kodo & Barnyard: A Sustainable Alternative to Plastic Cups // *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2024.V. 18, no. 8.pp. 6485–6493. DOI 10.1007/s11694-024-02664-x
- [25] Syarifuddin A., Muflih M.H, Izzah N., Fadillah U., Ainani A.F, and Dirpan A. Pectin-Based Edible Films and Coatings: From Extraction to Application on Food Packaging Towards Circular Economy - A Review // *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications* . 2025.V.9.p. 100680. DOI 10.1016/J.CARPTA.2025.100680
- [26] Бурак Л. Ч., Карбанович В.И. Антиоксидантная активность микрозелени, потенциал использования. Обзор предметного поля // *Научное обозрение. Биологические науки*. 2023. № 4. С. 58-70. DOI 10.17513/srbs.1342
- [27] Vyshali P., Muthamma P.B. Development of an Edible and Biodegradable Tableware Using Fruit Wastes – An Alternative to Plastic Tableware // *International Journal of Food and Nutritional Sciences*. 2022. V. 11, no. 4. p.8590. DOI 10.4103/ijfans_114_22
- [28] Siddiqui B., Ahmad A., Yousuf O., Younis K. Exploring the Potential of Mosambi Peel and Sago Powder in Developing Edible Spoons // *Sustainable Food Technology*. 2023.V. 1, no. 6.p. 921–929. DOI 10.1039/D3FB00111C.
- [29] Dordevic D., Necasova L., Antonic B., Jancikova S., Tremlová B. Plastic Cutlery Alternative: Case Study With Biodegradable Spoons // *Foods* .2021. V10,no. 7.p.1612. DOI 10.3390/foods10071612
- [30] Zinina O., Merenkova S., Galimov D. Development of Biodegradable Alginate-Based Films With Bioactive Properties and Optimal Structural Characteristics With Incorporation of Protein Hydrolysates // *Sustainability*. 2023.V. 15 no. 20.p. 15086. DOI 10.3390/su152015086.
- [31] Akshaya S., Nathanael A. J. A Review on Hydrophobically Associated Alginates: Approaches and Applications // *ACS Omega* 9. 2024.V. no. 4. pp. 42464262. DOI 10.1021/acsomega.3c08619
- [32] Jiang A., Patel R., Padhan B., et al. Chitosan Based Biodegradable Composite for Antibacterial Food Packaging Application // *Polymers*. 2023. V. 15, no. 10. p.2235. DOI 10.3390/polym15102235.
- [33] Бурак Л. Ч. Состояние и перспективы использования морских водорослей в качестве источника белка и биологически активных веществ // *Sciences of Tableware From Flax Seed and Flaxseed Cake // Materials*. 2024.V. 17, no. 22.p. 5510. DOI 10.3390/ma17225510
- [23] Molu K. R., Aneena E., Panjikaran S. T., Sharon C., and LakshmyP. Standardization and Quality Evaluation of Wheat Flour Based Edible Tableware // *Journal of Research ANGRAU*. 2024.V. 52, no. 1.pp.94–102. DOI 10.58537/jorangrau.2024.52.1.11
- [24] Jaspal S., Aggarwal A., Verma A., Kumar R., Sharma P., Devpal R. Development of Multi-Millet Edible Bowls Using Little, Kodo & Barnyard: A Sustainable Alternative to Plastic Cups // *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2024.V. 18, no. 8.pp. 6485–6493. DOI 10.1007/s11694-024-02664-x
- [25] Syarifuddin A., Muflih M.H, Izzah N., Fadillah U., Ainani A.F, and Dirpan A. Pectin-Based Edible Films and Coatings: From Extraction to Application on Food Packaging Towards Circular Economy - A Review // *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications* . 2025.V.9.p. 100680. DOI 10.1016/J.CARPTA.2025.100680
- [26] Burak L. Ch., Karbanovich V. I. Antioxidant activity of microgreens, potential of use. Review of the subject field // *Scientific review. Biological sciences*. 2023. No. 4. P. 58-70. DOI 10.17513/srbs.1342
- [27] Vyshali P., Muthamma P.B. Development of an Edible and Biodegradable Tableware Using Fruit Wastes – An Alternative to Plastic Tableware // *International Journal of Food and Nutritional Sciences*. 2022. V. 11, no. 4. p.8590. DOI 10.4103/ijfans_114_22
- [28] Siddiqui B., Ahmad A., Yousuf O., Younis K. Exploring the Potential of Mosambi Peel and Sago Powder in Developing Edible Spoons // *Sustainable Food Technology*. 2023.V. 1, no. 6.p. 921–929. DOI 10.1039/D3FB00111C.
- [29] Dordevic D., Necasova L., Antonic B., Jancikova S., Tremlová B. Plastic Cutlery Alternative: Case Study With Biodegradable Spoons // *Foods* .2021. V10,no. 7.p.1612. DOI 10.3390/foods10071612
- [30] Zinina O., Merenkova S., Galimov D. Development of Biodegradable Alginate-Based Films With Bioactive Properties and Optimal Structural Characteristics With Incorporation of Protein Hydrolysates // *Sustainability*. 2023.V. 15 no. 20.p. 15086. DOI 10.3390/su152015086.
- [31] Akshaya S., Nathanael A. J. A Review on Hydrophobically Associated Alginates: Approaches and Applications // *ACS Omega* 9. 2024.V. no. 4. pp. 42464262. DOI 10.1021/acsomega.3c08619
- [32] Jiang A., Patel R., Padhan B., et al. Chitosan Based Biodegradable Composite for Antibacterial Food Packaging Application // *Polymers*. 2023. V. 15, no. 10. p.2235. DOI 10.3390/polym15102235.
- [33] Burak L. Ch. Status and prospects of using seaweed as a source of protein and biologically active substances // *Sciences of Europe*. 2024. No. 143 [143]. P. 4-13. DOI 10.5281/zenodo.12540670
- [34] Meshram B. P., Patil T. D., Tripathi S., et al. A Comprehensive Review of Bio-Based Edible Cutlery [Cups, Bowls, and Spoons) for Food and Beverage Serving Applications // *Comprehensive Reviews in*

- Europe. 2024. № 143 [143]. С. 4-13. DOI 10.5281/zenodo.12540670
- [34] Meshram B. P., Patil T. D., Tripathi S., et al. A Comprehensive Review of Bio-Based Edible Cutlery [Cups, Bowls, and Spoons) for Food and Beverage Serving Applications // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2025.V. 24, no. 6. e70341. DOI 10.1111/1541-4337.70341
- [35] Liyanapathirana A., Dassanayake R. S. Gamage A., et al. Recent Developments in Edible Films and Coatings for Fruits and Vegetables // *Coatings*. 2023.V.13, no. 7.p. 1177. DOI 10.3390/coatings13071177.
- [36] Бурак Л. Ч., Карбанович В.И. Влияние валоризованных растительных белков и фенольных соединений на пищевую ценность и усвояемость. Обзор последних достижений // *Научное обозрение. Технические науки*. 2024. № 2. С. 35-41. DOI 10.17513/srts.1464
- [37] Santhosh R., Ahmed J., Thakur R., Sarkar P. Starch-Based Edible Packaging: Rheological, Thermal, Mechanical, Microstructural, and Barrier Properties—A Review // *Sustainable Food Technology*. 2024.V. 2, no. 2. pp.307–330. DOI 10.1039/D3FB00211J.
- [38] Бурак Л. Ч., Сапач А.Н. Использование технологии омического нагрева в процессе переработки плодов и овощей. Обзор предметного поля // *Пищевые системы*. 2024. Т. 7, № 1. С. 59-70 DOI 10.21323/2618-9771-2024-7-1-59-70
- [39] Chakraborty I., Mal S.S., Paul U. C., Rahman M. d. H., Mazumder N. An Insight Into the Gelatinization Properties Influencing the Modified Starches Used in Food Industry: A review // *Food and Bioprocess Technology*. 2022. V. 15, no. 6.p. 1195–1223. DOI 10.1007/s11947-022-02761-z
- [40] Бурак Л. Ч., Сапач А.Н., Писарик М.И. Интеллектуальная упаковка для овощей и фруктов, классификация и перспективы использования: Обзор предметного поля // *Health, Food & Biotechnology*. 2023. Т. 5, № 1. С. 51-80. DOI 10.36107/hfb.2023.i1.s165
- [41] Teklehaimanot W. H., Ray S.S, Emmambux N. Characterization of Pre-Gelatinized Maize Starch-Zein Blend Films Produced at Alkaline pH // *Journal of Cereal Science*. 2020.V. 95.p. 103083. DOI 10.1016/J.JCS.2020.103083
- [42] Paluch M., Ostrowska J., Tyński P., Sadurski W., Konkol M. Structural and Thermal Properties of Starch Plasticized With Glycerol/Urea Mixture // *Journal of Polymers and the Environment*. 2022. V.30, no. 2. pp.728–740. DOI 10.1007/s10924-021-02235-x.
- [43] Бурак Л. Ч., Сапач А.Н. Инновационная упаковка для пищевых продуктов // *Научное обозрение. Технические науки*. 2023. № 2. С. 50-57. DOI 10.17513/srts.1434
- [44] Devatha S. M., Raajeswari P.A. Formulation and Quality Assessment of Edible Cups From Sorghum bicolor // *Indian Journal of Nutrition and Dietetics*. 2023. V. 60, no. 4. pp. 539–549. DOI 10.21048/IJND.2023.60.4.33218
- [45] Manivel D., Paramasivam R. Sorghum Spoons Enriched With Selected Edible Flowers: A Sustainable Alternative to Conventional Cutlery in the Food and Tourism Sectors // *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2025. V. 15, no. 11. pp.1707717090. DOI 10.1007/s13399-024-06272-z
- [46] Dordevic D., Pencak T., Slamova D., Zeljkovic S.C., Tremlova B., Zamaratskaia G. Development of Edible Spoons Using Non-Traditional Flours // *Applied Food Science and Food Safety*. 2025.V. 24, no. 6. e70341. DOI 10.1111/1541-4337.70341
- [35] Liyanapathirana A., Dassanayake R. S. Gamage A., et al. Recent Developments in Edible Films and Coatings for Fruits and Vegetables // *Coatings*. 2023.V.13, no. 7.p. 1177. DOI 10.3390/coatings13071177.
- [36] Burak L. Ch., Karbanovich V. I. Effect of valorized plant proteins and phenolic compounds on nutritional value and digestibility. Review of recent achievements // *Scientific Review. Technical Sciences*. 2024. No. 2. Pp. 35-41. DOI 10.17513/srts.1464
- [37] Santhosh R., Ahmed J., Thakur R., Sarkar P. Starch-Based Edible Packaging: Rheological, Thermal, Mechanical, Microstructural, and Barrier Properties—A Review // *Sustainable Food Technology*. 2024.V. 2, no. 2. pp.307–330. DOI 10.1039/D3FB00211J.
- [38] Burak L. Ch., Sapach A. N. Use of ohmic heating technology in the processing of fruits and vegetables. Review of the subject field // *Food Systems*. 2024. Vol. 7, No. 1. P. 59-70 DOI 10.21323/2618-9771-2024-7-1-59-70
- [39] Chakraborty I., Mal S.S., Paul U. C., Rahman M. d. H., Mazumder N. An Insight Into the Gelatinization Properties Influencing the Modified Starches Used in Food Industry: A review // *Food and Bioprocess Technology*. 2022. V. 15, no. 6.p. 1195–1223. DOI 10.1007/s11947-022-02761-z
- [40] Burak L. Ch., Sapach A. N., Pisarik M. I. Intelligent packaging for fruits and vegetables, classification and prospects of use: Review of the subject field // *Health, Food & Biotechnology*. 2023. Vol. 5, No. 1. P. 51-80. DOI 10.36107/hfb.2023.i1.s165
- [41] Teklehaimanot W. H., Ray S.S, Emmambux N. Characterization of Pre-Gelatinized Maize Starch-Zein Blend Films Produced at Alkaline pH // *Journal of Cereal Science*. 2020.V. 95.p. 103083. DOI 10.1016/J.JCS.2020.103083
- [42] Paluch M., Ostrowska J., Tyński P., Sadurski W., Konkol M. Structural and Thermal Properties of Starch Plasticized With Glycerol/Urea Mixture // *Journal of Polymers and the Environment*. 2022. V.30, no. 2. pp.728–740. DOI 10.1007/s10924-021-02235-x.
- [43] Burak L. Ch., Sapach A. N. Innovative packaging for food products // *Scientific review. Technical sciences*. 2023. No. 2. P. 50-57. DOI 10.17513/srts.1434
- [44] Devatha S. M., Raajeswari P.A. Formulation and Quality Assessment of Edible Cups From Sorghum bicolor // *Indian Journal of Nutrition and Dietetics*. 2023. V. 60, no. 4. pp. 539–549. DOI 10.21048/IJND.2023.60.4.33218
- [45] Manivel D., Paramasivam R. Sorghum Spoons Enriched With Selected Edible Flowers: A Sustainable Alternative to Conventional Cutlery in the Food and Tourism Sectors // *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2025. V. 15, no. 11. pp.1707717090. DOI 10.1007/s13399-024-06272-z
- [46] Dordevic D., Pencak T., Slamova D., Zeljkovic S.C., Tremlova B., Zamaratskaia G. Development of Edible Spoons Using Non-Traditional Flours // *Applied Food*

- Enriched With Selected Edible Flowers: A Sustainable Alternative to Conventional Cutlery in the Food and Tourism Sectors // *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2025. V. 15, no. 11. pp.1707717090. DOI 10.1007/s13399-024-06272-z
- [46] Dordevic D., Pencak T., Slamova D., Zeljkovic S. C., Tremlova B., Zamaratskaia G. Development of Edible Spoons Using Non-Traditional Flours // *Applied Food Research*. 2025. V. 5, no. 1. p.100995. DOI 10.1016/j.afres.2025.100995.
- [47] Abdellaoui H. Manufacturing Biocomposites: Compression Molding and Thermoforming Techniques // *In Biocomposites—Bio-Based Fibers and Polymers From Renewable Resources: Processing, Performance, Durability and Applications*. 2024. V. pp.95–115. Woodhead Publishing. DOI 10.1016/B978-0-323-97282-6.00010-4
- [48] Tatara R. A. 17–Compression Molding // *In Applied Plastics Engineering Handbook: Processing, Sustainability, Materials, and Applications*. 2024. pp.389–424. WilliamAndrew Publishing. DOI 10.1016/B978-0-323-88667-3.00011-4
- [49] Dumont P., Martoia F., Orgéas L. Compression Moulding // *In Design and Manufacture of Structural Composites*. 2023. pp.273–300. Elsevier. DOI 10.1016/B978-0-12-819160-6.00018-4.
- [50] Yodkum T., Pajareon S., Yokesahachart C. Effect of Defatted Rice Bran Content on Physicochemical and Sensory Properties of Edible Cutlery Made From Rice Flour Green Composites Using Compression Molding // *Journal of Current Science and Technology*. 2024. V. 14, no. 3. p. 62. DOI 10.59796/jest.V14N3.2024.62
- [51] Prabha K.P., Ghosh A. S. Recent Development, Challenges, and Prospects of Extrusion Technology // *Future Foods*. 2021. V. 3. p. 100019. DOI 10.1016/J.FUFO.2021.100019.
- [52] Gulati P., Brahma S., Rose D. J. Impacts of Extrusion Processing on Nutritional Components in Cereals and Legumes: Carbohydrates, Proteins, Lipids, Vitamins, and Minerals // *In Extrusion Cooking*. 2020. pp. 415–443. Elsevier. DOI 10.1016/B978-0-12-815360-4.00013-4
- [53] Throne J. 19–Thermoforming // *In Applied Plastics Engineering Handbook: Processing, Sustainability, Materials, and Applications*. 2024. pp. 449–480. Elsevier. DOI 10.1016/B978-0-323-88667-3.00001-1
- [54] Didone M., Tosello G. Moulded Pulp Products Manufacturing With Thermoforming // *Packaging Technology and Science*. 2019. V. 32, no. 1. pp. 722. DOI 10.1002/PTS.2412.
- [55] Khandeparkar A. S., Paul R., Sridhar A., Lakshmaiah V.V., Nagella P. Eco-Friendly Innovations in Food Packaging: A Sustainable Revolution // *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 2024. V. 39. p. 101579. DOI 10.1016/J.SCP.2024.101579.
- [56] Diaz C. A., Shah R. K., Evans T., Trabold T. A., Draper K. Thermoformed Containers Based on Starch and Starch/Coffee Waste Biochar Composites // *Energies*. 2020. V. 13, no. 22. p. 6034. DOI 10.3390/EN13226034
- [57] Hernández-García E., Pacheco-Romeralo M., Zomeño P., et al. Development and Characterization of Thermoformed Bilayer Trays of Paper and Renewable Succinic Acid Derived Biopolyester Blends and Their Application to Preserve Fresh Pasta // *Materials*. 2023. V. 16, no. 10. p. 3872. DOI 10.3390/MA16103872/S1
- [58] Bessarab O. V., Posokina N. E. Use of polymer and combined retort packaging in the production of canned

- P., et al. Development and Characterization of Thermoformed Bilayer Trays of Paper and Renewable Succinic Acid Derived Biopolyester Blends and Their Application to Preserve Fresh Pasta // *Materials*. 2023. V. 16, no. 10, p. 3872. DOI 10.3390/MA16103872/S1
- [58] Бессараб О. В., Посокина Н.Е. Применение полимерной и комбинированной реторт-упаковки в производстве консервированной продукции [обзор] // *Пищевая промышленность*. 2021. № 10. С. 51-59. DOI 10.52653/PPI.2021.10.10.004
- [59] Mahmud M. Z. A., Mobarak M.H., Hossain N. 2024. Emerging trends in Biomaterials for Sustainable Food Packaging: A Comprehensive Review // *Heliyon*. 2024.V. 10, no. 1. e24122. DOI 10.1016/J.HELİYON.2024.E24122
- [60] Javier F., Orús E., Kulesza S., Bramowicz M. J., Andrejko D., Alicharz-Kania F. An Assessment of the Strength and Physical Properties of Edible Tableware From Flax Seed and Flaxseed Cake // *Materials*. 2024.V. 17, no. 22, p. 5510. DOI 10.3390/MA17225510
- [61] Anand K., Martinez A. Arce G., Bishop D., Fitzpatrick C. A Tasty Solution to Packaging Waste? Life Cycle Assessment of Edible Coffee Cups // *Resources, Conservation and Recycling*. 2024.V. 201, p.107320. DOI 10.1016/j.resconrec.2023.107320
- [62] Niu S., Chang Q., He Niu S., Chang Q., He W., Zhao D., Deng X. Mechanically Strong, Hydrostable, and Biodegradable Starch–Cellulose Composite Materials for Tableware // *Starch/Staerke* . 2022.V.74, no. 7–8, p. 2200019. DOI 10.1002/star.202200019.
- [63] Choeybundit W., Shiekh K.A., Rachtanapun P., Tongdeesoontorn W. Fabrication of Edible and Biodegradable Cutlery From Morning Glory [Ipomoea aquatic) Stem Fiber-Reinforced Onto Soy Protein Isolate // *Heliyon* . 2022. V.8, no. 5.e09529. DOI 10.1016/J.HELİYON.2022.E09529
- [64] Muralidharan V., Jebathomas C. R. T., Sundaramoorthy S., Madhan B., Palanivel S. Preparation and Evaluation of Novel Biodegradable Kombucha Cellulose-Based Multi-Layered Composite Tableware // *Industrial Crops and Products*. 2024.V. 215, p. 118629. DOI 10.1016/J.INDCROP.2024.118629.
- [65] Ferreira Karow M., Laste MacagnanK., Alves I., et al. Investigations on the Effect of Sodium Trimetaphosphate and Sodium Sulfate Concentrations on the Properties of Cross-Linked Cassava Starch Films // *Química Nova* . 2025. V.48, no. 5. e20250113. DOI 10.21577/0100-4042.20250113.
- [66] Chi Y., Maitland E., Pascall M. A. The Effect of Citric Acid Concentrations on the Mechanical, Thermal, and Structural Properties of Starch Edible Films // *International Journal of Food Science and Technology*. 2024. V. 59, no. 3, pp. 1801–1813. DOI 10.1111/IJFS.16933.
- [67] Ahuja A., Kumar Rastogi V. Spray Coating of Edible Insect Waxes for Liquid Food Packaging // *Applied Surface Science*. 2023. V. 624. P.157150. DOI 10.1016/J.APSUSC.2023.157150
- [68] Gupta M., Sanghi D. Edible Cutlery: An Emerging Sustainable Approach Towards a Healthy Future // *Pre QC 39*. 2023. V. 5. pp. 637–640. DOI 10.35248/0970-1907.23.39.637-640.
- [69] Shen T., Fan S., Li Y., Xu G., Fan. W. Preparation of Edible Non-Wettable Coating With Soybean Wax for Repelling Liquid Foods With Little Residue // *Materials*. 2020.V. 13, no. 15, p. 3308. DOI 10.3390/MA13153308
- [70] Suresh T., Sahoo S. K. Development of Moisture/ products [review] // *Food industry*. 2021. No. 10. pp. 51-59. DOI 10.52653/PPI.2021.10.10.004

- QC 39. 2023. V. 5. pp. 637–640. DOI 10.35248/0970-1907.23.39.637-640.
- [69] Shen T., Fan S., Li Y., Xu G., Fan. W. Preparation of Edible Non-Wettable Coating With Soybean Wax for Repelling Liquid Foods With Little Residue // *Materials*. 2020.V. 13, no. 15p. 3308. DOI 10.3390/MA13153308
- [70] Suresh T., Sahoo S. K. Development of Moisture/Oil-Resistant Biocoatings From Waste Cooking Oil for Packaging Applications: Scientific Upcycling With Circular Economy Potential // *ACS Sustainable Resource Management*. 2024.V. 1, no. 12.pp. 2612–2620. DOI 10.1021/ACSSUSRESMGT.4C00392
- [71] Kumar L., Ramakanth D., Akhila K., Gaikwad K.K. Edible Films and Coatings for Food Packaging Applications: A Review // *Environmental Chemistry Letters*. 2022.V. 20, no. 1.p. 875–900. DOI 10.1007/S10311-021-01339-Z
- [72] Matloob A., Ayub H., Mohsin M., et al. A Review on Edible Coatings and Films: Advances, Composition, Production Methods, and Safety Concerns // *ACS Omega*. 2023.V. 8, no. 32.pp. 28932-28944. DOI 10.1021/acsomega.3c03459
- [73] Xie F. Biopolymer-Based Multilayer Films and Coatings for Food Preservation: an Update of the Recent Development // *Current Food Science and Technology Reports* . 2023.V.1, no. 1.pp. 1–12. DOI 10.1007/S43555-023-00002-8
- [74] Shulga O., Koretska I., Shulga S., Lin Y. Consumer Properties of Biodegradable Edible Cups for Hot Drinks. 2023. <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/42274>
- [75] Matheswari K. B., Arivuchudar R. Physiochemical and Sensory Properties of Edible Cups Conceptualized From Food By-Products // *Biosciences Biotechnology Research Asia*. 2024.V. 21, no. 1.pp. 255–260. DOI 10.13005/bbra/3221
- [76] Бурак Л. Ч. Влияние современных способов обработки и стерилизации на качество плодовоовощного сырья и соковой продукции // Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М». 2025. 236 с. DOI 10.12737/0.12737/2154991
- [77] Shivani T. M., Sathiavelu M. A Comprehensive Review on Functionality of Probiotics in Edible Packaging // *Packaging Technology and Science*. 2023. V. 36, no. 1. pp. 15–30. DOI 10.1002/PTS.2690;WGROU:STRIN G:PUBLICATION
- [78] Arva Innovations Is Serving Sustainability With Its Edible Cutlery. Accessed November 31, 2025. <https://www.localsamosa.com/business/arva-innovations-1564680>
- [79] Bakeys Edible Cups. Accessed November 31, 2025. <https://dir.indiamart.com/impcat/edible-cup.html>
- [80] Nice to Eat You! | Cupffee. Accessed November 31, 2025. <https://cupffee.me/en>
- [81] Stroodles. Stroodles Edible Eco-Tableware—Change Made Easy | Stroodles—Eco Tableware. 2024. <https://stroodles.co.uk/>
- Oil-Resistant Biocoatings From Waste Cooking Oil for Packaging Applications: Scientific Upcycling With Circular Economy Potential // *ACS Sustainable Resource Management*. 2024.V. 1, no. 12.pp. 2612–2620. DOI 10.1021/ACSSUSRESMGT.4C00392
- [71] Kumar L., Ramakanth D., Akhila K., Gaikwad K.K. Edible Films and Coatings for Food Packaging Applications: A Review // *Environmental Chemistry Letters*. 2022.V. 20, no. 1.p. 875–900. DOI 10.1007/S10311-021-01339-Z
- [72] Matloob A., Ayub H., Mohsin M., et al. A Review on Edible Coatings and Films: Advances, Composition, Production Methods, and Safety Concerns // *ACS Omega*. 2023.V. 8, no. 32.pp. 28932-28944. DOI 10.1021/acsomega.3c03459
- [73] Xie F. Biopolymer-Based Multilayer Films and Coatings for Food Preservation: an Update of the Recent Development // *Current Food Science and Technology Reports* . 2023.V.1, no. 1.pp. 1–12. DOI 10.1007/S43555-023-00002-8
- [74] Shulga O., Koretska I., Shulga S., Lin Y. Consumer Properties of Biodegradable Edible Cups for Hot Drinks. 2023. <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/42274>
- [75] Matheswari K. B., Arivuchudar R. Physiochemical and Sensory Properties of Edible Cups Conceptualized From Food By-Products // *Biosciences Biotechnology Research Asia*. 2024.V. 21, no. 1.pp. 255–260. DOI 10.13005/bbra/3221
- [76] Burak L. Ch. The influence of modern methods of processing and sterilization on the quality of fruit and vegetable raw materials and juice products // Moscow: Limited Liability Company «Scientific Publishing Center INFRA-M». 2025. 236 p. DOI 10.12737/0.12737/2154991
- [77] Shivani T. M., Sathiavelu M. A Comprehensive Review on Functionality of Probiotics in Edible Packaging // *Packaging Technology and Science*. 2023. V. 36, no. 1. pp. 15–30. DOI 10.1002/PTS.2690;WGROU:STRIN G:PUBLICATION
- [78] Arva Innovations Is Serving Sustainability With Its Edible Cutlery. Accessed November 31, 2025. <https://www.localsamosa.com/business/arva-innovations-1564680>
- [79] Bakeys Edible Cups. Accessed November 31, 2025. <https://dir.indiamart.com/impcat/edible-cup.html>
- [80] Nice to Eat You! | Cupffee. Accessed November 31, 2025. <https://cupffee.me/en>
- [81] Stroodles. Stroodles Edible Eco-Tableware—Change Made Easy | Stroodles—Eco Tableware. 2024. <https://stroodles.co.uk/>
- [82] Delicious Cutlery. Delicious Cutlery | Crunch Cutlery | Singapore.2025. <https://www.crunchcutlery.com/>
- [83] Demircan B., Velioglu Y. S. Revolutionizing Single-Use Food Packaging: A Comprehensive Review of Heat-Sealable, Water-Soluble, and Edible Pouches, Sachets, Bags, or Packets // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2025. V.65, no. 8. pp. 1497–1517. DOI 10.1080/10408398.2023.2295433.
- [84] Mukherjee K., Raju A. Edible Cutlery—A Prototype to

- [82] Delicious Cutlery. Delicious Cutlery | Crunch Cutlery | Singapore.2025. <https://www.crunchcutlery.com/>
- [83] Demircan B., Velioglu Y. S. Revolutionizing Single-Use Food Packaging: A Comprehensive Review of Heat-Sealable, Water-Soluble, and Edible Pouches, Sachets, Bags, or Packets // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2025. V.65, no. 8. pp. 1497–1517. DOI 10.1080/10408398.2023.2295433.
- [84] Mukherjee K., Raju A. Edible Cutlery—A Prototype to Combat Malnutrition and Plastic Waste Management // *Asian Journal of Biological and Life Sciences*. 2023. V. 12, no. 1. pp. 92–102. DOI 10.5530/ajbls.2023.12.14
- [85] Dybka-Stepień K., Antolak H., Kmiotek M., Piechota D., Koziróg K. Disposable Food Packaging and Serving Materials—Trends and Biodegradability // *Polymers*. 2021.V. 13, no. 20.p. 3606. DOI 10.3390/polym13203606
- [86] Trajkovska Petkoska A., Daniloski D., Kumar N., Broach A. T. Biobased Materials as a Sustainable Potential for Edible Packaging // Springer Singapore. 2021. pp. 111–135. DOI 10.1007/978-981-16-4609-6_5
- [87] Pires A. F., Díaz O., Cobos A., Pereira C. D. A Review of Recent Developments in Edible Films and Coatings—Focus on Whey-Based Materials // *Foods*. 2024.V. 13, no. 16.p. 2638. DOI 10.3390/foods13162638
- [88] Patil, T. D., Bisht S., Meshram B. P., Gaikwad K.K. A review on emerging trends and developments in edible drinking straws for food and beverage applications // *Trends in Food Science & Technology*. 2025.V. 163.p. 105158. DOI 10.1016/J.TIFS.2025.105158
- [89] Thapliyal D., Karale M., Diwan V., Kumra S., Arya R. K., Verros G. D. Current Status of Sustainable Food Packaging Regulations: Global Perspective // *Sustainability [Switzerland]* . 2024.V.16, no. 13. p.5554. DOI 10.3390/su16135554
- [90] GRAS | FDA. 2025. Accessed September 14, 2025. https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/generally-recognized-safe-gras?utm_source=chatgpt.com
- [91] Nair S. S., Trafiałek J., Kolanowski W. Edible Packaging: A Technological Update for the Sustainable Future of the Food Industry // *Applied Sciences*. 2023.V. 13,no. 14.p. 8234. DOI 10.3390/app13148234
- [92] Moreno B. B., Rodrigues B. V, Afonso L. R., Jimenez P. C., Castro Í. B. High incidence of False Biodegradability Claims Related to Single-Use Plastic Utensils Sold in Brazil // *Sustainable Production and Consumption*. 2023.V. 41.pp.1–8. DOI 10.1016/J.SPC.2023.07.024.
- [93] Бурак Л. Ч., Ермошина Т.В., Саманкова Н. В. Устойчивое производство. Концепция качества 4.0 // *Фундаментальные исследования*. 2025. № 9. С. 81-90 DOI 10.17513/fr.43905
- Combat Malnutrition and Plastic Waste Management // *Asian Journal of Biological and Life Sciences*. 2023. V. 12, no. 1. pp. 92–102. DOI 10.5530/ajbls.2023.12.14
- [85] Dybka-Stepień K., Antolak H., Kmiotek M., Piechota D., Koziróg K. Disposable Food Packaging and Serving Materials—Trends and Biodegradability // *Polymers*. 2021.V. 13, no. 20.p. 3606. DOI 10.3390/polym13203606
- [86] Trajkovska Petkoska A., Daniloski D., Kumar N., Broach A. T. Biobased Materials as a Sustainable Potential for Edible Packaging // Springer Singapore. 2021. pp. 111–135. DOI 10.1007/978-981-16-4609-6_5
- [87] Pires A. F., Díaz O., Cobos A., Pereira C. D. A Review of Recent Developments in Edible Films and Coatings—Focus on Whey-Based Materials // *Foods*. 2024.V. 13, no. 16.p. 2638. DOI 10.3390/foods13162638
- [88] Patil, T. D., Bisht S., Meshram B. P., Gaikwad K.K. A review on emerging trends and developments in edible drinking straws for food and beverage applications // *Trends in Food Science & Technology*. 2025.V. 163.p. 105158. DOI 10.1016/J.TIFS.2025.105158
- [89] Thapliyal D., Karale M., Diwan V., Kumra S., Arya R. K., Verros G. D. Current Status of Sustainable Food Packaging Regulations: Global Perspective // *Sustainability [Switzerland]* . 2024.V.16, no. 13. p.5554. DOI 10.3390/su16135554
- [90] GRAS | FDA. 2025. Accessed September 14, 2025. https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/generally-recognized-safe-gras?utm_source=chatgpt.com
- [91] Nair S. S., Trafiałek J., Kolanowski W. Edible Packaging: A Technological Update for the Sustainable Future of the Food Industry // *Applied Sciences*. 2023.V. 13,no. 14.p. 8234. DOI 10.3390/app13148234
- [92] Moreno B. B., Rodrigues B. V, Afonso L. R., Jimenez P. C., Castro Í. B. High incidence of False Biodegradability Claims Related to Single-Use Plastic Utensils Sold in Brazil // *Sustainable Production and Consumption*. 2023.V. 41.pp.1–8. DOI 10.1016/J.SPC.2023.07.024.
- [93] Burak L. Ch., Ermoshina T. V., Samankova N. V. Sustainable production. Quality concept 4.0 // *Fundamental research*. 2025. No. 9. P. 81-90 DOI 10.17513/fr.43905

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Бурак Леонид Чеславович кандидат технических наук директор Общество с ограниченной ответственностью "БЕЛРОСАКВА" 220015 г. Минск, ул. Пономаренок, д.35А, пом.610 Тел.: +7(29) 646-65-25 E-mail: leonidburak@gmail.com</p>	<p>Burak Leonid Cheslavovich PhD in Technical Sciences director Limited Liability Company "BELROSAKVA" Phone: +7(29) 646-65-25 E-mail: leonidburak@gmail.com</p>
<p>Сапач Александр Николаевич заместитель директора Общество с ограниченной ответственностью "БЕЛРОСАКВА" 220015 г. Минск, ул. Пономаренок, д.35А, пом.610 Тел.: +7(29) 756-95-19 E-mail: info@belrosakva.by</p>	<p>Sapach Alexander Nikolaevich deputy director Limited Liability Company "BELROSAKVA" Phone: +7(29) 756-95-19 E-mail: info@belrosakva.by</p>

Перспективы применения кукурузной муки в мучных кондитерских изделиях

Зотова Е.В., Гарькина П.К.

Аннотация. В статье приведен анализ литературных источников в области применения кукурузной муки в производстве мучных кондитерских изделий. Обогащение изделий способствует созданию рассыпчатого, нежного продукта. Кукурузная мука обладает приятным сладковатым вкусом и характерным ароматом, что выгодно отличает готовое изделие от традиционных вариантов с использованием пшеничной муки.

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, пищевая ценность, полезное питание, кукурузная мука.

Для цитирования: Зотова Е.В., Гарькина П.К. Перспективы применения кукурузной муки в мучных кондитерских изделиях // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 44–47.

Prospects for using corn flour in flour confectionery products

Zotova E.V., Garkina P.K.

Abstract. The article presents an analysis of literary sources on the use of corn flour in the production of flour confectionery products. Enrichment of products contributes to the creation of a crumbly, tender product. Corn flour has a pleasant sweet taste and a distinctive aroma, which distinguishes the finished product from traditional options using wheat flour.

Keywords: flour confectionery products, nutritional value, healthy nutrition, corn flour.

For citation: Zotova E.V., Garkina P.K. Prospects for using corn flour in flour confectionery products. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 44–47. (In Russ.).

Введение

Перспективным направлением в разработке продуктов питания является применение нетрадиционных видов сырья. В качестве источника функциональных пищевых ингредиентов будет рассмотрено применение кукурузной муки.

Кукурузная мука в сравнении с пшеничной не уступает ей по пищевой ценности. Одно из главных отличий кукурузной муки от пшеничной является более высокое содержание жира – на 2–3 %, также преимуществом кукурузной муки является, что она характеризуется более богатым аминокислотным составом. У кукурузной муки есть одно очень важное преимущество – она обладает диабетическими свойствами. Кукурузная мука содержит макро- и микроэлементы, такие как калий, кальций, железо, фосфор. В состав муки входят жирорастворимые витамины: А, Е и водорастворимые: РР, В1. Аминокислотный состав кукурузной муки включает триптофан, лизин, валин, изолейцин. Калорийность кукурузной муки составляет примерно 16 % от суточной нормы для взрослого человека, в 100 г содержится 330 Ккал.

Цель исследований – провести анализ перспек-

тивы применения кукурузной муки в производстве мучных кондитерских изделий.

Объекты и методы исследований

В исследовании проанализированы статьи из научных журналов, в которых оценивалось применение кукурузной муки в производстве мучных кондитерских изделий.

Результаты и их обсуждение

Кукурузная мука как ингредиент для мучных кондитерских изделий известен достаточно давно, ее использованию в рецептурах посвящен ряд работ многих авторов, что свидетельствует о том, что данные виды продукции являются востребованными среди потребителей.

А. Ю. Валегжанина и Т. В. Рензьева исследовали рецептуру сдобного печенья повышенной пищевой ценностью на основе кукурузной муки и жидкого растительного масла [1].

Е. А. Мячиковой, О. А. Мячиковой и Н. А. Носовой исследовалось влияние кукурузной муки в рецептуре песочного печенья на его органолепти-

ческие и физико–химические показатели. Было установлено, что замена части пшеничной муки на кукурузную муку не влияет на качество готовых изделий [2].

Исследования Т. В. Матвеевой, С. Я. Корячкиной, Н. М. Белецкой и др. было обнаружено, что при замене пшеничной муки на кукурузную муку качество бисквитных изделий значительно улучшается по сравнению с контрольным образцом: значения пористости увеличиваются на 0,94–6,1 %, удельного объема – на 0,75–22 %. Образцы с заменой 90 % и 100 % имеют более пористую структуру. При добавлении кукурузной муки в бисквитный полуфабрикат улучшаются органолептические показатели качества готовых изделий. Полученные образцы отличались от контрольного более выраженным вкусом и запахом, улучшился цвет мякиша [3].

Л. Г. Ермош и А. А. Кулишов изучали влияние кукурузной муки в бисквитных изделиях на основе сухого яичного белка и растительных добавок. Авторами отмечено, что введение кукурузной муки положительно влияет на пенообразование пшеничной муки при замене 15–20 %, при этом его значение выше контрольного на 2,1 %. Увеличение дозировки приводит к повышению плотности бисквитного теста, тем самым снижается пенообразование, которое может быть связано с более высокой плотностью кукурузной муки [4].

Кукурузная мука может использоваться в бисквите в сочетании с пшеничной – приведено в изобретении Н. А. Тарасенко и Н. П. Ершовой. Авторами предлагается использование смеси муки пшеничной и кукурузной в соотношении 2:1 в сочетании сладкого агента куркулина – вкусового наполнителя на основе ядер миндаля, абрикосовой косточки и пищевых волокон, а также ферментного препарата Sweetase L. Целью изобретения является улучшение физико–химических и органолептических показателей бисквита и снижение его калорийности [5].

Изобретение Г. О. Магомедова, С. И. Лукиной и Х. А. Исраиловой заключается в способе производства сдобно–сбивного печенья повышенной питательной ценностью: в рецептуру была внесе-

на смесь нутовой и кукурузной муки в соотношении 1:1. Авторы заявляют, что физико–химические свойства теста улучшились, изделие получилось с равномерной рыхлостью, характеризуется высокой намокаемостью и низкой плотностью по отношению к прототипу, приготовленному на пшеничной муке высшего сорта. Также Г. О. Магомедовым в соавторстве с Л. А. Лобосовой, Г. М. Магомедовым и др. запатентовано изобретение способа производства сбивных кондитерских изделий с использованием кукурузной муки [6].

В изобретении О. В. Чугуновой и Н. В. Лейберовой описывается способ производства безглютенового сахарного печенья «Веселые звездочки», в рецептуру которого входит кукурузная мука наряду с рисовой мукой, кукурузным крахмалом, порошком из корицы и яблок и др. [7, 8].

Изобретение И. А. Супруновой и О. Г. Чижиковой также относится к производству сахарного печенья, однако кукурузная мука находится в нем в сочетании с пшеничной, а также с измельченными семенами тыквы.

Таким образом, на основании проведенного обзора изобретений и результатов научных исследований, можно сделать вывод, что кукурузная мука является ценным и перспективным функциональным ингредиентом в производстве мучных кондитерских изделий [9].

Выводы

Дальнейшее развитие пищевой промышленности предполагает внедрение новых способов обработки сырья и технологий переработки, позволяющих сохранить максимум полезных веществ кукурузной муки. Это позволит значительно расширить рынок специализированной продукции и удовлетворить потребности современных потребителей.

Таким образом, применение кукурузной муки в кондитерской отрасли является перспективным направлением, способствующим повышению уровня здоровья населения и развитию инноваций в пищевой индустрии.

Литература

- [1] Валежжанина А. Ю., Рензяева Т. В. Кукурузная мука в технологии сдобного печенья // Пищевые инновации в биотехнологии. – 2018. – С. 14-17.
- [2] Мячикова Е. А., Мячикова О. А. Кукурузная мука как альтернативное сырье в производстве песочных изделий // Будущее науки-2017. – 2017. – С. 146-149.
- [3] Матвеева Т. В. и др. Влияние кукурузной и рисовой муки на качество изделий из бисквитного теста // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2008. – №. 4. – С. 32-34.
- [4] Ермош Л. Г., Кулишов А. А. Обоснование рецептурного состава бисквитов на основе сухого

References

- [1] Valezhjanina A. Yu., Renzyaeva T. V. Corn Flour in the Technology of Butter Cookies // Food Innovations in Biotechnology. – 2018. – P. 14-17.
- [2] Myachikova E. A., Myachikova O. A. Corn flour as an alternative raw material in the production of shortcrust pastries // Future of Science-2017. – 2017. – P. 146-149.
- [3] Matveeva T. V. et al. Influence of corn and rice flour on the quality of biscuit dough products // Izvestiya of Higher Educational Institutions. Food Technology. – 2008. – No. 4. – Pp. 32-34.
- [4] Ermosh L. G., Kulishov A. A. Substantiating the Recipe

- яичного белка и растительных добавок //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – №. 2. – С. 109-114.
- [5] Патент № 2632332 С Российская Федерация, МПК A21D 13/80. Состав для производства бисквитного полуфабриката : № 2016123622 : заявл. 14.06.2016 : опубл. 04.10.2017 / Н. А. Тарасенко, Н. П. Ершова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет» (ФГБОУ ВО «КубГТУ»). – EDN TMMSBI.
- [6] Патент № 2447665 C1 Российская Федерация, МПК A21D 13/08. Способ производства сдобно-сбивного печенья повышенной пищевой ценности : № 2010146339/13 : заявл. 13.11.2010 : опубл. 20.04.2012 / Г. О. Магомедов, С. И. Лукина, Х. А. Исраилова ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Воронежская государственная технологическая академия (ГОУ ВПО ВГТА). – EDN ZGIEAX.
- [7] Чугунова, О. В. Технологические аспекты разработки безглютеновых мучных кондитерских изделий / О. В. Чугунова, Н. В. Лейберова, Е. В. Пастушкова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 186. – EDN VIDVSN.
- [8] Патент № 2764221 C1 Российская Федерация, МПК A21D 13/04, A21D 13/066, A21D 13/80. Способ производства безглютенового сахарного печенья «Рябинушка» : № 2021109005 : заявл. 01.04.2021 : опубл. 14.01.2022 / Н. В. Лейберова, О. В. Чугунова, Н. В. Заворохина ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный экономический университет». – EDN FZBJCR.
- [9] Патент № 2528708 C1 Российская Федерация, МПК A21D 13/08. состав для приготовления сахарного печенья : № 2013116290/13 : заявл. 09.04.2013 : опубл. 20.09.2014 / И. А. Супрунова, О. Г. Чижикова ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ). – EDN LOMMBY.
- Composition of Biscuits Based on Dry Egg White and Vegetable Additives //Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. – 2017. – No. 2. – Pp. 109-114.
- [5] Patent No. 2632332 C, Russian Federation, IPC A21D 13/80. Composition for the production of a biscuit semi-finished product: No. 2016123622, filed on June 14, 2016, published on October 4, 2017 / N. A. Tarasenko, N. P. Ershova; applicant: Kuban State Technological University (FSBEI HE KubSTU). – EDN TMMSBI.
- [6] Patent No. 2447665 C1 Russian Federation, IPC A21D 13/08. Method of production of pastry biscuits with increased nutritional value : No. 2010146339/13 : application 13.11.2010 : published 20.04.2012 / G. O. Magomedov, S. I. Lukina, H. A. Israilova ; applicant State Educational Institution of Higher Professional Education Voronezh State Technological Academy (GO VPO VGTA). – EDN ZGIEAX.
- [7] Chugunova, O. V. Technological Aspects of the Development of Gluten-Free Flour Confectionery Products / O. V. Chugunova, N. V. Leiberova, E. V. Pastushkova // Modern Problems of Science and Education. – 2015. – No. 1-1. – P. 186. – EDN VIDVSN.
- [8] Patent No. 2764221 C1, Russian Federation, IPC A21D 13/04, A21D 13/066, A21D 13/80. Method for producing gluten-free Ryabinushka sugar cookies : No. 2021109005 : filed on 01.04.2021 : published on 14.01.2022 / N. V. Leiberova, O. V. Chugunova, N. V. Zavorokhina ; applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ural State University of Economics». – EDN FZBJCR.
- [9] Patent No. 2528708 C1, Russian Federation, IPC A21D 13/08. Composition for Making Sugar Cookies: No. 2013116290/13, filed on April 9, 2013, published on September 20, 2014 / I. A. Suprunova, O. G. Chizhikova; applicant: Far Eastern Federal University (FEFU). – EDN LOMMBY.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Зотова Екатерина Викторовна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Zotova Ekaterina Viktorovna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>
<p>Гарькина Полина Константиновна кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 094-79-49 E-mail: worolina89@mail.ru</p>	<p>Garkina Polina Konstantinovna PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 094-79-49 E-mail: worolina89@mail.ru</p>

Физико-химическое обоснование и технологические параметры получения поликомпонентной пищевой добавки на основе овощной фасоли

Курочкин А.А., Новикова О.А.

Аннотация. В представленной работе проведена систематизация данных о высоком технологическом потенциале использования овощной фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.) в качестве функциональной пищевой добавки. На основе критического анализа литературных источников и результатов собственных экспериментальных исследований обоснована целесообразность применения поликомпонентного подхода, при котором биологически активные компоненты стручков овощной фасоли интегрируются в матрицу пищевой добавки путём термовакуумной экструзии смеси с зерном пшеницы. Представлены расширенные данные по физико-механическим и химическим характеристикам стручков полусахарной фасоли двух сортов в различных стадиях онтогенеза. Разработаны и экспериментально верифицированы режимы экструдирования, обеспечивающие получение стабильного по качеству экструдата с заданными функционально-технологическими свойствами.

Ключевые слова: пищевые продукты, бобовые культуры, *Phaseolus vulgaris* L., стручки, пшеница, термовакуумная экструзия, пищевые волокна, функциональные ингредиенты, технологические параметры.

Для цитирования: Курочкин А.А., Новикова О.А. Физико-химическое обоснование и технологические параметры получения поликомпонентной пищевой добавки на основе овощной фасоли // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 48–53.

Physical and chemical justification and technological parameters for obtaining a multi-component food additive based on vegetable beans

Kurochkin A.A., Novikova O.A.

Abstract. The presented work systematizes data on the high technological potential of using vegetable beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a functional food additive. Based on a critical analysis of literature sources and the results of our own experimental studies, we have substantiated the feasibility of using a multi-component approach, in which the biologically active components of vegetable bean pods are integrated into the matrix of the food additive by thermovacuum extrusion of a mixture with wheat grain. We have also presented extended data on the physical, mechanical, and chemical characteristics of the pods of two varieties of semi-sugar beans at different stages of ontogenesis. Extruding modes have been developed and experimentally verified to ensure the production of a stable-quality extrudate with specified functional and technological properties.

Keywords: food products, legumes, *Phaseolus vulgaris* L., pods, wheat, thermovacuum extrusion, dietary fiber, functional ingredients, technological parameters.

For citation: Kurochkin A.A., Novikova O.A. Physical and chemical justification and technological parameters for obtaining a multi-component food additive based on vegetable beans. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 48–53. (In Russ.).

Введение

Бобовые культуры в целом занимают значимое место в современных технологиях пищевой индустрии, что обусловлено их высоким нутри-

циологическим потенциалом и функциональными свойствами. Несмотря на доминирующее положение сои и продуктов её переработки в данной нише, сравнительный анализ химического состава и биологической активности представителей семейства

бобовых позволяет акцентировать внимание на перспективности использования фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.).

С позиций современных концепций диетического питания и экономической эффективности, применение фасоли в пищевых технологиях способствует комплексной реализации её полезных свойств, включая белковую комплементарность, высокое содержание пищевых волокон и минорных биологически активных соединений [2, 5-9].

Содержание белка в бобовых культурах варьирует в диапазоне 17-30%, что существенно превышает аналогичный показатель для злаковых культур. При этом белки бобовых и зерновых характеризуются взаимодополняющим аминокислотным профилем: первые обогащены лизином при относительном дефиците серосодержащих аминокислот (метионина и цистеина); в то время как зерновые демонстрируют обратную тенденцию. [1, 3, 4].

Углеводный компонент бобовых представлен преимущественно крахмалом (45-48%), а также моно-, ди- и олигосахаридами, включая функциональные α -галактозиды.

Особый интерес в контексте разработки функциональных ингредиентов представляют пищевые волокна, содержание которых в бобовых, и особенно в стручках, достигает значительных величин.

Согласно современной классификации, пищевые волокна подразделяются на растворимые (пек-

тины, камеди, инулин, фруктаны) и нерастворимые (целлюлоза, лигнин, резистентный крахмал) фракции, каждая из которых вносит специфический вклад в физиологические эффекты [10-13].

Цель работы – обоснование состава и технологических параметров получения поликомпонентной пищевой добавки на основе овощной фасоли.

Объекты и методы исследования

Объекты исследования: стручки полусахарной фасоли сортов «Краснодарская» и «Жёлтая река» в стадии технической спелости; зерно пшеницы мягкой (влажность $14 \pm 0,5\%$).

Методы анализа: определение влажности – термогравиметрическим методом при 105°C до постоянной массы; содержание белка – по Кьельдалю с коэффициентом пересчёта 6,25; содержание жиров – экстракция петролейным эфиром по Соклету; пищевые волокна – ферментативно-гравиметрическим методом (АОАС 991.43); аминокислотный состав – ВЭЖХ после кислотного гидролиза; минеральный состав – атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ICP-AES); физико-механические свойства – на текстурате с использованием стандартных методик.

Экструдирование проведено на экспериментальном термовакуумном экструдере с шнеком $L/D = 12$, частота вращения 120 об/мин, температура

Таблица 1 – Технологические и морфометрические характеристики образцов фасоли ($M \pm \sigma$, $n = 5$)

Показатели	Сорт «Краснодарская»	Сорт «Жёлтая река»
Морфология стручка		
Цвет	жёлтый; в биологической спелости – с красными прожилками	жёлтый
Форма поперечного сечения	плоская, широкая	круглая
Длина, см	$14,8 \pm 0,6$	$16,3 \pm 0,8$
Стадия молочной спелости		
Масса стручка, г	$16,7 \pm 1,2$	$14,8 \pm 1,0$
Масса семян в стручке, г	$3,6 \pm 0,4$	$3,1 \pm 0,3$
Масса 1000 семян, г	$349,0 \pm 15,2$	$316,0 \pm 12,8$
Соотношение семян : оболочка, %	0,971	0,930
Влажность, %	$85,0 \pm 2,1$	$87,0 \pm 1,8$
Стадия технической спелости		
Масса стручка, г	$14,1 \pm 0,9$	$13,6 \pm 0,7$
Масса семян в стручке, г	$4,3 \pm 0,5$	$4,2 \pm 0,4$
Масса 1000 семян, г	$752,0 \pm 28,4$	$710,0 \pm 24,1$
Соотношение семян : оболочка, %	30 : 70	32 : 69
Влажность, %	$52,0 \pm 1,5$	$56,0 \pm 1,9$
Стадия биологической спелости		
Масса стручка, г	$4,7 \pm 0,4$	$4,4 \pm 0,3$
Масса семян в стручке, г	$3,1 \pm 0,3$	$3,4 \pm 0,4$
Масса 1000 семян, г	$631,0 \pm 22,6$	$686,0 \pm 25,3$
Соотношение семян : оболочка, %	66:34:00	77:23:00
Влажность, %	$10,0 \pm 0,8$	$12,0 \pm 1,1$

зон 80-110°C, вакуум в камере 0,07-0,08 МПа, время пребывания 10-15 с.

Результаты и их обсуждение

Для обоснования технологических решений проведён детальный анализ физико-механических и химических параметров стручков полусахарной фасоли сортов «Краснодарская» и «Жёлтая река» в трёх стадиях спелости. Результаты представлены в таблицах 1-3.

Анализ полученных данных подтверждает, что стручки полусахарной фасоли в стадии технической спелости характеризуются оптимальным балансом макро- и микронутриентов для использования в качестве функционального ингредиента. Высокое содержание пищевых волокон (31,5-33,2 г/100 г СВ), преимущественно нерастворимой фракции, коррелирует с данными литературы для (*Phaseolus vulgaris* L.).

Аминокислотный профиль демонстрирует высокую комплементарность с белками злаковых: содержание лизина (6,5-6,8% от белка) компенсирует его дефицит в пшеничном белке, в то время как серосодержащие аминокислоты, лимитирующие в бобовых, поступают из зернового компонента смеси.

Для оптимизации процесса экструдирования определены ключевые физико-механические свойства и реологические характеристики стручков в стадии технической спелости:

- насыпная плотность: 0,42-0,48 г/см³;
- истинная плотность: 1,12-1,18 г/см³;
- угол естественного откоса: 32-38°;
- водопоглощающая способность (WHC): 8,3 ± 0,5 г/г;
- жиродерживающая способность (ОНС): 2,5 ± 0,2 г/г;

Таблица 2 – Химический состав стручков полусахарной фасоли в стадии технической спелости (г/100 г сухого вещества, М±σ, n = 5)

Компонент	Сорт «Краснодарская»	Сорт «Жёлтая река»	Литературные данные
Макронутриенты			
Белок	19,4 ± 1,2	18,7 ± 1,5	16,1-23,1
Жиры	0,7 ± 0,2	0,6 ± 0,1	0,1-1,1
Углеводы (расчётные)	66,8 ± 2,1	68,2 ± 2,4	62,0-70,6
Пищевые волокна (общие)	33,2 ± 1,8	31,5 ± 2,0	28,5-38,4
нерастворимые	26,8 ± 1,5	25,1 ± 1,7	22,3-30,2
растворимые	6,4 ± 0,6	6,4 ± 0,5	5,1-8,9
Крахмал	42,1 ± 2,3	40,8 ± 2,1	38,5-45,2
Сахара (сумма)	8,7 ± 0,9	9,2 ± 1,0	6,8-11,4
Зола	6,0 ± 0,4	5,8 ± 0,5	4,5-8,2
Минорные компоненты			
Пектиновые вещества	3,1 ± 0,3	2,9 ± 0,2	2,8-3,5
Гемицеллюлозы	4,6 ± 0,4	4,4 ± 0,3	4,0-5,5
Полифенолы (экв. галловой к-ты), мг/г	5,3 ± 0,4	4,9 ± 0,5	3,8-6,2
Антиоксидант. активность (FRAP), мкмоль экв. тролокса/г	33,4 ± 2,1	31,2 ± 1,9	26,5-38,7

- набухаемость: 4,2 ± 0,3 мл/г;
- модуль упругости при сжатии: 12,4 ± 1,8 МПа.

Влажность сырья в стадии технической спелости (52-56%) представляет технологическое ограничение для прямого экструдирования, что обусловлено недостаточной вязко-упругими свойствами расплава и риском деструкции биополимеров. Для решения данной проблемы предложено использование зернового наполнителя с низкой влажностью и высоким содержанием крахмала.

Практическая реализация представленной научной гипотезы нашла воплощение сначала в опытной отработке отдельных технологических операций, а затем в логически обоснованной и экспериментально подтвержденной технологии получения пищевой добавки на основе овощной фасоли.

Сущность технологии заключается в следующем. Стручки овощной фасоли в стадии технической спелости влажностью 52-56 % измельчали на частицы размером 8-10 мм и смешивали с зерном пшеницы влажностью 14% в соотношении 1:2,5. Полученную смесь выдерживали в смесителе в течение 1,0-1,5 часов, после чего подвергали обработке с помощью термовакуумного экструдера в течение 10-15 секунд при температуре 100-110°C. На выходящий из фильеры экструдера экструдат воздействовали пониженным давлением, равным 0,07-0,08 МПа с целью более интенсивного «вскипания» (вспучивания) и достижения в нем влаги 8-10%. Одновременно экструдат разрезался на частицы размером 3-4 мм режущим устройством, входящим в состав экструдера.

Разработанные технологические режимы экструдирования обеспечивают:

- снижение влажности смеси с 24-26% до 8-10% за счёт вакуумного испарения;

Таблица 3 – Аминокислотный профиль белка стручков фасоли (% от общего белка, М±σ, n = 5)

Аминокислота	Сорт «Краснодарская»	Сорт «Жёлтая река»	Эталон ФАО/ВОЗ
Незаменимые			
Лизин	6,8 ± 0,4	6,5 ± 0,3	5,8
Треонин	3,9 ± 0,2	3,7 ± 0,3	4
Метионин + Цистин	2,1 ± 0,2	2,0 ± 0,1	2,5
Валин	4,2 ± 0,3	4,0 ± 0,2	5
Изолейцин	3,1 ± 0,2	2,9 ± 0,2	4
Лейцин	5,4 ± 0,3	5,2 ± 0,4	6,6
Фенилаланин + Тирозин	6,2 ± 0,4	5,9 ± 0,3	6,3
Триптофан	1,3 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,1
Заменимые			
Аспарагиновая к-та	14,2 ± 0,8	13,8 ± 0,7	–
Глутаминовая к-та	11,5 ± 0,6	11,1 ± 0,5	–
Серин	6,3 ± 0,4	6,1 ± 0,3	–
Глицин	3,2 ± 0,2	3,0 ± 0,2	–
Аргинин	4,1 ± 0,3	3,9 ± 0,2	–
Аланин	4,3 ± 0,3	4,1 ± 0,2	–
Пролин	3,5 ± 0,2	3,3 ± 0,2	–

– гелеобразование крахмала и денатурацию белков, повышающие биодоступность нутриентов;
 – формирование пористой структуры экструдата с размером частиц 3-4 мм;
 – сохранение термостабильных биоактивных соединений (полифенолы, минералы).

Качество полученной пищевой добавки подтверждено органолептической оценкой и стабильностью при хранении (срок годности ≥ 6 мес. при t = 20±5°C, RH≤75%).

Выводы

Стручки полусахарной фасоли в стадии технической спелости характеризуются сбалансированным химическим составом: содержание белка 18,7-19,4%, пищевых волокон 31,5-33,2%, минеральных веществ 5,8-6,0% на сухое вещество, что обосновывает их использование в качестве функционального ингредиента.

Литература

- [1] Босак, В.Н. Биологическая ценность и аминокислотный состав различных сортов фасоли овощной / В.Н. Босак, Т.В. Сачивко //Овощеводство. 2017. т. 25. С. 5-10.
- [2] Волох, Е.Ю. Разработка технологии производства пшеничного хлеба с использованием добавок из бобовых культур: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 05.18.01 / Волох Елена Юрьевна. Махачкала, 2017. 24 с.
- [3] Костикова, Н.О. Оценка различных сортов фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) по химическому составу и энергетической ценности зерна / Н.О. Костикова, О.А. Миуц //Зернобобовые

Физико-механические параметры (насыпная плотность 0,42-0,48 г/см³, WHC 8,3 г/г, ОНС 2,5 г/г) определяют целесообразность предварительного измельчения до частиц 8-10 мм и смешивания с зерновым наполнителем для оптимизации реологии экструзионного расплава.

Разработанные режимы термовакуумной экструзии (соотношение фасоль : пшеница 1 : 2,5, t = 100-110°C, τ = 10-15 с, Pвак = 0,07-0,08 МПа) обеспечивают получение стабильного экструдата влажностью 8-10 % с сохранением функциональных свойств исходного сырья.

Предложенная технология получения поликомпонентной пищевой добавки может быть масштабирована для промышленного применения и интегрирована в производство хлебобулочных, кондитерских и специализированных продуктов питания.

References

- [1] Bosak, V.N. Biological value and amino acid composition of various varieties of vegetable beans / V.N. Bosak, T.V. Sachivko //Vegetable growing. 2017. vol. 25. p. 5-10.
- [2] Volokh, E.Yu. Development of technology for the production of wheat bread using additives from legumes: abstract. dis. ... candidate of Agricultural Sciences: 05.18.01 / Volokh Elena Yurievna. Makhachkala, 2017. 24 p.
- [3] Kostikova, N.O. Evaluation of various varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) by chemical composition and energy value of grain / N.O. Kostikova, O.A. Miyuts //Legumes and cereals. 2021.

- и крупяные культуры. 2021. №3 (39). С. 97-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-97-101.
- [4] Курочкин, А.А. Поликомпонентная пищевая добавка на основе овощной фасоли /А.А. Курочкин, О.А. Новикова // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10, № 2. С. 19-24. – EDN EJLWUL.
- [5] Пат. 2 803770 Российская Федерация, МПК7 А21D 2/36. Способ производства хлеба / А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, М.О. Волошина, С.А. Буренкова. – №2023114709; заявл. 05.06.2023; опубл. 19.09.2023, Бюл. №26.
- [6] Русина, И.М. Возможности применения муки из фасоли и гороха в хлебопечении /И.М. Русина, А.Ф. Макаричиков, Т.П. Троцкая, Ю.В. Мистюк, С.С. Ковалевская //Пищевая промышленность: наука и технологии. 2012. №. 4(18). С. 22-27.
- [7] Царева, Н.И. Бобовые в технологии продуктов питания со взбивной структурой: монография /Н.И. Царева, Е.Н. Артемова. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2014. 133 с.
- [8] Черемных, Д.А. Применение зеленой стручковой фасоли для обогащения пшеничной муки / Д.А. Черемных, Л.В. Наймушина, И.Д. Зыкова // Вестник КрасГАУ. 2018. № 3. С. 152-156.
- [9] Чижикова, О.Г. Разработка ассортимента хлеба пшеничного с добавлением семян фасоли /О.Г. Чижикова, О.Л. Коршенко, М.А. Суховарова, А.В. Исаков // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №3 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/184TVN315.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/184TVN315.
- [10] Cotacallapa-Sucapuca M., Vega E.N., Maieves H.A., Berrios J.J., Morales P., Fernández-Ruiz V., Cámara M. Extrusion Process as an Alternative to Improve Pulses Products Consumption. A Review. Foods. 2021 May 15;10(5):1096. doi: 10.3390/foods10051096. PMID: 34063375; PMCID: PMC8156340.
- [11] Orozco-Angelino X, Espinosa-Ramírez J, Serna-Saldívar SO. Extrusion as a tool to enhance the nutritional and bioactive potential of cereal and legume by-products. Food Res Int. 2023 Jul;169:112889. doi: 10.1016/j.foodres.2023.112889. Epub 2023 Apr 27. PMID: 37254337.
- [12] Pedrosa M.M., Guillamón E., Arribas C. Autoclaved and Extruded Legumes as a Source of Bioactive Phytochemicals: A Review. Foods. 2021 Feb 9;10(2):379. doi: 10.3390/foods10020379. PMID: 33572460; PMCID: PMC7919342.
- [13] Sinkovič L., Blažica V., Blažica B., et al. How Nutritious Are French Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from the Citizen Science Experiment? // Plants. 2024. Vol. 13, Iss. 2. P. 314. DOI: 10.3390/plants13020314.
- No.3 (39). pp. 97-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-97-101.
- [4] Kurochkin, A.A. Polycomponent food additive based on vegetable beans / A.A. Kurochkin, O.A. Novikova // Innovative Technique and Technology. 2023. Vol. 10, No. 2. Pp. 19-24.
- [5] Pat. 2 803 770 Russian Federation, MPK7 A21D 2/36. Method of bread production / A.A. Kurochkin, P.K. Garkina, M.O. Voloshina, S.A. Burenkova. – No. 2023114709; application 05.06.2023; publ. 19.09.2023, Bul. No. 26.
- [6] Rusina, I.M. The possibilities of using flour from beans and peas in baking / I.M. Rusina, A.F. Makarchikov, T.P. Trotskaya, Yu.V. Mistyuk, S.S. Kovalevskaya // Food industry: Science and technology. 2012. No. 4(18). pp. 22-27.
- [7] Tsareva, N.I. Legumes in the technology of food with a whipped structure: monograph /N.I. Tsareva, E.N. Artemova. – Orel: FGBOU VPO «Gosuniversitet-UNPK», 2014. 133 p.
- [8] Cheremnykh, D.A. The use of green string beans for enriching wheat flour / D.A. Cheremnykh, L.V. Naimushina, I.D. Zykova // Bulletin of KrasGAU. 2018. No. 3. pp. 152-156.
- [9] Chizhikova, O.G. Development of an assortment of wheat bread with the addition of bean seeds /O.G. Chizhikova, O.L. Korshenko, M.A. Sukhovarova, A.V. Isakov // Online journal «Science Studies» Volume 7, No. 3 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/184TVN315.pdf> (access is free). Cover from the screen. Yaz. rus., eng. DOI: 10.15862/184TVN315.
- [10] Cotacallapa-Sucapuca M., Vega E.N., Maieves H.A., Berrios J.J., Morales P., Fernández-Ruiz V., Cámara M. Extrusion Process as an Alternative to Improve Pulses Products Consumption. A Review. Foods. 2021 May 15;10(5):1096. doi: 10.3390/foods10051096. PMID: 34063375; PMCID: PMC8156340.
- [11] Orozco-Angelino X, Espinosa-Ramírez J, Serna-Saldívar SO. Extrusion as a tool to enhance the nutritional and bioactive potential of cereal and legume by-products. Food Res Int. 2023 Jul;169:112889. doi: 10.1016/j.foodres.2023.112889. Epub 2023 Apr 27. PMID: 37254337.
- [12] Pedrosa M.M., Guillamón E., Arribas C. Autoclaved and Extruded Legumes as a Source of Bioactive Phytochemicals: A Review. Foods. 2021 Feb 9;10(2):379. doi: 10.3390/foods10020379. PMID: 33572460; PMCID: PMC7919342.
- [13] Sinkovič L., Blažica V., Blažica B., et al. How Nutritious Are French Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from the Citizen Science Experiment? // Plants. 2024. Vol. 13, Iss. 2. P. 314. DOI: 10.3390/plants13020314.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Курочкин Анатолий Алексеевич доктор технических наук профессор кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 382-85-03 E-mail: anatolii_kuro@mail.ru</p>	<p>Kurochkin Anatoly Alekseevich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 382-85-03 E-mail: anatolii_kuro@mail.ru</p>
<p>Новикова Ольга Анатольевна аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 914-73-00 E-mail: ms.varlos@mail.ru</p>	<p>Novikova Olga Anatolievna upostgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 914-73-00 E-mail: ms.varlos@mail.ru</p>

Обоснование рациональной технологии пищевой добавки на основе семян калины

Курочкин А.А., Новикова О.А., Поляков А.В.

Аннотация. Применение композитов на основе вторичных материальных ресурсов позволяет обогащать пищевые продукты путем замены основного сырья на пищевую добавку, содержащую высокоценные ингредиенты, которые технологически возможно и экономически выгодно повторно вовлекать в производство. Семена калины являются типичным примером чрезвычайно полезного вторичного сырья, требующего разработки технологических решений, позволяющих задействовать весь спектр содержащихся в нем полезных веществ. На основе анализа физико-химических и технологических свойств семян калины и с учетом рационального подхода к выбору оборудования, в работе сформулированы физические принципы измельчения данной пищевой системы с целью получения высококачественной пищевой добавки. Обоснованы рекомендации для ножевых измельчителей в части управления качеством помола за счет оптимальной влажности перерабатываемого сырья и техники работы с оборудованием.

Ключевые слова: технология, вторичное сырье, семена калины, пищевая добавка, измельчение, ножевой измельчитель.

Для цитирования: Курочкин А.А., Новикова О.А., Поляков А.В. Обоснование рациональной технологии пищевой добавки на основе семян калины // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 54–60.

Justification of a rational technology for a food additive based on viburnum seeds

Kurochkin A.A., Novikova O.A., Polyakov A.V.

Abstract. The use of composites based on secondary material resources allows for the enrichment of food products by replacing the main raw material with a food additive containing high-value ingredients that can be technologically and economically reused in production. Viburnum seeds are a typical example of an extremely useful secondary raw material that requires the development of technological solutions to utilize the full range of its beneficial properties. Based on an analysis of the physical, chemical, and technological properties of viburnum seeds, and taking into account a rational approach to the selection of equipment, the paper presents the physical principles of grinding this food system to produce a high-quality food additive. Recommendations for knife grinders have been substantiated in terms of grinding quality control due to the optimal moisture content of the processed raw materials and the equipment operation techniques.

Keywords: technology, secondary raw materials, viburnum seeds, food additive, grinding, knife grinder.

For citation: Kurochkin A.A., Novikova O.A., Polyakov A.V. Justification of a rational technology for a food additive based on viburnum seeds. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 54–60. (In Russ.).

Введение

Одним из направлений развития технологий обогащенных и функциональных пищевых продуктов является применение в их рецептурах вторичного сырья (вторичных материальных ресурсов), получаемого в процессе производства основной продукции и содержащего ценные в пищевом и биологическом отношении ингредиенты.

Во многих случаях такое сырье технологически возможно и экономически выгодно повторно вовлекать в производство и вырабатывать из него различные пищевые продукты и добавки.

Семена калины являются типичным примером чрезвычайно полезного вторичного сырья, требующего разработки технологических решений, позволяющих задействовать весь спектр содержащихся в нем полезных веществ [1, 2, 4, 9, 11].

Калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.) имеет плоды овальной или шаровидной формы, цвет – ярко-красный, костянки размером 8-10 мм, с крупной почти округлой косточкой длиной около 7-9 мм. Масса 1000 ягод в среднем колеблется от 220 до 280 г. Ягоды сочные, также присутствует горьковатый вкус, который пропадает или становится меньше после первых морозов [3, 5-8].

При переработке плоды калины имеют значительные различия по массе отдельных компонентов: сока, пюре, косточек и кожицы. Установлено, что в плодах калины обыкновенной массовая доля пюре (мякоть + сок) составляет 80 %, сока – 57%; косточки (семена) и кожица – по 11%. Технологические свойства плодов калины обыкновенной характеризуются показателями, представленными на рис. 1 [13].

Хотя традиционно в пищевой промышленности используются плоды калины, семена, остающиеся как побочный продукт переработки, могут быть перспективным источником биологически активных веществ и пищевых волокон в технологиях обогащенных и функциональных пищевых продуктов [1, 2, 8, 10].

В таблице 1 приведены сравнительные данные по химическому составу ягод калины и шрота, полученного при переработке ягод калины [13].

Семена калины обыкновенной обладают рядом характерных физико-химических показателей, которые важны как для их таксономической идентификации, так и для оценки качества в фармакогностическом и технологическом аспектах. Ниже приведены основные физические характеристики семян калины [4, 10]:

- форма: яйцевидная или обратнойяйцевидная;
- размеры: длина – около 6-8 мм, ширина – 3-5 мм;
- цвет: коричневый, от светло- до тёмно-коричневого;
- поверхность: гладкая или слегка шероховатая, с заметной продольной бороздкой;
- масса 1000 семян: 30-40 г.

По требованиям фармакопейного стандарта РФ влажность семян калины не должна превышать 12-14 % [14].

Таблица 1 – Химический состав ягод калины и шрота

Наименование показателя	Ягоды калины	Шрот
Массовая доля сухих веществ, %	22,1	94
Массовая доля растворимых сухих веществ, %	17,8	12,5
Содержание органических кислот, %	1,62	-
Содержание сахаров, %:		
фруктоза / глюкоза	7,5/1,7	3,7/1,2
сахароза	0,02	0,01
общий	9,4	4,91
Содержание пектиновых веществ, %	2,9	0,4
Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100г	155,1	10,3
Массовая доля β-каротина, мг %	2,01	0,2
Кальций, мг/100 г	25,9	15,2
Магний, мг/100 г	31,2	18,3

Общая зольность обычно составляет не более 4-6 %, включая 2-3 % – кислотонерастворимая фракция.

Содержание экстрактивных веществ характеризуется следующей информацией:

1. Семена калины содержат значительное количество жирного масла (до 18-22 %).
2. Экстракция эфиром или гексаном даёт выход жирного масла в пределах 16-20 %.
3. При экстракции спиртом или водой извлекаются дубильные вещества, сахара, органические кислоты.

Химический состав семян калины характеризуется следующими показателями.

Липиды: в основном ненасыщенные жирные кислоты – линолевая, олеиновая, пальмитиновая в сумме составляющие 16-22 %. Жирнокислотный состав масла (в % от общего количества жирных кислот):

- линолевая (ω-6) – 45,0-55,0;
- олеиновая (ω-9) – 20,0-30,0;
- пальмитиновая – 12,0-18,0;

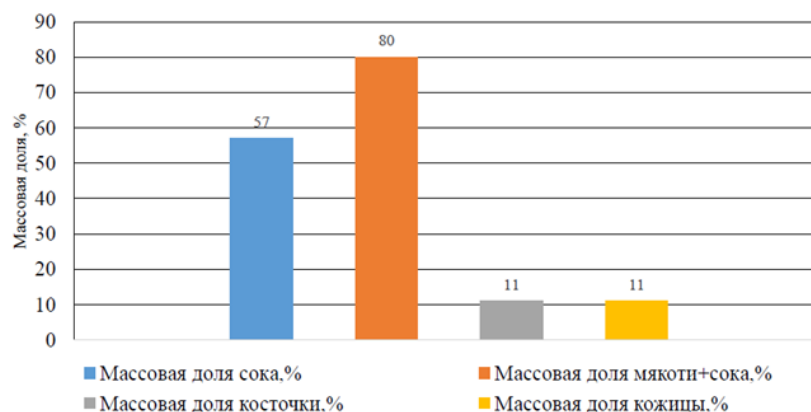


Рис. 1. Технологические свойства плодов калины обыкновенной

- стеариновая – 2,0-4,0;
- другие (включая α -линоленовую) – 2,0-5,0.

Таким образом, более 65-80 % жирных кислот относятся к ненасыщенным, что придаёт семенам калины высокую биологическую ценность.

Содержание белков в семенах калины достигает 8-10 %.

Углеводы (расчётные) составляют ~37,0 % и рассчитаны по формуле: $100 \% - (\text{белки} + \text{жиры} + \text{клетчатка} + \text{зола}) \% = 100 \% - (9 + 19 + 30 + 5) \%$. Они включают сахара, крахмал и не клетчаточные полисахариды.

Дубильные вещества представлены танинами (до 3-5 %).

Основные минеральные элементы: калий, кальций, магний, железо.

Применение порошка из семян калины обыкновенной (*Viburnum opulus L.*) в технологиях пищевых продуктов – это относительно новое направление в функциональном и обогащённом питании. При этом пищевая и биологическая ценность порошка семян калины заключается в наличии следующих свойств, полезных при обогащении, например, хлебобулочных изделий:

- белки (8-10 %) вносят вклад в аминокислотный профиль пшеничной муки;
- жирные кислоты (линолевая, олеиновая в виде остаточного масла в порошке оказывают положительное влияние на липидный профиль продукта;
- высокое содержание пищевых волокон (25-35 % – клетчатка, лигнин) способствует улучшению пищеварения и регуляции уровня сахара в крови;
- дубильные вещества и полифенолы обладают антиоксидантной активностью и могут замедлять черствение хлеба;
- минеральные элементы (4-6 %) (К, Са, Mg,

Fe) обогащают хлебобулочные изделия микро- и макроэлементами.

Минеральный состав семян калины достаточно богат и характеризуется такими величинами, (мг/100 г сухого порошка): калий (К) – 600-1000; фосфор (P) – 250-400; кальций (Ca) – 200-400; магний (Mg) – 150-250; железо (Fe) – 10-25; цинк (Zn) – 3-7; марганец (Mn) – 2-5; медь (Cu) – 0,8-2,0.

Фитохимические вещества (мг/100 г сухого порошка): танины – 3000-5000. При этом в научном сообществе принято считать, что при содержании 3-5 % танинов проявляется выраженная вяжущая способность. Общие фенольные соединения – 4000-7000; флавоноиды – 500-1200 (в основном кверцетиноподобные).

В научно-технических источниках о пищевых системах имеется много материалов, связанных с различными аспектами использования семян калины.

К технологическим особенностям применения порошка из семян калины можно отнести дозировку, которую рекомендуется в количестве 2-5 % от массы пшеничной муки. В ряде работ отмечается, что при более высоком содержании возможны ухудшения реологических свойств теста. При этом в некоторых исследованиях эксперименты показали, что добавление в рецептуру хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта порошка из плодов калины оказывает влияние не только на реологическое поведение тестовой системы, но и другие ее характеристики. Так, добавление порошка в количестве до 2,5 % снижает водопоглощительную способность полуфабрикатов, что обуславливает снижение показателя влажности тестовой системы. Внесение в рецептуру изделия порошка из плодов калины в количестве от 5 до 7,5% приводит к повышению показателя водопоглощения на 0,5-1,3 % по отношению к контролю. При этом особо отмечается, что при использовании порошка из плодов



Рис. 2. Технологическая схема комплексной переработки плодов калины [12]

Таблица 2 – Физические принципы измельчения пищевой системы «Семена калины»

Влажность семян	Механические свойства	Влияние на рабочий процесс ножевого измельчителя
8-10% (низкая)	семена хрупкие, твёрдые, минимальная пластичность	оптимально: быстрое дробление, однородный помол, минимальное слипание, минимальный нагрев сырья
12-15% (средняя)	умеренная эластичность, начало проявления пластичности	приемлемо: требуется чуть больше энергии, возможен небольшой нагрев, умеренное слипание мелких частиц
18-20% (повышенная)	высокая эластичность и пластичность, масло (липиды) семян разжижаются	нежелательно: повышенное энергопотребление, агломерация частиц, неравномерный помол, риск забивания ножей и перегрева двигателя

калины в рецептуре хлебобулочного изделия для формирования стабильных реологических характеристик полуфабрикатов необходимо увеличивать продолжительность замеса теста. В конечном итоге авторы этих исследований делают вывод о том, что стабильные свойства полуфабрикатов при производстве хлебобулочных изделий возможны лишь с использованием порошка из плодов калины в количестве до 7,5 % к массе пшеничной муки высшего сорта [1]. При высоком содержании порошка (>7 %) возможно снижение объёма хлебобулочных изделий.

Таким образом, можно предположить, что влияние на тесто порошка семян калины проявляется посредством повышения водопоглощительной способности за счёт пищевых волокон, уменьшения газодерживающей способности и удлинения времени брожения при превышении дозировки.

Порошок в значимых дозировках придаёт изделию лёгкий коричневатый оттенок и слабую терпкость (из-за танинов). Это может быть желательным для изделий с «натуральным» или «диетическим» позиционированием.

Функциональные преимущества хлеба с порошком семян калины включают повышенную антиоксидантную активность (благодаря полифенолам и остаточным липидам), а пребиотический эффект обеспечивают пищевые волокна, стимулирующие рост полезной микрофлоры кишечника. При этом возможно некоторое снижение гликемического индекса за счёт клетчатки и замедленного усвоения организмом человека углеводов.

Следует отметить и заметное улучшение профиля жирных кислот проектируемого хлебобулочного изделия, наблюдаемое за счет вклада ненасыщенных жирных кислот семян калины в его общий липидный состав. В общем случае можно прогнозировать, что при внесении 3 г порошка семян ка-

лины на 100 г муки, в пересчете на 100 г готового хлеба, пищевой продукт дополнительно получает 0,24-0,30 г белка; 0,48-0,66 г жира (в т. ч. ~ 0,3 г линолевой кислоты); 0,75-1,05 г пищевых волокон; 18-30 мг калия, 90-150 мг танинов, а также других важных с позиции пищевой и биологической ценности ингредиентов.

Схема комплексной переработки плодов калины приведена на рис. 2 и в определенной мере отражает слабое место классической технологии – вторичное сырье, получаемое в виде выжимок (семена + кожица), для дальнейшего использования требует реализации двух весьма энергоёмких технологических операций с лимитированными параметрами – сушки и измельчения.

Что касается сушки семян калины, то ее следует рассматривать в связи с параметрами температурного воздействия на термолабильные ингредиенты сырья, а также его влажности в процессе измельчения. Вероятно, следует принять во внимание исследования, на основе которых установлено, что флавоноиды плодов калины сохраняются на высоком уровне при температуре сушки 40-60°C. Дальнейшее увеличение температуры сушки приводит к резкому разрушению изучаемых химических компонентов [6].

Измельчение высушенных семян калины целесообразно рассматривать в таких аспектах как оборудование и его технические параметры, обеспечивающие получение однородного гранулометрического состава порошка с технологически приемлемыми размерами частиц.

Цель работы – обоснование требований к технологическим параметрам переработки семян калины.

Объекты и методы исследования

Физико-химические и технологические свойства семян калины. Системный подход к физическим принципам измельчения семян калины различной влажности.

Результаты и их обсуждение

Накопленный к настоящему времени опыт применения семян калины в технологиях продуктов питания позволяет рекомендовать их в качестве пищевой добавки в виде измельченной массы без выделения из нее липидов. Вместе с тем практическая реализация такого подхода к применению данного сырья имеет существенный недостаток, связанный со свойствами семян калины. Особенностью углеводов, входящих в состав семян калины является сравнительно большое содержание лигнина – до 15-20 %. По большей части он содержится в покрове семян. Измельчение лигнина до приемлемого размера частиц – технически сложная задача, связанная с повышенными затратами энергии на реализацию технологического процесса (при невы-

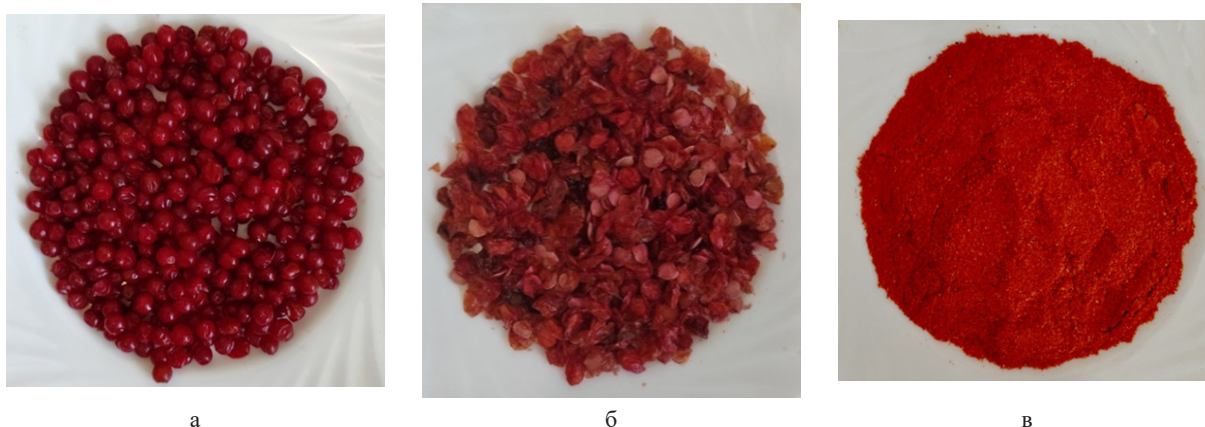


Рис. 3. Плоды калины: а – нативные; б – обезвоженные; в – измельченные семена с кожицей

соком качестве готового продукта) или наличием дорогостоящего оборудования.

Рассмотрим физические принципы измельчения пищевой системы «Семена калины», состоящей из элементов: влажность → механические свойства → помол (табл. 2).

Поведение системы объясняется следующими фактами, представленными в специальной научной литературе и обобщенными авторами в виде следующих предположений:

1. Энергия измельчения растёт с увеличением влажности: известно, что повышение влажности с 10 % до 16 % растительного сырья (с близкими по физико-механическим свойствам с семенами калины) увеличивает удельную энергию помола на 15-20 %.

2. При влажности измельчаемого сырья >15% нагрев его от трения с рабочим органом измельчителя вызывает эффект эмульгирования – масло с водой образуют липкую плёнку на частицах сырья, что заметно влияет на эффективность процесса измельчения семян калины.

3. Влияние статического электричества: сухие частицы (8-10%) сильнее электризуются, но это компенсируется отсутствием слипания; влажные частицы меньше электризуются, но сильнее агломерируются из-за масла.

Исходя из этих предположений, рекомендации для ножевых измельчителей (кофемолки (Kitfort и аналоги, блендеры RED SOLUTION HB2920KM и другие модели) в части управления качеством помола семян калины сводятся к оптимальной влажности перерабатываемого сырья, а также к технике работы с измельчителем.

В тех конструкциях измельчителей, где рабочий режим, например – «3 BLEND MILL» для Kitfort KT-1395, имеет фиксированную частоту или ~ 20000-28000 мин⁻¹ для блендерных насадок, необходимо использовать комбинированный или импульсный режим (Pulse). При этом рекомендуется избегать длительного помола, встряхивать чашу между импульсами для равномерного распределения семян, а также для получения однородного порошка можно просеять помол через сито 0,5-0,8 мм и повторно измельчить крупные фракции.

Полученный с учетом предлагаемой техники измельчения (Kitfort KT-1395) порошок семян калины показан на рис. 3, в. Здесь же показаны образцы нативных и обезвоженных в центробежной соковыжималке (приставка к кухонному комбайну Kitfort KT-1395) плодов калины.

Выводы

Семена калины являются типичным примером полезного вторичного сырья, требующего разработки технологических решений, позволяющих задействовать весь спектр содержащихся в нем полезных веществ. На основе анализа физико-химических и технологических свойств семян калины и с учетом рационального подхода к выбору оборудования, в работе сформулированы физические принципы измельчения данной пищевой системы с целью получения высококачественной пищевой добавки. Обоснованы рекомендации для ножевых измельчителей в части управления качеством помола за счет оптимальной влажности перерабатываемого сырья и техники работы с оборудованием.

Литература

- [1] Белявская, И. Г. Влияние порошков калины и барбариса на реологические свойства теста из пшеничной муки /И.Г. Белявская, Г.Н. Дубцова,

References

- [1] Belyavskaya, I. G. Influence of Viburnum and Barberry Powders on the Rheological Properties of Wheat Flour Dough / I. G. Belyavskaya, G. N. Dubtsova, and A. A.

- А.А. Ломакин //Хлебопечение России. 2023. Т. 67. №. 1. С. 6-16.
- [2] Зарипов, Ф.А. Инновационные решения в производстве продуктов питания с повышенным фитохимическим потенциалом из плодов калины /Ф.А. Зарипов, Е.В. Бадамшина, С.А. Леонова, О.Ю. Калужина, Е.И. Кощина. //Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2019. №. 3 (56). С. 46.
- [3] Зыкова, О. Н. Содержание органических кислот в плодах калины /О.Н. Зыкова, Е.А. Скочилова, С.В. Мухаметова //Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2021. № 23. С. 66-68.
- [4] Иванов, В.А. Разработка технологии получения продуктов из калины обыкновенной. дисс. ... канд. техн. наук.: 05.18.01 /Иванов Владислав Андреевич. Красноярск, 2011. 110 с.
- [5] Иванов, В. А. Исследование технологических факторов при переработке плодов калины обыкновенной /В.А. Иванов, Е.В. Лис, Е.В. Фибих, Ю.С. Шимова //Ползуновский вестник. 2022. №. 3. С. 130-135.
- [6] Кольцов, В. А. Изучение изменения флавоноидов в плодах калины в процессе конвективной сушки // Наука и Образование. – 2021. Т. 4. №. 4.
- [7] Перова И. Б. и др. Биологически активные вещества плодов калины обыкновенной //Химико-фармацевтический журнал. 2014. Т. 48. №. 5. С. 32-39.
- [8] Петрова, Л. А. Перспективы использования плодов калины в производстве пищевых продуктов /Л.А. Петрова, Л.А. Пашкевич //Вестник ОрелГИЭТ. 2017. №. 1. С. 127-132.
- [9] Попова, Е. И. Пищевая ценность плодов и листьев калины и перспективы использования их в производстве функциональных продуктов / Е.И. Попова, В.Ф. Винницкая //Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2012. №. 1-1. С. 222-225.
- [10] Попова, Е.И. Технология производства функциональных продуктов питания из плодов и листьев калины обыкновенной: автореф. дисс. ... канд. с/х. наук: 05.18.01 /Попова Елена Ивановна. – Мичуринск, 2018. 24 с.
- [11] Сергунова, Е. В. Влияние способа консервации на качество плодов и водных извлечений калины обыкновенной /Е.В. Сергунова, Н.А. Зайцева, И.А. Самылина //Фармация. 2009. № 5. С. 16-18.
- [12] Табаторович, А. Н. Исследование содержания микронутриентов в продуктах переработки плодов дикорастущей калины из Омской области /А.Н. Табаторович, З.Р. Сайфулина, Е.Н. Степанова, А.Г. Степанова. //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2019. №. 4 (145). С. 98-107.
- [13] Черненко, Е. Н. Влияние продуктов переработки калины обыкновенной на качество крекера / Lomakin // Russian Bakery. 2023. V. 67. No. 1. Pp. 6-16.
- [2] Zaripov, F.A. Innovative solutions in the production of food products with increased phytochemical potential from viburnum fruits /F.A. Zaripov, E.V. Badamshina, S.A. Leonova, O.Yu. Kaluzhina, E.I. Koshchina. // Technology and Commodity Science of Innovative Food Products. 2019. No. 3 (56). P. 46.
- [3] Zykova, O. N. The content of organic acids in the fruits of the viburnum /O.N. Zykova, E.A. Skochilova, S.V. Mukhametova //Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products. 2021. No. 23. P. 66-68.
- [4] Ivanov, V.A. Development of technology for obtaining products from common viburnum. Diss. ... cand. tech. sciences.: 05.18.01 / Ivanov Vladislav Andreevich. Krasnoyarsk, 2011. 110 p.
- [5] Ivanov, V. A. Research of technological factors in processing viburnum fruits9. Pat. 2561934 Russian Federation MPK7 B29C47/12. Vacuum chamber extruder /applicants: A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, M.N. Rodin; applicant and patent holder of the Penza State Technical University. No. 2021110164; application 04/13/2021; published 12/07/2021, Bul. No. 34. 9 с.
- [6] Koltsov, V. A. Study of the change of flavonoids in the fruits of the viburnum in the process of convective drying //Science and Education. 2021. V. 4. No. 4.
- [7] Perova I. B. et al. Biologically active substances of the fruits of the common viburnum //Chemical and pharmaceutical journal. 2014. Vol. 48. No. 5. Pp. 32-39.
- [8] Petrova, L. A. Prospects for the Use of Viburnum Fruits in the Production of Food Products / L. A. Petrova, L. A. Pashkevich //Vestnik OrelGIET. 2017. No. 1. Pp. 127-132.
- [9] Popova, E. I. Nutritional value of the fruits and leaves of the viburnum and the prospects of their use in the production of functional products / E.I. Popova, V.F. Vinnitskaya //Vestnik Michurinskogo state agrarian university. 2012. No. 1-1. Pp. 222-225.
- [10] Popova, E.I. Technology of production of functional food products from fruits and leaves of common viburnum: author's abstract. diss.. ... cand. of agricultural sciences: 05.18.01 /Popova Elena Ivanovna. Michurinsk, 2018. 24 p.
- [11] Sergunova, E. V. Influence of the Preservation Method on the Quality of Common Viburnum Fruits and Water Extracts / E. V. Sergunova, N. A. Zaitseva, and I. A. Samylina // Pharmacy. 2009. No. 5. Pp. 16-18.
- [12] Taborovich, A. N. Research on the Content of Micronutrients in the Processing Products of Wild Viburnum Fruits from the Omsk Region /A.N. Taborovich, Z.R. Saifulina, E.N. Stepanova, and A.G. Stepanova. // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2019. No. 4 (145). Pp. 98-107.
- [13] Chernenkov, E. N. Influence of processing products of common viburnum on the quality of cracker / E.N. Chernenkov, A.A. Chernenkova //Russian electronic scientific journal. – 2022. No. 2 (44). Pp. 79-92.

Е.Н. Черненко, А.А. Черненко //Российский электронный научный журнал. 2022. № 2 (44). С. 79-92.

[14] Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. – Москва, 2018 // Федеральная электронная медицинская библиотека /Министерство здравоохранения Российской Федерации : официальный сайт. – URL: www.femb.ru.

[14] State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIV edition. – Moscow, 2018 // Federal Electronic Medical Library / Ministry of Health of the Russian Federation: official website. – URL: www.femb.ru.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Курочкин Анатолий Алексеевич доктор технических наук профессор кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 382-85-03 E-mail: anatolii_kuro@mail.ru</p>	<p>Kurochkin Anatoly Alekseevich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 382-85-03 E-mail: anatolii_kuro@mail.ru</p>
<p>Новикова Ольга Анатольевна аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 914-73-00 E-mail: ms.varlos@mail.ru</p>	<p>Novikova Olga Anatolievna upostgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 914-73-00 E-mail: ms.varlos@mail.ru</p>
<p>Поляков Александр Викторович аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Polyakov Alexander Viktorovich upostgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>

Экструзионная технология в производстве готовых к употреблению снековых продуктов

Фролов Д.И., Алмакаев Р.Р.

Аннотация. В статье рассматриваются особенности применения экструзионной технологии при производстве готовых к употреблению снековых продуктов и ее влияние на формирование структуры, текстуры и пищевой ценности изделий. Целью исследования является анализ современных научных данных о возможностях использования экструзии для получения снековых продуктов с улучшенными функциональными и питательными характеристиками. В работе применены методы анализа и обобщения научной литературы, посвященной технологии экструзии, свойствам экструдированных зерновых продуктов и влиянию технологических параметров на качество готовых изделий. Рассмотрены основные принципы экструзионной обработки пищевого сырья, включая особенности работы одношнековых и двухшнековых экструдеров, влияние температуры, влажности сырья, скорости вращения шнека и состава рецептуры на формирование структуры экструдатов. Особое внимание уделено роли исходного сырья, содержащего крахмал, белок и пищевые волокна, а также их влиянию на степень расширения продукта, текстурные характеристики и органолептические свойства. Показано, что экструзионная обработка способствует модификации структуры крахмала и белков, повышая их усвояемость и изменяя гликемический индекс готовых изделий. Рассмотрены возможности повышения пищевой ценности снековых продуктов путем включения цельнозерновых компонентов, пищевых волокон и биологически активных веществ растительного происхождения. Установлено, что оптимизация рецептуры и технологических параметров экструзии позволяет получать продукты с заданными структурными и функциональными свойствами, а также снижать энергетическую ценность и гликемическую нагрузку. Научная новизна работы заключается в систематизации современных представлений о взаимосвязи между параметрами экструзионной обработки, составом сырья и формированием качества готовых к употреблению снековых продуктов, что позволяет обосновать перспективы разработки новых функциональных продуктов питания с улучшенными потребительскими и питательными характеристиками.

Ключевые слова: экструзия, снековые продукты, пищевые волокна, гликемический индекс, крахмал.

Для цитирования: Фролов Д.И., Алмакаев Р.Р. Экструзионная технология в производстве готовых к употреблению снековых продуктов // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 61–67.

Extrusion technology in the production of ready-to-eat snack products

Frolov D.I., Almakayev R.R.

Abstract. The article examines the features of using extrusion technology in the production of ready-to-eat snack products and its influence on the formation of the structure, texture, and nutritional value of these products. The aim of the study is to analyze current scientific data on the possibilities of using extrusion to produce snack products with improved functional and nutritional characteristics. The research is based on methods of analysis and generalization of scientific literature devoted to extrusion technology, the properties of extruded cereal products, and the influence of technological parameters on the quality of finished products. The main principles of extrusion processing of food raw materials are considered, including the operational characteristics of single-screw and twin-screw extruders, as well as the effects of temperature, raw material moisture, screw rotation speed, and formulation composition on the formation of extrudate structure. Special attention is paid to the role of raw materials containing starch, protein, and dietary fiber, as well as their influence on product expansion, textural characteristics, and sensory properties. It is shown that extrusion processing contributes to the modification of starch and protein structures, increasing their digestibility and altering the glycemic index of

finished products. The possibilities of improving the nutritional value of snack products by incorporating whole-grain components, dietary fiber, and bioactive compounds of plant origin are also considered. It is established that optimization of formulation and extrusion processing parameters makes it possible to obtain products with desired structural and functional properties while reducing their energy value and glycemic load. The scientific novelty of the work lies in the systematization of modern knowledge about the relationship between extrusion processing parameters, raw material composition, and the formation of the quality of ready-to-eat snack products, which makes it possible to substantiate the prospects for developing new functional food products with improved consumer and nutritional characteristics.

Keywords: extrusion, snack products, dietary fiber, glycemic index, starch.

For citation: Frolov D.I., Almakaev R.R. Extrusion technology in the production of ready-to-eat snack products. *Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]*. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 61–67. (In Russ.).

Введение

В последние десятилетия рынок готовых к употреблению продуктов питания демонстрирует устойчивый рост, что обусловлено изменением образа жизни потребителей, увеличением темпа жизни и потребностью в удобных, быстро потребляемых пищевых продуктах. Особое место в этом сегменте занимают снековые продукты, которые характеризуются высокой доступностью, разнообразием форм и вкусов, а также длительным сроком хранения. Одним из наиболее распространенных технологических методов их производства является экструзионная обработка, позволяющая объединять процессы смешивания, формования, текстурирования и термической обработки сырья в одном непрерывном технологическом цикле [1, 13]. Благодаря этим особенностям экструзия широко применяется при производстве злаковых завтраков, хрустящих закусок, зерновых батончиков и других продуктов на основе крахмалосодержащего сырья [8].

Согласно результатам современных исследований, технология экструзии обладает высокой технологической гибкостью и позволяет регулировать структурно-механические и органолептические свойства готовых продуктов путем изменения параметров процесса, таких как температура, влажность сырья, скорость вращения шнека и состав рецептуры [2]. Ряд авторов отмечает, что экструзионная обработка способствует улучшению усвояемости крахмала и белков, а также формированию пористой структуры продукта, обеспечивающей характерную хрустящую текстуру снеков [3]. В то же время некоторые исследователи подчеркивают, что традиционные экструдированные продукты зачастую характеризуются высоким содержанием легкоусвояемых углеводов, сахаров и соли, что приводит к увеличению их гликемического индекса и снижению общей пищевой ценности [4].

В последние годы научное сообщество уделяет значительное внимание разработке более функциональных снековых продуктов, обогащенных пищевыми волокнами, витаминами и другими био-

логически активными компонентами [12]. Однако, несмотря на значительное количество исследований в данной области, остается ряд нерешенных вопросов, связанных с влиянием различных видов сырья и технологических параметров экструзии на структуру экструдатов, степень их расширения, текстурные характеристики и пищевую ценность [5]. Кроме того, недостаточно изучены механизмы формирования функциональных свойств снековых продуктов при использовании альтернативных источников сырья, таких как цельнозерновые компоненты и растительные волокна [6].

Таким образом, основными исследовательскими вопросами являются: каким образом параметры экструзионной обработки и состав сырья влияют на формирование структуры и текстуры готовых к употреблению снековых продуктов; каким образом можно повысить их пищевую ценность и снизить гликемический индекс без ухудшения органолептических характеристик; и какие технологические решения позволяют оптимизировать процесс производства экструдированных снеков [7].

Данная статья посвящена анализу современных научных данных о применении экструзионной технологии в производстве готовых к употреблению снековых продуктов.

Целью исследования является анализ и обобщение современных научных данных о применении экструзионной технологии в производстве готовых к употреблению снековых продуктов и оценка ее влияния на структурные, технологические и пищевые характеристики конечной продукции.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи исследования:

- рассмотреть технологические особенности экструзионной обработки пищевого сырья;
- проанализировать влияние состава сырья на структуру и текстуру экструдированных продуктов;
- исследовать влияние параметров экструзии на пищевую ценность и усвояемость компонентов снековых изделий;
- определить перспективные направления по-

вышения питательной ценности готовых к употреблению снековых продуктов.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлась технология производства готовых к употреблению снековых продуктов, получаемых методом экструзии из зернового сырья. В качестве исходных компонентов при анализе технологических процессов рассматривались основные виды крахмалосодержащего сырья, широко применяемые в промышленности: кукуруза, пшеница, рис, овес и картофельное сырье, а также ингредиенты, используемые для повышения пищевой ценности продукции, включая пищевые волокна и белковые добавки. Исследование носило комплексный характер и включало анализ технологических параметров экструзионной обработки, а также оценку их влияния на структурные и пищевые характеристики готовых продуктов.

Методологическую основу работы составили методы системного анализа, сравнительного анализа и обобщения научной литературы, посвященной экструзионной технологии переработки пищевого сырья и производству снековых продуктов. Для формирования теоретической базы исследования использовались публикации отечественных и зарубежных авторов, посвященные влиянию параметров экструзии на структуру экструдированных продуктов, их физико-химические свойства и пищевую ценность. Качественный анализ литературных источников позволил выявить основные тенденции развития технологий производства экструдированных продуктов и определить ключевые факторы, влияющие на качество готовых изделий.

В ходе исследования анализировались основные технологические параметры процесса экструзии, включая температуру обработки, влажность исходного сырья, скорость вращения шнека и кон-

структивные особенности экструдера. Особое внимание уделялось процессам, происходящим внутри цилиндра экструдера, таким как смешивание компонентов, воздействие механического сдвига, тепловая обработка и формирование структуры экструдата при выходе из фильеры. При рассмотрении технологических схем учитывались особенности одношнековых и двухшнековых экструдеров, используемых в пищевой промышленности.

Для анализа влияния состава сырья на свойства готовых продуктов рассматривались показатели, характеризующие структуру и качество экструдированных изделий, включая степень расширения продукта, пористость, плотность и текстурные характеристики. Кроме того, изучалось влияние экструзионной обработки на изменения пищевой ценности продуктов, в частности на усвояемость крахмала и белков, а также на формирование гликемического ответа. Сравнительный анализ различных рецептов позволил определить роль отдельных ингредиентов, таких как сахара, липиды и пищевые волокна, в формировании структурно-механических и функциональных свойств экструдированных снековых продуктов.

В качестве аналитического подхода применялась систематизация результатов ранее опубликованных исследований и их критическая интерпретация с целью выявления закономерностей влияния технологических параметров экструзии на качество продукции. Полученные данные были обобщены и сопоставлены для определения перспективных направлений совершенствования технологии производства готовых к употреблению снековых продуктов.

Методологическим ограничением исследования является преимущественно теоретический характер работы, основанный на анализе опубликованных научных данных без проведения собственных экспериментальных испытаний. Это может



Рис. 1. Взаимосвязь свойств сырья, параметров экструзии и функциональных характеристик экструдированных снековых продуктов

Таблица 1 – Химический состав отдельных готовых к употреблению снековых продуктов

Продукт	Крахмал, г/100 г	Сахара, г/100 г	Пищевые волокна, г/100 г	Жиры, г/100 г	Белок, г/100 г	Вода, г/100 г	Энергетическая ценность, ккал/100 г
Попкорн	15,5	62,1	4,5	20	2,1	2,6	480
Картофельные чипсы	52,6	0,7	5,3	34,2	6,2	2,8	530
Кукурузные чипсы	58,9	1,2	6	22,6	7,6	0,9	459
Хлебные палочки	67,5	5	3,8	8,4	11,2	3,5	392
Злаковый батончик	28,3	27,6	4,8	22,2	10,4	2,6	468
Шоколадный батончик (KitKat)	12,9	50,1	1,4	26	7,5	2	500
Хрустящие хлебцы	67,4	3,2	11,7	0,6	9,4	6,4	308
Рисовые хлопья	82,5	10,4	0,7	1	6,1	3	382
Кукурузные хлопья	81,4	8,2	0,6	0,9	7,9	3	376

ограничивать возможность количественной оценки влияния отдельных технологических параметров на свойства продукции. Тем не менее использование широкого круга научных источников и сравнительный анализ результатов различных исследований позволили обеспечить достаточную обоснованность и целостность полученных выводов.

Результаты и их обсуждение

Проведенный анализ научных публикаций и технологических данных позволил выявить основные закономерности влияния экструзионной обработки на формирование структуры, текстуры и пищевой ценности готовых к употреблению снековых продуктов. В соответствии с поставленными исследовательскими вопросами были рассмотрены ключевые факторы, определяющие качество экструдированных изделий: параметры технологического процесса, состав исходного сырья и их влияние на функциональные характеристики конечного продукта.

Одним из основных результатов исследования является установление значительной зависимости свойств экструдированных снеков от параметров экструзионного процесса. Анализ научных источников показал, что температура обработки, влажность сырья и скорость вращения шнека оказывают определяющее влияние на формирование структуры экструдата [9]. Повышение температуры и механического воздействия внутри цилиндра экструдера способствует частичной желатинизации крахмала и денатурации белков, что приводит к образованию пластичной массы, способной расширяться при выходе из фильеры [14, 15]. Резкое снижение давления на выходе из экструдера вызывает испарение влаги и образование пористой структуры продукта, обеспечивающей характерную хрустящую текстуру. При этом чрезмерное увеличение температуры или скорости вращения шнека может приводить к разрушению структуры продукта и снижению его механической прочности. Взаимосвязь свойств сырья, параметров экструзии и функциональных ха-

рактеристик экструдированных снековых продуктов представлен на рисунке 1.

Результаты анализа также показали, что важную роль в формировании свойств экструдированных продуктов играет состав исходного сырья. Основными компонентами большинства снековых изделий являются зерновые культуры, содержащие значительное количество крахмала. Крахмал является основным структурообразующим компонентом экструдата и определяет степень расширения продукта. При использовании сырья с высоким содержанием крахмала наблюдается формирование более пористой структуры и увеличение коэффициента расширения экструдированного продукта. В то же время увеличение содержания белка и пищевых волокон в рецептуре может приводить к снижению степени расширения, поскольку данные компоненты влияют на реологические свойства экструдированной массы и ограничивают образование газовых ячеек [10].

Отдельное внимание в ходе исследования было уделено влиянию экструзии на пищевую ценность готовых продуктов (таблица 1). Установлено, что экструзионная обработка изменяет молекулярную структуру крахмала, повышая его доступность для ферментативного гидролиза и, соответственно, увеличивая усвояемость углеводов. Это объясняет тот факт, что многие экструдированные снековые продукты характеризуются высоким гликемическим индексом [11]. Однако анализ современных исследований показывает, что включение в рецептуру пищевых волокон, цельнозерновых компонентов и растительных биологически активных веществ может снижать скорость переваривания углеводов и способствовать формированию продуктов с более низким гликемическим индексом.

Кроме того, результаты анализа подтверждают, что использование дополнительных функциональных ингредиентов, таких как растительные волокна, белковые концентраты и продукты переработки овощного сырья, позволяет повысить биологическую ценность экструдированных продуктов. Включение таких компонентов способствует увеличению содержания пищевых волокон, анти-

Таблица 2 – Гликемический индекс некоторых готовых к употреблению снековых продуктов

Продукт	Гликемический индекс (глюкоза = 100)	Гликемический индекс (хлеб = 100)
Все отруби	30	43
Бублик	72	103
Злаковый батончик для завтрака	78	111
Кукурузные хлопья	74	106
Кукурузные чипсы	63	90
Кекс	73	104
Шоколадный батончик Mars	68	97
Крендели	83	119
Хрустящий воздушный хлеб	81	116
Вафли	76	109

оксидантов и микроэлементов в готовых изделиях. Однако их использование требует оптимизации технологических параметров экструзии, поскольку повышенное содержание волокон может ухудшать текстурные характеристики продукта и снижать степень его расширения.

Таким образом, полученные результаты подтверждают, что экструзионная технология обладает значительным потенциалом для производства разнообразных снековых продуктов с заданными структурными и функциональными свойствами. Оптимизация рецептуры и технологических параметров позволяет регулировать текстурные характеристики, пищевую ценность и гликемический индекс готовых изделий. Проведенный анализ также показал необходимость дальнейших исследований, направленных на разработку новых рецептур экструдированных продуктов с повышенной питательной ценностью и улучшенными потребительскими свойствами.

Анализ представленных данных показывает, что большинство готовых к употреблению снековых продуктов характеризуются высоким содержанием углеводов и энергетической ценностью. Наибольшее содержание крахмала наблюдается в рисовых и кукурузных хлопьях, тогда как картофельные и кукурузные чипсы отличаются повышенным содержанием жиров. При этом хрустящие хлебцы содержат наибольшее количество пищевых волокон, что может способствовать снижению гликемической нагрузки продукта. Полученные данные подтверждают необходимость разработки снековых продуктов с более сбалансированным составом, включая увеличение содержания пищевых волокон и снижение доли легкоусвояемых углеводов.

Анализ представленных данных показывает, что большинство готовых к употреблению снековых продуктов характеризуются высоким гликемическим индексом (таблица 2). Наибольшие значения наблюдаются у рисового пирога и сконов, что связано с высоким содержанием легкоусвояемых углеводов и низким содержанием пищевых волокон. В то же время продукты, содержащие большее количество отрубей и пищевых волокон, например

изделия на основе цельного зерна, демонстрируют более низкие значения гликемического индекса. Полученные данные подтверждают, что состав сырья и степень технологической обработки оказывают значительное влияние на скорость усвоения углеводов. В частности, экструзионная обработка может увеличивать доступность крахмала для ферментативного гидролиза, что приводит к повышению гликемического ответа. Это обстоятельство подчеркивает необходимость разработки рецептур экструдированных снековых продуктов с повышенным содержанием пищевых волокон и биологически активных компонентов, способных снижать гликемическую нагрузку готовых изделий.

Выводы

В работе проанализированы особенности применения экструзионной технологии в производстве готовых к употреблению снековых продуктов и рассмотрено влияние технологических параметров обработки и состава сырья на формирование структуры, текстуры и пищевой ценности готовых изделий. Поставленная цель исследования, заключающаяся в анализе возможностей использования экструзии для получения снековых продуктов с улучшенными функциональными характеристиками, была достигнута. Установлено, что параметры процесса экструзии, включая температуру обработки, влажность сырья и скорость вращения шнека, оказывают значительное влияние на степень расширения продукта, его текстурные свойства и плотность. Важную роль в формировании качества продукции также играет состав исходного сырья, в частности содержание крахмала, белков и пищевых волокон.

Результаты исследования показали, что традиционные экструдированные снеки характеризуются высоким содержанием легкоусвояемых углеводов и повышенным гликемическим индексом. В то же время использование цельнозернового сырья, пищевых волокон и других функциональных ингредиентов позволяет улучшить пищевую ценность продукции и снизить гликемическую нагрузку.

Практическая значимость работы заключается в обобщении современных научных данных о взаи-

мосвязи между параметрами экструзии и качеством готовых снековых продуктов, что может быть использовано при разработке новых рецептур и оптимизации технологических процессов. Перспективы дальнейших исследований связаны с изучением

влияния различных функциональных ингредиентов на свойства экструдированных продуктов и разработкой технологий производства снеков с повышенной питательной ценностью.

Литература

- [1] Alemayehu, H., Bultosa, G., Abera, S. Effect of extrusion process parameters on the quality attributes of pulse-based ready-to-eat products // *Cogent Food & Agriculture*. 2019. Vol. 5, No. 1. Article 1641903.
- [2] do Carmo, C.S., Silventoinen, P., Nordgård, C.T., Poudroux, C., Dessev, T., Zobel, H., Holtekjølen, A.K., Draget, K.I., Holopainen-Mantila, U., Knutsen, S.H. The impact of extrusion parameters on physicochemical, nutritional and sensory properties of expanded snacks from pea and oat fractions // *LWT*. 2019. Vol. 112. Article 108252.
- [3] Grasso, S. Extruded snacks from industrial by-products: A review // *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 99. P. 284–294. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.03.012.
- [4] Tyl, C., Bresciani, A., Marti, A. Recent Progress on Improving the Quality of Bran-Enriched Extruded Snacks // *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 9. Article 2024. DOI: 10.3390/foods10092024.
- [5] Huang, X., Liu, Z., Wang, J., Chen, L., Li, X., Wang, S. Effects of Extrusion on Starch Molecular Degradation, Structural Characteristics, Physicochemical Properties, and Digestibility: A Review // *Foods*. 2022. Vol. 11, No. 16. Article 2538.
- [6] Mironeasa, S., Coțovanu, I., Aprodu, I. A Review of the Changes Produced by Extrusion Cooking on the Content and Biological Activities of Bioactive Compounds in Plant-Based Products // *Antioxidants*. 2023. Vol. 12, No. 7. Article 1453.
- [7] Jain, R., Goomer, S. Understanding extrusion technology for cereal–pulse blends: A review // *Cogent Food & Agriculture*. 2023. Vol. 9, No. 1. DOI: 10.1080/23311932.2023.2253714.
- [8] Orozco-Angelino, X., Mora-Rochín, S., Cuevas-Rodríguez, E.O., Milán-Carrillo, J., Reyes-Moreno, C. Extrusion as a tool to enhance the nutritional and bioactive potential of cereals and legumes by-products: A review // *Food Research International*. 2023. Vol. 173. Article 113265.
- [9] Ali, I.M., Wani, I.A., Masoodi, F.A., Wani, T.A. Effects of extrusion process conditions on nutritional, anti-nutritional, functional, and sensory characteristics of extruded snacks: A review // *Food Science & Nutrition*. 2024. Vol. 12.
- [10] Jiao, A., Liu, Z., Wang, S. The role of non-starch constituents in the extrusion processing of slow-digesting starch diets: A review // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024.
- [11] Qiu, C., Wang, S., Liu, Z. Research Progress on the Physicochemical Properties of Starch Extrusion and Its

References

- [1] Alemayehu, H., Bultosa, G., Abera, S. Effect of extrusion process parameters on the quality attributes of pulse-based ready-to-eat products // *Cogent Food & Agriculture*. 2019. Vol. 5, No. 1. Article 1641903.
- [2] do Carmo, C.S., Silventoinen, P., Nordgård, C.T., Poudroux, C., Dessev, T., Zobel, H., Holtekjølen, A.K., Draget, K.I., Holopainen-Mantila, U., Knutsen, S.H. The impact of extrusion parameters on physicochemical, nutritional and sensory properties of expanded snacks from pea and oat fractions // *LWT*. 2019. Vol. 112. Article 108252.
- [3] Grasso, S. Extruded snacks from industrial by-products: A review // *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 99. P. 284–294. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.03.012.
- [4] Tyl, C., Bresciani, A., Marti, A. Recent Progress on Improving the Quality of Bran-Enriched Extruded Snacks // *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 9. Article 2024. DOI: 10.3390/foods10092024.
- [5] Huang, X., Liu, Z., Wang, J., Chen, L., Li, X., Wang, S. Effects of Extrusion on Starch Molecular Degradation, Structural Characteristics, Physicochemical Properties, and Digestibility: A Review // *Foods*. 2022. Vol. 11, No. 16. Article 2538.
- [6] Mironeasa, S., Coțovanu, I., Aprodu, I. A Review of the Changes Produced by Extrusion Cooking on the Content and Biological Activities of Bioactive Compounds in Plant-Based Products // *Antioxidants*. 2023. Vol. 12, No. 7. Article 1453.
- [7] Jain, R., Goomer, S. Understanding extrusion technology for cereal–pulse blends: A review // *Cogent Food & Agriculture*. 2023. Vol. 9, No. 1. DOI: 10.1080/23311932.2023.2253714.
- [8] Orozco-Angelino, X., Mora-Rochín, S., Cuevas-Rodríguez, E.O., Milán-Carrillo, J., Reyes-Moreno, C. Extrusion as a tool to enhance the nutritional and bioactive potential of cereals and legumes by-products: A review // *Food Research International*. 2023. Vol. 173. Article 113265.
- [9] Ali, I.M., Wani, I.A., Masoodi, F.A., Wani, T.A. Effects of extrusion process conditions on nutritional, anti-nutritional, functional, and sensory characteristics of extruded snacks: A review // *Food Science & Nutrition*. 2024. Vol. 12.
- [10] Jiao, A., Liu, Z., Wang, S. The role of non-starch constituents in the extrusion processing of slow-digesting starch diets: A review // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024.
- [11] Qiu, C., Wang, S., Liu, Z. Research Progress on the Physicochemical Properties of Starch Extrusion and Its

- Impact on Digestibility // Foods. 2024. Vol. 13, No. 22. Article 3677.
- [12] Bhattarai, R.R., et al. Effects of extrusion cooking on nutritional and health attributes of cereals and legumes: A review // International Journal of Food Science & Technology. 2025. Vol. 60, No. 1.
- [13] Патент № 2579488 C1 Российская Федерация, МПК A21D 8/02. Способ производства хлебобулочных изделий : № 2014146596/13 : заявл. 19.11.2014 : опубл. 10.04.2016 / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный технологический университет». – EDN UOANLF.
- [14] Потапов, М. А. Оптимизация количества отверстий в матрице одношнекового экструдера для переработки птичьего помета / М. А. Потапов, Д. И. Фролов, А. А. Курочкин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4. – С. 42-48. – EDN AFMRPP.
- [15] Kurochkin, A. A. Extrudate dehydration rate increase by modernization of the extruder vacuum chamber / A. A. Kurochkin, D. I. Frolov, V. M. Zimnyakov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26–29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 072018. – DOI 10.1088/1755-1315/640/7/072018. – EDN CHLIKW.
- Impact on Digestibility // Foods. 2024. Vol. 13, No. 22. Article 3677.
- [12] Bhattarai, R. R., et al. Effects of extrusion cooking on nutritional and health attributes of cereals and legumes: A review // International Journal of Food Science & Technology. 2025. Vol. 60, No. 1.
- [13] Patent No. 2579488 C1 Russian Federation, IPC A21D 8/02. Method for the production of bakery products: No. 2014146596/13: declared 19.11.2014: published 10.04.2016 / G. V. Shaburova, P. K. Voronina, A. A. Kurochkin [et al.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Penza State Technological University». – EDN UOANLF.
- [14] Potapov, M. A. Optimization of the number of holes in the die of a single-screw extruder for processing bird droppings / M. A. Potapov, D. I. Frolov, A. A. Kurochkin // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. – 2020. – No. 4. – pp. 42-48. – EDN AFMRPP.
- [15] Kurochkin, A. A. Extrudate dehydration rate increase by modernization of the extruder vacuum chamber / A. A. Kurochkin, D. I. Frolov, V. M. Zimnyakov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, February 26–29, 2020. – Voronezh, 2021. – P. 072018. – DOI 10.1088/1755-1315/640/7/072018. – EDN CHLIKW.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p>Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>
<p>Алмакаев Рамиль Ряшитович магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail:</p>	<p>Almakaev Ramil Ryashitovich undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail:</p>

Оптимизация режимов экструзии кукурузной крупы

Фролов Д.И., Алмакаева Е.А.

Аннотация. В работе исследовано влияние параметров термовакуумной обработки на свойства экструдатов из кукурузной крупы. Экспериментальные исследования проводились с использованием одношнекового экструдера ЭК-40, предназначенного для термомеханической обработки крахмалсодержащего сырья. В процессе обработки варьировались основные технологические параметры: температура экструзии, скорость вращения шнека и влажность исходного сырья. Известно, что изменение условий работы экструдера, включая скорость вращения шнека и массовый расход сырья, оказывает существенное влияние на крутящий момент двигателя и величину удельной механической энергии процесса. Для планирования эксперимента применялся метод Бокса–Бенкена. В качестве показателей качества экструдированных продуктов рассматривались индекс расширения (EI), индекс водопоглощения (WAI) и индекс растворимости в воде (WSI). Обработка экспериментальных данных выполнялась с использованием методов регрессионного анализа и функции желательности. Установлено, что наиболее значительное влияние на исследуемые показатели оказывает влажность исходного сырья, в то время как температура обработки оказывает более выраженное влияние на индекс расширения экструдатов. Применение термовакуумной обработки способствует улучшению структуры и технологических свойств экструдированных продуктов. В результате оптимизации технологического процесса определены рациональные параметры обработки кукурузной крупы: скорость вращения шнека - 175 об/мин, влажность сырья - 16 %, температура - 190 °С. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании технологий производства экструдированных зерновых продуктов с применением термовакуумной обработки.

Ключевые слова: экструзия, оптимизация, индекс расширения, индекс водопоглощения, индекс растворимости в воде.

Для цитирования: Фролов Д.И., Алмакаева Е.А. Оптимизация режимов экструзии кукурузной крупы // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 68–73.

Optimization of corn groat extrusion modes

Frolov D.I., Almakaeva E.A.

Abstract. This study examines the effect of thermal vacuum processing parameters on the properties of corn grits extrudates. Experimental studies were conducted using an EK-40 single-screw extruder designed for the thermomechanical processing of starch-containing raw materials. During the processing, the key process parameters were varied: extrusion temperature, screw speed, and feedstock moisture content. It is known that changing extruder operating conditions, including screw speed and feedstock mass flow rate, significantly affects motor torque and the specific mechanical energy of the process. The Box-Behnken method was used to design the experiment. The expansion index (EI), water absorption index (WAI), and water solubility index (WSI) were used as quality indicators of the extruded products. The experimental data were processed using regression analysis and a desirability function. It was found that feedstock moisture content has the most significant effect on the studied parameters, while processing temperature has a more pronounced effect on the expansion index of the extrudates. The use of thermal vacuum processing improves the structure and processing properties of extruded products. As a result of process optimization, optimal processing parameters for corn grits were determined: screw speed of 175 rpm, raw material moisture content of 16%, and temperature of 190°C. These results can be used to improve production technologies for extruded grain products using thermal vacuum processing.

Keywords: extrusion, optimization, expansion index, water absorption index, water solubility index.

For citation: Frolov D.I., Almakayeva E.A. Optimization of corn groat extrusion modes. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 68–73. (In Russ.).

Введение

Экструзия является одной из наиболее эффективных и универсальных технологий переработки зернового сырья в пищевой промышленности. Данный процесс широко применяется при производстве различных пищевых продуктов, включая готовые завтраки, закусочные изделия и другие экструдированные продукты на основе кукурузной, рисовой и пшеничной муки, отличающиеся разнообразием форм и текстур [2]. Технология экструзии основана на принудительном перемещении пищевого материала через рабочий канал экструдера в условиях интенсивного перемешивания, нагрева и механического сдвига, что обеспечивает эффективную термомеханическую обработку сырья.

В процессе экструзионной обработки сырье подвергается воздействию высоких температур, давления и механических нагрузок, что приводит к значительным физико-химическим преобразованиям. В частности, происходят желатинизация крахмала, денатурация белков, образование комплексов амилозы с липидами, а также частичная деградация витаминов и пигментов [4]. Эти процессы оказывают существенное влияние на структуру и функциональные свойства конечного продукта.

Качество экструдированных пищевых продуктов во многом определяется условиями технологического процесса [5]. Такие параметры, как температура экструзии, скорость вращения шнека, конструкция матрицы и тип используемого экструдера, оказывают значительное влияние как на параметры процесса, так и на характеристики получаемого продукта [6]. Важными показателями качества экструдатов являются функциональные свойства, включая индекс водопоглощения, индекс растворимости в воде и индекс расширения.

В связи с этим актуальной задачей является исследование влияния технологических параметров экструзии на функциональные свойства экструдированных продуктов. Целью данного исследования является изучение влияния условий экструзионной обработки, включая скорость вращения шнека, температуру процесса и влажность исходного сырья, на показатели водопоглощения и водорастворимости экструдатов из кукурузной крупы. Для определения оптимальных технологических параметров процесса использован метод оптимизации на основе функции желательности.

Объекты и методы исследования

В качестве сырья для исследования использовали цельное зерно кукурузы. Перед проведением

экспериментов зерно измельчали на молотковой мельнице, оснащенной ситом с диаметром отверстий 1 мм. Полученный продукт дополнительно просеивали для выделения фракции частиц размером менее 1000 мкм, которая использовалась в дальнейших исследованиях. Подготовленный материал увлажняли до заданного содержания влаги и тщательно перемешивали для обеспечения равномерного распределения воды.

Экструзионную обработку подготовленных образцов проводили на лабораторном одношнековом экструдере [1, 3]. Экструдер имел диаметр цилиндра 1,9 см и соотношение длины цилиндра к диаметру 20:1. Максимальная скорость вращения шнека составляла 275 мин⁻¹, степень сжатия шнека - 1:3, диаметр фильеры - 3 мм.

Перед началом каждого опыта оборудование выводили на стационарный режим работы. В процессе экструзии варьировали основные технологические параметры, включая скорость вращения шнека, температуру обработки и влажность исходного сырья.

Планирование эксперимента осуществлялось с использованием метода Бокса–Бенкена, позволяющего оценить влияние нескольких факторов и их взаимодействий при ограниченном числе опытов. Статистическая обработка результатов выполнялась с использованием программного обеспечения OriginPro.

В качестве независимых факторов рассматривались:

X1 – скорость вращения шнека (175–200 об/мин);

X2 – влажность сырья (16–20 %);

X3 – температура экструзии (170–190 °C).

В качестве параметров отклика использовали: индекс расширения (EI); индекс водопоглощения (WAI); индекс растворимости в воде (WSI).

Для описания зависимости откликов от исследуемых факторов применялись полиномиальные модели первого и второго порядка:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 \quad (1)$$

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_{12} + b_{22}X_{22} + b_{33}X_{32} + b_{12}X_{1X_2} + b_{23}X_{2X_3} + b_{13}X_{1X_3} \quad (2)$$

Таблица 1 - Уровни и интервалы варьирования факторов

Фактор	Наименование	Нижний уровень	Верхний уровень
X1	Скорость вращения шнека (об/мин)	175	200
X2	Влажность (%)	16	20
X3	Температура (°C)	170	190

Таблица 2 - Матрица планирования и результаты эксперимента

Скорость вращения шнека (об/мин)	Влажность (%)	Температура (°C)	EI	WAI, г/г	WSI, %
X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
175	16	180	2,01	5,98	16,31
175	18	170	1,31	5,42	14,18
175	18	190	1,57	5,75	15,07
175	20	180	1,4	6,31	11,35
187.5	16	190	2,3	5,63	17,52
187.5	16	180	2,2	5,32	17
187.5	18	180	1,5	5,9	14,95
187.5	18	180	1,5	5,91	14,92
187.5	18	180	1,5	5,91	14,92
187.5	20	170	1,17	5,2	11,78
187.5	20	190	1,5	6,03	12,58
200	16	180	2,34	5,02	17,65
200	18	170	1,5	5,06	15,24
200	18	190	1,66	5,65	16,08
200	20	180	1,5	5,3	13,5

где Y – прогнозируемый отклик, X1, X2 и X3 соответствуют независимым переменным, b0 – свободный член, b1, b2 и b3 – линейные эффекты, b11, b22 и b33 – квадратичные эффекты, а b12, b23 и b13 – эффекты взаимодействия факторов.

Качество подгонки и значимость всех членов полиномиальных уравнений определялись с помощью соответствующих статистических методов (коэффициент детерминации (R²), F-значение при вероятности P=0,05).

Индекс расширения, представляющий собой отношение диаметра экструдата к диаметру фильеры, использовался для выражения степени расширения экструдата. Для расчета среднего значения для каждого экструдата использовалось шесть образцов.

Индекс водопоглощения (WAI) и индекс растворимости в воде (WSI) определяли по методике: 0,2 г измельченного образца диспергировали в 5 мл дистиллированной воды в взвешенной стеклянной центрифужной пробирке объемом 15 мл. Пробирку перемешивали на вихревом смесителе в течение 2 минут, а затем центрифугировали в течение 20 минут. Надосадочную жидкость сливали в тарированную выпарительную чашку для определения содержания твердых веществ. Оставшийся гель, полученный после удаления надосадочной жидкости, взвешивали, и рассчитывали по формуле:

$$WAI = mg / ms \quad (3)$$

где mg – масса гидратированного геля, г;
ms – масса образца, г.

Индекс растворимости в воде (WSI) – это масса сухих веществ из надосадочной жидкости (mds, г), выраженная в процентах от массы образца (ms, г).

$$WSI = (mds/ms) * 100 \quad (4)$$

Результаты и их обсуждение

Для обеспечения наилучших качественных характеристик экструдатов необходимо исследовать и оптимизировать параметры экструзии. Матрица планирования и результаты эксперимента показаны в таблице 2. Для аппроксимации функций отклика (Y1-Y3) был проведен множественный регрессионный анализ, в результате которого были получены полиномиальные уравнения (таблица 3). Для определения адекватности и значимости полученных моделей использовался дисперсионный анализ. Анализ проводился с помощью критерия Фишера, результаты представлены в таблице 4. Регрессионные модели оказались значимыми (P<0,05) с удовлетворительными значениями коэффициентов детерминации.

Согласно регрессионной модели (Y1) индекса расширения, значение коэффициента детерминации (R²=0,993) указывает на то, что только 0,7% общей дисперсии не могут быть объяснены моделью. Среди членов модели (Y1) члены X1, X2, X3, X22 являются значимыми с вероятностью 95%. Однако взаимодействия между X1X2, X1X3, X2X3, а также квадратичные члены X12, X32 не оказали существенного влияния на индекс расширения (таблица 4). На индекс расширения положительно повлияли линейные эффекты температуры и влажности. Влияние скорости вращения шнека менее значимо по сравнению с влиянием температуры и влажности (таблица 3).

Аналогичные результаты были получены другими исследователями [7, 8, 9], которые сообщали, что низкое содержание влаги в материале ограничи-

Таблица 3 – Полиномиальные модели второго порядка

Параметр	Уравнение	R2
EI	$Y1=10,2287+0,008303X1-2,4372X2+0,1377X3--0,0023X1X2-0,0002X1X3+0,0009X2X3+0,0002X12+0,0699X22-0,0003X32$	0,993
WAI	$Y2 = 3923 - 0,0243X1 + 0,0727X2 + 0,02739X3$	0,636
WSI	$Y3= 18,31201+0,0556X1-1,1789X2+0,0407X3$	0,978

Таблица 4 – Дисперсионный анализ результатов эксперимента

Источник	Y1	Y2	Y3
Модель	78,29	6,4	165,27
X1	23,81	10,52	37,27
X2	389,87	2,37	421,21
X3	33,94	7,28	10,88

X1 – Скорость вращения (об/мин); X2 – Влажность (%); X3 – Температура (°C); Y1 - EI; Y2 - WAI (г/г); Y3 - WSI (%)

вает текучесть, увеличивая скорость сдвига и время пребывания, что повышает степень желатинизации крахмала, а также его расширение. Увеличение скорости вращения шнека привело к значительному увеличению продольного расширения экструдатов. Увеличение расширения крахмала с повышением температуры было объяснено более высокой степенью его желатинизации.

Индекс водопоглощения (WAI) измеряет количество воды, поглощаемой крахмалом, и может использоваться в качестве показателя желатинизации. Этот параметр указывает на способность макромолекулы взаимодействовать с водой, а также на WAI. WAI зависит от наличия гидрофильных групп, способных связываться с молекулами воды, и гелеобразующая способность макромолекул.

Полученная модель (Y2) с коэффициентом детерминации $R^2=0,64$ признана значимой ($P<0,05$). Члены модели X1 и X3 значимы на уровне 0,05 ($P<0,05$), в то время как член X2 не оказывает значимого влияния на WAI (таблица 4). На WAI положительно влияли температура и влажность, а отрицательно – скорость вращения шнека.

Настоящее исследование подтверждает выводы о том, что индекс водопоглощения экструдированной кукурузной крупы увеличивается с повышением температуры и увеличением влажности корма.

Наше исследование согласуется с результатами работы других исследователей [10, 11], которые утверждали, что индекс водопоглощения снижается с увеличением скорости вращения шнека. Результаты данного исследования подтверждают идею о том, что более высокая скорость вращения шнека, как правило, увеличивает скорость сдвига, но уменьшает время пребывания, что приводит к получению менее желатинизированного продукта.

Индекс водорастворимости (WSI), часто используемый в качестве индикатора деградации молекулярных компонентов, измеряет количество малых молекул, растворенных в воде и выделяющихся из крахмала после экструзии. WSI действительно связан со степенью трансформации крахмала. WSI уменьшался с увеличением влажности исходного сырья, но повышение температуры ока-

зывало обратный эффект (Таблица 3). Согласно коэффициенту детерминации $WSI R^2=0,9783$, можно заключить, что только 2,17 % общей дисперсии не могут быть объяснены моделью Y3, которая оказалась значимой ($P<0,05$). Значимость на уровне 0,05 ($P<0,05$) связана со следующими членами модели: X1, X2, X3. Видно, что на WSI положительно влияли скорость вращения шнека и температура, и отрицательно – влажность (Таблица 3).

Увеличение скорости вращения шнека привело к резкому увеличению удельной механической энергии. Высокое механическое сдвиговое напряжение разрушало макромолекулы, в результате чего молекулярная масса крахмальных гранул уменьшалась. Следовательно, индекс водорастворимости (WSI) увеличивался, поскольку крахмальные гранулы становились более растворимыми в воде.

Оптимизация проводилась с использованием концепции функции желательности, которая объединяет несколько параметров в один, присваивая значение от 0 (одна или несколько характеристик неприемлемы) до 1 (все характеристики процесса соответствуют целевым значениям). После преобразования оценочных параметров в индивидуальные значения желательности (от 0 до 1) общая желательность процесса рассчитывается как геометрическое среднее индивидуальных функций желательности. Все переменные процесса поддерживались в пределах заданного диапазона, в то время как параметры максимизировались (EI и WAI) или оставались в пределах заданного диапазона (WSI). Окончательные оптимизированные параметры экструзии, составили 175 об/мин, 190 °C и влажность 16%, что должно обеспечить следующие уровни исследуемых параметров: EI- 2,17, WAI - 6,04 г/г; WSI - 16,91%. В этих условиях было получено высокое значение функции желательности (0,821).

Выводы

Параметры растворимости и водопоглощения характеризуют экструдированный продукт и часто важны для прогнозирования того, как экструдированный материал может вести себя при дальнейшей

обработке. Мы пришли к выводу, что влажность оказывает наиболее сильное влияние на индекс расширения, WAI и WSI. Температура оказывала слабое влияние на WSI и WAI, в то время как более сильное влияние наблюдалось на индекс расширения ($p < 0,05$). Скорость вращения шнека оказывает

наиболее сильное влияние на WSI. Оптимальные уровни исследуемых параметров были определены с помощью метода функции желательности. Было установлено, что оптимальными параметрами являются: скорость вращения шнека: 175 об/мин, влажность 16% и температура 190 °C.

Литература

- [1] Потапов, М. А. Оптимизация количества отверстий в матрице одношнекового экструдера для переработки птичьего помета / М. А. Потапов, Д. И. Фролов, А. А. Курочкин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4. – С. 42-48. – EDN AFMRPP.
- [2] Патент № 2579488 С1 Российская Федерация, МПК А21D 8/02. Способ производства хлебобулочных изделий : № 2014146596/13 : заявл. 19.11.2014 : опубл. 10.04.2016 / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный технологический университет». – EDN UOANLF.
- [3] Kurochkin, A. A. Extrudate dehydration rate increase by modernization of the extruder vacuum chamber / A. A. Kurochkin, D. I. Frolov, V. M. Zimnyakov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26–29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 072018. – DOI 10.1088/1755-1315/640/7/072018. – EDN CHLIKW.
- [4] Шариков А. Ю., Амелякина М. В. Модификация углеводов сельскохозяйственного сырья в процессе термопластической экструзии (обзор) //Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – Т. 22. – №. 6. – С. 795-803.
- [5] Шариков А. Ю., Степанов В. И., Иванов В. В. Термопластическая экструзия в процессах пищевой биотехнологии //Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2019. – Т. 9. – №. 3 (30). – С. 447-460.
- [6] Фролов Д. И., Курочкин А. А., Потапов М. А. Влияние термовакуумной экструзии на физические и физико-химические свойства получаемого продукта //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – №. 4. – С. 37-46.
- [7] Xie F., Halley P. J., Avérous L. Rheology to understand and optimize processibility, structures and properties of starch polymeric materials // Progress in Polymer Science. – 2012. – Т. 37. – №. 4. – С. 595-623.
- [8] Xie F. et al. Starch Gelatinization under Shearless and Shear Conditions //International Journal of Food Engineering. – 2006. – Т. 2. – №. 5.

References

- [1] Potapov, M. A. Optimization of the Number of Holes in the Die of a Single-Screw Extruder for Processing Poultry Manure / M. A. Potapov, D. I. Frolov, A. A. Kurochkin // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. - 2020. - No. 4. - Pp. 42-48. - EDN AFMRPP.
- [2] Patent No. 2579488 C1 Russian Federation, IPC A21D 8/02. Method for the Production of Bakery Products: No. 2014146596/13: declared 19.11.2014: published 10.04.2016 / G. V. Shaburova, P. K. Voronina, A. A. Kurochkin [et al.]; Applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Penza State Technological University». – EDN UOANLF.
- [3] Kurochkin, A. A. Extrudate dehydration rate increase by modernization of the extruder vacuum chamber / A. A. Kurochkin, D. I. Frolov, V. M. Zimnyakov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, February 26–29, 2020. – Voronezh, 2021. – P. 072018. – DOI 10.1088/1755-1315/640/7/072018. – EDN CHLIKW.
- [4] Sharikov, A. Yu., Amelyakina, M. V. Modification of carbohydrates of agricultural raw materials during thermoplastic extrusion (review) // Agrarian Science of the Euro-North-East. – 2021. – Vol. 22. – No. 6. – P. 795-803.
- [5] Sharikov A. Yu., Stepanov V. I., Ivanov V. V. Thermoplastic extrusion in food biotechnology processes // News of universities. Applied chemistry and biotechnology. – 2019. – Vol. 9. – No. 3 (30). – P. 447-460.
- [6] Frolov D. I., Kurochkin A. A., Potapov M. A. Influence of thermal vacuum extrusion on the physical and physicochemical properties of the resulting product // News of the Samara State Agricultural Academy. – 2024. – No. 4. – P. 37-46.
- [7] Xie F., Halley P. J., Avérous L. Rheology to understand and optimize processibility, structures and properties of starch polymeric materials // Progress in Polymer Science. – 2012. – Т. 37. – No. 4. – pp. 595-623.
- [8] Xie F. et al. Starch Gelatinization under Shearless and Shear Conditions //International Journal of Food Engineering. – 2006. – Т. 2. – No. 5.
- [9] Montemurro M. et al. Plant-based alternatives to yogurt: State-of-the-art and perspectives of new biotechnological challenges //Foods. – 2021. – Т. 10. – No. 2. – P. 316.
- [10] Fallahi P. et al. Effects of steam, moisture, and screw speed on physical properties of DDGS-based extrudates // Cereal Chemistry. – 2013. – Т. 90. – No. 3. – pp. 186-197.

- [9] Montemurro M. et al. Plant-based alternatives to yogurt: State-of-the-art and perspectives of new biotechnological challenges //Foods. – 2021. – Т. 10. – №. 2. – С. 316.
- [10] Fallahi P. et al. Effects of steam, moisture, and screw speed on physical properties of DDGS-based extrudates //Cereal Chemistry. – 2013. – Т. 90. – №. 3. – С. 186-197.
- [11] Ab Ghani M. H. et al. The effects of antioxidants content on mechanical properties and water absorption behaviour of biocomposites prepared by single screw extrusion process //Journal of Polymers. – 2014. – Т. 2014. – №. 1. – С. 243078.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p>Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>
<p>Алмакаева Елена Анатольевна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Almakaeva Elena Anatolyevna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>

Использование соевых отрубей в качестве заменителя жира в рецептуре безглютенового печенья

Чибирева А.В., Фролов Д.И.

Аннотация. В данном исследовании проведена оценка цветовых и текстурных характеристик обезжиренного безглютенового печенья, в рецептуре которого часть растительного жира (30, 40 и 50 %) заменялась измельченными соевыми отрубями, содержащими пищевые волокна. Полученные результаты сравнивались с контрольным образцом печенья с полным содержанием жира, в котором замена жира не проводилась. Установлено, что обезжиренные образцы безглютенового печенья имели более темный цвет по сравнению с контрольным образцом, что свидетельствует о положительном влиянии соевых отрубей на формирование более приемлемой для потребителей окраски продукта. Анализ текстурных характеристик показал, что увеличение доли соевых отрубей в рецептуре приводит к повышению хрупкости и твердости печенья по сравнению с образцом с полным содержанием жира. Полученные данные подтверждают возможность эффективного использования соевых отрубей в рецептуре безглютенового печенья в качестве частичного заменителя жира без ухудшения его цветовых и текстурных свойств.

Ключевые слова: безглютеновое печенье, заменитель жира, соевые отруби, пищевые волокна, текстурные свойства, цвет продукта, функциональные ингредиенты.

Для цитирования: Чибирева А.В., Фролов Д.И. Использование соевых отрубей в качестве заменителя жира в рецептуре безглютенового печенья // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 74–78.

The use of soy bran as a fat substitute in the gluten-free cookie recipe

Chibireva A.V., Frolov D.I.

Abstract. This study assessed the color and textural characteristics of low-fat gluten-free cookies in which some of the vegetable fat (30, 40, and 50%) was replaced with ground soy bran, which contains dietary fiber. The results were compared with a full-fat control sample, in which the fat was not replaced. It was found that the low-fat gluten-free cookie samples were darker in color than the control sample, indicating the positive effect of soy bran on creating a more consumer-acceptable product color. Analysis of the textural characteristics revealed that increasing the proportion of soy bran in the recipe resulted in increased crispness and firmness of the cookie compared to the full-fat sample. These data confirm the feasibility of using soy bran effectively in gluten-free cookie recipes as a partial fat substitute without compromising the color and textural properties.

Keywords: gluten-free cookies, fat substitute, soy bran, dietary fiber, textural properties, product color, functional ingredients.

For citation: Chibireva A.V., Frolov D.I. The use of soy bran as a fat substitute in the gluten-free cookie recipe. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 74–78. (In Russ.).

Введение

Целиакия представляет собой заболевание, связанное с непереносимостью глиадиновой фракции пшеницы и проламинов, содержащихся в ржи, ячмене и, возможно, овсе [2]. В связи с этим пациентам, страдающим целиакией, рекомендуется соблюдать строгую безглютеновую диету на протяже-

нии длительного времени [3]. Однако такие диеты нередко характеризуются недостаточным содержанием некоторых важных питательных веществ. Для компенсации данного дефицита безглютеновые продукты могут быть обогащены различными компонентами, что позволяет получать продукты с повышенной пищевой ценностью и функциональными свойствами [4, 5].

Печенье является одним из наиболее популярных видов мучных кондитерских изделий, поскольку представляет собой готовый к употреблению продукт с длительным сроком хранения, удобный в транспортировке и хранении. Основными ингредиентами печенья являются мука, сахар, вода и растительные жиры, содержание которых обычно составляет около 20–30 % от массы муки. Жир выполняет важную технологическую функцию, обеспечивая нежность, структуру и качество конечного продукта. Кроме того, он оказывает влияние на реологические свойства теста и механические характеристики готового изделия. Жировая составляющая рецептуры также играет значительную роль в формировании сенсорных характеристик продукта, включая текстуру, ощущение во рту и общее восприятие потребителем. Особенно важным является присутствие жира при разработке безглютеновых изделий, поскольку безглютеновое сырьё обладает специфическими технологическими свойствами.

Несмотря на важную роль жиров в формировании структуры и качества печенья, их избыточное потребление может приводить к различным нарушениям здоровья, включая ожирение, повышение уровня холестерина в крови и развитие сердечно-сосудистых заболеваний. Высокое содержание жира увеличивает энергетическую ценность продуктов, что может быть нежелательным для людей, испытывающих проблемы с поддержанием энергетического баланса. Кроме того, продукты с высоким содержанием жира не рекомендуются лицам, страдающим гиперлипидемией, которая связана с повышенным риском заболеваний кровеносных сосудов и сердечно-сосудистой системы [6, 7]. В связи с этим в последние годы активно проводятся исследования, направленные на снижение содержания жиров в пищевых продуктах и их частичную замену альтернативными ингредиентами.

Частичная замена жира может осуществляться с использованием компонентов, обладающих функциональными свойствами, сходными с жировыми ингредиентами. При этом создание полностью обезжиренного продукта высокого качества является достаточно сложной задачей. По этой причине в рецептурах сладких хлебобулочных изделий обычно рекомендуется заменять не более 50 % жира с помощью специальных заменителей.

В производстве хлебобулочных и кондитерских изделий применяется широкий спектр заменителей и миметиков жира, которые способны воспроизводить физические, текстурные и сенсорные свойства жиров. Наиболее распространёнными являются заменители на основе пищевых волокон. К числу коммерчески доступных миметиков жира относятся микрокристаллическая целлюлоза, метилцеллюлоза и гидроксипропилметилцеллюлоза, пектины и различные гидроколлоидные камеди. В последние годы также возрастает интерес к использованию побочных продуктов переработки растительного сырья, богатых клетчаткой, которые

могут служить альтернативным источником пищевых волокон и потенциальными ингредиентами для замены жира. В качестве таких компонентов изучались различные растительные материалы, включая волокна фруктов, картофельную мякоть и кожуру, а также пектинсодержащие продукты переработки яблок. Кроме того, фракции зерновых культур, богатые клетчаткой, также рассматриваются как перспективные заменители жира.

Особое преимущество побочных продуктов, содержащих пищевые волокна, заключается в их способности повышать функциональные свойства пищевых продуктов [1]. Их использование особенно актуально при разработке безглютеновых изделий, которые часто характеризуются пониженной пищевой ценностью и ограниченным содержанием функциональных компонентов.

Соевые отруби образуются в качестве побочного продукта при переработке сои [8]. Благодаря своему химическому составу и высокому содержанию пищевых волокон они могут рассматриваться как потенциальный источник клетчатки и как возможный заменитель жира в рецептурах печенья. При этом отсутствие глютена в составе соевых отрубей делает их перспективным ингредиентом для разработки безглютеновых продуктов питания. Однако возможности использования соевых отрубей в качестве заменителя жира в рецептуре печенья остаются недостаточно изученными.

В связи с этим целью настоящего исследования является изучение влияния измельчённых соевых отрубей, содержащих пищевые волокна, используемых в качестве частичного заменителя жира (30, 40 и 50 %) в рецептуре безглютенового печенья, на цветовые и текстурные характеристики получаемого продукта.

Объекты и методы исследования

Соевые отруби, являющиеся побочным продуктом переработки сои, использовали в качестве заменителя жира. Безглютеновая смесь, включающая кукурузный и картофельный крахмал, кукурузную и рисовую муку, картофельную муку, гуаровую камедь, разрыхлитель и соль, применялась как основное сырьё для приготовления печенья. Растительный жир, глюкозный сироп, соль, соевый лецитин, кукурузная крупа и специи были приобретены на местном рынке.

Все ингредиенты предварительно взвешивали и перемешивали до получения однородного теста. Полученную массу раскатывали до толщины около 4,5 мм, после чего формировали заготовки печенья прямоугольной формы. Выпекание проводили в два этапа: сначала при более высокой температуре, затем при пониженной температуре до полной готовности изделий.

После выпечки печенье охлаждали при комнатной температуре в течение двух часов, затем упаковывали.

вывали в герметичные полипропиленовые пакеты и выдерживали 24 часа перед проведением анализа.

Контрольная рецептура печенья включала безглютеновую смесь, растительный жир, глюкозный сироп, специи, кукурузную крупу, соль, соевый лецитин, разрыхлитель и воду. В образцах с пониженным содержанием жира 30, 40 и 50 % растительного жира заменяли эквивалентным количеством соевых отрубей.

Цвет образцов печенья определяли с использованием колориметрического метода при стандартном искусственном освещении. Показатели цвета выражали в системе координат L^* , a^* и b^* , где L^* характеризует светлоту, a^* – красно-зелёный оттенок, а b^* – жёлто-синий оттенок.

Общее различие цвета между контрольным образцом и образцами с добавлением соевых отрубей рассчитывали по формуле:

$$\Delta E = [(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

где L_0^* , a_0^* и b_0^* – параметры контрольного образца, а L^* , a^* и b^* – значения для исследуемых образцов.

Оценка визуальной заметности цветовых различий проводилась по следующим критериям:

$\Delta E < 1$ – различия практически незаметны;

$1 < \Delta E < 3$ – различия слабо заметны;

$\Delta E > 3$ – различия хорошо различимы визуально.

Текстуру печенья оценивали методом механического компрессионного тестирования. Основными анализируемыми параметрами являлись твердость и ломкость изделий. Показатель твердости определяли по максимальной силе разрушения образца, а ломкость – по расстоянию деформации до момента разрушения. Для каждого вида печенья проводили пять повторных измерений.

Для анализа гидроксиметилфурфурала проводили экстракцию исследуемых образцов водно-метанольной смесью. Измельченный образец суспендировали в растворе воды и метанола, тщательно перемешивали и очищали с использованием осветляющих реагентов. После центрифугирования собирали надосадочную жидкость и проводили

дополнительные экстракции до получения необходимого объема раствора. Перед анализом раствор повторно центрифугировали.

Количественное определение гидроксиметилфурфурала проводили спектрофотометрическим методом. Детектирование осуществляли при длине волны 284 нм.

Результаты и их обсуждение

Соевые отруби, содержащие значительное количество пищевых волокон, использовались в рецептуре безглютенового печенья в качестве частичного заменителя жира в количестве 30, 40 и 50 %. Их применение было направлено на имитацию функциональных и органолептических свойств жира и снижение калорийности продукта по сравнению с печеньем, содержащим полный жировой компонент.

Ранее проведенные исследования показали, что текстурные свойства печенья с пониженным содержанием жира во многом зависят от типа используемого заменителя [9, 10]. Например, материалы, обогащенные пектином из яблочного жмыха, при замене жира до 30 % способствовали формированию более мягкой текстуры и более светлой поверхности печенья. В то же время использование некоторых углеводных и белковых заменителей жира приводило к повышению твердости изделий, поэтому их применение в больших количествах считается нежелательным. Также было установлено, что добавление овсяных отрубей при частичной замене жира практически не изменяло твердость печенья, однако при увеличении их содержания наблюдалось осветление поверхности продукта.

Результаты анализа текстурных характеристик исследуемых образцов показали, что с увеличением количества заменителя жира в рецептуре возрастали показатели твердости и хрупкости печенья. Это можно объяснить тем, что тесто с более высоким содержанием жира содержит больше включенного воздуха и имеет меньшую плотность, благодаря чему готовое изделие получается более мягким. Снижение содержания жира, напротив, усиливает

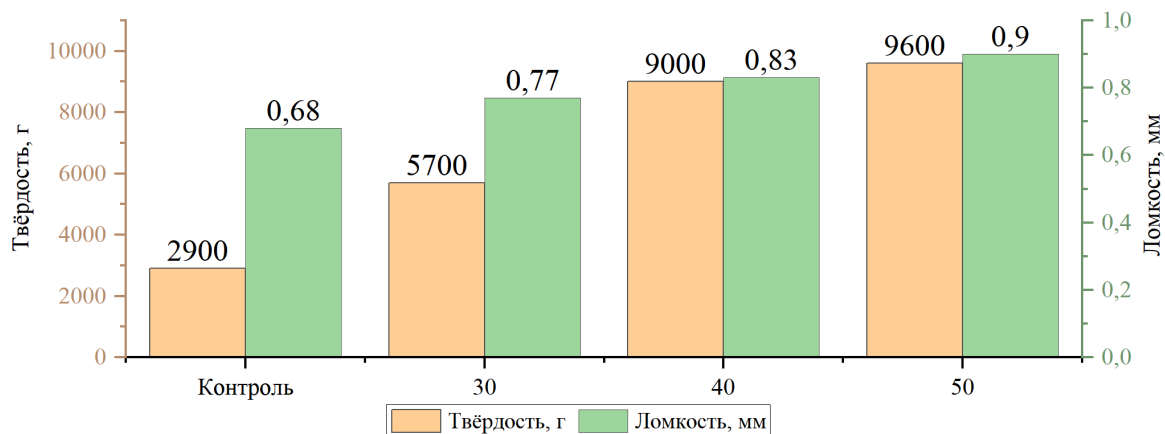


Рис. 1. Текстурные свойства (твердость и ломкость) образцов печенья

Таблица 1 – Цветовые параметры образцов печенья

Образец печенья	L*	a*	b*	ΔE
Контрольное печенье	83,12	-0,47	23,98	–
Замена жира 30%	74,67	1,3	22,7	8,72
Замена жира 40%	71,41	1,89	22,3	12,06
Замена жира 50%	71,1	2,05	22,13	12,42

упругие свойства теста и уменьшает растекание печенья при выпечке, что приводит к формированию более плотной структуры. В образцах, где содержание жира было снижено на 50 % по сравнению с контрольным вариантом, сила, необходимая для разламывания печенья, оказалась почти в три раза выше.

В целом полученные результаты показывают, что использование соевых отрубей в качестве заменителя жира приводит к увеличению твёрдости изделий и снижению их нежности. Это свидетельствует о том, что при разработке обезжиренного безглютенового печенья целесообразно применять соевые отруби в умеренных количествах.

В таблице 1 показано влияние соевых отрубей на цвет поверхности печенья. Замена жира соевыми отрубями привела к значительным изменениям значений L*, a* и b*. Заменитель жира позволил получить печенье значительно более темного цвета, менее желтого и более красного оттенка по сравнению с контрольным образцом.

Изменения окраски исследованных образцов печенья были обусловлены увеличением содержания соевых отрубей в рецептуре (L* = 73,32; a* = 3,24; b* = 24,00). Таким образом, наблюдаемые различия цвета не связаны с образованием продуктов реакции Майяра.

Известно, что при термической обработке пищевых продуктов, в частности при выпечке, могут образовываться продукты реакции Майяра, которые оказывают значительное влияние на формиро-

вание сенсорных характеристик готовых изделий, включая цвет поверхности, текстуру и вкус. Однако в рецептуре исследуемого безглютенового печенья, по-видимому, отсутствуют соединения, необходимые для протекания данной реакции.

Это подтверждается тем, что в исследованных образцах печенья не были обнаружены такие соединения, как гидроксиметилфурфурал и фурфурал. Эти вещества обычно рассматриваются как промежуточные продукты реакции Майяра и термического разложения сахаров, возникающие в процессе тепловой обработки пищевых продуктов.

Отсутствие маркеров реакции Майяра во всех исследованных образцах, а также различия в цвете между печеньем с пониженным и полным содержанием жира свидетельствуют о том, что именно добавление соевых отрубей оказало основное влияние на формирование окраски изделий. Это позволяет предположить, что их использование способствует получению более привлекательного для потребителей цвета печенья.

Выводы

Проведенные в данном исследовании измерения показали, что соевые отруби могут успешно использоваться в качестве заменителя жира в рецептуре безглютенового печенья, что позволяет получить печенье с приемлемыми определенными текстурными и цветовыми характеристиками.

Литература

- [1] Патент № 2579488 C1 Российская Федерация, МПК A21D 8/02. Способ производства хлебобулочных изделий : № 2014146596/13 : заявл. 19.11.2014 : опубл. 10.04.2016 / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный технологический университет». – EDN UOANLF.
- [2] Бельмер С. В., Гасилина Т. В. Целиакия: от патогенеза к лечению // Вопросы современной педиатрии. – 2013. – Т. 12. – №. 3. – С. 12-17.
- [3] Тиунов В. М. Разработка блюд и рецептов для больных целиакией //Международный

References

- [1] Patent No. 2579488 C1 Russian Federation, IPC A21D 8/02. Method for producing bakery products: No. 2014146596/13: declared 19.11.2014: published 10.04.2016 / G. V. Shaburova, P. K. Voronina, A. A. Kurochkin [et al.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Penza State Technological University». – EDN UOANLF.
- [2] Belmer S. V., Gasilina T. V. Celiac disease: from pathogenesis to treatment // Issues of modern pediatrics. – 2013. – Vol. 12. – No. 3. – Pp. 12-17.
- [3] Tiunov, V. M., “Development of Dishes and Recipes for Patients with Celiac Disease,” International Student Scientific Bulletin, 2017, no. 2, pp. 88–88.
- [4] Zharkova, I. M., et al., “Review of the Development of Flour Products for Gluten-Free and Gluten-Free Nutrition,” Bulletin of the Voronezh State University of

- студенческий научный вестник. – 2017. – №. 2. – С. 88-88.
- [4] Жаркова И. М. и др. Обзор разработок мучных изделий для безглютенового и геродиетического питания //Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2019. – Т. 81. – №. 1 (79). – С. 213-217.
- [5] Кайшев В. Г., Серегин С. Н. Функциональные продукты питания: основа для профилактики заболеваний, укрепления здоровья и активного долголетия //Пищевая промышленность. – 2017. – №. 7. – С. 8-14.
- [6] Табакаев А. В., Табакаева О. В., Щелканов М. Ю. Специализированная липидная композиция для профилактики гиперлипидемии и ожирения //Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2023. – Т. 13. – №. 1 (44). – С. 77-87.
- [7] Табакаев А. В., Табакаева О. В. Специализированные масложировые эмульсионные пищевые системы для профилактики гиперлипидемии и ожирения // Вопросы питания. – 2024. – Т. 93. – №. 2 (552). – С. 83-94.
- [8] Речкина Е. А. и др. Перспективы использования вторичного соевого сырья в пищевом производстве //Ползуновский вестник. – 2024. – №. 3. – С. 36-40.
- [9] Хатко З. Н., Колодина Е. М., Блягоз А. И. Оптимизация реологических свойств теста и оценка качества печенья из мучных композитов с пониженным содержанием глютена // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2025. – №. 4 (217). – С. 212-226.
- [10] Фролова Ю. В., Соболев Р. В., Кочеткова А. А. Исследование печенья с модифицированным жировым компонентом //Пищевая промышленность. – 2021. – №. 4. – С. 8-11.
- Engineering Technologies, 2019, no. 81, no. 1 (79), pp. 213–217.
- [5] Kaishev, V. G., Seregin, S. N., “Functional Foods: The Basis for Disease Prevention, Health Promotion, and Active Longevity,” Food Industry, 2017, no. 7, pp. 8–14.
- [6] Tabakaev A. V., Tabakaeva O. V., Shchelkanov M. Yu. Specialized lipid composition for the prevention of hyperlipidemia and obesity // News of universities. Applied chemistry and biotechnology. - 2023. - Vol. 13. - No. 1 (44). - Pp. 77-87.
- [7] Tabakaev A. V., Tabakaeva O. V. Specialized oil-fat emulsion food systems for the prevention of hyperlipidemia and obesity // Nutrition issues. - 2024. - Vol. 93. - No. 2 (552). - Pp. 83-94.
- [8] Rechkina E. A. et al. Prospects for the use of secondary soybean raw materials in food production // Polzunovsky Bulletin. - 2024. - No. 3. – P. 36-40.
- [9] Khatko Z. N., Kolodina E. M., Blagoz A. I. Optimization of the rheological properties of dough and quality assessment of cookies made from flour composites with reduced gluten content // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. – 2025. – No. 4 (217). – P. 212-226.
- [10] Frolova Yu. V., Sobolev R. V., Kochetkova A. A. Study of cookies with a modified fat component // Food industry. – 2021. – No. 4. – P. 8-11.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Чибирева Анастасия Витальевна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail:</p>	<p>Chibireva Anastasia Vitalievna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail:</p>
<p>Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p>Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 664:614.3

Классификация теплового оборудования предприятий общественного питания

Курочкин А.А., Липенгольц В.М.

Аннотация. В работе систематизирован материал о различных подходах к формированию системы, реализующую обратную связь крупных торговых сетей с покупателями и формирование на ее основе устойчивой лояльности. Рассмотрены некоторые аспекты программы лояльности торговой сети «Магнит» с точки зрения общей методологии познания, в которой применим маркетинг материальных ценностей в виде товара с относительно коротким жизненным циклом – пищевых продуктов. Делается вывод о том, что сеть магазинов «Магнит» работает над качеством взаимодействия со своими покупателями. Она вот уже более трех лет реализовывает проект в части клиентского сервиса – стать проще, быстрее, доступнее и лояльнее к покупателю. Вместе с тем система обработки торговой сети с обращениями покупателей не способствует повышению лояльности их к сети. Больше того покупатели, поверившие в концепцию проекта, но получившие негативный опыт при его реальной сущности, резко отрицательно меняют свою приверженность к сети и уходят к конкурентам.

Ключевые слова: товар, качество, лояльность, покупатель, обращение, сеть магазинов «Магнит», конкурентоспособность.

Для цитирования: Курочкин А.А., Липенгольц В.М. Классификация теплового оборудования предприятий общественного питания // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 79–84.

Classification of thermal equipment of public catering enterprises

Kurochkin A.A., Lipengolts V.M.

Abstract. The paper systematizes the material on various approaches to the formation of a system that implements feedback from large retail chains to customers and the formation of sustainable loyalty based on this feedback. The paper examines some aspects of the loyalty program of the Magnit retail chain from the perspective of general methodology of cognition, which applies the marketing of material values in the form of goods with a relatively short life cycle, such as food products. The paper concludes that the Magnit retail chain is working on improving the quality of interaction with its customers. For more than three years, she has been implementing a project in the field of customer service, which aims to make the company easier, faster, more accessible, and more loyal to its customers. However, the company's customer service system does not contribute to increasing customer loyalty. In fact, customers who believe in the concept of the project but experience negative consequences of its implementation tend to lose their loyalty and switch to competitors.

Keywords: product, quality, loyalty, customer, appeal, Magnit store chain, competitiveness.

For citation: Kurochkin A.A., Lipengolts V.M. Classification of thermal equipment of public catering enterprises. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 79–84. (In Russ.).

Введение

Производственная деятельность крупных торговых сетей уровня «Магнит» осуществляется в чрезвычайно конкурентной среде. В связи с этим таким хозяйствующим субъектам необходимо постоянно изыскивать и развивать рациональные способы взаимодействия с потребителем, позволяющие быть выделенными в ряду аналогичных сетей, повысить эффективность работы и свою конкурентоспособность.

Рост конкуренции и одновременное снижение потребительского спроса вынуждает торговые сети выстраивать свою деятельность на основе современных подходов к своим покупателям в части разработки инструментов формирования лояльности покупателей к магазинам сети и на ее основе – конкурентоспособности сети в целом [1, 3].

С этой точки зрения рассмотрение проблемы формирования системы обратной связи торговой сети как инструмента формирования лояльности покупателей крупных торговых сетей представляется актуальной задачей, как в научном плане, так и с позиции хозяйствующих субъектов в торговле страны.

Лояльность потребителей к определенной торговой сети не возникает на пустом месте, а является результатом комплексного восприятия, основанного на собственных ощущениях потребителей в процессе совершения покупки и реакции продавцов в случае неудовлетворенности покупателей в покупке и жалобе на нарушения своих прав [2].

Отметим, что претензии покупателя в случае (по его мнению) нарушения тех или иных аспектов приобретения товаров в магазине являются наиболее острой фазой реакции потребителя на работу сети.

Во многих случаях отрицательное отношение покупателей на работу торгового предприятия может быть латентным и, в силу некоторых причин, не приводить к конфликтной ситуации и смене потребителем магазина, к которому он привык. Тем не менее, целый ряд факторов является своеобразным катализатором, способствующим переходу вполне довольного своим магазином потребителя в группу его недоброжелателей.

Одним из таких факторов является обратная связь магазина или сети магазинов со своими покупателями. Например, весьма рациональная связь торговых сетей со своими покупателями может осуществляться с помощью мобильного приложения с его огромными возможностями. Торговые сети зачастую используют одну из таких возможностей – проводят опрос после совершения покупки. Добросовестный (и порой – наивный) потребитель участвует в этих опросах, вникает в сущность поднимаемых проблем, обдумывает и формулирует, на его взгляд наиболее существенные недостатки и пути их преодоления. При этом он надеется, что хотя бы часть из проблем будет устранена.

Через какое-то время он убеждается, что положение и система никак не меняются, а торговая сеть использует его в своих целях. У него зреет недовольство и теперь покупатель обращает внимание на недостатки, которым он ранее не придавал значение. Он ищет (порой формальный) повод обратиться в торговую сеть и уже сам предъявляет претензии к плохому обслуживанию и реакции персонала на свои замечания. В том случае, если выстроенная торговой сетью система работы с покупателями не работает, покупатель ищет возможность делать покупки в других магазинах, не относящихся к данной торговой сети и порой менее удобными для него. Кумулятивный эффект такой реакции покупателя на торговую сеть проявляется в том, что обиженный потребитель активно распространяет свой неудачный опыт и советует родным и знакомым не иметь дело с той или иной сетью магазинов. Таким образом, изначально хорошая идея опросов покупателей для торговой сети превращается в отрицательный фактор в формировании своей конкурентоспособности.

Цель исследований – рассмотрение некоторых аспектов формирования системы обратной связи с покупателями в условиях крупной торговой сети.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлась торговая сеть «Магнит». Методология исследований – маркетинговые инструменты и методы.

Результаты и их обсуждение

Рассматривая торговые сети с точки зрения общей методологии познания, отметим, что для них применим маркетинг материальных ценностей, в качестве которых выступает товар с относительно коротким жизненным циклом – пищевые продукты. Эти товары-продукты можно рассмотреть, прикоснуться, съесть. В общем случае концепция такого маркетинга базируется на 4-х факторах успеха – продукт, цена, распространение и продвижение [1-3].

Такой маркетинг основывается на общих закономерностях, которые обобщают потребности и накопленный потребительский опыт существующих и потенциальных клиентов. Для владельца торговой сети этот вид маркетинга представляет собой непрерывный процесс максимизации прибыли путем продвижения товара (продуктов питания) и продажи его целевой аудитории, которая нуждается в нем естественным образом.

Одним из системообразующих понятий в приведенном определении является услуга, под которой понимаются виды деятельности, не создающие новый материально-вещественный продукт, но изменяющие его качество за счет каких-либо действий или получаемых выгод. С точки зрения объ-

екта приложения услуги – это действия, направленные непосредственно на потребителя [1-3].

В торговой сети «Магнит» действует целый комплекс услуг, позволяющий учитывать запросы и предпочтения каждого конкретного клиента с учетом его индивидуальных особенностей. Эти услуги характеризуются большим многообразием, а также глубиной погружения конкретного покупателя в информационную систему сети.

Отправной точкой рассмотрения заявленной цели исследования является программа лояльности «Магнит» («Программа» или «ПЛ Магнит»). Каждый участник в момент прохождения регистрации в программе, принимает и, безусловно соглашается со всеми ее условиями. Актуальная версия правил программы размещается на сайте сети магазинов «Магнит» (magnit.ru), а также в других источниках по усмотрению оператора [4].

Средством идентификации участника является карта программы «Магнит», которая имеет 3 разновидности.

Первая из них – пластиковая; она оформляется на кассах в сети «Магнит» и имеет ограниченный функционал. Пластиковая карта позволяет кассиру магазина начислять и списывать бонусы за совершенные участником программы покупки и действия.

Второй вид карты – виртуальная карта «Магнит» – электронная. Как правило, такая карта оформляется клиентом самостоятельно в мобильном приложении «Магнит». Одновременно с этим на мобильном устройстве (смартфон, планшет и т.п.) формируется личный кабинет участника, что обеспечивает полный пакет действий, предусмотренных ПЛ «Магнит»:

- выпуск виртуальной карты;
- просмотр баланса бонусного счета;
- использование штрих-кода или QR-кода виртуальной карты на кассах магазинов сети «Магнит» при совершении транзакций;

- просмотр истории и детализации транзакций;
- просмотр адресов магазинов сети «Магнит»;
- планирование списка покупок;
- просмотр товаров, участвующих в акциях, проводимых в магазинах сети «Магнит»;
- оценка купленных товаров.

Последняя разновидность карты программы является карта кобренда «Магнит» – банковская карта, эмитированная одним из следующих банков: Почта Банк, Тинькофф Банк, Модульбанк, ВТБ, МТС Банк [4].

Около трех лет назад торговая сеть «Магнит» запустила амбициозный проект в части клиентского сервиса – стать проще, быстрее, доступнее и лояльнее к покупателю. Его основой стала система по работе с обращениями покупателей, зарегистрированных на геосервисах Google, «Яндекс», «2ГИС».

Проект был призван повысить рейтинг бренда торговой сети в интернете, оказать влияние на формирование лояльности и доверия покупателей, а также на ранжирование в локальной выдаче при поиске.

Общая структура системы обработки торговой сети с обращениями покупателей представлена на рисунке [6].

В ее основе заложены три канала связи с обращениями покупателей:

1. Письменное обращение к руководству сети.
2. Чат с поддержкой в мобильном приложении.
3. Обращение по телефону напрямую в контактный центр («Горячая линия»).

Уже в 2022 году компания отчиталась о высокой эффективности системы и отметила, что за рассматриваемый после внедрения системы период поступило 4618092 обращения от покупателей, что на 16 % выше аналогичного показателя за 2021 г. Рост количества обращений, по мнению специалистов, показал улучшение коммуникаций с покупателями с помощью подключения новых каналов связи, таких как геосервисы. Кроме того, на рост



Рис.1. Система обработки торговой сети с обращениями покупателей

числа обращений оказало влияние открытие новых магазинов и развитие сервиса доставки. Последующие годы показали, что эти выводы были связаны с завышенными ожиданиями разработчиков системы в части ее эффективности и влияния на общие финансовые показатели сети или, как минимум окупаемости средств, вложенных в разработку и внедрение системы.

Рассмотрим с позиций покупателя некоторые аспекты функционирования данной системы.

Первый канал в виде общения с руководством торговой сети работает по отработанной и удобной для сети схеме – как правило, покупатель на свое обращение получает с адреса info@magnit.ru стандартный ответ такого содержания: «Здравствуйте! В последнее время нам поступает больше писем, чем обычно. Для максимально быстрого ответа временно перешли на общение в чате. Чат позволяет общаться в реальном времени и мгновенно обмениваться скриншотами и уточнениями, которые порой так важны для решения вопроса. Уверены, вы почувствуете нашу заботу и скорость! Чтобы написать нам, откройте приложение «Магнит: акции и доставка» и зайдите в раздел «Профиль» → «Служба поддержки» → «Чат с поддержкой». Мы обязательно поможем!».

Следует отметить, что в приведенной информации особое внимание следует обратить внимание на мнимые достоинства чата, который по существу является своеобразным ситом, призванным отсеивать большую часть обращений покупателей с помощью стандартных штампов-вопросов, требований подтверждений, уточнений, скриншотов и т.д. Как правило, большинство покупателей на этой стадии прекращают попытку решить свою проблему и лишь наиболее настойчивые из них получают возможность общения в чате с оператором.

Вот пример типичного обращения в чат с поддержкой (4.03.2026 г): «Хочу узнать судьбу моего обращения CAS 251215/4940294/7 от 16 декабря 2025 года. Ответ до сих пор мною не получен». Вступает в действие бот, извещает, что он дает ответ без задержек, очередей и ожиданий. С экономией времени 90% и т.д.

После настойчивых требований подключается оператор, а затем эксперт по данному вопросу с просьбой подождать 4 минуты. Через 10 минут получена информация о том, что ответа на обращение нет, и заявка еще находится в работе. Эксперт информирует, что указанное «обращение повторно передали коллегам на рассмотрение».

После угрозы написать жалобу руководству с представлением скриншотов, получена благодарность оператора со смайликом «сердечко» и просьба оценить работу. На отрицательную оценку – еще одна благодарность и обещание проверить качество работы оператора.

Покупатели, получившие подобный опыт общения в чате с поддержкой, обычно забывают о своих претензиях (а заодно по возможности о суще-

ствовании сети «Магнит») или предпочитают сразу звонить на горячую линию торговой сети.

Горячая линия реализуется с помощью операторов внутреннего контакт-центра на базе канала связи «Геосервисы». Операторы имеют возможность ответить на простейшие вопросы покупателей; более детальная информация, например, «Скидки дня», «Предложения для вас» и др., доступная для покупателей в мобильном приложении, операторам или недоступна, или требует дополнительных затрат времени и усилий. В связи с этим они обычно предлагают составить от имени потребителя обращение, которое получает номер и передается сотрудникам технического отдела «Магнита» для подготовки ответа на жалобу покупателя. Как правило, потребитель не может контролировать текст обращения, поэтому часто если им будет получен ответ, подготовленный работниками технического отдела, то он целиком и полностью зависит от профессионализма (чаще – фантазии) оператора контакт-центра или работника технического отдела.

Обычно оператор сообщает номер составленного обращения и информирует о времени рассмотрения обращения. После этого покупатель может ждать ответа столько, на какое время у него хватит терпения – от 5 дней до бесконечности. Можно обращаться в чат, можно звонить на горячую линию – результат один. Вот типичный ответ в чате: «Ваше обращение 250819/4431563 в работе. Средний срок рассмотрения обращений – 5 дней. В зависимости от индивидуальных обстоятельств, срок может быть изменен. Пожалуйста, ожидайте – коллеги вернутся с обратной связью в ближайшее время». Естественно, «коллеги» выполнять это обещание не спешат и ждут, когда покупатель оставит свои попытки выяснить судьбу обращения.

Особую роль в системе обработки торговой сети «Магнит» с обращениями покупателей играет ответственное подразделение – именно оно готовит ответ на обращение, а операторы называют его «Технический отдел».

Технический отдел может несколько месяцев не отвечать на первичное обращение, его повторные формы, а затем окончательно дискредитировать торговую сеть таким ответом: «Уважаемый покупатель. Недостаточно информации по обращению. Необходимо указать персональное предложение, которое не сработало (скриншот активированного персонального предложения из приложения). Спасибо за уделенное время». Между тем в обращении, например, за номером 2508229/4450202 речь шла о совершенно другой акции – «Скидки дня», никакого отношения не имеющей к персональному предложению. Очевидно, что работник технического отдела, готовивший ответ профессионально не знает разницы (а может специально сделал вид, что не понял) между публичной акцией, организованной сетью и находящейся в информационной среде (по сути, со статусом публичной оферты) и персональным предложением конкретному покупателю.

При этом очевидно, что основная роль в составлении обращения играет оператор контакт-центра. Если он не требует дополнительной информации от покупателя, то заявитель узнает о необходимых технических материалах в решении. При этом повторные жалобы и составление по отрицательному решению нового обращения возможны, но исход их однозначен – только отрицательное решение после 3-5 напоминаний и новых обращений в контакт-центр.

Приведенный материал показывает разницу между декларируемыми успехами в работе с покупателями и реальным положением ситуации. Между тем реальное состояние обратной связи с покупателями сети «Магнит» можно было прогнозировать даже на основе элементарного подхода к структурной экспертизе разработанной системы обработки торговой сети с обращениями покупателей (см. рисунок).

Предварительный анализ представленной системы позволяет предположить, что ее эффективность определяется тремя элементами – руководство сети (графически представлено гербом страны), контактный центр и ответственное подразделение.

Теоретически руководство должно обладать экспертно-надзорными функциями и иметь каналы связи, с помощью которых могло получать информацию о качестве работы, в первую очередь ответственного подразделения. На деле эти функции не работают, а каналы отсутствуют, вероятно, с той целью, чтобы не доставлять беспокойства руководству.

Ответственное подразделение (технический отдел), являются основой разработанной и внедренной системы. Деятельность этого отдела основана на внутренних инструкциях и потребителю сложно судить о качестве его работы до того момента, когда ему приходит ответ на обращение. Очевидно, что аргументы работника технического отдела не могут быть истиной в последней инстанции и в случае особо непрофессионального ответа на обращения, у покупателя должна быть возможность обжалования такого решения.

К слову, один из показателей качества функционирования технического отдела очевиден для любого человека (даже не профессионала в рассматриваемом вопросе) – срок ответа на жалобу. При этом профессионал на основе выборочного контроля подготовленных ответов может сделать выводы о квалификации работников отдела, условиях их работы или качестве инструкции по составлению первичного материала – обращения. Например, если в ответе на обращение имеется ссылка на отсутствие скриншотов, то это вина не заявителя, а следствие плохой работы сети в целом. Это предположение хорошо аргументируется при рассмотрении следующего (по иерархии) анализируемого элемента – контактного центра.

Квалификация и нагрузка операторов кон-

такт-центра является основой работы системы. При этом возможность пользоваться инструментами, доступными для покупателя, операторами контакт-центра сети «Магнит» вызывает целый ряд вопросов. Часто операторы заявляют, что акции, на которые ссылается покупатель в своей жалобе, они не видят в своей рабочей среде, и требует подтверждения в виде скриншотов. При этом операторы ссылаются на то, что без этих материалов технический отдел не примет составленного ими обращения.

Автор статьи много раз общался с операторами горячей линии торговой сети «Пятерочка», но никогда не слышал о подобных требованиях. Как правило, в такой ситуации (относительно простой) оператор горячей линии «Пятерочки» сразу видит все нюансы обращения покупателя в своей системе, отвечает по существу и информирует о сроках решения проблемы. Эта информация сразу подкрепляется письменно в виде сообщения на телефон заявителя. Обычно заявление в этой торговой сети решается сразу или в течение 48 часов. Более того, недавно продавец «Пятерочки» дважды «пробила» цену товара – по стандартной и аукционной. После жалобы на горячую линию директор магазина в этот же день позвонил покупателю, извинился и предложил вернуть деньги. Подобное для сети «Магнит» представить невозможно.

Можно предположить, что в случае составления некорректного обращения оператором контактного центра в системе обработки торговой сети «Магнит» с обращениями покупателей пострадавшей стороной будет покупатель. В случае не профессиональной работы сотрудников технического отдела пострадавшей стороной снова будет покупатель. В качестве вывода можно отметить, что разработанная в 2022 году и рекламируемая в СМИ система обработки торговой сети «Магнит» с обращениями покупателей работает не на формирование лояльности покупателей, а по факту – способствует ее уничтожению.

Выводы

Сеть магазинов «Магнит» зарекомендовала себя, как сеть с доступными по цене товарами и работает над качеством взаимодействия со своими покупателями. Она вот уже более трех лет реализовывает проект в части клиентского сервиса – стать проще, быстрее, доступнее и лояльнее к покупателю. Вместе с тем система обработки торговой сети с обращениями покупателей не способствует повышению лояльности их к сети. Больше того покупатели, поверившие в концепцию проекта, но получившие негативный опыт при его реальной сущности, резко отрицательно меняют свою приверженность к сети и уходят к конкурентам.

Литература

[1] Курочкин, А.А. Системный подход к вопросу оценки конкурентоспособности предприятий питания /А.А. Курочкин, В.Ю. Юрьев //Иновационная техника и технологии. – 2023. – Т. 10, № 3. – С. 56-60. – EDN COIPWL.

[2] Курочкин, А.А. Оценка пищевых продуктов как инструмент формирования лояльности покупателей крупных торговых сетей /А.А. Курочкин, В.Ю. Юрьев // Иновационная техника и технология. – 2023. – Т. 10, № 4. – С. 62-66. – EDN RGWCQI.

[3] Курочкин, А.А. Формирование лояльности покупателей как инструмент повышения конкурентоспособности крупных торговых сетей /А.А. Курочкин, А.В. Поляков //Иновационная техника и технология. – 2024. – Т. 11, № 3. – С. 76-81. – EDN NFFPKK.

[4] <https://magnit.ru/>.

[5] <https://5ka.ru/>.

[6] <https://sr2022.magnit.com/ru/responsible-business/interaction-customers>

References

[1] Kurochkin, A.A. System Approach to Assessing the Competitiveness of Food Enterprises /A.A. Kurochkin, V.Yu. Yuriev //Innovative Techniques and Technologies. – 2023. Vol. 10, No. 3. Pp. 56-60. – EDN COIPWL.

[2] Kurochkin, A.A. Evaluation of food products as a tool for building customer loyalty in large retail chains /A.A. Kurochkin, V.Yu. Yuriev // Innovative Technique and Technology. – 2023. Vol. 10, No. 4. Pp. 62-66. – EDN RGWCQI.

[3] Kurochkin, A.A. Building customer loyalty as a tool for increasing the competitiveness of large retail chains /A.A. Kurochkin, A.V. Polyakov //Innovative Technique and Technology. – 2024. Vol. 11, No. 3. Pp. 76-81. – EDN NFFPKK.

[4] <https://magnit.ru/>.

[5] <https://5ka.ru/>.

[6] <https://sr2022.magnit.com/ru/responsible-business/interaction-customers>.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Курочкин Анатолий Алексеевич доктор технических наук профессор кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 382-85-03 E-mail: anatolii_kuro@mail.ru</p>	<p>Kurochkin Anatoly Alekseevich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 382-85-03 E-mail: anatolii_kuro@mail.ru</p>
<p>Липенголец Виктор Михайлович аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Lipengolts Viktor Mikhailovich upostgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>

Метод автоматизированного анализа пористой структуры экструдатов с использованием OpenCV

Тришкин Н.А., Фролов Д.И.

Аннотация. В данной статье рассматривается метод автоматизированного анализа микроструктуры экструдатов с использованием библиотеки OpenCV на языке программирования Python. Основное внимание уделяется выявлению и сегментации пор в изображениях сечений экструдатов, что имеет важное значение для оценки качества материалов и оптимизации технологических процессов экструзии. Представленный подход включает в себя предварительную обработку изображений, бинаризацию, морфологические операции и детекцию контуров с последующим анализом геометрических характеристик пор. Результаты демонстрируют высокую эффективность и воспроизводимость метода, что делает его перспективным инструментом для исследований в области материаловедения и полимерной инженерии.

Ключевые слова: OpenCV, Python, экструдаты, пористость, сегментация изображений, контуры, компьютерное зрение, морфологический анализ.

Для цитирования: Тришкин Н.А., Фролов Д.И. Метод автоматизированного анализа пористой структуры экструдатов с использованием OpenCV // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 85–90.

A method for automated analysis of the porous structure of extrudates using OpenCV

Trishkin N.A., Frolov D.I.

Abstract. This article discusses a method for automated extrudate microstructure analysis using the OpenCV library in Python. The focus is on identifying and segmenting pores in extrudate cross-section images, which is essential for assessing material quality and optimizing extrusion processes. The presented approach includes image preprocessing, binarization, morphological operations, and edge detection, followed by analysis of pore geometric characteristics. The results demonstrate the method's high efficiency and reproducibility, making it a promising tool for research in materials science and polymer engineering.

Keywords: OpenCV, Python, extrudates, porosity, image segmentation, edges, computer vision, morphological analysis.

For citation: Trishkin N.A., Frolov D.I. A method for automated analysis of the porous structure of extrudates using OpenCV. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 85–90. (In Russ.).

Введение

Экструзия является одним из ключевых процессов в производстве полимерных и композитных материалов [1, 2]. Качество получаемого продукта во многом определяется микроструктурой экструдата, в частности – распределением и размером пор [3, 4]. Наличие пор может как положительно, так и отрицательно влиять на функциональные характеристики материала в зависимости от его назначения. Поэтому точное количественное определение пористости имеет большое значение как для фунда-

ментальных исследований, так и для промышленного контроля качества.

Современные методы микроскопии, такие как сканирующая электронная микроскопия и оптическая микроскопия, позволяют получать высококачественные изображения микроструктуры материалов. Однако традиционный анализ таких изображений часто выполняется вручную, что требует значительных временных затрат и зависит от субъективной оценки исследователя. Кроме того, при анализе большого количества изображений возникает проблема воспроизводимости результатов и стандартизации методик обработки данных.

В последние годы активно развиваются методы автоматизированного анализа изображений, основанные на алгоритмах компьютерного зрения и машинной обработки данных [5, 6]. Использование таких подходов позволяет значительно ускорить обработку микроскопических изображений и обеспечить более объективное количественное описание структуры материалов. В научной литературе предложены различные методы сегментации и морфологического анализа пористых структур, включая пороговую бинаризацию, методы кластеризации, а также алгоритмы выделения границ объектов [7]. Тем не менее многие из существующих решений требуют сложной настройки параметров или применения специализированного программного обеспечения.

Дополнительной проблемой является необходимость адаптации методов анализа к различным типам материалов и условиям получения изображений. Пористые структуры экструдатов могут характеризоваться значительным разнообразием размеров и форм пор, что усложняет их автоматическое обнаружение и корректную сегментацию. В ряде исследований отмечается, что универсальные алгоритмы обработки изображений не всегда обеспечивают достаточную точность при анализе микроструктуры пористых материалов, особенно при наличии шумов и неоднородного освещения. Таким образом, существует потребность в разработке гибких и воспроизводимых методов анализа изображений, которые могли бы эффективно применяться для количественной оценки пористой структуры экструдатов.

Одним из перспективных инструментов для решения подобных задач является библиотека OpenCV, широко используемая для разработки алгоритмов компьютерного зрения [8, 9]. Данная библиотека предоставляет широкий набор методов для предварительной обработки изображений, сегментации объектов, морфологического анализа и извлечения количественных характеристик структуры. Применение OpenCV в сочетании с языком программирования Python позволяет создавать автоматизированные и легко воспроизводимые алгоритмы анализа микроструктурных изображений.

Несмотря на значительный интерес к применению методов компьютерного зрения в материаловедении, вопрос автоматизированного анализа пористой структуры экструдатов остается недостаточно изученным. В частности, требуется разработка методики, позволяющей автоматически выделять поры на микроскопических изображениях, оценивать их размеры, распределение и другие морфологические характеристики. Решение этой задачи позволит повысить точность оценки пористости и обеспечить более эффективный контроль технологических параметров процесса экструзии.

В связи с этим целью настоящего исследования является разработка метода автоматизированного анализа пористой структуры экструдатов на ос-

нове алгоритмов компьютерного зрения с использованием библиотеки OpenCV. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи: разработка алгоритма предварительной обработки изображений, сегментация пор на микроскопических изображениях, вычисление количественных характеристик пористой структуры и анализ полученных результатов. В последующих разделах статьи описываются используемые методы обработки изображений, реализованный алгоритм анализа пористой структуры, а также результаты его применения к изображениям экструдированных материалов.

Объекты и методы исследования

1. Объект исследования и получение изображений

Объектом исследования являлась пористая структура экструдированных материалов. Для анализа использовались оптические микрофотографии поперечных сечений экструдатов, полученные с использованием цифрового оптического микроскопа. Перед съемкой образцы разрезались перпендикулярно направлению экструзии для получения репрезентативного сечения структуры.

Микрофотографии сохранялись в формате PNG без потерь качества с разрешением не менее 2048×2048 пикселей. Высокое пространственное разрешение изображений позволяло фиксировать мелкие поры и элементы микроструктуры. Для каждого образца получали серию изображений, которые использовались для последующего статистического анализа.

2. Программная среда и инструменты анализа

Автоматизированный анализ изображений проводился с использованием языка программирования Python. Для обработки изображений применялась библиотека компьютерного зрения OpenCV, а также вспомогательные библиотеки NumPy и SciPy для численных вычислений и анализа данных.

Разработанный алгоритм анализа реализует последовательность этапов обработки изображений, включающую предварительную обработку, сегментацию пористой структуры, морфологическую фильтрацию и количественный анализ геометрических характеристик пор.

3. Предварительная обработка изображений

На первом этапе исходные цветные изображения преобразовывались в градации серого. Данный этап позволяет уменьшить объём данных и упростить последующую обработку, поскольку для анализа формы и размера пор достаточно информации о яркости пикселей.

Для уменьшения шумов и устранения случайных артефактов, возникающих при микроскопической съемке, применялась медианная фильтрация. Этот метод эффективно подавляет импульсный шум, сохраняя при этом границы объектов. Размер ядра фильтра подбирался таким образом, чтобы ми-

минимизировать влияние шумов без существенного искажения структуры пор.

4. Сегментация пористой структуры

Следующим этапом обработки являлась сегментация изображения, направленная на выделение пористой структуры. Поры на микрофотографиях, как правило, имеют более низкую яркость по сравнению с окружающей матрицей материала. Поэтому для их выделения применялась пороговая бинаризация.

В большинстве случаев использовался метод адаптивной пороговой обработки, позволяющий учитывать локальные изменения освещенности изображения. Такой подход обеспечивает более устойчивое выделение пор при неоднородном освещении или изменениях контраста на изображении. В случаях, когда фон изображения был достаточно однородным, применялась глобальная пороговая обработка.

Результатом данного этапа является бинарное изображение, в котором поры представлены белыми областями на черном фоне.

5. Морфологическая обработка

После бинаризации изображения могут содержать небольшие артефакты, связанные с шумами или несовершенством сегментации. Для устранения подобных дефектов применялись морфологические операции.

Использовалась операция морфологического замыкания, представляющая собой последовательность дилатации и эрозии. Данная процедура позволяет соединять разорванные участки пор и удалять мелкие ложные объекты, не относящиеся к реальной структуре материала. Размер структурного элемента выбирался экспериментально в зависимости от масштаба изображения.

6. Выделение и фильтрация контуров

После морфологической обработки выполнялся поиск контуров объектов на бинарном изображении. Каждый контур соответствовал отдельной поре в структуре экструдата.

Для исключения ложных объектов применялась фильтрация контуров по ряду геометрических параметров. В частности, учитывались площадь объекта, его периметр и форма. Контуров с площадью ниже заданного порогового значения рассматривались как шум и исключались из дальнейшего анализа. Дополнительно исключались объекты, находящиеся на границах изображения, поскольку они могут представлять собой неполные поры.

7. Количественный анализ пор

Для каждого выделенного контура рассчитывались основные морфометрические характеристики пористой структуры:

- площадь поры;
- периметр;
- эквивалентный диаметр;
- коэффициент формы;
- аспектное соотношение;
- ориентация главных осей поры.

Коэффициент формы рассчитывался по выражению:

$$F=4\pi A/P^2 \quad (1)$$

где A – площадь поры, мкм²;

P – периметр, мкм.

Полученные параметры использовались для статистического анализа распределения пор по размерам и форме. На основе набора измерений вычислялись средние значения, стандартные отклонения и распределения размеров пор.

8. Методологические ограничения

Предложенный метод автоматизированного анализа имеет ряд ограничений. Точность сегментации пор зависит от качества исходных микроскопических изображений, уровня шума и контрастности структуры. При значительных изменениях освещения или наличии сложных текстурных элементов может возникать необходимость дополнительной настройки параметров алгоритма.

Кроме того, анализ основан на двумерных изображениях поперечного сечения материала и не учитывает трехмерную геометрию пористой структуры. Тем не менее предложенный подход позволяет получать воспроизводимые количественные характеристики пористости и может эффективно применяться для сравнительного анализа структуры экструдатов.

Результаты и их обсуждение

Применение разработанного алгоритма автоматизированного анализа позволило эффективно выделять пористую структуру экструдатов на микроскопических изображениях. Обработка тестового набора из 50 изображений показала, что предложенный метод обеспечивает высокую точность сегментации и устойчивость к вариациям условий съёмки. В среднем алгоритм корректно идентифицировал более 95 % пор, присутствующих на изображениях, что подтверждалось визуальной экспертной оценкой.

На первом этапе анализа была проведена оценка эффективности сегментации. После выполнения предварительной обработки и бинаризации изображения поры отчётливо выделялись на фоне матрицы материала. Применение медианной фильтрации позволило существенно уменьшить влияние шумов, возникающих при микроскопической съёмке. В результате количество ложных объектов, ошибочно интерпретируемых как поры, снизилось более чем на 30 % по сравнению с обработкой без фильтрации.

Дополнительное повышение точности сегментации было достигнуто за счёт применения морфологических операций. Использование операции морфологического замыкания позволило устранить небольшие разрывы границ пор и объединить фрагментированные области, которые на исходном бинарном изображении могли интерпретироваться как отдельные объекты. В результате полученные

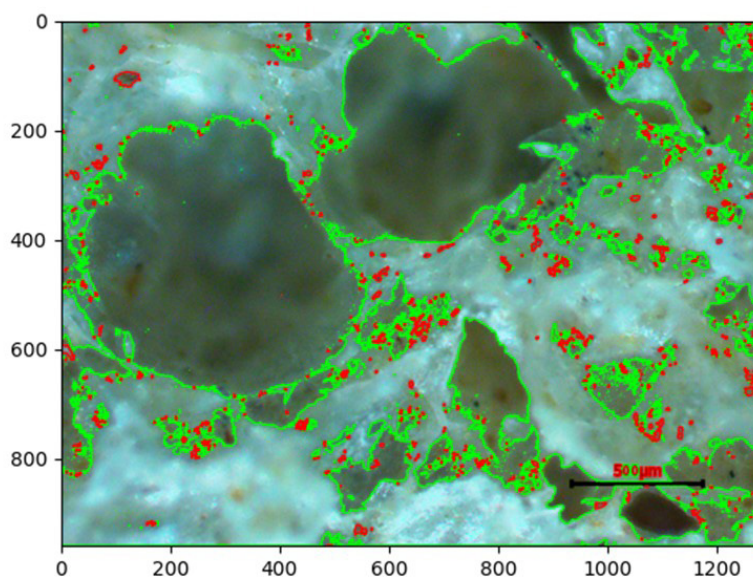


Рис. 1. Микрофотография среза экструдата смеси ржи и расторопши (зеленые контуры – значимые поры, красные точки – отсеянные контуры)

контуры более точно соответствовали реальной геометрии пористой структуры экструдатов.

Следующим этапом анализа являлось выделение контуров объектов и их фильтрация по геометрическим параметрам. В ходе обработки изображения алгоритм обнаруживал от нескольких десятков до нескольких сотен пор в зависимости от структуры исследуемого образца. Контуры с площадью ниже установленного порогового значения автоматически исключались из дальнейшего анализа как шумовые объекты. Аналогично исключались контуры, пересекающие границы изображения, поскольку они могли соответствовать неполным порам.

После фильтрации выполнялся количественный анализ геометрических характеристик выделенных пор. Для каждой поры рассчитывались площадь, периметр, эквивалентный диаметр и коэффициент формы. Анализ полученных данных показал, что размеры пор варьируются в широком диапазоне, что отражает неоднородность структуры экструдированных материалов. Наиболее распространённые поры имели эквивалентный диаметр в диапазоне от 30 до 120 мкм, что соответствует характерным значениям для зерновых экструдатов.

Среднее значение площади пор на исследуемых изображениях составило приблизительно 2800 мкм² при стандартном отклонении около 900 мкм². Распределение размеров пор характеризовалось асимметричной формой с преобладанием мелких и средних пор. При этом доля крупных пор составляла менее 10 % от общего числа объектов, однако они вносили значительный вклад в суммарную пористость структуры.

Анализ коэффициента формы показал, что большинство пор имеют близкую к округлой форму. Среднее значение коэффициента формы со-

ставляло около 0,74, что свидетельствует о том, что большинство пор не является идеально круглыми и имеют слегка вытянутую или неправильную форму. Такие особенности геометрии могут быть связаны с особенностями течения материала в процессе экструзии и образованием газовых включений в расплаве.

Дополнительный анализ аспектного соотношения позволил оценить степень вытянутости пор. Для большинства объектов аспектное соотношение находилось в диапазоне от 1,1 до 1,6, что также указывает на умеренную анизотропию формы. В отдельных случаях наблюдались более вытянутые поры, вероятно сформированные вследствие направленного движения материала внутри экструдера.

Для оценки воспроизводимости разработанного метода была проведена серия повторных измерений на одних и тех же изображениях. Полученные результаты показали высокую стабильность вычисляемых параметров. Различия между повторными измерениями не превышали 2–3 %, что свидетельствует о высокой воспроизводимости алгоритма и отсутствии существенного влияния случайных факторов обработки.

Также была проведена оценка производительности алгоритма. Среднее время обработки одного изображения с разрешением 2048×2048 пикселей составило менее 0,1 секунды на стандартной рабочей станции (Intel Core i5-11600, 16 ГБ оперативной памяти). Таким образом, предложенный метод может быть использован для анализа больших наборов микроскопических изображений без существенных временных затрат.

Высокая скорость обработки делает возможным применение разработанного алгоритма не только в научных исследованиях, но и в системах

промышленного контроля качества. При интеграции алгоритма в автоматизированную систему анализа изображений возможно проведение экспресс-оценки структуры экструдатов непосредственно в процессе производства.

На рисунке 1 представлен пример результата обработки микроскопического изображения экструдата смеси ржи и расторопши. Зеленые контуры соответствуют порам, прошедшим фильтрацию и включенным в статистический анализ, тогда как красные точки обозначают контуры, исключённые как шумовые или незначимые объекты. Визуальный анализ изображения показывает хорошее соответствие между автоматически выделенными порами и реальной структурой материала.

Таким образом, результаты проведённого исследования демонстрируют, что предложенный алгоритм на основе библиотеки OpenCV обеспечивает эффективное и воспроизводимое выделение пор

на микроскопических изображениях экструдатов. Автоматизация анализа позволяет существенно сократить время обработки данных и повысить эффективность оценки пористой структуры материала.

Выводы

Представленный подход на основе библиотеки OpenCV показал высокую эффективность в задаче автоматического выявления и анализа пор в экструдатах. Метод легко адаптируется под различные типы материалов и условия съёмки. В дальнейшем планируется интеграция метода в систему автоматического контроля качества на производственных линиях, а также расширение функциональности за счёт применения машинного обучения для классификации типов пор.

Литература

- [1] Потапов, М. А. Оптимизация количества отверстий в матрице одношнекового экструдера для переработки птичьего помета / М. А. Потапов, Д. И. Фролов, А. А. Курочкин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4. – С. 42-48. – EDN AFMRPP.
- [2] Kurochkin, A. A. Extrudate dehydration rate increase by modernization of the extruder vacuum chamber / A. A. Kurochkin, D. I. Frolov, V. M. Zimnyakov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26–29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 072018. – DOI 10.1088/1755-1315/640/7/072018. – EDN CHLIKW.
- [3] Cui C. et al. Microstructure of extrusion-cooked whole grain in controlling product quality // Food Reviews International. – 2024. – Т. 40. – №. 6. – С. 1621-1646.
- [4] Rzedzicki Z., Blaszcak W. Impact of microstructure in modelling physical properties of cereal extrudates // International Agrophysics. – 2005. – Т. 19. – №. 2.
- [5] Калеватых А. В., Павлов Б. А. Обзор современных методов автоматизированного анализа изображений // Автоматика и телемеханика. – 1995. – №. 9. – С. 3-21.
- [6] Кравцова Т. А. Сравнительное исследование методов адаптивной бинаризации в задаче автоматизированного анализа изображений клеток в иммуноцитохимии // Молодежный научно-технический вестник. – 2015. – №. 4. – С. 41-41.
- [7] Бобырь М. В. и др. Нечетко-логические методы в задаче детектирования границ объектов // Информатика и автоматизация. – 2022. – Т. 21. – №. 2. – С. 376-404.
- [8] Гончаров К. А. и др. Использование библиотеки OPENCV для работы с техническим зрением // Интеллектуальные системы и технологии в

References

- [1] Potapov, M. A. Optimization of the Number of Holes in the Die of a Single-Screw Extruder for Processing Poultry Manure / M. A. Potapov, D. I. Frolov, A. A. Kurochkin // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. – 2020. – No. 4. – Pp. 42-48. – EDN AFMRPP.
- [2] Kurochkin, A. A. Extrudate dehydration rate increase by modernization of the extruder vacuum chamber / A. A. Kurochkin, D. I. Frolov, V. M. Zimnyakov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, February 26-29, 2020. – Voronezh, 2021. – P. 072018. – DOI 10.1088/1755-1315/640/7/072018. – EDN CHLIKW.
- [3] Cui C. et al. Microstructure of extrusion-cooked whole grain in controlling product quality // Food Reviews International. – 2024. – Vol. 40. – No. 6. – Pp. 1621-1646.
- [4] Rzedzicki Z., Blaszcak W. Impact of microstructure in modeling physical properties of cereal extrudates // International Agrophysics. – 2005. – Vol. 19. – No. 2.
- [5] Kaleyatykh A. V., Pavlov B. A. Review of modern methods of automated image analysis // Automation and Telemechanics. – 1995. – No. 9. – P. 3-21.
- [6] Kravtsova T. A. Comparative study of adaptive binarization methods in the problem of automated analysis of cell images in immunocytochemistry // Youth Scientific and Technical Bulletin. – 2015. – No. 4. – P. 41-41.
- [7] Bobyr M. V. et al. Fuzzy logic methods in the problem of detecting object boundaries // Computer Science and Automation. – 2022. – Vol. 21. – No. 2. – P. 376-404.
- [8] Goncharov K. A. et al. Using the OPENCV library for working with machine vision // Intelligent systems and technologies in the food industry. – 2019. – P. 53-60.

отраслях пищевой промышленности. – 2019. – С. 53-60.

- [9] Берников В. В., Преображенский А. П., Чопоров О. Н. Возможности распараллеливания обработки изображений с помощью OpenCV и OpenMP // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2019. – Т. 7. – №. 2. – С. 110-126.

[9] Bernikov V. V., Preobrazhensky A. P., Choporov O. N. Possibilities of parallel image processing using OpenCV and OpenMP // Modeling, optimization and information technology. - 2019. - Vol. 7. - No. 2. - P. 110-126.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Тришкин Никита Алексеевич студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail: trishkin.nik01@mail.ru</p>	<p>Trishkin Nikita Alekseevich student of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail: trishkin.nik01@mail.ru</p>
<p>Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p>Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>

Интеграция вакуумной камеры в одношнековый экструдер для термовакуумной обработки экструдатов

Фролов Д.И., Моторин В.В.

Аннотация. В статье рассмотрены особенности конструкции и функциональных возможностей модернизированного одношнекового экструдера ЭК-40, оснащённого вакуумной камерой на выходе фильеры. Целью работы стало описание модификации оборудования и демонстрация её эффективности для управления структурой зерновых экструдатов. В рамках исследования использованы методы инженерного проектирования, экспериментальной переработки пшеничного крахмала и визуального анализа получаемой продукции. Установлено, что внедрение вакуумной камеры позволяет стабильно получать расширенные экструдаты с коэффициентом расширения до 2,9 при давлении 10 кПа и времени экспозиции 1,1–1,2 с. Конструктивные особенности установки обеспечивают точный контроль параметров вакуумной обработки и исключают необходимость в экстремальных температурных режимах. Полученные результаты подтверждают техническую реализуемость термовакуумной экструзии на базе стандартного оборудования и открывают возможности для её промышленного внедрения. Новизна работы заключается в успешной интеграции вакуумной зоны в компактную шнековую систему с сохранением высокой производительности.

Ключевые слова: термовакуумная экструзия, модернизированный экструдер, зерновой экструдат, коэффициент расширения, вакуумная камера.

Для цитирования: Фролов Д.И., Моторин В.В. Интеграция вакуумной камеры в одношнековый экструдер для термовакуумной обработки экструдатов // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 91–94.

Integration of a vacuum chamber into a single-screw extruder for thermal vacuum treatment of extrudates

Frolov D.I., Motorin V.V.

Abstract. The article describes the design features and functional capabilities of a modernized single-screw extruder EC-40 equipped with a vacuum chamber at the die outlet. The aim of the study was to detail the equipment modification and demonstrate its effectiveness in controlling the structure of cereal extrudates. The research employed methods of engineering design, experimental processing of wheat starch, and visual analysis of the resulting products. It was established that the integration of a vacuum chamber enables the consistent production of expanded extrudates with an expansion ratio of up to 2.9 at a pressure of 10 kPa and exposure time of 1.1–1.2 s. The design features of the unit ensure precise control over vacuum treatment parameters and eliminate the need for extreme thermal conditions. The results confirm the technical feasibility of thermovacuum extrusion based on standard equipment and open opportunities for its industrial implementation. The novelty of the work lies in the successful integration of a vacuum zone into a compact screw system while maintaining high productivity.

Keywords: thermovacuum extrusion, modernized extruder, cereal extrudate, expansion ratio, vacuum chamber.

For citation: Frolov D.I., Motorin V.V. Integration of a vacuum chamber into a single-screw extruder for thermal vacuum treatment of extrudates. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 91–94. (In Russ.).

Введение

Экструзионные технологии широко применяются в пищевой промышленности для получения функциональных продуктов с заданной пористой структурой – от завтраков и снеков до ингредиентов для диетического питания [1, 2]. Ключевым параметром качества таких изделий является коэффициент расширения, который напрямую влияет на текстуру, хрусткость и усвояемость [3]. Традиционно расширение достигается за счёт резкого перепада давления при выходе расплава из фильеры в атмосферу. Однако этот подход требует точной настройки температуры и влажности, что ограничивает гибкость технологического процесса [4].

Альтернативным решением является внедрение термовакуумного эффекта на стадии формирования экструдата [5]. Снижение давления в зоне выхода продукта способствует интенсивному испарению влаги и формированию однородной пористой структуры при более мягких температурных условиях. При этом реализация данного метода требует конструктивной модернизации стандартного оборудования [6].

На сегодняшний день недостаточно исследований, посвящённых практическим аспектам интеграции вакуумных систем в промышленные экструдеры, особенно в условиях ограниченного бюджета и компактного пространства. Существующие установки зачастую громоздки, дорогостоящи или требуют полной замены технологической линии [7]. В связи с этим актуальной задачей становится разработка и апробация модернизированных решений на базе серийного оборудования.

Целью данной работы стало описание конструкции и функциональных возможностей модернизированного одношнекового экструдера ЭК-40 с интегрированной вакуумной камерой, а также демонстрация его эффективности на примере получения расширенного зернового экструдата.

Объекты и методы исследования

В качестве базовой платформы использован серийный одношнековый экструдер ЭК-40 с производительностью 40 кг/ч. В ходе модернизации на выходе фильеры была установлена герметичная вакуумная камера цилиндрической формы (диаметр 300 мм, длина 400 мм) из нержавеющей стали (рис. 1).

Камера оснащена:

- регулируемым вакуумным клапаном (диапазон давления 5–50 кПа, точность $\pm 0,5$ кПа);
- пневматическим затвором для контроля времени экспозиции (0,5–10 с);
- системой быстрого подключения к вакуумному насосу (производительность 200 м³/ч).

Объектом исследования служил пшеничный крахмал с начальной влажностью 17 %. Экструзию

проводили при температуре в зоне фильеры 105 °С и частоте вращения шнека 120 об/мин.

Результаты и их обсуждение

Испытания модернизированной установки показали стабильную работу в диапазоне давлений 10–50 кПа. При давлении 10 кПа и времени экспозиции 1,1 с удалось получить однородный расширенный экструдат с гладкой поверхностью и равномерной пористостью (рис. 1, правая часть). Визуально продукт имел характерную «бочкообразную» форму, типичную для процессов интенсивного вспенивания.

Коэффициент расширения в данном режиме составил $2,85 \pm 0,08$. При увеличении времени экспозиции до 4–5 с КР достигал насыщения (~2,9), а дальнейшее увеличение времени не оказывало значимого влияния. При повышении давления до 30 и 50 кПа КР снижался до 1,18 и 0,34 соответственно, что подтверждает критическую роль уровня вакуума в формировании пористой структуры.

Важно отметить, что при использовании вакуумной камеры удалось избежать перегрева продукта: температура на выходе не превышала 65 °С, что сохраняет термолабильные компоненты сырья и снижает энергозатраты по сравнению с классическими режимами экструзии.

Конструктивное решение позволило интегрировать вакуумную зону без изменения габаритов базового экструдера и без снижения производительности. Установка демонстрирует высокую стабильность работы даже при длительных циклах (более 8 часов подряд).

Полученные результаты подтверждают, что модернизированный экструдер ЭК-40 является эффективным инструментом для реализации термовакуумной экструзии. В отличие от дорогостоящих специализированных линий [8], предложенная модификация может быть воспроизведена на большинстве существующих одношнековых установок.



Рис. 1. Модернизированный одношнековый экструдер ЭК-40 с вакуумной камерой

Снижение давления до 10 кПа обеспечивает достаточный перепад между давлением насыщенного пара воды в экструдате (~120 кПа при 105 °С) и внешней средой, что инициирует мгновенное испарение влаги и расширение структуры. Однако при давлениях ниже 8 кПа наблюдается эффект насыщения, обусловленный механическими ограничениями крахмального каркаса, что согласуется с данными, представленными в [9].

Короткое оптимальное время экспозиции (1,1 с) делает процесс совместимым с высокоскоростными производственными линиями и не требует значительного увеличения такта выпуска.

Таким образом, разработанная конструкция сочетает в себе простоту, надёжность и высокую технологическую эффективность.

Литература

- [1] Бахчевников О. Н., Брагинцев С. В. Экструдирование растительного сырья для продуктов питания (обзор) // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50. – №. 4. – С. 690-706.
- [2] Offiah V., Kontogiorgos V., Falade K. O. Extrusion processing of raw food materials and by-products: A review // Critical reviews in food science and nutrition. – 2019. – Т. 59. – №. 18. – С. 2979-2998.
- [3] Arhaliass A. et al. The effect of wheat and maize flours properties on the expansion mechanism during extrusion cooking // Food and Bioprocess Technology. – 2009. – Т. 2. – №. 2. – С. 186-193.
- [4] Rokey G.J., Plattner B., Souza E.M. Feed extrusion process description // Revista Brasileira de Zootecnia. 2010. Vol. 39. P. 510–518.
- [5] Kurochkin A.A., Frolov D.I., Zimnyakov V.M. Extrudate dehydration rate increase by modernization of the extruder vacuum chamber // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 640. No. 7. P. 072018.
- [6] Фролов, Д. И. Влияние термовакуумной экструзии на физические и физико-химические свойства получаемого продукта / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, М. А. Потапов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 4. – С. 37-46.
- [7] Kristiawan M., Della Valle G. Transport phenomena and material changes during extrusion // Extrusion Cooking. Woodhead Publishing, 2020. P. 179–204.
- [8] Потапов, М. А. Оптимизация количества отверстий в матрице одношнекового экструдера для переработки птичьего помета / М. А. Потапов, Д. И. Фролов, А. А. Курочкин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4. – С. 42-48. – EDN AFMRPP.

Выводы

Модернизированный одношнековый экструдер ЭК-40 с вакуумной камерой доказал свою работоспособность в условиях лабораторных и пилотных испытаний. Установка позволяет получать расширенные зерновые экструдаты с коэффициентом расширения до 2,9 при мягких температурных режимах и минимальных энергозатратах.

Практическая значимость работы заключается в возможности ретрофитинга существующего оборудования без полной замены технологической линии, что особенно актуально для малых и средних предприятий.

В дальнейшем планируется адаптация данной конструкции для переработки композитных смесей (крахмал + белок + клетчатка) и исследование влияния вакуумной обработки на функциональные свойства получаемых продуктов.

References

- [1] Bakhchevnikov O. N., Braginets S. V. Extrusion of plant-based raw materials for food products (review) // Food Production Engineering and Technology. - 2020. - Vol. 50. - No. 4. - Pp. 690-706.
- [2] Offiah V., Kontogiorgos V., Falade K. O. Extrusion processing of raw food materials and by-products: A review // Critical reviews in food science and nutrition. - 2019. - Vol. 59. - No. 18. - Pp. 2979-2998.
- [3] Arhaliass A. et al. The effect of wheat and maize flours properties on the expansion mechanism during extrusion cooking // Food and Bioprocess Technology. - 2009. - Vol. 2. - No. 2. - Pp. 186-193.
- [4] Rokey G.J., Plattner B., Souza E.M. Feed extrusion process description // Revista Brasileira de Zootecnia. 2010. Vol. 39. P. 510–518.
- [5] Kurochkin A.A., Frolov D.I., Zimnyakov V.M. Extrudate dehydration rate increase by modernization of the extruder vacuum chamber // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 640. No. 7. P. 072018.
- [6] Frolov, D.I. Effect of thermal vacuum extrusion on the physical and physicochemical properties of the resulting product / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, M.A. Potapov // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. – 2024. – No. 4. – P. 37–46.
- [7] Kristiawan M., Della Valle G. Transport phenomena and material changes during extrusion // Extrusion Cooking. Woodhead Publishing, 2020. Pp. 179–204.
- [8] Potapov, M. A. Optimization of the number of holes in the die of a single-screw extruder for processing poultry manure / M. A. Potapov, D. I. Frolov, A. A. Kurochkin // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. - 2020. - No. 4. - Pp. 42-48. - EDN AFMRPP.
- [9] Kurochkin, A. A. Extrudate dehydration rate increase by modernization of the extruder vacuum chamber /

[9] Kurochkin, A. A. Extrudate dehydration rate increase by modernization of the extruder vacuum chamber / A. A. Kurochkin, D. I. Frolov, V. M. Zimnyakov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26–29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 072018. – DOI 10.1088/1755-1315/640/7/072018. – EDN CHLIKW.

A. A. Kurochkin, D. I. Frolov, V. M. Zimnyakov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, February 26–29, 2020. – Voronezh, 2021. – P. 072018. – DOI 10.1088/1755-1315/640/7/072018. – EDN CHLIKW.

Сведения об авторах

Information about the authors

Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru	Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru
Моторин Владимир Владимирович студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail:	Motorin Vladimir Vladimirovich student of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail:

Автоматизированные склады для мясепродуктов

Шабает Р.Р., Зимняков В.М.

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные вопросы связи между производством и сбытовой сетью, которые обеспечиваются с помощью автоматизированных складов. Оптимизация транспортно-складских процессов – это первый шаг на пути предприятий к снижению издержек, увеличению прибыли и своей конкурентоспособности на рынке. Представлена современная проблематика управления в складских логистических системах. Склады являются важнейшим элементом логистических систем. Рассмотрены возможности автоматизированных складов для мясепродуктов. Дан анализ повышения эффективности использования площадей автоматизированных складов. Рассмотрено оборудование для автоматизированных складов мясепной продукции. Отмечены преимущества автоматизированных складов. Перечислены требования, которые предъявляются к автоматизированным складам для мясепродуктов. Проанализированы технологии контроля температуры на складах. Обоснованы преимущества автоматизированного мониторинга температуры на складах. Приведены примеры внедрения проектов по автоматизации складов мясепной продукции в России. Группа компаний «Дамате» запустила в Пензе первый в пищевой промышленности РФ роботизированный склад на 900 тонн единовременного хранения на крупнейшем в Европе заводе глубокой переработки индейки.

Ключевые слова: автоматизированный склад, логистическая система, преимущества, контроль температуры, мобильные роботы.

Для цитирования: Шабает Р.Р., Зимняков В.М. Автоматизированные склады для мясепродуктов // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 95–103.

Automated warehouses for meat products

Shabaev R.R., Zimnyakov V.M.

Abstract. The article discusses the current issues of communication between production and the distribution network, which are provided by automated warehouses. The optimization of transport and warehouse processes is the first step towards reducing costs, increasing profits, and improving the competitiveness of enterprises in the market. The article presents the current challenges of management in warehouse logistics systems. Warehouses are an essential element of logistics systems. The possibilities of automated warehouses for meat products are considered. The analysis of increasing the efficiency of using the areas of automated warehouses is given. The equipment for automated warehouses of meat products is considered. The advantages of automated warehouses are noted. The requirements that are imposed on automated warehouses for meat products are listed. The article analyzes temperature control technologies in warehouses. It substantiates the advantages of automated temperature monitoring in warehouses. The article provides examples of implementing projects to automate meat products warehouses in Russia. In 2022, the Damate Group of Companies launched the first robotic warehouse in the Russian food industry in Penza, with a capacity of 900 tons of simultaneous storage at Europe's largest turkey processing plant.

Keywords: automated warehouse, logistics system, advantages, temperature control, mobile robots.

For citation: Shabaev R.R., Zimnyakov V.M. Automated warehouses for meat products. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 95–103. (In Russ.).

Введение

Склад – одно из важнейших звеньев логистической цепочки, благодаря которому обеспечивается связь между производством и сбытовой сетью. Эффективное и системное управление складскими бизнес-процессами позволяет компании максимально удовлетворять потребности рынка, обеспечивая наличие своей продукции «в нужное время в нужном месте» и, в конечном итоге, получать максимальную прибыль от ее реализации.

Учитывая, что большая часть расходов предприятия приходится на логистику, точнее складирование, как основную статью затрат, оптимизация транспортно - складских процессов это первый шаг на пути компании к снижению издержек, увеличению прибыли и своей конкурентоспособности на рынке. Повсеместное использование информационных технологий в настоящее время, привело к необходимости их внедрения в процессы складирования и управления запасам и в том числе [7].

Автоматизация склада – это внедрение программного обеспечения, интеграция электронного современного оборудования в логистические процессы. Такая технология во многом упрощает, ускоряет бизнес-операции складской деятельности, оптимизирует их и делает эффективнее. В современном мире можно утверждать, что грамотное внедрение новейших технологий может стать важным конкурентным преимуществом компании.

Автоматизированный склад – «автоматизированный» подчеркивает сохранение за человеком-оператором главных функций контроля. Все остальные функции – складирование, выдача товара управляются компьютером.

Автоматический склад, как правило, состоит из стеллажных конструкций, автоматических кранов-штабелеров и систем загрузки-выгрузки. Главная характеристика автоматического склада – это исключение человеческого фактора – «автоматический», функционирующий без вмешательства человека в соответствии с заранее заданным алгоритмом действий на складе, при этом автоматизация внедрена во все процессы складской логистики обработки товарного потока [8].

Целью работы является анализ автоматизированных складов для мясopодуктов.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования является информация по автоматизированным складам для мясopодуктов в России. Инструментарно-методический аппарат исследования определяется совокупностью использованных методов общенаучных и экономических исследований. В процессе обработки исходной информации и других привлеченных аналитических материалов применялись анализ и синтез, логический, корреляционный и статистический анализ.

Результаты и их обсуждение

Организация контроля качества работы склада основного и вспомогательного сырья на предприятии по переработки мяса является одним из наиболее важных этапов всей цепочки производственного контроля технологического процесса, от которого во многом зависит качество и безопасность произведенной продукции [1, 9].

Логистический процесс на складе связан с большими затратами труда и средств. На практике специалисты в области логистики сталкиваются со многими проблемами. Поэтому, вопрос – что можно сделать для снижения логистических издержек – является актуальным [3].

Авторами [6] рассматривается современная проблематика управления в складских логистических системах. Склады являются важнейшим элементом логистических систем. При организации движения материального потока по логистическому каналу возникает объективная необходимость в специально обустроенных помещениях или площадках, предназначенных для хранения запасов товаров различных наименований, а также выполнения над ними ряда важных логистических операций, таких как сортировка, комплектация, упаковка и прочие. На основе анализа предлагаются направления совершенствования управления, даются рекомендации по использованию зарубежного



Рис. 1. Возможности автоматизированных складов для мясopодуктов

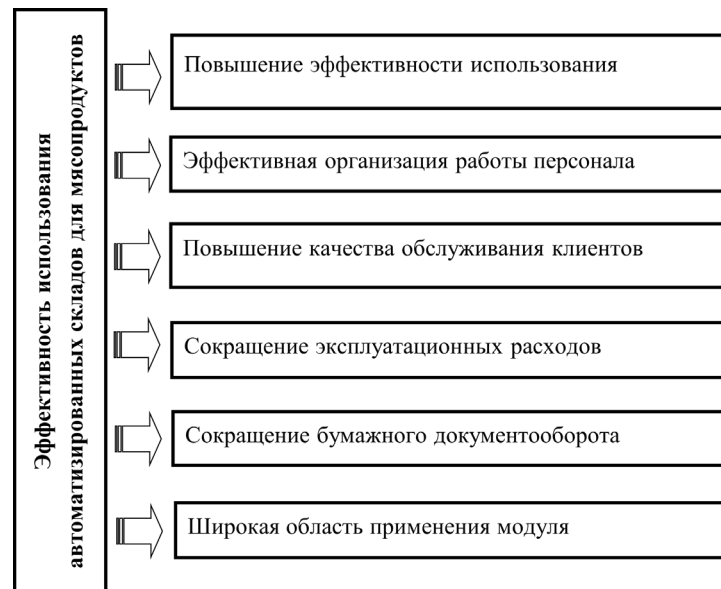


Рис. 2. Повышение эффективности использования складских площадей автоматизированных складов

опыта, рассматриваются новые технологии и примеры использования искусственного интеллекта в логистике складирования [6]. Процессы цепочки поставок являются сложными и многогранными системами, которые включают множество этапов, от закупки сырья до доставки готовой продукции конечным потребителям. Ошибки на любом из этих этапов могут привести к значительным финансовым потерям, задержкам в поставках и ухудшению качества обслуживания клиентов. Методы ведения бизнеса, развивавшиеся на протяжении многих лет, способствовали эволюции цепочек поставок. Для эффективного управления растущим разнообразием бизнес-транзакций необходимо внедрять технологии «Индустрии 4.0». Они представляют набор инновационных решений, основанных на массовой популяризации информационных технологий в промышленности, масштабной автоматизации бизнес-процессов и распространении искусственного интеллекта. Применение этих технологий и систем поддержки принятия решений в логистической сфере позволяет сделать управление цепочками поставок более эффективными, что, в свою очередь, повысит уровень удовлетворенности клиентов, увеличит прибыль организаций, улучшит качество продукции, сократит сроки выполнения заказов и снизит риски утраты данных.

Оптимизация транспортно-складских процессов в логистике за счет применения инновационных технологий является важной и актуальной задачей для настоящего времени [2].

Автоматизированные склады для мясной продукции могут быть:

- Для готовой продукции. Роботизированные склады, где роботы выполняют задачи по заранее заданным алгоритмам, транспортируют пустую и полную тару непрерывным циклом, сортируют продукцию.
- Для сырья. Автоматизация таких складов требует учёта партий и сроков годности, управле-

ния отбором и отгрузкой на производство в соответствии с этими характеристиками.

- Распределительные центры мясокомбинатов. В планировке таких складов учитывают совместимость разных видов мяса (замороженного и охлаждённого), требования СанПиНа, жёсткие границы температуры хранения и различный вес упаковок и коробок с товаром.

Автоматизированные склады для мясoproдуктов – это складские комплексы, которые оснащены системами управления и оборудованием, предназначенными для автоматизации складских операций, учёта и контроля за сохранностью продукции. Такие склады позволяют (Рис. 1):

Повышение эффективности использования складских площадей автоматизированных складов для мясoproдуктов является важной и актуальной задачей (Рис. 2).

- Повышение эффективности использования складских площадей. Оперативный контроль остатков на любом этапе работы.

- Эффективная организация работы персонала. Экономия рабочего времени. Анализ работоспособности сотрудников.

- Ускорение складских операций. Минимизация ошибок из-за человеческого фактора при работе.

- Повышение качества обслуживания клиентов. Сокращение сроков обработки заказов, что существенно повышает конкурентоспособность компании.

- Сокращение эксплуатационных расходов. Эффективное использование складской техники за счет рационального планирования маршрутов погрузчиков.

- Сокращение бумажного документооборота. Автоматическое создание онлайн-отчетов в реальном времени.

- Широкая область применения модуля. Стои-



Рис. 3. Оборудование для автоматизированных складов мясной продукции

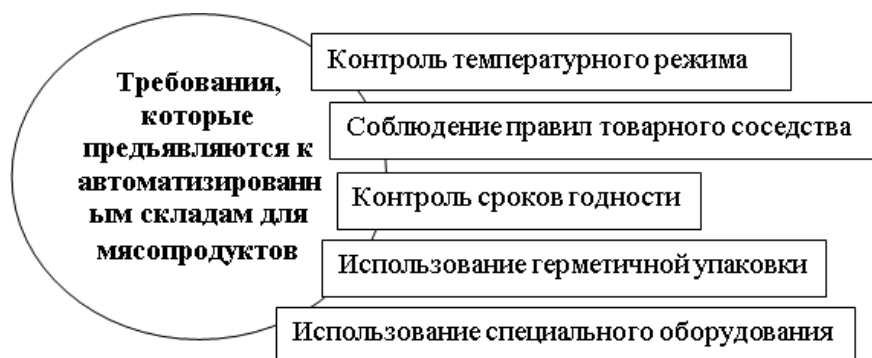


Рис. 4. Требования, предъявляемые к автоматизированным складам для мясопродуктов

мость установки не зависит от количества рабочих мест.

Для автоматизации складов мясной продукции используют следующие системы управления:

- WMS-системы. Автоматизируют операции приёмки, размещения, формирования заданий на оптовый и розничный отбор, подтарки (пополнения), отгрузки, инвентаризации, формирования и печати штрихкодов, планирования ресурсов, учёта тары.
- Специализированное программное обеспечение. Например, «Склад 15», которое автоматизирует все ключевые этапы работы на складе – от приёмки товара до отгрузки. Программа отслеживает сроки годности, анализирует данные о продажах и позволяет планировать закупки.
- ERP-решения для мясоперерабатывающих предприятий, например, «1С:ERP Управление мясоперерабатывающим предприятием» или «TALARIX МЯСОКОМБИНАТ». Эти системы автоматизируют управленческий, производственный, бухгалтерский и налоговый учёт, включая подготовку отчётности.

На рисунке 3 представлено оборудование, используемое для автоматизированных складов мясной продукции.

- Гравитационные стеллажи – роликовые полки, установленные на специальных рамах под углом к горизонту. Обеспечивают высокий оборот груза, что важно для продуктов ограниченного срока хранения.

- Автоматизированные накопительные стеллажи – для хранения продукции в пластиковых

ящиках, загрузка и выгрузка производятся при помощи автоматизированного манипулятора.

- Транспортную систему – для перемещения продукции в пластиковых ящиках на загрузку и выгрузку, включает транспортеры, выталкиватели, тормозные и отсечные устройства.
- Терминалы сбора данных – для автоматизации оперативного учёта и автоматической идентификации, например, мобильные терминалы сбора данных, стационарные информационные панели, электронные весы, принтеры, сканеры RFID-меток и штрихкода.

В настоящее время внедрены проекты по автоматизации складов мясной продукции:

- Автоматизация склада агрохолдинга «Сибирская Аграрная Группа». Внедрение системы «1С-Логистика: Управление складом» позволило автоматизировать операции приёмки, размещения, формирования заданий на оптовый и розничный отбор, подтарки (пополнения), отгрузки, инвентаризации, формирования и печати штрихкодов, планирования ресурсов, учёта тары.
- Автоматизация склада мясоперерабатывающего комбината «Ариант». Внедрение системы TopLog WMS позволило автоматизировать процессы производственно-складского комплекса от планирования производства до отгрузки продукции. Система интегрирована с широким спектром оборудования для автоматизации оперативного учёта и автоматической идентификации.
- Автоматизация работы склада у производителя мясной продукции «ДюбуА». Внедрение решения «Mobile SMARTS: Склад 15» позволило автоматизировать процесс контроля сборки заказов,

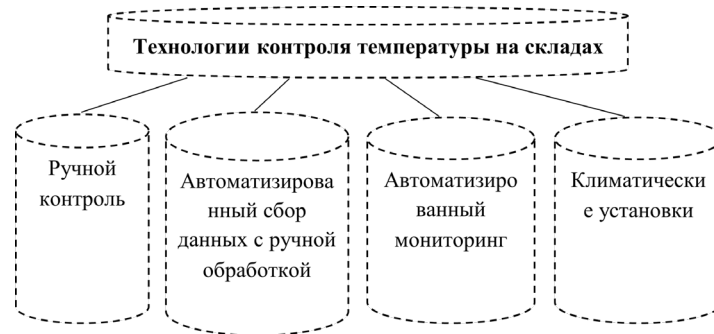


Рис. 5. Технологии контроля температуры на складах

сократить время передачи заказа от отдела продаж до склада с 20 минут до нескольких секунд.

- Автоматизация склада любой площади с системой WMS. Ускорение работы склада, внедрение штрихкодирования и ТСД, адресное хранение balans-wms.ru

К автоматизированным складам для мясопродуктов предъявляются высокие требования (Рис. 4):

Контроль температурного режима. Охлаждённое мясо хранится при температуре от 0 °С до +4 °С, а замороженное — при температуре -18 °С и ниже. Для охлаждённого мяса оптимальная влажность воздуха составляет 85–90%, а для замороженного — 95–98%.

Соблюдение правил товарного соседства. Мясная продукция должна храниться отдельно от других продуктов, чтобы предотвратить контаминацию.

Контроль сроков годности. Мясная продукция имеет ограниченный срок хранения. Автоматизированная система управления складом позволяет эффективно отслеживать сроки годности и обеспечивать реализацию продукции по принципу FEFO (первым истекает срок годности, первым выдаётся).

Использование герметичной упаковки. Она предотвращает высыхание и окисление.

Использование специального оборудования. Погрузчики и другое оборудование должны иметь шины, которые при износе не выделяют каучуковую пыль в окружающую атмосферу. Запрещается использование погрузчиков, работающих на бензине, из-за выбросов выхлопных газов, которые могут повлиять на качество продукции.

Технологии контроля температуры на складах представлены на рисунке 5.

- Ручной контроль. Самый простой и бюджетный способ – установка термометров или цифровых термогигрометров с последующим визуальным считыванием данных сотрудниками. Обычно замеры проводятся с определённой периодичностью (например, каждые 4 часа), и данные заносятся в журнал.
- Автоматизированный сбор данных с ручной обработкой. В этом случае применяют электронные логгеры (регистрирующие устройства), которые устанавливаются в разных точках склада. Они непрерывно фиксируют значения температуры (и/или влажности) с заданной периодичностью и

сохраняют данные во встроенную память. По окончании периода мониторинга логгеры извлекаются, подключаются к компьютеру, и информация анализируется с помощью специального программного обеспечения.

- Автоматизированный мониторинг. Самое надёжное и современное решение – установка системы автоматического мониторинга температуры, работающей в режиме реального времени. Такая система включает в себя сеть беспроводных или проводных датчиков, контроллер, программное обеспечение и интерфейс для удалённого доступа.

- Климатические установки. Для поддержания стабильного температурного режима на складе используют кондиционеры, осушители воздуха и системы вентиляции.

Также для контроля температуры внутри продуктов, особенно крупных кусков мяса или больших объёмов жидких блюд, используют погружные термометры.

Автоматизированный мониторинг температуры на складах имеет следующие преимущества (Рис. 6):

Непрерывный мониторинг. Постоянный сбор данных о температуре и влажности позволяет оперативно реагировать на любые изменения.

- Удаленный доступ. Отслеживать состояние склада можно из любого места, используя мобильные устройства или компьютеры.
- Автоматическая регулировка параметров. Система может самостоятельно регулировать климатические условия на складе, предотвращая отклонения от нормы.
- Прогнозирование и предупреждение. Система может предсказывать изменения условий и предупреждать операторов о возможных проблемах, что позволяет предотвратить порчу продукции.
- Оптимизация энергозатрат и повышение эффективности. Автоматическое регулирование температуры и влажности на основе данных с датчиков позволяет снизить энергопотребление, что особенно важно для больших складских комплексов.
- Интеграция с системами безопасности. Это позволяет не только контролировать климатические условия, но и обеспечивать защиту товаров от краж и повреждений.

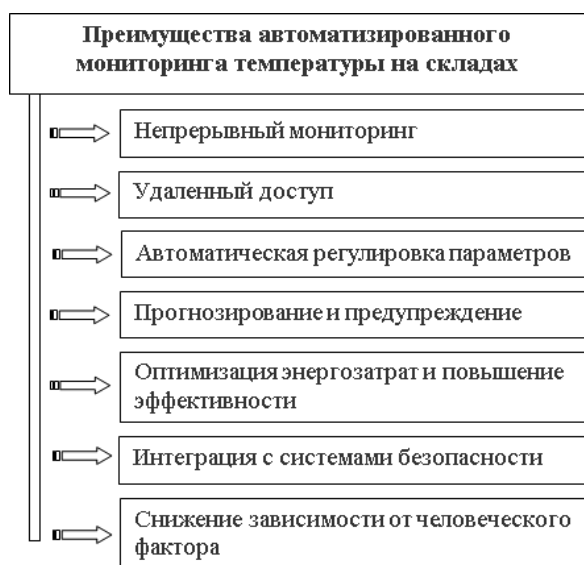


Рис. 6. Преимущества автоматизированного мониторинга температуры на складах

- Снижение зависимости от человеческого фактора. Автоматизация процессов минимизирует ошибки и обеспечивает стабильность работы складских систем, что освобождает персонал для выполнения других задач.

Компания AXELOT и агрохолдинг «Сибирская Аграрная Группа» реализовали проект модернизации склада. Каждый день на складской комплекс Сибирской Аграрной Группы в городе Томске поступает до 60 т готовых мясных продуктов 200 различных видов. В этот же день они распределяются по 1000 заказов (в пиковые периоды эта цифра доходит до 1500), среди которых нет одинаковых по ассортименту и массе. Количество работников в смене – 16 человек.

На складе обеспечивается соблюдение сроков годности продукции, устранены ошибки в ее учете, а опасность неправильной комплектации заказов полностью исключена.

Таковы лишь некоторые результаты модернизации, осуществленной агрохолдингом. Основными этапами преобразований стали внедрение автоматизированной системы управления (WMS) и ее интеграция с роботизированным оборудованием.

Автоматизация была призвана в первую очередь уменьшить количество ошибок, обусловленных пресловутым «человеческим фактором»: пересорта, перегруза, недогруза. Кроме того, стояла задача насколько возможно увеличить скорость подбора товаров в заказ. Поэтому были объединены возможности WMS и роликового транспорта. Результатом стала автоматизация всех процессов склада, включая процедуры планирования и диспетчеризации. Создана автоматизированная система, которая не только минимизирует работу персонала, но и полностью контролирует все перемещения товара на складе.

В качестве WMS, после изучения множества представленных на рынке систем, была выбрана

система «1С-Логистика: Управление складом», разработанная компанией AXELOT.

Специалисты AXELOT не только внедрили систему «1С-Логистика: Управление складом», но и решили задачу ее интеграции с системой управления транспортом.

Еще одной особенностью автоматизации склада Сибирской Аграрной Группы стало внедрение WMS-системы без остановки производства. Это позволило агрохолдингу получить работающую систему без единого дня простоя и сэкономить примерно вдвое против внедрения с остановкой производства – порядка 20 млн. руб. Для сравнения, ни одна из европейских компаний – разработчиков WMS, которые агрохолдинг ранее рассматривал в качестве возможных подрядчиков, не была готова осуществить внедрение WMS в режиме онлайн.

В результате внедрения «1С - Логистика: Управление складом» на складе агрохолдинга были автоматизированы операции приемки, размещения, формирования заданий на оптовый и розничный отбор, подтарки (пополнения), отгрузки, инвентаризации, формирования и печати штрихкодов, планирования ресурсов, учета тары. Кроме того, система в автоматическом режиме рассчитывает рекомендуемое число работников для выполнения текущих заданий.

Еще одна важная функция WMS, которая была использована на складе Сибирской Аграрной Группы, – возможность в автоматическом режиме проводить инвентаризацию товара и обнаруживать пересорты, недостачи и излишки продукции как по складу целиком, так и пояеочно. Это позволяет агрохолдингу проводить инвентаризацию склада по частям, без остановки производства.

Была произведена и настройка оборудования: подключены весы и терминалы сбора данных (ТСД) Motorola, а также стационарные и мобильные принтеры этикеток Zebra. Созданы 22 автоматизированных рабочих места.

Интеграция WMS «1С-Логистика: Управление складом» с информационными системами Сибирской Аграрной Группы позволила оформлять заказы на склад из центрального офиса, разбивать их по рейсам с учетом очередности погрузки в транспортные средства и выполнять ряд других задач.

Итогом комплексных изменений складского комплекса Сибирской Аграрной Группы стало качественное повышение его эффективности. Были достигнуты главные цели, поставленные руководством холдинга, – существенное увеличение скорости обработки заказов и сведение к минимуму зависимости от человеческого фактора. Однако этим экономический эффект модернизации отнюдь не ограничился: автоматизация склада позволила решить и ряд других важных задач.

Увеличилась пропускная способность складского комплекса. Удалось полностью исключить ошибки, связанные с отклонением по массе в заказах и с пересортицей. Это, в свою очередь, свело к



Рис. 7. Роботизированный склад на 900 тонн единовременного хранения

минимуму претензии клиентов. В три раза сократились потери товара. Инвентаризация теперь выполняется 1 раз в месяц, в то время как до модернизации ее приходилось проводить каждую неделю.

В настоящее время на многих предприятиях существуют трудности с организацией хранения на складах. Одним из решений этой проблемы могут стать автономные мобильные роботы (AMR), которые значительно повышают эффективность складских операций. Автоматизация процессов помогает увеличить доходность и общую эффективность бизнеса, снижая затраты на персонал и минимизируя риск ошибок, связанных с человеческим фактором. Крупные компании активно вкладывают средства в инновации в этой области, и в ближайшие годы технологии, которые сейчас воспринимаются как фантастика, вероятно, будут широко распространены в логистических центрах и складах. Ключевые преимущества AMR для складов: 1. Гибкость и адаптивность. AMR могут адаптироваться к изменяющимся условиям на складе и самостоятельно находить оптимальные маршруты. 2. Повышение эффективности. AMR могут работать 24/7 без перерывов, что значительно увеличивает производительность склада. 3. Снижение затрат на персонал. Автоматизация транспортировки товаров позволяет сократить количество сотрудников, необходимых для выполнения рутинных задач. 4. Уменьшение ошибок. AMR выполняют задачи с высокой точностью, что снижает вероятность ошибок при перемещении товаров. 5. Оптимизация пространства. AMR могут работать в узких проходах и на высоких стеллажах, что позволяет более эффективно использовать складское пространство. 6. Повышение безопасности. Автоматизация опасных и тяжёлых операций снижает риск травм среди сотрудников. Если мы сравним разные системы, то можем увидеть, что каждая из них имеет свои преимущества и недостатки, а также разную стоимость и сроки внедрения.

Таким образом, внедрение системы AMR на складе действительно повышает безопасность, автоматизируя опасные и тяжёлые задачи. Такая система подойдет для предприятий, где необходима быстрая реакция на изменение спроса, модификацию бизнес-процессов. Способность AMR адаптироваться к изменениям и находить оптимальные

маршруты делает их эффективными и гибкими инструментами для улучшения логистики. Это не только уменьшает риски травм, но и повышает общую производительность склада [5].

Группа компаний «Дамате» открыла в 2022 году в Пензе первый в стране роботизированный склад для ультрасвежих продуктов в рамках реализации проекта по роботизации стоимостью более 110 млн. рублей (Рис.7). Решение нового поколения позволит оптимизировать затраты на логистику и повысить производительность склада.

После подготовки помещения было начато внедрение системы роботизации, разработки партнера компании – SmartDynamics. Здесь были установлены моно-платформы и платформы-стеллажи для размещения товара, высота которых позволяет роботу свободно проехать и развернуться под ней. На каждую платформу нанесен QR-код для считывания его роботом, что помогает ему находить необходимый стеллаж. Важный этап установки решения – проектировка топологии склада при помощи QR-кодов. Они размещаются в четко выверенных местах нахождения стеллажей и имеют ориентацию по сторонам света для навигации роботов. Кроме того, была нанесена разметка пола для безошибочного перемещения роботов по складу. В помещении была установлена рабочая станция – важная часть роботосклада и единственное место, где присутствуют люди. При помощи станции сотрудник контролирует корректность заказов для поставщиков, забирает продукцию, привезенную роботом для каждого заказа, и формирует его окончательно.

После установки комплектующих в помещение были запущены 8 роботов, способных перевозить до 600 кг, и 2 робота, способных транспортировать до 1000 кг. Они в 3-4 раза быстрее человека выполняют все действия: перемещение и отбор товара к отгрузке (пикинг), проводят инвентаризацию, уплотнение и комплектование паллет на отгрузку заказчикам.

Внедрение роботов в систему управления складом позволяет оптимизировать использование площади помещений и улучшить управление складскими запасами, исключить ошибки из-за влияния человеческого фактора, что в свою очередь повышает производительность склада – количество выполненных задач на заказы в час.

Роботизированный склад – более выгодное и надежное решение, чем классические стационарные склады. Кроме того, система обладает высокой мобильностью, что дает возможность переместить старый или установить новый роботизированный склад в оперативные сроки.

Выводы

1. В настоящее время на многих предприятиях существуют трудности с организацией хранения на складах. Одним из решений этой проблемы могут стать автономные мобильные роботы, которые

значительно повышают эффективность складских операций.

2. Автоматизация склада – это внедрение программного обеспечения, интеграция электронного современного оборудования в логистические процессы.

Литература

- [1] Зотова, О. Оптимизация работы линии и организация работы склада Технологии в электронной промышленности. – 2008. – № 5(25). – С. 82-83. – EDN MUGQUZ.
- [2] Коренякина Н.Н., Горянин Н.В. Оптимизация транспортно-складских процессов в логистике за счет применения инновационных технологий // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. – 2024. – № 3. – С. 36-42.
- [3] Королева, А.И., Кизимиров М.В. Проблемы и ошибки в организации работы складов, влияющие на эффективность работы // Наука и образование транспорту. – 2016. – № 1. – С. 136-138. – EDN XEPEQR.
- [4] Кузнецов, С. И., Шевченко, О. В. Виртуальные склады как новая форма организации логистических процессов // Научный журнал КубГАУ. – 2023. – № 135(11). – С. 32-45.
- [5] Пивцаева, Д.А., Дударева О.О. Склады будущего: автономные мобильные работы и их преимущества // Интеллектуальные ресурсы - региональному развитию. – 2025. – № 1. – С. 827-830. – EDN SORWQL.
- [6] Писарев М. В., Шепелин Г. И. Оптимизация процессов в логистике складирования //Журнал E-scio 2022.
- [7] Цапенко, М.В., Кегенбеков Ж.К. Инновационные технологии в оптимизации транспортно-складских процессов // Логистика - евразийский мост: материалы 12-й Международной научно-практической конференции, Красноярск, 18–20 мая 2017 года. Том Часть 2. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2017. – С. 290-293. – EDN YMQUIOP.
- [8] Черкасов, Д.В., Кустенко А.А. Исследование работы автоматизированных и автоматических складов // НИРС-2022 [Электронный ресурс]: материалы 78-й научно-практической конференции студентов / ред. кол.: А. С. Поварехо [и др.]; под общ. ред. А. С. Поварехо; сост. А. С. Поварехо. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 193-195.
- [9] Шутова, О.А., Моисеева Н.Е., Гогин А.А. Организация контроля качества работы склада сырья и вспомогательных материалов на предприятии по переработке мяса и мясных изделий // Инновационные технологии в науке: управление качеством, метрологическое обеспечение, новые подходы и цифровизация производства в сфере

3. Группа компаний «Дамате» запустила в 2022 году в Пензе первый в пищевой промышленности РФ роботизированный склад на 900 тонн единовременного хранения на крупнейшем в Европе заводе глубокой переработки индейки.

References

- [1] Zotova, O. Optimization of the Line Operation and Warehouse Management Technologies in the Electronic Industry. – 2008. – No. 5(25). – Pp. 82-83. – EDN MUGQUZ.
- [2] Korenyakina N.N., Goryanin N.V. Optimization of Transport and Warehouse Processes in Logistics through the Use of Innovative Technologies // Intellectual Resources for Regional Development. – 2024. – No. 3. – Pp. 36-42.
- [3] Koroleva, A.I., Kizimirov M.V. Problems and errors in the organization of warehouses, affecting the efficiency of work // Science and Education to Transport. – 2016. – No. 1. – Pp. 136-138. – EDN XEPEQR.
- [4] Kuznetsov, S. I., Shevchenko, O. V. Virtual Warehouses as a New Form of Organizing Logistical Processes // KubSAU Scientific Journal. – 2023. – No. 135(11). – Pp. 32-45.
- [5] Pivtsaeva, D.A., Dudareva O.O. Warehouses of the Future: Autonomous Mobile Work and Its Advantages // Intellectual Resources for Regional Development. – 2025. – No. 1. – Pp. 827-830. – EDN SORWQL.
- [6] Pisarev M. V., Shepelin G. I. Optimization of Processes in Warehouse Logistics //E-scio Journal 2022.
- [7] Tsapenko, M.V., and Kegenbekov, Zh.K. Innovative Technologies in Optimizing Transport and Warehouse Processes // Logistics - the Eurasian Bridge: Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference, Krasnoyarsk, May 18-20, 2017. Volume Part 2. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2017, pp. 290-293. EDN YMQUIOP.
- [8] Cherkasov, D.V., Kustenkov, A.A. Research of the operation of automated and automatic warehouses // NIRS-2022 [Electronic resource]: materials of the 78th scientific and practical conference of students / ed. by A. S. Povareho [et al.]; under the general editorship of A. S. Povareho; compiled by A. S. Povareho. Minsk: BNTU, 2022. pp. 193-195.
- [9] Shutova, O.A., Moiseeva N.E., Gogin A.A. Organization of quality control of a warehouse of raw materials and auxiliary materials at a meat and meat products processing plant // Innovative technologies in science: quality management, metrological support, new approaches and digitalization of production in the agricultural sector: Collection of scientific materials of the First All-Russian (national) Scientific and Practical Conference with international participation, dedicated to the World Metrology Day, Saratov, April 28, 2023. –

АПК: Сборник научных материалов I Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к Всемирному дню метрологии, Саратов, 28 апреля 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. – С. 191-198. – EDN VPLITK.

Saratov: N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University, 2023. – Pp. 191-198. – EDN VPLITK.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Шабает Рафик Раффалевич магистрант кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: E-mail:</p>	<p>Shabaev Rafik Raffalevich Master student at the department of «Agricultural products processing» Penza State Agrarian University Phone: E-mail:</p>
<p>Зимняков Владимир Михайлович доктор экономических наук профессор кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: +7(927) 444-33-22 E-mail: zimnyakov@bk.ru</p>	<p>Zimnyakov Vladimir Mikhailovich D.Sc. in Economics professor at the department of «Agricultural products processing» Penza State Agrarian University Phone: +7(927) 444-33-22 E-mail: zimnyakov@bk.ru</p>

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 637.3(470)

Современное производство сыров в России

Зимняков В.М.

Аннотация. В данной статье представлен анализ производства сыров в России. Установлено, что российское сыроделие переживает активное развитие. Объем производства твёрдых и полутвёрдых сыров с учётом сырных продуктов в 2024 году составил 861 тыс. тонн, что превышает в 1,9 раза объем сыров в 2015 году. Приведены показатели производства сыров ТОП-10 крупнейших производителей в России за 2023 и 2024 годы. Отмечены особенности производства сыров в России. Перечислены факторы молока, влияющие на качество сыра. Оборудование для производства сыра влияет на качество продукции через точный контроль параметров, автоматизацию процессов и создание определённых условий для созревания. Инновации в производстве сыров включают разработки в разных областях: технологии, оборудование, микрофлора и управление процессами. На формирование сырного вкуса влияют следующие параметры: качество молока, выбор коагулянта, содержание соли, молочнокислые бактерии, которые применяются в процессе производства сыра, культуры для созревания, которые участвуют только в развитии вкуса во время созревания.

Ключевые слова: сыр, производство, качество, объём, оборудование, показатели, продукция, технология, факторы.

Для цитирования: Зимняков В.М. Современное производство сыров в России // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 104–110.

Modern production of cheeses in Russia

Zimnyakov V.M.

Abstract. This article provides an analysis of cheese production in Russia. It has been established that Russian cheese production is experiencing active development. The volume of production of hard and semi-hard cheeses, including cheese products, in 2024 amounted to 861 thousand tons, which is 1.9 times higher than the volume of cheeses produced in 2015. The article provides production figures for the TOP 10 largest cheese producers in Russia for 2023 and 2024. It highlights the specific features of cheese production in Russia. The article also lists the factors that affect the quality of cheese, such as the quality of milk. The equipment used in cheese production plays a crucial role in ensuring the quality of the final product, as it allows for precise control of parameters, automation of processes, and creation of specific conditions for cheese maturation. Innovations in cheese production include developments in various fields: technology, equipment, microflora, and process management. The following parameters influence the formation of cheese flavor: milk quality, choice of coagulant, salt content, lactic acid bacteria used in the cheese production process, and ripening cultures that only contribute to flavor development during ripening.

Keywords: cheese, production, quality, volume, equipment, indicators, products, technology, and factors.

For citation: Zimnyakov V.M. Modern production of cheeses in Russia. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 104–110. (In Russ.).

Введение

Из всего ассортимента молочных продуктов особое место занимают сыры, которые представляют собой своего рода концентрат молока с высокой хранимоспособностью [9].

Сырный сегмент молочной продукции является одним из наиболее востребованных и привлекательных на российском продовольственном рынке с позиции высокой доходности и перспектив роста внутреннего потребления. Сегмент сыров составляет около 30 % молочного рынка России в натуральном выражении.

Сыроделие остается одним из самых привлекательных сегментов в молочной индустрии. Производителям следует акцентировать внимание на брендинг, стабильность качества и оптимальные линейки. В целом на рынке сыров растет доля СТМ, наблюдается активный рост спроса на сырные продукты, также наблюдается рост тендерных поставок в торговых сетях. Увеличение объемов производства сыров прогнозируется за счет ввода новых проектов, совершенствования рецептур и расширения ассортиментных линеек у производителей, а также повышения спроса на продукцию отечественных фермеров-сыроваров в сегменте HoReCa [7].

Целью работы является изучение современного состояния производства сыров в России.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования является информация по производству сыров в России. Инструментарно-методический аппарат исследования определяется совокупностью использованных методов общенаучных и экономических исследований. В процессе обработки исходной информации и других привлеченных аналитических материалов применялись анализ и синтез, логический, корреляционный и статистический анализ.

Результаты и их обсуждение

Российское сыроделие переживает активное развитие, и последний год подтвердил этот тренд. Благодаря инвестициям и растущему спросу на локальную продукцию производство сыра в стране продолжает набирать обороты, приближая объемы к рекордным значениям. По прогнозам аналитиков, в 2030 году российские производители сыра смогут занять 80% отечественного рынка.

Анализируя производство сыров в России за 2015 – 2024 годы (Рис.1) видно, что оно постоянно растет. Объем производства твердых и полутвердых сыров с учетом сырных продуктов в 2024 году составил 861 тыс. тонн, что превышает в 1,9 раза объем сыров в 2015 году. По сравнению с 2023 годом объем производства сыров вырос на 6,9%.

По итогам 2024 года, по данным рейтинга «Союзмолоко», Milknews и Streda Consulting, совокупный объем производства твердых и полутвердых сыров с учетом сырных продуктов двадцатью крупнейшими компаниями России достиг 343 тыс. т, что на 2,4% больше, чем в 2023 году. Рассмотрим производство сыров ТОП-10 крупнейших производителей в России за 2023 и 2024 годы (Таблица 1).

По итогам 2024 года лидером среди производителей сыров является ООО «Юговской комбинат молочных продуктов» («ЮКМП») – 44,7 тыс. тонн, несмотря на снижение темпа производства по сравнению с 2023 годом на 5,1%. На втором месте находится Группа компаний «Фудлэнд» с объемом производства 31,6 тыс. тонн (+1,0%). Третье место занимает ГК «ВАМИН», увеличив объемы производства с 19,8 тыс. тонн в 2023 году до 23,0 тыс. тонн в 2024 году (+16,1%). В пятёрку лидеров вошли также PepsiCo (Вимм-Билль-Данн) с объемом 22,3 тыс. т (+12,6%) и холдинг СК «Ичалковский» / СЗ «Сармич» – 21,0 тыс. т (+8,8%).

Производство сыров в России имеет особенности, связанные с технологиями, требованиями к сырью (Рис.2).

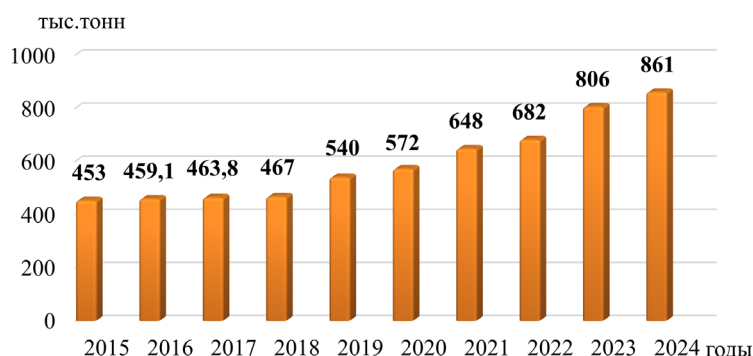


Рис. 1. Производство сыра в РФ по годам, тыс. тонн

Таблица 1 – Производство сыров ТОП-10 крупнейших производителей в России за 2023 и 2024 годы

Место	Компания	Объем производства (тыс. т) 2024 г.	Объем производства (тыс. т) 2023 г.	2024/2023 в %
1	ООО «Юговской комбинат молочных продуктов» («ЮКМП»)	44,7	47	-5,1
2	Группа компаний «Фудлэнд»	31,6	31,3	1
3	ГК «ВАМИН»	23	19,8	16,1
4	PepsiCo (Вимм-Билль-Данн)	22,3	19,8	12,6
5	Сыродельный комбинат «Ичалковский» / СЗ «Сармич»	21	19,3	8,8
6	Товарищество на Вере «Сыр Стародубский»	17	18,1	-6
7	ГК «Киприно»	17	17	0
8	DMK Group	17	16,4	3,1
9	АМП «Дамол»	16	15,7	1,7
10	Белебеевский молочный комбинат	15,5	13,7	11,6

Рассмотрим особенности производства сыров в России:

- Использование коровьего молока. Качество молока влияет на качество конечного продукта, поэтому оно должно быть свежим и соответствовать строгим стандартам.
- Добавление заквасочных культур. Они запускают процесс ферментации, формируя текстуру, вкус и аромат сыра.
- Использование сычужных ферментов для свёртывания молока, которые помогают отделять сгустки от сыворотки, образуя сырную массу.
- Формование – после отделения сыворотки сырная масса помещается в специальные формы, которые придают сыру характерную форму.
- Прессование – бывает ручным или механическим, в зависимости от объёма производства. Давление и продолжительность прессования тщательно контролируются, чтобы достичь желаемой плотности и текстуры конечного продукта.
- Засолка – существует два основных метода соления сыра – сухое и в рассоле.

Качество молока напрямую влияет на вкус и текстуру готового сыра (Рис. 3).

Некоторые факторы, которые определяют свойства молока и, соответственно, вкус сыра:

- Вид молока. Например, козье придаёт сыру лёгкую пикантность и слегка ореховый привкус, овечье – насыщенность и маслянистость, а буйволиное, например, используемое для моцареллы, делает вкус мягким. Коровье молоко наиболее уни-

версальное, из него получают сыры с разнообразными вкусовыми оттенками – от мягких до очень острых.

- Жирность молока. Молоко с низким содержанием жира (1–2%) даёт более плотные, твёрдые сыры, так как при снижении жира сыры становятся менее кремовыми. Молоко средней жирности (2,5–3,5%) подходит для мягких и полутвёрдых сыров, так как оно делает текстуру нежной, а вкус сливочным. Высокая жирность (4–6%) характерна для молока овец и буйволов, а также для определённых пород коров.
- Сезонность производства. Летнее молоко, когда животные питаются свежей травой, богато витаминами, каротинами и жирными кислотами, имеет более насыщенный вкус и золотистый оттенок. Зимнее, наоборот, содержит больше жира и белка, но меньше витаминов и каротинов, что делает сыры из него более плотными и мягкими по вкусу.

- Обработка молока. Сырое молоко сохраняет все природные ферменты и микроорганизмы, что помогает добиться многогранного сложного вкуса. Пастеризованное молоко, хотя и делает продукт безопасным для употребления, снижает вкусовую сложность сыра.

Оборудование для производства сыра влияет на качество продукции через точный контроль параметров, автоматизацию процессов и создание определённых условий для созревания. Это касается разных видов оборудования, требований к нему и технологий, которые используются в производстве (Рис. 4).

Некоторые виды оборудования для производства сыра и их влияние на качество:

Сыроварные ванны. В них происходят ключевые процессы: нагрев молока, добавление заквасок и сычужного фермента, свёртывание молока и формирование сырного зерна. Современные ванны оснащены системами точного температурного контроля, автоматическими мешалками, специальными ножами для разрезания сгустка и системами удаления сыворотки.

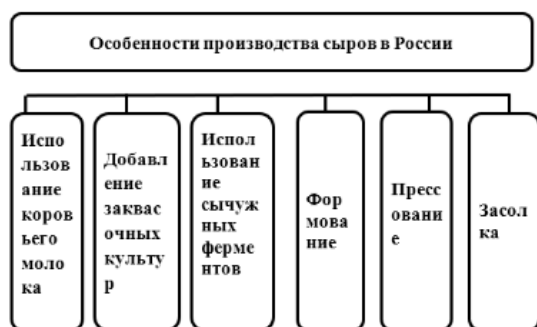


Рис. 2. Особенности производства сыров в России

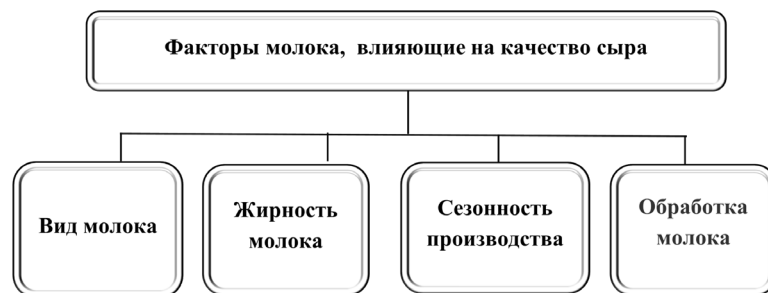


Рис. 3. Факторы молока, влияющие на качество сыра

Оборудование для обработки сырного зерна. После формирования сгустка его разрезают на сырное зерно определённого размера. Для этого используют специальные машины с регулируемы-ми режущими элементами из нержавеющей стали, системами автоматической подачи продукта и возможностью настройки размера получаемого сырного зерна. Правильная резка сгустка критически важна для качества сыра, поскольку влияет на выделение сыворотки и формирование текстуры готового продукта.

Прессовое оборудование и формование. Для получения твёрдых и полутвёрдых сыров необходимо прессование сырной массы. Современные сырные прессы подразделяются на гидравлические прессы с точным контролем давления, пневматические системы прессования и механические прессы с регулируемым усилием. Прессование может осуществляться как в индивидуальных формах, так и в крупных блоках с последующим разрезанием.

К оборудованию для производства сыра предъявляются следующие требования (Рис. 5):

Материал корпуса. Например, сыроварни из пищевой нержавеющей стали AISI 304 или AISI 316, которые устойчивы к коррозии, легко моются и соответствуют санитарным нормам.

Система нагрева и охлаждения. Для твёрдых сыров важна стабильность высоких температур, а для мягких — возможность быстрого охлаждения. Нужно искать модели с паровым или водяным нагревом и встроенными системами охлаждения.

Объём и габариты. Оборудование должно соответствовать размерам производства: компактные модели легче интегрировать в небольшие помещения, тогда как крупные сыроварни требуют просторных цехов.

В последнее время производство сыров ста-

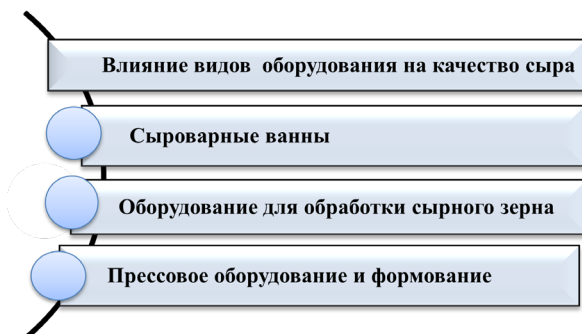


Рис. 4. Влияние видов оборудования на качество сыров

новится все более инновационным. Инновации в производстве сыров включают разработки в разных областях: технологии, оборудование, микрофлора и управление процессами (Рис. 6):

Инновации, которые используются в современном оборудовании для производства сыра:

- Точный контроль температуры и времени. Современные чаны с цифровым управлением позволяют задавать параметры с точностью до десятых долей градуса, обеспечивая стабильность и повторяемость.
- Автоматизация процессов. Автоматизированные системы нарезки творожного сгустка и прессования обеспечивают равномерность структуры сыра. Это особенно важно для твёрдых сыров, где однородность текстуры влияет на баланс вкуса.
- Инновационные материалы. В современном сыроварении стандартом стала нержавеющая сталь, которая гигиенична, устойчива к коррозии и не влияет на вкус сыра.
- Технологии созревания. Камеры с контролируемой влажностью и температурой позволяют точно регулировать условия, что особенно важно для сыров с плесенью, таких как рокфор или горгонзола.
- Улучшенные способы пастеризации. Улучшить качество и сохранить питательные свойства сыра позволяют, например, высокотемпературная кратковременная пастеризация, ультравысокотемпературная обработка и введение ультразвука.
- Использование искусственного интеллекта. ИИ применяется для прогнозирования оптимальных условий для каждого сорта сыра, основываясь на данных о сырье и окружающей среде.
- Энергоэффективные технологии. Современное сырное оборудование включает в себя системы восстановления тепла, которые миними-



Рис. 5. Требования к оборудованию для производства сыра, влияющие на качество

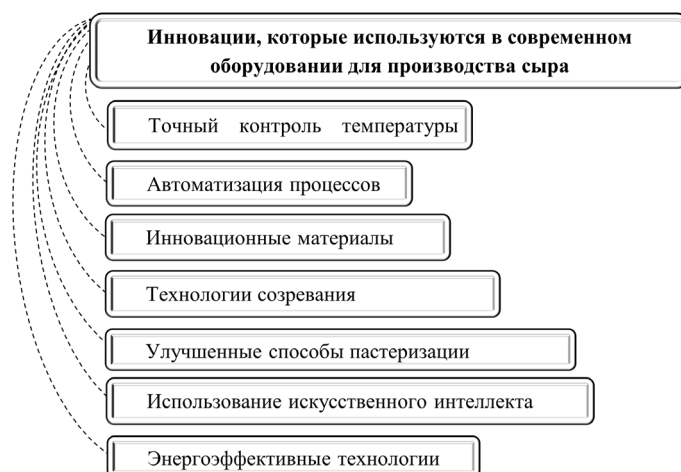


Рис. 6. Иновации, которые используются в современном оборудовании для производства сыра

зируют потребление энергии, не ставя под угрозу качество сыра

На сегодняшний день сыр является одним из самых распространенных продуктов питания во всём мире. Известно о существовании более 1800 сортов этого лакомства, и количество видов сыра продолжает расти. Большую долю сыров с плесенью, особенно голубых сортов, производят в западноевропейских странах. Для российского покупателя такие сыры являются экзотической, малоиспробованной продукцией, уступая по востребованности более традиционным сортам этого молочного продукта. В сыроварении используется несколько различных видов плесени, каждый из которых имеет свои уникальные характеристики и влияет на вкус, текстуру и аромат сыра. Некоторые виды растут в природных условиях (в верхних слоях почвы, на растениях, на органических останках), но наиболее безопасным методом выращивания плесени для сыров является лабораторный. Выращенная в стерильных условиях микрофлора не только сохраняет все полезные микроэлементы, ни в чём не уступая своим природным аналогам, но и безопасна для здоровья человека.

Анализ показал, что экологические условия для плесневых грибов могут различаться в зависимости от их вида и конкретного производства сыра. Производители сыра должны учитывать эти факторы, чтобы обеспечить оптимальные условия для роста и развития плесневых грибов, используемых в их продукции [5].

Формирование сырного вкуса достигается благодаря сложному механизму. Множество параметров влияют на вкус сыра. Можно выделить пять наиболее важных из них:

- качество молока. Даже в пастеризованном молоке ферменты будут оказывать положительное или отрицательное (горечь) воздействие;

- выбор коагулянта. Тип и состав являются ключевыми критериями. Все коагулянты можно классифицировать по протеолитической активности, а некоторые из них могут вызывать горечь;

- содержание соли. Первый вкус, который мы

ощущаем в сыре, – соленый. В случае избытка соль маскирует сложность вкуса. Если содержание соли недостаточно, могут восприниматься посторонние привкусы. Но восприятие соленого вкуса – это только один из параметров. Когда мы потребляем сыр, наш язык способен различать другие нюансы вкуса, такие как кислый, сладкий, горький и умами;

- молочнокислые бактерии, которые применяются в процессе производства сыра, будут влиять на текстуру и вкус, которые привлекают потребителя;

- культуры для созревания, которые участвуют только в развитии вкуса во время созревания. Они являются дополнительными и были разработаны для того, чтобы создать разнообразие вкусов.

Развитие вкуса и текстуры требует времени и правильных условий [6]. В результате проведенных исследований в очередной раз подтверждено, что наиболее пригодным для производства сыра является свежее молоко, полученное от коров и коз молочных пород, получающих сбалансированный рацион. Питьевое пастеризованное и ультрапастеризованное молоко независимо от способа упаковки и жирности можно использовать для производства сыра, но при этом следует обращать внимание на производителя молока. Следует учитывать, что из-за необратимых структурных изменений молока, происходящих при воздействии высоких температуры и давления, процесс синерезиса может происходить значительно медленнее, стусток получаться более дряблым, что требует особенного внимания при производстве сыра [1].

Проведено исследование по изучению возможности применения растительных ингредиентов в рецептуре сыра на примере голландского сыра с добавлением грецкого ореха. В работе рассматриваются особенности технологии производства такого сыра, а также вклад российских ученых в развитие данного направления. Особое внимание уделяется анализу влияния добавления грецкого ореха на органолептические, физико-химические и микробиологические показатели готового продукта. Полученные результаты могут быть использованы для

разработки новых видов сыров с растительными добавками, обладающих улучшенными потребительскими свойствами. Использование растительных ингредиентов, в частности грецкого ореха, в рецептуре сыров является актуальным и перспективным направлением, позволяющим расширить ассортимент выпускаемой продукции, улучшить ее потребительские свойства и обогатить ценными биологически активными веществами [2].

По результатам исследований специалисты определили, что сочетание сыра и шоколада составляет идеальную пару. Решение создать совместный продукт пришло спонтанно, в процессе экспериментов было выяснено, что эти продукты просто необходимо соединить. И уже практически с первых экспериментальных партий удалось получить тот самый уникальный сыр в шоколаде, который продолжаем совершенствовать с каждой партией [8].

В исследовании рассмотрены методы оценки зрелости сыров, предназначенных для переработки в плавленые сыры. Подчеркнута важность отбора сыров по этому признаку для прогнозирования консистенции получаемых плавленых сыров: ломтевой или пастообразной. Во ВНИИМС разработана методика измерений буферной емкости водорастворимой фракции сыра методом потенциометрического титрования до заданного значения pH. В отличие от методики измерений с визуальной индикацией

точки конца титрования она более точна, так как исключает индикаторные ошибки и ошибки лаборанта при считывании показаний. Оба метода могут использоваться в практике производственных лабораторий для оценки зрелости сыров, но методика измерений буферной емкости водорастворимой фракции сыра более проста в исполнении и требует меньших затрат времени и труда. Это позволяет рассматривать ее как более предпочтительную по сравнению с методикой определения степени протеолиза, в основу которой положен метод Кьельдаля [3].

Выводы

1. Объем производства твердых и полутвердых сыров с учетом сырных продуктов в 2024 году составил 861 тыс. тонн, что превышает в 1,9 раза объем сыров в 2015 году. По сравнению с 2023 годом объем производства сыров вырос на 6,9%.

2. Совокупный объем производства твердых и полутвердых сыров с учетом сырных продуктов двадцатью крупнейшими компаниями России в 2024 году достиг 343 тыс. т, что на 2,4% больше, чем в 2023 году.

3. Оборудование для производства сыра влияет на качество продукции через точный контроль параметров, автоматизацию процессов и создание определенных условий для созревания.

Литература

- [1] Борисова, А. В., Поликарпова К.В. Изучение пригодности молока сырого, пастеризованного и ультрапастеризованного для приготовления сыра // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2020. – № 2. – С. 44-58. – DOI 10.36107/spfp.2020.225. – EDN SXRGID.
- [2] Жангиров, А. Ш., Лопалева Н.Л. Применение растительных ингредиентов в рецептуре сыра на примере голландского сыра с добавлением грецкого ореха // Молодежь и наука. – 2024. – № 9. – EDN JWSKOE.
- [3] Зимняков, В. М. Производство сыров в России // Нива Поволжья. – 2016. – № 1(38). – С. 15-21. – EDN YRDLEF.
- [4] Лепилкина, О. В., Григорьева А.И. Производство плавленых сыров - рекомендуемые методы оценки зрелости сыров при подборе сырья // Технический оппонент. – 2023. – № 4(12). – С. 35-38. – EDN DRZYMXX.
- [5] Плетнев, В. В. Плесневые грибы при производстве сыров: влияние факторов окружающей среды на их рост и созревание сыра // Студенческая наука - взгляд в будущее: Материалы XVIII Всероссийской студенческой научной конференции, Красноярск, 15–17 марта 2023 года. Том Часть 1. – Красноярск:

References

- [1] Borisova, A. V., and Polikarpova, K. V. Study of the Suitability of Raw, Pasteurized, and Ultra-Pasteurized Milk for Cheese Production. Storage and Processing of Agricultural Products, 2020, No. 2, pp. 44-58. DOI 10.36107/spfp.2020.225. EDN SXRGID.
- [2] Zhangirov, A. Sh., and Lopaeva, N. L. Application of plant ingredients in cheese formulations: the case of Dutch cheese with walnut addition // Youth and Science. – 2024. – No. 9. – EDN JWSKOE.
- [3] Zimnyakov, V. M. Cheese production in Russia // Niva of the Volga region. – 2016. – No. 1(38). – Pp. 15-21. – EDN YRDLEF.
- [4] Lepilkina, O. V., Grigorieva, A. I. Production of Processed Cheeses: Recommended Methods for Assessing the Maturity of Cheeses When Selecting Raw Materials // Technical Opponent. – 2023. – No. 4(12). – Pp. 35-38. – EDN DRZYMXX.
- [5] Pletnev, V. V. Mold fungi in cheese production: the influence of environmental factors on their growth and cheese ripening // Student Science - a Look into the Future: Proceedings of the 18th All-Russian Student Scientific Conference, Krasnoyarsk, March 15-17, 2023. Volume Part 1. - Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2023. - Pp. 257-260. - EDN VOAZMO.

- Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 257-260. – EDN VOAZMO.
- [6] Розе, Г., Маяускайте В. Полутвердые сыры: как дифференцировать вкус сыра? // Сыроделие и маслоделие. – 2019. – № 3. – С. 26-27. – EDN FQXTBN.
- [7] Сурай Н. М. Регионы-лидеры по объемам производства сыров и сырных продуктов на российском рынке Сыроделие и маслоделие. – №4 – 2023. – С. 4-9.
- [8] Сыр в шоколаде, или Зашоколаденный сыр // СФЕРА: Молочная промышленность. – 2017. – № 2(61). – С. 30-33. – EDN ZUCVNX.
- [9] Тасыбаева, Ш. Б., Әбдірайым С.Ж., Хамитова Б.М. Исследование технологии производства сыра с натуральными добавками // International Scientific and Practical Conference World science. – 2016. – Т. 1, № 11(15). – С. 40-42. – EDN WXEWVR.
- [6] Rose, G., and Maiauskaitė V. Semi-hard cheeses: how to differentiate the taste of cheese? // Cheese and Butter Making. – 2019. – No. 3. – Pp. 26-27. – EDN FQXTBN.
- [7] Surai N. M. Leading Regions in Terms of Production of Cheeses and Cheese Products in the Russian Market. – No. 4 – 2023. – Pp. 4-9.
- [8] Chocolate-Covered Cheese // SFEA: Dairy Industry. – 2017. – No. 2(61). – Pp. 30-33. – EDN ZUCVNX.
- [9] Tasybaeva, Sh. B., Әбдірайым S.Zh., Khamitova B.M. Research of the Technology of Cheese Production with Natural Additives // International Scientific and Practical Conference World science. – 2016. – Vol. 1, No. 11(15). – Pp. 40-42. – EDN WXEWVR.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Зимняков Владимир Михайлович доктор экономических наук профессор кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: +7(927) 444-33-22 E-mail: zimnyakov@bk.ru</p>	<p>Zimnyakov Vladimir Mikhailovich D.Sc. in Economics professor at the department of «Agricultural products processing» Penza State Agrarian University Phone: +7(927) 444-33-22 E-mail: zimnyakov@bk.ru</p>
---	--

Обратная связь с покупателями торговой сети «Магнит» как фактор формирования ее конкурентоспособности

Курочкин А.А., Липенгольц В.М.

Аннотация. Совершенствование оборудования ПОП, повышение его эксплуатационной технологичности, а также снижение металлоемкости и энергоемкости являются основными задачами, стоящими перед машиностроительной отраслью страны. Методологическим подходом к решению этой проблемы является разработка рациональной классификации, исключающей ее излишнюю детализацию и признаки, системно не значимых для эксплуатации оборудования ПОП. На основе анализа научно-технической информации в области пищевых производств установлено, что тепловое оборудование ПОП целесообразно классифицировать исходя из комбинированного функционально-технологического признака, который является наиболее информативным. При этом классификация должна учитывать производственный цикл приготовления продукции предприятием общественного питания (стадии производства ПОП), среду, в которой осуществляется технологический процесс тепловой обработки, а также способы ее реализации.

Ключевые слова: классификация, тепловое оборудование, варка, жарка, общественное питание, функциональный признак.

Для цитирования: Курочкин А.А., Липенгольц В.М. Обратная связь с покупателями торговой сети «Магнит» как фактор формирования ее конкурентоспособности // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 111–116.

Feedback from Magnit customers as a factor in shaping its competitiveness

Kurochkin A.A., Lipengolts V.M.

Abstract. Improving the equipment of the POP, increasing its operational processability, as well as reducing the metal and energy intensity are the main tasks facing the machine-building industry of the country. The methodological approach to solving this problem is the development of a rational classification, excluding its excessive detailing and features, systemically not significant for the operation of POP equipment. Based on the analysis of scientific and technical information in the field of food production, it has been established that it is expedient to classify the thermal equipment of the POP based on a combined functional and technological feature, which is the most informative. At the same time, the classification should take into account the production cycle of food products by a public catering enterprise (stages of POP production), the environment in which the heat treatment process is carried out, and the methods of its implementation.

Keywords: classification, thermal equipment, boiling, frying, public catering, functional feature.

For citation: Kurochkin A.A., Lipengolts V.M. Feedback from Magnit customers as a factor in shaping its competitiveness. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 111–116. (In Russ.).

Введение

Общий подход, применяемый в классификации технологического оборудования в пищевой индустрии, обычно регламентирует следующие группы признаков:

- характер воздействия на обрабатываемый продукт;
- структура рабочего цикла;
- степень механизации и автоматизации;
- принцип сочетания в производственном потоке;

- функциональное назначение.

Эти признаки (с некоторыми уточнениями) могут иметь место и в классификации теплового оборудования ПОП. Например, с позиции функционального назначения тепловое оборудование может отождествляться по классификационным признакам, принятым для укрупненной группы и подгруппам оборудования для проведения тепло- и массообменных процессов (для):

- проведения тепловых процессов;
- проведения массообменных процессов;
- сушки и обезвоживания;
- разваривания и варки;
- выпечки и обжарки;
- охлаждения и замораживания.

С другой стороны, технологическое оборудование, используемое на предприятиях общественного питания, существенно отличается от аналогичного оборудования предприятий пищевой промышленности. В основе этих отличий лежит необходимость переработки пищевого сырья с исходными нелимитированными свойствами, относительно малая производительность применяемого оборудования, а также широкий ассортимент выпускаемой кулинарной продукции. Все это обуславливает использование многочисленных типов технологического оборудования общего и целевого назначения [1, 4-6].

Между тем совершенствование оборудования, повышение его эксплуатационной технологичности, а также снижение металлоемкости и энергоемкости являются основными задачами, стоящими перед машиностроительной отраслью страны. Одним из методологических подходов к решению этой проблемы является разработка рациональной классификации, исключающей излишнюю детализацию и вовлечение классификационных признаков, системно не значимых для эффективной эксплуатации оборудования ПОП [2].

Цель работы – обоснование методологического подхода к уточнению классификации теплового оборудования ПОП.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлась научно-техническая, учебно-методическая и патентная информация в части теплового оборудования ПОП.

В работе применялся аналитический метод исследований, основанный на системном подходе к рассматриваемой проблеме.

Результаты и их обсуждение

Анализ научно-технической информации в области пищевых производств свидетельствует, что оборудование для преобразования (обработки и переработки) пищевых систем достаточно удобно классифицировать исходя из комбинированного функционально-технологического признака, который является весьма информативным и в принци-

пе, может быть применен для оборудования ПОП. Одновременно такой подход позволяет учитывать некоторые особенности производственных процессов и технического оснащения ПОП заготовочного и доготовочного типов.

Известно, что для функционирования заготовочных предприятий общественного питания требуется технически сложное, высокоточное и разнообразное оборудование с высокой производительностью. Это оборудование комплектуется в соответствии с технологическим процессом в поточные линии, где все операции – от приема сырья до подачи готовой продукции на склад – механизированы, автоматизированы и роботизированы, что существенно отличает их от технологических процессов ПОП доготовочного типа.

В общем случае для предприятий ПОП характерно деление оборудования на технологическое, вспомогательное, транспортное, энергетическое и санитарно-техническое.

В дисциплине «Технологическое оборудование ПОП» обычно рассматривается только технологическое и вспомогательное оборудование, а также машины и механизмы для внутризаводского перемещения сырья, полуфабрикатов и готовой продукции.

Такой подход достаточно хорошо отражает классификацию оборудования ПОП, в которой учитывается производственный цикл приготовления пищи предприятием общественного питания любого типа и представленный в работе [2, 3].

С другой стороны рациональная классификация теплового оборудования ПОП может и должна отличаться от принципов, принятых при изучении процессов и аппаратов в целом для пищевой отрасли. Вероятно, она призвана из всей номенклатуры оборудования для переработки пищевых систем, выделить наиболее подходящее для условий ПОП, а также способствовать снижению энергозатрат на реализацию соответствующих технологических процессов с высоким качеством приготавливаемых блюд и при соблюдении санитарных норм и требований к их безопасности. С этой точки зрения целесообразно базовый функциональный критерий дополнить следующими классификационными признаками:

- вид тепловой обработки;
- источник получаемой теплоты;
- конструктивное исполнение аппарата;
- принцип действия аппарата.

С учетом этих уточнений, в зависимости от вида тепловой обработки оборудование можно классифицировать следующим образом:

1 Варочное оборудование – для варки (в воде, бульоне, на пару):

- 1.1 Котлы пищеварочные.
- 1.2 Пароварки.

2 Жарочное оборудование – для жарки, гриля, запекания:

- 2.1 Жарочные шкафы.

- 2.2 Грили.
- 2.3 Сковороды (жарочные поверхности).
- 2.4 Фритюрницы.
- 3 Пекарское оборудование – для выпечки:
 - 3.1 Пекарские печи.
 - 3.2 Электрпечи.
- 4. Комбинированное оборудование, совмещающее несколько функций (жарка, варка, запекание, приготовление на пару):
 - 4.1 Многофункциональные плиты.
 - 4.2 Конвекционные печи.
 - 4.3 Пароконвектоматы.
 - 4.4 Универсальные кухонные комбайны с функцией тепловой обработки.

В зависимости от источника получаемой теплоты практическое применение в общественном питании нашло оборудование, в котором нагрев осуществляется за счёт электроэнергии и сжигания газа (природного или сжиженного). При этом в силу целого ряда причин электрические тепловые аппараты применяются значительно чаще, чем газовые.

Классификационный признак «по конструктивному исполнению» предполагает деление оборудования на напольное (стационарное), настольное и настенное (например, небольшие жарочные шкафы или грили).

По принципу действия оборудование может быть периодического или непрерывного действия.

По функциональному назначению оборудование делят на основное – используется для непосредственного приготовления блюд: плиты, котлы, фритюрницы и т.д. и вспомогательное оборудование – для поддержания температуры приготовленных блюд: подогреватели, термостаты, мармиты.

Классификация теплового оборудования ПОП, основанная на комбинированном функционально-технологическом признаке, позволяет рассматривать и изучать тепловое оборудование в составе следующих укрупненных групп:

- варочное оборудование;
- жарочно-пекарное оборудование;
- универсальное тепловое оборудование;
- водогрейное оборудование;

- холодильное оборудование;
- оборудование раздаточных линий.

В каждой из представленных укрупненных групп возможна классификация на схожих с приведенными выше принципах. Рассмотрим для примера группу «Варочное оборудование».

Варка – один из основных и наиболее распространенных процессов термической обработки пищевых продуктов, при котором они прогреваются до определенной температуры в технологических жидкостях (вода, бульон, молоко), обычно являющихся компонентами кулинарной продукции. При этом допускается, что в некоторых рецептурах и технологиях приготовления блюд технологическая жидкость сливается или заменяется более прогрессивной технологической средой – влажным насыщенным паром, что и отражает соответствующая классификация (рис. 1).

Приведенные способы и режимы варки пищевых продуктов позволяют идентифицировать оборудование, с помощью которого они могут быть реализованы.

В общем случае процесс варки осуществляется путем погружения в жидкость, орошения горячей жидкостью, а также обработки паром, паровой и паровоздушной смесями. Наибольшее распространение получили первые три способа варки, которые не требуют сложного оборудования и позволяют обрабатывать большое количество продукции.

Самым простым по выполнению и техническому оснащению является способ конвективной обработки продукта – погружение в предварительно нагретую воду, температуру которой поддерживают путем нагрева стенки варочного аппарата.

Варочные аппараты представляют собой тепловое оборудование, предназначенное для тепловой обработки пищевых продуктов в жидкой среде (воде, бульоне, молоке, сиропе) при температурах до 100°C и выше. Основное технологическое назначение аппаратов – варка, тушение, бланширование, припускание пищевого сырья, а также приготовление супов, соусов, гарниров и сладких блюд.



Рис. 1. Классификация варочного оборудования

Таблица 1 – Способы жарки, их технологическая сущность и основное оборудование

Способ	Температура, °С	Среда	Ключевой процесс	Основное оборудование
Жарка основным способом	120-250	Сухая поверхность / жир (5-10 %)	Реакция Майяра, коркообразование	Сковороды, грили, контактные плиты, жарочные шкафы
Жарка во фритюре	160-190	Жир (погружение)	Обезживание, хрустящая корочка	Фритюрницы с термостатом и фильтрацией
Пассерование	120-150	Жир (10-20 %)	Экстракция ароматов, размягчение	Сковороды, роботизированные котлы
Припускание	90-100	Жир + жидкость (до 1/3)	Корка + паровой прогрев	Котлы с режимом припускания, пароконвектоматы
Тушение	85-95	Собственный сок + соус	Гидролиз коллагена, взаимопроникновение вкусов	Котлы с термостатом, термошкафы, пароконвектоматы

Для варки пищевых продуктов на заготовочных и доготовочных предприятиях общественного питания (ПОП) используют варочные котлы различных типов. Классификация котлов осуществляется по следующим признакам: вид энергоносителя, способ установки и нагрева, давление в варочном сосуде, форма и вместимость сосуда.

По виду энергоносителя котлы подразделяют на твердотопливные, газовые, электрические и паровые.

По способу установки различают на:

- неподвижные (неопрокидывающиеся) котлы – с постоянным варочным сосудом вместимостью, как правило, свыше 100 л;

- опрокидывающиеся котлы со съёмным варочным сосудом – обычно вместимостью 60 л и менее. Котлы с объёмом сосуда от 60 до 100 л выпускаются в обеих конструктивных модификациях.

В зависимости от способа нагрева варочное оборудование делится на пищеварочные котлы с непосредственным нагревом (тепло передаётся от источника энергии напрямую стенкам варочного сосуда) и котлы с косвенным нагревом (теплопередача осуществляется через промежуточный теплоноситель). В котлах с косвенным нагревом в качестве теплоносителя используется вода, циркулирующая в греющей рубашке под давлением до 150 кПа.

По давлению в варочном сосуде котлы подразделяют на пищеварочные – работающие при атмосферном или незначительном избыточном давлении и автоклавы – предназначенные для варки под избыточным давлением до 250 кПа.

Еще один подход можно показать на примере классификации жарочного оборудования, когда за основу деления оборудования принимается способ жарки.

В соответствии с ГОСТ 31985-2013 «Услуги общественного питания. Термины и определения», жарка – это тепловая кулинарная обработка продуктов с целью доведения до кулинарной готовности при температуре, обеспечивающей образование на их поверхности специфической корочки.

В технологии приготовления блюд в условиях ПОП обычно выделяют пять основных способов тепловой обработки с использованием жира или

сухого нагрева, объединённых термином «жарка» в широком смысле его понятия. При этом каждый способ имеет свою технологическую сущность, физико-химические эффекты и соответствующее оборудование (табл. 1) [4].

Следует отметить, что с учетом терминов, приведенных в цитируемом межгосударственном стандарте и характеризующих припускание как варку продуктов в небольшом количестве жидкости или в собственном соку, а тушение – припускание с добавлением специй, пряностей, приправ или соусов, следует отметить некоторую условность в применении этих терминов. С другой стороны, примечание в ГОСТе о том, что перед тушением продукты можно обжаривать, дает формальный повод отнести тушение к одной из разновидностей жарки. При этом в стандарте регламентирован термин «обжарка», под которым понимается кратковременная жарка продуктов без доведения их до кулинарной готовности с целью придания готовым изделиям заданных органолептических свойств. Очевидно, что при рассмотрении теплового жарочного оборудования это отличие не имеет принципиального значения, однако позволяет внести в процесс его изучения некоторую системность.

Между тем с позиции технологической сущности и применяемого оборудования логично отнести запекание и подпекание овощей к тепловой кулинарной обработке в виде жарки, так как под первым термином понимается «тепловая кулинарная обработка продуктов в камере тепловых аппаратов с целью доведения их до кулинарной готовности», а подпекание овощей – тепловая обработка крупно нарезанных овощей на жарочной поверхности без жира

Приведенные способы и режимы жарки пищевых продуктов позволяют идентифицировать оборудование, с помощью которого эти технологии могут быть реализованы. К такому оборудованию относятся электрические сковороды и жарочные поверхности, фритюрницы и жарочные шкафы.

В зависимости от вида используемого в тепловом оборудовании энергоносителя, различают электрические и газовые сковороды.

По способу передачи тепла к жарочной поверхности сковороды подразделяют на оборудова-

ние с непосредственным обогревом – нагревательные элементы контактируют напрямую со стенками чаши и косвенным обогревом – нагрев осуществляется через промежуточный теплоноситель (пароводяную рубашку).

Межгосударственный стандарт ГОСТ 14919-83 «Электроплиты, электроплитки и жарочные электрошкафы бытовые. Общие технические условия» выделяет два классификационных признака жарочных электрошкафов (ЭШ).

1. По способу установки – на стационарные, блокируемые с элементами электроплиты (Б), стационарные, блокируемые с элементами кухонного оборудования (В), переносные (П), малого габарита (М).

2. По виду дополнительных функциональных устройств – наличие ТЭН-гриля (Т), настольные, не блокируемые с элементами кухонного оборудования (Н).

Представленный в статье подход можно

адаптировать и к остальным укрупненным группам теплового оборудования ПОП. А с учетом того, что в эти группы входит значительно меньшее число аппаратов, классификация будет выглядеть компактно и достаточно информативно.

Выводы

На основе анализа научно-технической информации в области пищевых производств установлено, что оборудование ПОП целесообразно классифицировать исходя из комбинированного функционально-технологического признака, который является наиболее информативным. При этом классификация должна учитывать производственный цикл приготовления продукции предприятием общественного питания (стадии производства ПОП), среду, в которой осуществляется технологический процесс тепловой обработки, а также способы ее реализации.

Литература

- [1] Золин, В.П. Технологическое оборудование предприятий общественного питания: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. П. Золин. 12-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2014. 320 с.
- [2] Курочкин, А.А. Классификация оборудования предприятий общественного питания /А.А. Курочкин, В.М. Липенгольц //Иновационная техника и технология. 2025. Т. 12, № 4. С. 64-68.
- [3] Курочкин, А.А. Оборудование предприятий общественного питания в тестовых заданиях: учебное пособие – Москва; Вологда: ИНФРА-Инженерия, 2022. 124 с.
- [4] Оборудование предприятий общественного питания: В 3-х т. Т. 3: Беляев М.И. Тепловое оборудование: Учеб. для технол. фак. торг. вузов. М.: Экономика, 1990. 559 с.
- [5] Процессы и аппараты пищевых производств: учеб. для вузов /А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.В. Логинов [и др.]; под ред. А.Н. Острикова. СПб. : ГИОРД, 2012. 616 с.
- [6] Чаблин, Б.В. Оборудование предприятий общественного питания: учебник для вузов /Б.В. Чаблин, И.А. Евдокимов. 2-е изд. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. 719 с. Текст: электронный //Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: <https://urait.ru/bcode/565938/p>.

References

- [1] Zolin, V.P. Technological equipment of catering enterprises: a textbook for students. institutions of sred. Prof. education / V. P. Zolin. 12th ed., ster. M.: Publishing center «Academy», 2014. 320 p.
- [2] Kurochkin, A.A. Classification of catering equipment /A.A. Kurochkin, V.M. Lipengolts //Innovative machinery and technology. 2025. V. 12, No. 4. Pp. 64-68.
- [3] Kurochkin, A.A. Equipment of Public Catering Enterprises in Test Tasks: Textbook – Moscow; Vologda: INFRA-Engineering, 2022. 124 p.
- [4] Equipment of Public Catering Enterprises: In 3 vols. Vol. 3: Belyaev M.I. Thermal Equipment: Textbook for Technology Faculties of Trade. Moscow: Ekonomika, 1990. 559 p.
- [5] Processes and devices of food production: textbook. for universities /A.N. Ostrikov, O.V. Abramov, A.V. Loginov [et al.]; edited by A.N. Ostrikov. St. Petersburg : GIORД, 2012. 616 p.
- [6] Chablin, B.V. Equipment for Public Catering Enterprises: Textbook for Universities / B.V. Chablin, I.A. Evdokimov. – 2nd ed. – Moscow: Yurayt Publishing House, 2025. 719 p. Text: electronic // Educational platform Yurayt [website]. URL: <https://urait.ru/bcode/565938/p>.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Курочкин Анатолий Алексеевич доктор технических наук профессор кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 382-85-03 E-mail: anatolii_kuro@mail.ru</p>	<p>Kurochkin Anatoly Alekseevich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 382-85-03 E-mail: anatolii_kuro@mail.ru</p>
<p>Липенгольц Виктор Михайлович аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Lipengolts Viktor Mikhailovich upostgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>

Анализ условий и факторов развития молочнопродуктового подкомплекса

Липявский А.П., Зимняков В.М.

Аннотация. В данной статье представлен анализ условий и факторов развития молочнопродуктового подкомплекса. Рассмотрены условия развития молочнопродуктового подкомплекса. Установлены факторы, влияющие на структуру молочнопродуктового подкомплекса. Дана оценка эффективности оптимизации структуры молочнопродуктового подкомплекса. Эффективность оптимизации структуры молочнопродуктового подкомплекса оценивается с помощью интегрального показателя эффективности. Для оптимизации структуры молочнопродуктового подкомплекса используются следующие методы: экономико-математические модели, кластерный подход, оптимизация бизнес-процессов. Для оценки эффективности молочнопродуктового подкомплекса используются следующие критерии: производственно-экономическая эффективность, социально-экономическая эффективность, эколого-экономическая эффективность.

Ключевые слова: условия, факторы, особенности, развитие, молочнопродуктовый подкомплекс, продовольственная безопасность, оценка, эффективность.

Для цитирования: Липявский А.П., Зимняков В.М. Анализ условий и факторов развития молочнопродуктового подкомплекса // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 117–122.

Analysis of the conditions and factors of the dairy product subcomplex development

Lipyavsky A.P., Zimnyakov V.M.

Abstract. This article presents an analysis of the conditions and factors of the dairy product subcomplex development. The conditions of the dairy product subcomplex development are considered. The factors influencing the structure of the dairy product subcomplex are established. The efficiency of the optimization of the structure of the dairy product subcomplex is estimated. The efficiency of the optimization of the structure of the dairy product subcomplex is estimated using an integral efficiency indicator. The following methods are used to optimize the structure of the dairy subcomplex: economic and mathematical models, cluster approach, and business process optimization. The following criteria are used to assess the effectiveness of the dairy subcomplex: production and economic efficiency, socio-economic efficiency, and environmental and economic efficiency.

Keywords: conditions, factors, features, development, dairy subcomplex, food security, assessment, and effectiveness.

For citation: Lipyavsky A.P., Zimnyakov V.M. Analysis of the conditions and factors of the dairy product subcomplex development. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 117–122. (In Russ.).

Введение

В настоящее время проблема обеспечения продовольственной безопасности является наиболее важной составляющей экономической безопасности России, особенно в условиях нарастающих глобальных вызовов и угроз. Необходимо отметить, что молочное скотоводство и молочнопродуктовый

подкомплекс в целом остаются одними из наиболее значимых и проблемных секторов российского АПК с точки зрения выполнения критериев продовольственной безопасности страны [1].

Молочнопродуктовый подкомплекс представляет собой сложную и многофункциональную систему, интегрирующую в себя этапы производства, переработки, распределения и потребления

молочной продукции. С экономической точки зрения этот подкомплекс является ключевым элементом агропромышленного комплекса, обеспечивая стабильность и устойчивость национальной продовольственной системы. Функционирование и развитие молочнопродуктового подкомплекса агропромышленного комплекса Российской Федерации определяются необходимостью удовлетворения внутреннего спроса на высококачественную молочную продукцию. Это, в свою очередь, способствует достижению ключевых целей продовольственной безопасности и импортозамещения. Кроме того, данный подкомплекс играет важную роль в контексте устойчивого развития аграрного сектора и улучшения социально-экономических условий жизни сельского населения [2].

Молочнопродуктовый подкомплекс представляет собой совокупность взаимодействующих сфер производства, переработки и реализации, цель которой обеспечить население качественным молоком и молочными продуктами, а производителей – стабильным доходом. В цепочке «производство – переработка – реализация» первостепенная роль отводится производству молока [3].

Целью работы является изучение условий и факторов развития молочнопродуктового подкомплекса.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования является информация по изучению условий и факторов развития молочнопродуктового подкомплекса.

Инструментарно-методический аппарат исследования определяется совокупностью использованных методов общенаучных и экономических исследований. В процессе обработки исходной информации и других привлеченных аналитических материалов применялись анализ и синтез, логический, корреляционный и статистический анализ.

Результаты и их обсуждение

В условиях снижения продовольственной безопасности отечественных и зарубежных производителей сельскохозяйственной продукции, связанных с последствиями COVID-19, условиями введенных санкций, возрастает необходимость к обоснованию и качеству стратегического планирования на предприятиях молочнопродуктового подкомплекса АПК. Актуальность предмета исследования обусловлена необходимостью разработки индивидуальных стратегий развития данной отрасли российских регионов, способствующих увеличению объема выпуска продукции за счет интенсивных факторов [4].

Диагностика условий и факторов развития молочнопродуктового подкомплекса АПК включает анализ факторов, влияющих на функционирование

отрасли, и выявление условий, способствующих её развитию (рис.1).

Условия, которые необходимо учитывать:

- Оптимизация структуры подкомплекса – территориально-отраслевой (региональной), производственно-отраслевой, продуктовой (по ассортименту продукции). Важно усилить интеграционные связи на всех стадиях воспроизводства.

- Развитие кооперации и интеграции в молочной отрасли. Создание сельскохозяйственных кооперативов и агрохолдингов позволит объединить усилия производителей, повысить их переговорную силу при взаимодействии с переработчиками и торговыми сетями.

- Улучшение кормовой базы – рациональное использование земельных ресурсов, совершенствование кормовых угодий и структуры посевных площадей, выделение для молочного скотоводства кормов.

- Оптимальное сочетание объемов производства и поставок молока на переработку с мощностью перерабатывающих предприятий, объемы производства молочной продукции должны соответствовать платёжеспособному спросу населения.

- Развитие системы подготовки и переподготовки кадров – необходимо обеспечить наличие квалифицированных специалистов на всех этапах производственной цепочки – от фермеров и животноводов до переработчиков и логистов.

В последние годы отмечается тенденция к повышению молочной продуктивности. В сельскохозяйственных организациях постоянно повышаются надои молока на 1 корову. Это происходит благодаря улучшению рациона животных, повышению качества генетики и, как следствие, собственного разведения высокопродуктивных, устойчивых пород крупнорогатого скота, внедрению современных технологий [5].

Факторы, влияющие на структуру молочнопродуктового подкомплекса, представлены на рисунке 2.

Факторы, влияющие на структуру молочнопродуктового подкомплекса:

- Ресурсные – степень развития молочного скотоводства, состояние кормовой базы, рациональное использование трудовых ресурсов, уровень материально-технического обеспечения и научно-технического прогресса. Например, различия в качестве земель влияют на создание кормовой базы и выбор структуры посевных площадей.

- Экономические – изменение экономических отношений и экономической поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей, степень развития кооперации и интеграции в отрасли, применение финансово-кредитного и страхового механизмов.

- Организационные – формирование производственной структуры всех уровней, определение функций органов управления, организация труда на



Рис.1. Условия развития молочнопродуктового подкомплекса

предприятиях, оперативное управление и контроль, подготовка и переподготовка кадров.

- Региональные особенности – например, размещение перерабатывающих предприятий вблизи сырьевой базы, влияние сезонности поступления молока на эффективность его заготовки и переработки.
- Диспаритет цен на молоко и молочную продукцию, который влияет на стоимость ресурсов, необходимых для их производства.
- Политические и правовые – разработка аграрной политики с комплексом мер по развитию отрасли, действие нормативных актов, международные отношения.

Оценка эффективности оптимизации структуры молочнопродуктового подкомплекса представлена на рисунке 3.

Эффективность оптимизации структуры молочнопродуктового подкомплекса оценивается с помощью интегрального показателя эффективности. Он учитывает возможности подсистем подкомплекса: производства молока, производства молочной продукции, реализации и потребления молока

и молочной продукции. Основные показатели, которые учитываются:

- уровень потребления молочных продуктов на душу населения;
- рентабельность продажи молочных продуктов;
- коэффициент товарообмена;
- темп роста ёмкости рынка.

Оценка эффективности молочнопродуктового подкомплекса – это процесс определения реального состояния подкомплекса как экономической системы по отношению к желаемому состоянию. Цель – оценить, насколько подкомплекс достигает поставленной цели – удовлетворения потребности в молочных продуктах (уровень потребления молока и молочных продуктов в регионе на душу населения, уровень вывоза молочных продуктов за пределы региона и др.) – при условии, что участники подкомплекса получают доходы.

Эффективность подкомплекса оценивают с точки зрения возможностей подсистем: производства молока, производства молочной продукции, реализации и потребления молока и молочной продукции.

Для оптимизации структуры молочнопродуктового подкомплекса используются следующие методы (Рис. 4):

- Экономико-математические модели. Например, транспортно-производственная модель, которая позволяет определить оптимальную структуру производства молочной продукции с учётом объёмов потребительского спроса. В модели учитываются параметры: соотношение между производственными мощностями предприятия и спросом на продукцию, возможность изменения мощностей во времени, особенности технологического процесса (сезонность, специфика производства различных видов продукции).

- Кластерный подход. Географическое расположение производителей, поставщиков, переработчиков и научных кругов формирует интегрированную цепочку создания стоимости. Кластеры

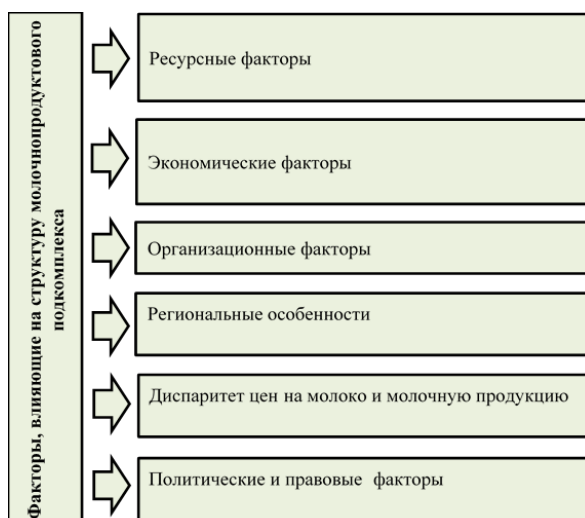


Рис. 2. Факторы, влияющие на структуру молочнопродуктового подкомплекса



Рис. 3. Оценка эффективности оптимизации структуры молочнопродуктового подкомплекса

позволяют оптимизировать цепочку поставок, снизить транспортные расходы и усилить конкурентные преимущества благодаря симбиотическим отношениям между участниками.

- Оптимизация бизнес-процессов. Анализ каждого этапа бизнес-процесса, выявление нерациональных процессов и их оптимизация за счёт имеющихся ресурсов. Например, составление стратегической карты оптимизации бизнес-процесса, где учитываются не только эффекты от оптимизации, но и вероятные риски.

Оценка эффективности молочнопродуктового подкомплекса осуществляется с помощью следующих критерий (Рис.5):

Основные критерии оценки эффективности молочнопродуктового подкомплекса:

- Производственно-экономическая эффективность – результат сопоставления полученного эффекта с величиной использования производственных ресурсов и производственных затрат. Главный критерий – рост финансовых результатов, являющихся основой для расширенного воспроизводства.
- Социально-экономическая эффективность

– отражает результативность работы предприятия в целом. Оценивается с учётом социального результата, например, создания благоприятных условий для деятельности персонала, снижения значительной дифференциации доходов.

- Эколого-экономическая эффективность – определяет совокупную результативность выпуска агропродовольственной продукции с учётом экологического воздействия на окружающую среду, а также затраты на производство экологически чистой продукции. Критерием оценки является максимум экономического эффекта (прибыли или чистого дохода) от соблюдения нормативных требований к качеству окружающей среды.

Формирование качественно новой производственной базы, основанной на внедрении ресурсосберегающих технологий и систем управления технологическими процессами следует рассматривать как первостепенную задачу, достижение которой необходимо для обеспечения устойчивого развития и повышения конкурентоспособности молочнопродуктового подкомплекса АПК России. В современных условиях хозяйствования приоритетным направлением развития молочнопродуктового под-

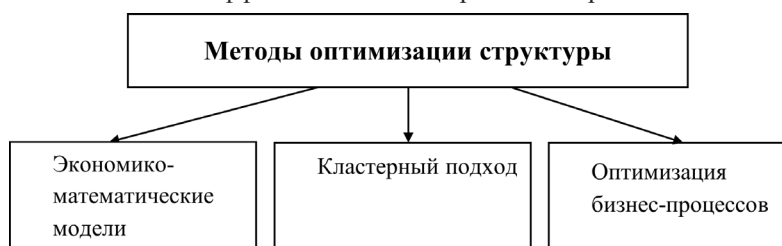


Рис. 4. Методы оптимизации структуры молочнопродуктового подкомплекса

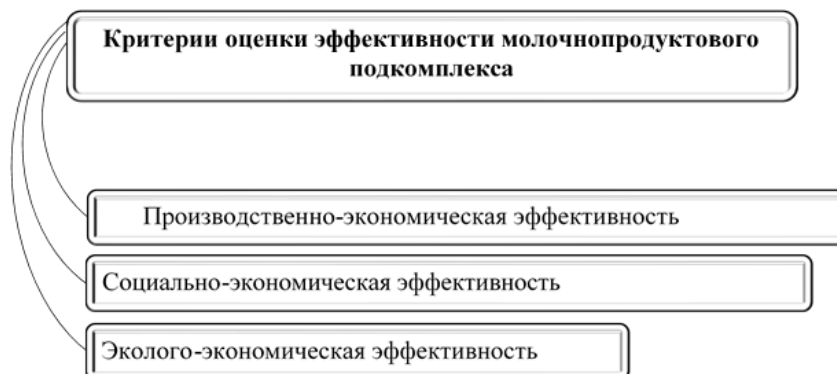


Рис. 5. Критерии оценки эффективности молочнопродуктового подкомплекса

комплекса АПК является стимулирование технологической модернизации отрасли и совершенствование механизмов государственной поддержки, направленной на наращивание объемов производства, повышение качества и конкурентоспособности производимой продукции [6].

Развитие процессов вертикальной интеграции в территориальном АПК способствует серьезной трансформации межотраслевого взаимодействия, структурной реорганизации АПК. Вертикально интегрированные формирования в сравнении с малыми, средними товаропроизводителями обладают конкурентными преимуществами, включая финансовую устойчивость, конкурентоспособность производимой продукции. Крупные агропромышленные корпорации, кластерные структуры обладают значительным потенциалом для обеспечения устойчивого развития АПК регионов, решения проблемы импортозамещения. Вместе с тем при обосновании стратегических приоритетов развития вертикальной интеграции в АПК региона необходимо учитывать его территориально-отраслевые, институционально-экономические особенности [7].

Развитие молочнопродуктового подкомплекса имеет существенное значение для эффективного функционирования всей многосложной системы продовольственной безопасности (как на феде-

ральном, так и на региональном уровнях). Молочнопродуктовый подкомплекс – один из важнейших звеньев системы продовольственной безопасности, поскольку молоко и молочные продукты – неотъемлемые элементы структуры стратегической продовольственной безопасности страны [8, 9, 10].

Выводы

1. Для обеспечения устойчивого развития и повышения конкурентоспособности молочнопродуктового подкомплекса АПК России необходимо формирование качественно новой производственной базы, основанной на внедрении ресурсосберегающих технологий и систем управления технологическими процессами.

2. Эффективность молочнопродуктового подкомплекса оценивают с точки зрения возможностей подсистем: производства молока, производства молочной продукции, реализации и потребления молока и молочной продукции.

3. При обосновании стратегических приоритетов развития вертикальной интеграции в АПК региона необходимо учитывать его территориально-отраслевые, институционально-экономические особенности.

Литература

- [1] Анищенко А. Н. Молочнопродуктовый подкомплекс России в условиях глобальных вызовов и угроз / А. Н. Анищенко // Вестник Национального Института Бизнеса. – 2022. – № 1(45). – С. 64-69. – EDN YWCUQT.
- [2] Кононенко Р. В., Кислик Е.А. Молочнопродуктовый подкомплекс АПК: особенности функционирования и роль в обеспечении продовольственной безопасности страны // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2025. – № 6(115). – С. 59-70. – DOI 10.21295/2223-5639-2025-6-59-70. – EDN RFUKHB.
- [3] Поддубная З. В. Инновации как фактор повышения инвестиционной привлекательности молочной отрасли // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 9(64). – С. 107-113. – EDN WMUKJL.
- [4] Бурса И. А., Тахумова О.В., Асадчиев Г.И. Моделирование условий развития молочнопродуктового подкомплекса // Естественно-гуманитарные исследования. – 2022. – № 44(6). – С. 41-48. – EDN SFXBTE.
- [5] Спирина М. В. Тенденции развития молочнопродуктового подкомплекса России в условиях современных вызовов // Закономерности развития региональных агропродовольственных систем. – 2023. – № 1. – С. 141-145. – EDN KAGMUJ.
- [6] Тихомиров А. И., Маринченко Т.Е. Экономические

References

- [1] Anishchenko A. N. Dairy subcomplex of Russia in the context of global challenges and threats / A. N. Anishchenko // Bulletin of the National Institute of Business. – 2022. – № 1(45). – Pp. 64-69. – EDN YWCUQT.
- [2] Kononenko R. V., Kislik E.A. Dairy subcomplex of agroindustrial complex: functioning features and role in ensuring food security of the country // Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law. – 2025. – No. 6(115). – Pp. 59-70. – DOI 10.21295/2223-5639-2025-6-59-70. – EDN RFUKHB.
- [3] Poddubnaya Z. V. Innovations as a factor in increasing the investment attractiveness of the dairy industry // Vestnik NGIEI. – 2016. – No. 9(64). – Pp. 107-113. – EDN WMUKJL.
- [4] Bursa I. A., Takhumova O.V., Asadchiev G.I. Modeling the conditions for the development of the dairy subcomplex // Natural and Humanitarian Research. – 2022. – No. 44(6). – Pp. 41-48. – EDN SFXBTE.
- [5] Spirina M. V. Trends in the Development of Russia's Dairy Subcomplex in the Face of Modern Challenges // Patterns of Development of Regional Agro-Food Systems. – 2023. – No. 1. – Pp. 141-145. – EDN KAGMUJ.
- [6] Tikhomirov A. I., Marinchenko T. E. Economic and Technological Features of the Development of Russia's Dairy Subcomplex in the Agro-Industrial Complex // Agricultural Machinery and Equipment. – 2020. – No.

- и технологические особенности развития молочнопродуктового подкомплекса АПК России // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 11(281). – С. 44-50. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-11-44-47. – EDN XBFTWS.
- [7] Мокрушин А. А., Пшизова А.Р., Хутыз Б.И. Трансформационный потенциал механизмов вертикальной интеграции в АПК проблемного региона // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2022. – № 3(94). – С. 52-63. – DOI 10.21295/2223-5639-2022-3-52-63. – EDN GWDRGI.
- [8] Пахомова Т.В., Волошук Л.А., Шибайкин В.А. Факторы повышения межотраслевой сбалансированности в молочнопродуктовом подкомплексе // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2019. – № 1-1. – С. 134-140.
- [9] Зимняков В.М., Липявский А.П. Развитие молочно-продуктового подкомплекса // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Региональные проблемы устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях цифровой трансформации» Сборник статей Международной научно-практической конференции/ Пензенский государственный аграрный университет [и др.]; под науч. ред. Кухарева О.Н., Носова А.В., Галиуллина А.А. – Пенза: Пензен. гос. аграр. ун-т, 2024. –С. 531-534.
- [10] Липявский А.П., Зимняков В.М. Оценка эффективности функционирования молочно-продуктового подкомплекса // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: сборник статей XX Международной научно-практической конференции / Пензенский государственный аграрный университет [и др.]; под науч. ред. Кухарева О.Н., Носова А.В., Галиуллина А.А. – Пенза: Пензен. гос. аграр. ун-т, 2025. – С. 731-734.
- 11(281). – Pp. 44-50. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-11-44-47. – EDN XBFTWS.
- [7] Mokrushin A. A., Pshizova A.R., Khutyuz B.I. Transformational Potential of Vertical Integration Mechanisms in the Agro-Industrial Complex of a Problematic Region // Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics, and Law. – 2022. – No. 3(94). – Pp. 52-63. – DOI 10.21295/2223-5639-2022-3-52-63. – EDN GWDRGI.
- [8] Pakhomova T.V., Voloshchuk L.A., Shibaykin V.A. Factors of Increasing Intersectoral Balance in the Dairy Subcomplex // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. – 2019. – No. 1-1. – Pp. 134-140.
- [9] Zimnyakov V.M., Lipyavsky A.P. Development of the dairy-food subcomplex // Collection of articles of the International scientific and practical conference «Regional problems of sustainable development of the agro-industrial complex in the context of digital transformation» Collection of articles of the International scientific and practical Conference/ Penza State Agrarian University [et al.]; under scientific editorship. Kukhareva O.N., Nosova A.V., Galiullina A.A. – Penza: Penza State Agrarian University, 2024. –P. 531-534.
- [10] Lipyavsky A.P., Zimnyakov V.M. Assessment of the Functioning Efficiency of the Dairy Product Subcomplex // Agro-industrial Complex: State, Problems, Prospects: Collection of Articles of the XX International Scientific and Practical Conference / Penza State Agrarian University [et al.]; under the scientific.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Липявский Андрей Павлович аспирант ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: E-mail: lipyavski_2015@mail.ru</p>	<p>Lipyavsky Andrey Pavlovich postgraduate student Penza State Agrarian University Phone: E-mail: lipyavski_2015@mail.ru</p>
<p>Зимняков Владимир Михайлович доктор экономических наук профессор кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: +7(927) 444-33-22 E-mail: zimnyakov@bk.ru</p>	<p>Zimnyakov Vladimir Mikhailovich D.Sc. in Economics professor at the department of «Agricultural products processing» Penza State Agrarian University Phone: +7(927) 444-33-22 E-mail: zimnyakov@bk.ru</p>

Органическое производство продукции в России: экономические и экологические аспекты

Назаркина Ю.А., Фролов Д.И.

Аннотация. Мировой рынок органических продуктов питания и напитков развивается быстрыми темпами. Однако спрос на такие продукты значительно превышает предложение. Данная тенденция создаёт существенные возможности для производителей и экспортёров из стран с высоким сельскохозяйственным потенциалом. Россия обладает значительными площадями сельскохозяйственных земель, а также богатыми аграрными традициями, что позволяет рассматривать развитие органического производства как перспективное направление для расширения экспортных возможностей страны. Концепция органического производства объединяет экономические, экологические и социальные аспекты сельского хозяйства. Её основная цель заключается в усилении естественных биологических процессов в агроэкосистемах и применении профилактического подхода к управлению производственными процессами и качеством продукции. В условиях, когда предложение органически произведённых продуктов на европейском рынке остаётся ниже существующего спроса, развитие органического сельского хозяйства в России может стать важным фактором повышения конкурентоспособности отечественной агропродовольственной продукции на международных рынках. Кроме того, растущий интерес к органическим продуктам способствует активному развитию маркетинговых и информационных кампаний, направленных на повышение осведомлённости потребителей и увеличение объёмов продаж данной продукции. Используемые маркетинговые инструменты обладают широкими возможностями применения и позволяют производителям и торговым организациям реализовывать различные стратегии продвижения. Важным фактором развития отрасли является также государственная политика поддержки органического производства, переработки и реализации продукции, реализуемая во многих странах, включая Россию, что создаёт дополнительные стимулы для расширения данного сектора сельского хозяйства.

Ключевые слова: органическое производство, органическая продукция, аграрная экономика, устойчивое развитие, экологическое сельское хозяйство.

Для цитирования: Назаркина Ю.А., Фролов Д.И. Органическое производство продукции в России: экономические и экологические аспекты // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 123–128.

Organic food production in Russia: economic and environmental aspects

Nazarkina Yu.A., Frolov D.I.

Abstract. The global market for organic food and beverages is growing rapidly. However, demand for these products significantly exceeds supply. This trend creates significant opportunities for producers and exporters from countries with high agricultural potential. Russia has significant agricultural land and rich agricultural traditions, making the development of organic production a promising area for expanding the country's export potential. The concept of organic production integrates the economic, environmental, and social aspects of agriculture. Its primary goal is to enhance natural biological processes in agroecosystems and apply a preventative approach to managing production processes and product quality. With the supply of organically produced products on the European market remaining below current demand, the development of organic agriculture in Russia could become an important factor in increasing the competitiveness of domestic agricultural and food products in international markets. Furthermore, growing interest in organic products is fueling the active development of marketing and information campaigns aimed at raising consumer awareness and increasing sales of these products. The marketing tools used offer a wide range of applications and allow producers and retailers to implement a variety of promotional strategies. Government policies

supporting organic production, processing, and marketing, implemented in many countries, including Russia, are also an important factor in the industry's development, creating additional incentives for the expansion of this agricultural sector.

Keywords: organic production, organic products, agricultural economics, sustainable development, organic agriculture.

For citation: Nazarkina Yu.A., Frolov D.I. Organic food production in Russia: economic and environmental aspects. *Innovative Machinery and Technology* [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 123–128. (In Russ.).

Введение

Потребление органических продуктов питания в развитых странах демонстрирует устойчивый рост, однако объем их производства по-прежнему не полностью удовлетворяет существующий спрос [1]. Такая ситуация открывает дополнительные возможности для стран с развитым сельскохозяйственным потенциалом расширять производство органической продукции и укреплять свои позиции на международных рынках продовольствия.

По оценкам специалистов, мировой рынок органической продукции развивается высокими темпами, что связано с возрастающим интересом потребителей к экологически безопасным и натуральным продуктам питания [2]. Рост популярности органических продуктов обусловлен несколькими факторами. В первую очередь потребители связывают их употребление с заботой о здоровье, а также с ведением более экологичного и осознанного образа жизни. Немаловажную роль играет и повышение внимания общества к вопросам охраны окружающей среды и устойчивого развития сельского хозяйства.

В то же время распространение органических продуктов на рынке может сдерживаться рядом факторов. К числу наиболее значимых относятся более высокая стоимость продукции по сравнению с традиционными продуктами питания, а также недостаточно развитые каналы сбыта и логистические системы. Несмотря на это, в долгосрочной перспективе ожидается дальнейший рост мирового рынка органической продукции.

Лидирующие позиции в производстве и потреблении органических продуктов занимают развитые страны, такие как США, Германия, Франция, Великобритания и Австрия [3]. В странах Европейского союза за последние годы объем продаж органических продуктов значительно увеличился. Основными причинами их приобретения являются польза для здоровья, более высокое качество и вкусовые характеристики продукции [4].

В ряде европейских государств органическое сельское хозяйство занимает заметную долю в общей структуре аграрного производства [5]. Например, в некоторых странах его доля достигает значительных показателей, что свидетельствует о высоком уровне развития данного направления

сельского хозяйства. При этом крупнейшие европейские рынки органической продукции характеризуются стабильным ростом и высоким уровнем потребительского спроса.

Некоторые государства активно импортируют органическую продукцию, что связано с недостаточным объемом внутреннего производства [6]. В то же время существуют страны, которые практически полностью обеспечивают внутренние потребности за счет собственного органического производства. В Европе крупнейшим рынком органических продуктов считается Германия, где значительная часть продукции также поступает из импорта. Быстрое развитие органического рынка наблюдается и во Франции, Италии и ряде других стран [7, 8].

В разных регионах Европы структура потребления органических продуктов может существенно различаться. В странах Западной Европы наибольшим спросом пользуются овощи и фрукты, в Центральной Европе — зерновые продукты и хлебобулочные изделия, тогда как в северных и альпийских странах значительную долю рынка занимают молочные продукты.

Для России развитие органического сельского хозяйства представляет особый интерес. Страна располагает значительными площадями сельскохозяйственных земель, многие из которых характеризуются относительно низкой степенью химизации. Это создает благоприятные условия для развития органического производства и формирования конкурентоспособного сектора экологически чистой продукции [9]. В последние годы в России наблюдается рост интереса к органическим продуктам как со стороны производителей, так и со стороны потребителей [10].

Исследования показывают, что дальнейший рост рынка органических продуктов во многом зависит от уровня доверия потребителей к их качеству и безопасности. Одним из факторов, стимулирующих спрос на органическую продукцию, является обеспокоенность потребителей использованием генетически модифицированных организмов в традиционном сельском хозяйстве. При этом для многих покупателей более высокая цена органических продуктов не является решающим препятствием, если они уверены в экологичности и безопасности такой продукции [11].

Таким образом, развитие органического про-

Таблица 1 – Основные характеристики органического и традиционного сельского хозяйства

Показатель	Традиционное сельское хозяйство	Органическое сельское хозяйство
Использование минеральных удобрений	Широко применяется	Ограничено или исключено
Использование пестицидов	Допускается	Запрещено или строго ограничено
Применение ГМО	Допускается	Запрещено
Воздействие на окружающую среду	Более высокое	Минимизировано
Содержание химических остатков в продукции	Возможно наличие	Минимальное
Биологическая ценность продукции	Стандартная	Повышенная
Экономическая модель	Массовое производство	Устойчивое и экологически ориентированное производство

изводства в России имеет значительный потенциал как с точки зрения обеспечения внутреннего рынка экологически чистыми продуктами питания, так и с точки зрения расширения экспортных возможностей отечественного агропромышленного комплекса.

Несмотря на растущий интерес к органическому сельскому хозяйству, в научной литературе сохраняются различные точки зрения относительно экономической эффективности и экологических преимуществ органического производства. Ряд исследователей отмечает высокий потенциал данного направления для устойчивого развития сельских территорий, тогда как другие указывают на существующие ограничения, связанные с более высокими производственными затратами и недостаточно развитой инфраструктурой рынка. В связи с этим возникает необходимость комплексного анализа экономических и экологических аспектов развития органического производства в России, а также оценки его роли в формировании устойчивой агропродовольственной системы. Целью настоящего исследования является анализ современного состояния и перспектив развития органического производства в России с учетом экономических и экологических факторов; в работе рассматриваются особенности формирования рынка органической продукции, а также оцениваются возможности его дальнейшего расширения.

Объекты и методы исследования

В исследовании использовались методы экономического и сравнительного анализа, а также элементы статистического и аналитического подхода. Для оценки современного состояния органического производства были проанализированы данные официальной статистики, отчетов международных организаций и научных публикаций, посвященных развитию органического сельского хозяйства. Сравнительный анализ позволил сопоставить показатели развития органического производства в России и ряде зарубежных стран, а также выявить основные тенденции формирования рынка органической продукции. Дополнительно применялся метод обобщения и систематизации научных источников для

оценки экономических и экологических аспектов органического сельского хозяйства. Ограничением исследования является использование агрегированных статистических данных, что может снижать точность оценки отдельных региональных особенностей развития органического производства.

Результаты и их обсуждение

Концепция производства органических продуктов питания

Для понимания преимуществ органического производства продуктов питания необходимо рассмотреть его в сравнении с традиционным сельским хозяйством. Основные различия между этими двумя системами производства связаны прежде всего с подходом к обеспечению качества продукции и использованием производственных ресурсов.

Традиционное сельскохозяйственное производство ориентировано на высокую продуктивность и интенсивное использование технологий. В рамках такой системы широко применяются минеральные удобрения, пестициды, ветеринарные препараты и другие химические средства защиты растений и животных. Подобный подход позволяет значительно увеличить объемы производства сельскохозяйственной продукции, однако сопровождается повышенными затратами ресурсов и может приводить к ряду экологических и социальных проблем.

Одной из наиболее существенных проблем интенсивного сельского хозяйства является загрязнение окружающей среды. Использование агрохимикатов может приводить к накоплению вредных веществ в почве и воде, что негативно отражается на состоянии экосистем и может оказывать влияние на здоровье человека. В связи с этим во многих странах вводятся ограничения на применение минеральных удобрений и химических средств защиты растений, а также усиливается контроль за содержанием химических элементов в почве и водных ресурсах.

Органическое сельское хозяйство развивается как альтернативная модель аграрного производства, ориентированная на сохранение природных ресурсов и повышение качества продуктов пита-

ния. Основная цель органического производства заключается в гармонизации сельскохозяйственной деятельности с природными процессами и потребностями рынка при одновременном обеспечении экологической устойчивости производства.

В органическом производстве используется превентивный подход к контролю качества продукции. Контроль осуществляется на всех этапах производственного цикла — от подготовки почвы и выращивания сельскохозяйственных культур до переработки и реализации готовой продукции. Особое внимание уделяется мониторингу биологических и физико-химических характеристик продукции, а также обеспечению прозрачности производственных процессов и прослеживаемости происхождения продукции.

Производство органических продуктов питания является важной частью концепции устойчивого развития сельского хозяйства. Такой подход предполагает экологически безопасное использование природных ресурсов, экономическую эффективность производства и социальную ответственность производителей.

Исследования показывают, что органические продукты питания могут обладать более высокой биологической ценностью по сравнению с продукцией традиционного сельского хозяйства. В частности, отмечается более высокое содержание некоторых витаминов, минералов и антиоксидантных соединений. Кроме того, органические продукты, как правило, содержат меньше нитратов и других потенциально вредных веществ.

В целом данные факторы способствуют росту интереса потребителей к органическим продуктам и стимулируют дальнейшее развитие органического сельского хозяйства.

Развитие производства органических продуктов питания в России

В последние годы органическое сельское хозяйство в России развивается достаточно активно, однако по сравнению с рядом зарубежных стран данный сектор все еще находится на стадии формирования. Рост интереса к органической продукции обусловлен как повышением спроса со стороны потребителей, так и стремлением производителей к освоению новых рыночных ниш.

Россия располагает значительными ресурсами для развития органического производства. Большие площади сельскохозяйственных земель, относительно низкая степень химизации почв в некоторых регионах и благоприятные природно-климатические условия создают предпосылки для расширения производства экологически чистой продукции.

Мировой рынок органических продуктов питания демонстрирует устойчивый рост и оценивается в десятки миллиардов долларов. Это свидетельствует о значительном экономическом потенциале данного сектора. В таких условиях российские производители могут рассматривать органическое сельское хозяйство как перспективное направление

для развития аграрного бизнеса и расширения экспортных возможностей.

Среди стран, активно развивающих органическое сельское хозяйство, можно выделить Индию, Австралию, Испанию и Италию. При этом Германия остается одним из крупнейших рынков потребления органической продукции в Европе. Развитие международного рынка органических продуктов создает дополнительные возможности для выхода российских производителей на зарубежные рынки.

Основу органического сельского хозяйства составляют несколько ключевых принципов. Первый из них — принцип здоровья, предполагающий производство продуктов питания с высокой питательной ценностью и минимальным содержанием вредных веществ. Второй — экологический принцип, который предусматривает использование технологий, обеспечивающих сохранение природных ресурсов и поддержание экологического баланса. В рамках этого подхода запрещается применение генетически модифицированных организмов и ограничивается использование синтетических агрохимикатов. Третий принцип — принцип ответственности, предполагающий ведение сельскохозяйственного производства с учетом долгосрочных экологических и социальных последствий.

В России развитие органического сельского хозяйства поддерживается на государственном уровне. В последние годы приняты нормативно-правовые акты, регулирующие производство, сертификацию и обращение органической продукции. Эти меры направлены на формирование прозрачной системы контроля качества и создание благоприятных условий для развития рынка органических продуктов.

Таким образом, органическое производство продуктов питания представляет собой перспективное направление развития агропромышленного комплекса России. Расширение данного сектора может способствовать повышению экологической устойчивости сельского хозяйства, укреплению продовольственной безопасности и развитию экспортного потенциала страны.

Выводы

Россия обладает значительным потенциалом для развития производства органической продукции, который может быть эффективно использован при формировании конкурентоспособного агропродовольственного сектора. Важным условием развития органического сельского хозяйства является формирование нормативно-правовой базы, устанавливающей требования к производству, сертификации и обращению органической продукции на рынке.

Государственная политика в области органического сельского хозяйства предусматривает поддержку производителей, занимающихся данным видом деятельности. Такая поддержка включает

финансовое стимулирование, развитие системы обучения и повышения квалификации сельскохозяйственных производителей, а также содействие научным исследованиям в области экологически устойчивых методов ведения сельского хозяйства.

В последние годы в России реализуются программы развития сельских территорий и аграрного сектора, направленные на модернизацию сельскохозяйственного производства и повышение его экологической устойчивости. Эти меры способствуют созданию условий для расширения органического производства, повышению конкурентоспособности отечественной продукции и подготовке производителей к выходу на международные рынки.

Проведенный анализ показывает, что наибольший потенциал развития органического производства в России связан с такими секторами, как выращивание зерновых культур, фруктов и овощей. Значительные возможности открываются также в сфере переработки сельскохозяйственной продук-

ции, включая производство органических продуктов с высокой добавленной стоимостью.

Особое внимание может быть уделено развитию производства экологически чистых сельскохозяйственных культур, которые могут стать основой для формирования конкурентоспособных экспортных брендов. В условиях растущего мирового спроса на органическую продукцию развитие данного сектора может стать одним из перспективных направлений повышения экономической эффективности агропромышленного комплекса.

Таким образом, органическое производство продуктов питания представляет собой важную экономическую возможность для России. Однако дальнейшее развитие этого направления требует совершенствования инфраструктуры рынка, расширения системы государственной поддержки, повышения информированности потребителей и усиления конкурентоспособности отечественных производителей на международном рынке.

Литература

- [1] Калинина И. В. Рынок органических продуктов питания в России: проблемы и перспективы // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2015. – Т. 3. – №. 4. – С. 10-16.
- [2] Gracheva R. G., Sheludkov A. V. Diffusion of organic agriculture in Russia: features and implications for rural development //Regional Research of Russia. – 2021. – Т. 11. – №. 4. – С. 578-588.
- [3] Кузнецова А. Р. и др. Тенденции развития отрасли сельского хозяйства в Пермском крае //Уфимский гуманитарный научный форум. – 2024. – Т. 20. – №. 4. – С. 195-217.
- [4] Kundius V. Socio-economic efficiency of the application of new technologies for the production of organic products //Poljoprivreda i Sumarstvo. – 2024. – Т. 70. – №. 4. – С. 171-182.
- [5] Budziak O., Budziak V. Current challenges and complications of organic production and land use in Ukraine //Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal. – 2025. – Т. 11. – №. 1.
- [6] Meshram S., Mansor H. B., Adhikari T. B. Recent advances in organic agriculture: innovations, challenges, and opportunities //Frontiers in Plant Science. – 2026. – Т. 16. – С. 1681928.
- [7] Vergely F. et al. Contribution of livestock to organic agriculture: Modelling nitrogen flows at the national scale //Resources, Conservation and Recycling. – 2024. – Т. 208. – С. 107726.
- [8] Strielkowski W. et al. Sustainable regional economic development and land use: a case of Russia //arXiv preprint arXiv:2404.12477. – 2024.
- [9] ЯД В. М., Темирбекова С. К. Органическое сельское хозяйство: принципы, опыт и перспективы //

References

- [1] Kalinina, I. V., “The Organic Food Market in Russia: Problems and Prospects,” in: Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2015, Vol. 3, No. 4, pp. 10–16.
- [2] Gracheva, R. G., Sheludkov, A. V., “Diffusion of Organic Agriculture in Russia: Features and Implications for Rural Development,” in: Regional Research of Russia 2021, Vol. 11, No. 4, pp. 578–588.
- [3] Kuznetsova, A. R., et al., “Trends in the Development of the Agricultural Sector in Perm Krai,” in: Ufa Humanitarian Scientific Forum 2024, Vol. 20, No. 4, pp. 195–217.
- [4] Kundius V. Socio-economic efficiency of the application of new technologies for the production of organic products //Poljoprivreda i Sumarstvo. – 2024. – Т. 70. – No. 4. – pp. 171-182.
- [5] Budziak O., Budziak V. Current challenges and complications of organic production and land use in Ukraine //Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal. – 2025. – Т. 11. – No. 1.
- [6] Meshram S., Mansor H. B., Adhikari T. B. Recent advances in organic agriculture: innovations, challenges, and opportunities //Frontiers in Plant Science. – 2026. – Т. 16. – P. 1681928.
- [7] Vergely F. et al. Contribution of livestock to organic agriculture: Modeling nitrogen flows at the national scale // Resources, Conservation and Recycling. – 2024. – Vol. 208. – P. 107-26.
- [8] Strielkowski W. et al. Sustainable regional economic development and land use: a case of Russia // arXiv preprint arXiv:2404.12477. – 2024.
- [9] YAD V. M., Temirbekova S. K. Organic agriculture: principles, experience and prospects // Agricultural biology. – 2017. – Vol. 52. – No. 3. – P. 478-486.

- Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – №. 3. – С. 478-486.
- [10] Аваданов Д. С., Ашурбекова Т. Н., Мусинова Э. М. Органическое сельское хозяйство //Проблемы и перспективы развития органического сельского хозяйства. – 2020. – С. 18-24.
- [11] Архипова В. А., Кулагина А. Г. Органическое сельское хозяйство: зарубежный опыт и российские перспективы //Успехи современной науки и образования. – 2017. – Т. 3. – №. 3. – С. 60-62.
- [10] Avadanov D. S., Ashurbekova T. N., Musinova E. M. Organic agriculture // Problems and prospects of organic agriculture development. – 2020. – P. 18-24.
- [11] Arkhipova V. A., Kulagina A. G. Organic agriculture: foreign experience and Russian prospects // Achievements of modern science and education. - 2017. - V. 3. - No. 3. - P. 60-62.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Назаркина Юлия Александровна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail:</p>	<p>Nazarkina Yulia Aleksandrovna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail:</p>
<p>Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p>Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

AUTHOR GUIDELINES

Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей

The procedure for consideration, approval and rejection of articles

В научно-теоретическом и практическом журнале «Инновационная техника и технология» публикуются статьи, обзорные статьи, доклады, сообщения, рецензии, краткие научные сообщения (письма в редакцию), информационные публикации.

Рукопись должна соответствовать требованиям к оформлению статьи. Рукописи, представленные с нарушением требований, редакцией не рассматриваются.

Рукописи, поступающие в журнал, должны иметь внешнюю рецензию специалистов соответствующих отраслей наук с ученой степенью доктора или кандидата наук.

Рукопись научной статьи, поступившая в редакцию журнала, рассматривается ответственным за выпуск на предмет соответствия профилю журнала, требованиям к оформлению, проверяется оригинальность в системе «Антиплагиат», регистрируется.

Редакция организует рецензирование представленных рукописей. В журнале публикуются только рукописи, текст которых рекомендован рецензентами. Выбор рецензента осуществляется решением главного редактора или его заместителя. Для проведения рецензирования рукописей статей в качестве рецензентов могут привлекаться как члены редакционной коллегии журнала «Инновационная техника и технология», так и высококвалифицированные ученые и специалисты других организаций и предприятий, обладающие глубокими профессиональными знаниями и опытом работы по конкретному научному направлению, как правило, доктора наук, профессора.

Рецензенты уведомляются о том, что присланные им рукописи являются частной собственностью авторов и относятся к сведениям, не подлежащим разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии статей для своих нужд. Рецензирование проводится конфиденциально. Нарушение конфиденциальности возможно только в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в статье.

Если в рецензии на статью имеется указание на необходимость ее исправления, то статья направляется автору на доработку. В этом случае датой поступления в редакцию считается дата возвращения доработанной статьи.

Если статья по рекомендации рецензента подверглась значительной авторской переработке, она направляется на повторное рецензирование тому же рецензенту, который сделал критические замечания.

Редакция оставляет за собой право отклонения статей в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания редакции.

При наличии отрицательных рецензий на рукопись от двух разных рецензентов или одной рецензии на ее доработанный вариант статья отклоняется от публикации без рассмотрения другими членами редколлегии.

Решение о возможности публикации после рецензирования принимается главным редактором, а при необходимости – редколлегией в целом.

Фамилия рецензента может быть сообщена автору лишь с согласия рецензента.

Редакция журнала не хранит рукописи, не принятые к печати. Рукописи, принятые к публикации, не возвращаются. Рукописи, получившие отрицательный результат от рецензента, не публикуются и также не возвращаются автору.

Требования к оформлению статьи

Article requirements

Научно-теоретический и практический журнал «Инновационная техника и технология» предназначен для публикации статей, посвященных проблемам пищевой и смежных отраслей промышленности.

Статья должна отвечать профилю журнала, обладать научной новизной, публиковаться впервые.

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и надписи к рисункам) должен быть 5–10 страниц. Текст статьи должен быть напечатан на белой бумаге формата А4 (210×297 мм) с одной стороны листа в одну колонку.

Все страницы должны иметь сплошную нумерацию посередине внизу.

Статья включает следующее.

1. Индекс УДК (универсальный десятичный классификатор) – на первой странице в левом верхнем углу.

2. Инициалы и фамилии всех авторов через запятую.

3. Заголовок. Название статьи должно быть кратким (не более 10 слов), но информативным и отражать основной результат исследований. Заголовки набирают полужирными прописными буквами, размер шрифта 12. В заголовке не допускается

употребление сокращений, кроме общепризнанных.

4. Аннотация (не более 800 печатных знаков). Отражает тематику статьи, ценность, новизну, основные положения и выводы исследований.

5. Ключевые слова (не более 9).

6. Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы:

«Введение»— часть, в которой приводят краткий обзор материалов (публикаций), связанных с решаемой проблемой, и обоснование актуальности исследования. Ссылки на цитированную литературу даются по порядку номеров (с № 1) в квадратных скобках. При цитировании нескольких работ ссылки располагаются в хронологическом порядке. Необходимо четко сформулировать цель исследования.

«Объекты и методы исследований»:

- для описания экспериментальных работ— часть, которая содержит сведения об объекте исследования, последовательности операций при постановке эксперимента, использованных приборах и реактивах. При упоминании приборов и оборудования указывается название фирмы на языке оригинала и страны (в скобках). Если метод малоизвестен или значительно модифицирован, кроме ссылки на соответствующую публикацию, дают его краткое описание;

- для описания теоретических исследований— часть, в которой поставлены задачи, указываются сделанные допущения и приближения, приводится вывод и решение основных уравнений. Раздел не следует перегружать промежуточными выкладками и описанием общеизвестных методов (например, методов численного решения уравнений, если они не содержат элемента новизны, внесенного авторами);

«Результаты и их обсуждение»— часть, содержащая краткое описание полученных экспериментальных данных. Изложение результатов должно заключаться в выявлении обнаруженных закономерностей, а не в механическом пересказе содержания таблиц и графиков. Результаты рекомендуется излагать в прошедшем времени. Обсуждение не должно повторять результаты исследования.

«Выводы» В конце раздела рекомендуется сформулировать основной вывод, содержащий ответ на вопрос, поставленный в разделе «Введение».

Текст статьи должен быть набран стандартным шрифтом Times New Roman, кегль 10, межстрочный интервал—одинарный, поля—2 см. Текст набирать без принудительных переносов, слова внутри абзаца разделять только одним пробелом, не использовать пробелы для выравнивания. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Математические уравнения и химические формулы должны набираться в редакторе формул (использовать английский алфавит) Equation (MathType)

или в MS Word одним объектом, а не состоять из частей. Необходимо придерживаться стандартного стиля символов и индексов: английские—курсивом (Italic), русские и греческие—прямым шрифтом, с указанием строчных и прописных букв, верхних и нижних индексов. Химические формулы набираются 9-м кеглем, математические—10-м. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Рисунки должны быть представлены в формате *.png, *.jpg или *.tiff. Подрисовочная подпись должна состоять из номера и названия (Рис. 1. ...). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки.

Графики, диаграммы и т.п. рекомендуется выполнять в программах MS Excel или MS Graph и **вставлять картинкой**. Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

Таблицы, графики и диаграммы не должны превышать по ширине 8 см. Допускаются смысловые выделения—полужирным шрифтом.

7. Список литературы. Библиографический список оформляется согласно ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 «Библиографическая ссылка». Список литературы приводится в порядке цитирования работ в тексте. В тексте статьи дается порядковый номер источника из списка цитируемой литературы в квадратных скобках. Ссылки на электронные документы должны оформляться согласно ГОСТ 7.82–2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов».

Не рекомендуется использовать более трех интернет-источников, а также литературу, с момента издания которой прошло более 10 лет.

В список литературы не включаются неопубликованные работы, учебники, учебные пособия и тезисы материалов конференций.

8. Полное название учреждения (место работы), город, почтовый адрес и индекс, тел., e-mail (организации).

9. На английском языке необходимо представить следующую информацию:

а) заглавие статьи; б) инициалы и фамилии авторов; в) текст аннотации; г) ключевые слова (key words); д) название учреждения (с указанием почтового адреса, тел., e-mail).

В случае несоответствия оформления статьи предъявляемым требованиям статья не публикуется. Статьи подлежат общему редактированию.

В редакцию предоставляются:

1) электронная версия статьи в программе MS Word 2007–2013. Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора—ПетровГП.doc. Не допускается в одном файле помещать несколько файлов;

2) **приложить графики и рисунки в формате графических файлов *.png, *.jpg или *.tiff; таблицы в формате excel.**

3) сведения об авторах (на русском и английском

языках): фамилия, имя, отчество каждого соавтора, место и адрес работы с указанием должности, структурного подразделения, ученой степени, звания; контактный телефон, домашний адрес, электронная почта, дата рождения. Звездочкой указывается автор, с которым вести переписку. Файл

следует назвать по фамилии первого автора – ПетровГП_Анкета.doc;

5) **рецензия на статью**, оформленная согласно образцу, от внешнего рецензента. Подпись внешнего рецензента заверяется соответствующей кадровой структурой.

ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В БАЗУ ДАННЫХ AGRIS СТАТЬЯ ДОЛЖНА СОДЕРЖАТЬ СЛЕДУЮЩУЮ ИНФОРМАЦИЮ:

1. Сведения об авторах: (ФИО всех авторов на русс. и англ яз, полное название организации – место работы авторов, адрес эл. почты, должность, ученая степень).

2. Название статьи (на русском и английском языках);

3. Реферат (на русском и английском языках) 200- 250 слов;

Не следует начинать реферат с повторения названия статьи! Необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (с приведением количественных данных), четко сформулировать выводы. Не допускаются разбивка на абзацы и использование вводных слов и оборотов! Необходимо представлять сведения об объектах исследования. Следить, чтобы в тексте не было повторов и вводных оборотов типа «На основании проведенных исследований можно сказать» (вполне достаточно «установлено» или «сделан вывод»). Все числительные – цифрами.

4. Ключевые слова (на русском и английском языках);

Термины Agrovoc это ключевые слова к Вашей статье, используемые в системе цитирования Agris. Они вводятся на английском языке, и чаще всего совпадают с ключевыми словами Вашей статьи. Для проверки соответствия ключевого слова термину Agrovoc, введите его в поисковой строке сайта Agrovoc. Если термин найден, добавьте его в соответствующее поле формы отправки статьи, если же ключевое слово отсутствует среди терминов Agrovoc, то попробуйте подобрать максимально близкий по смыслу синоним. При отправке статьи используйте минимум 2 и максимум 15 терминов Agrovoc.

Сервис поиска терминов Agrovoc: <http://aims.fao.org/skosmos/agrovoc/en/search?clang=ru>

5. Список литературы должен быть представлен на русском языке и на латинице (транслитерация). В списке литературы не должно быть ссылок на одного и того же автора, минимум ссылок на правовые и нормативные документы, наличие ссылок на иностранные публикации. Не допускается машинный перевод текста на английский язык.

ТРАНСЛИТЕРАЦИЯ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Для того, чтобы попасть в зарубежные аналитические базы данных Scopus и Web of Science необходимо оформлять статьи (в том числе в электронных научных журналах) в соответствии с требованиями зарубежных баз данных.

Этапы преобразования ссылки

1) На сайте <http://www.translit.ru> (в раскрывающемся списке «варианты» выбирать вариант, например: системы Госдепартамента США - BSI). Вставляем текст ссылки на русском языке и нажимаем кнопку «в транслит». Название научного журнала в транслитерированном списке литературы должно совпадать с транслитерированным названием журнала, которое зарегистрировано при его включении в международные базы данных.

2) Англоязычные версии названий многих публикаций, журналов, книг и т.д. можно найти на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru/>).

3) Переводим с помощью онлайн-переводчика все описание источника (название книги, статьи и т.д., кроме авторов) на английский язык, перевод редактируем и переносим в формируемый список (за транслитерированным названием).

4) Объединяем описания в транслите и переводное, оформляя в соответствии с принятыми правилами. Нужно раскрыть место издания (например, Moscow), а также исправить обозначение страниц на английский язык (например, вместо 124 s. – 124 p., S. 12-15 – pp. 12-15) и номера («№» на «No.»). Курсивом выделяем название источника (при описании статьи) или название книги (монографии, сборника). Убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания, заменяем их на запятые, авторов (всех) ставим перед заглавием.

Порядок преобразования ссылки

Переводим ссылку в транслит и убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания (// и -), заменяем их на запятые, авторов (всех) ставим перед заглавием:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva, Pravo i politika, 2004, № 1, S. 19-30.

После транслитерированного заглавия статьи вставляем в квадратные скобки перевод заглавия на английский язык и выделяем название журнала (книги, монографии) курсивом:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva [*Sector of law and sector of legislation*], *Pravo i politika*, 2004, № 1, S. 19-30.

Меняем «№» на «No.» и страницы - «S.» на «pp.». Обязательно должны быть указаны первый и последний номера страниц статьи:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva (Sector of law and sector of legislation), *Pravo i politika*, 2004, No. 1, pp. 9-30.

Примеры оформления списка литературы в латинице

Описание статьи из журнала:

Osintsev A.M., Braginskii V.I., Ostroumov L.A., Gromov E.S. Ispol'zovanie metodov dinamicheskoi reologii dlya issledovaniya protsessa koagulyatsii moloka [Application of dynamic rheology in studying milk coagulation process]. *Agricultural Commodities Storage and Processing*, 2002, no. 9, pp. 46–49.

Описание статьи из электронного журнала:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

Описание статьи с DOI:

Korotkaya E.V., Korotkiy I.A. Effect of freezing on the biochemical and enzymatic activity of *Lactobacillus bulgaricus*. *Food and Raw Materials*, 2013, vol. 1, no. 2, pp. 9-14. doi:10.12737/2046

Описание статьи из продолжающегося издания (сборника трудов)

Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Eksperimental'noe issledovanie prochnosti soedinenii «stal'-kompozit» [Experimental study of the strength of joints «steel-composite»]. *Trudy MGTU «Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem»* [Proc. of the Bauman MSTU “Mathematical Modeling of Complex Technical Systems”], 2006, no. 593, pp. 125-130.

Описание книги (монографии, сборники):

Berezov T.V., Korovin B.F. *Bioorganicheskaya khimiya* [Bioorganic Chemistry]. Moscow, Meditsina, 1990. 221 p.

Ot katastrofy k vozrozhdeniyu: prichiny i posledstviya razrusheniya SSSR [From disaster to rebirth: the causes and consequences of the destruction of the Soviet Union]. Moscow, HSE Publ., 1999. 381 p.

Описание Интернет-ресурса:

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources) Available at: <http://www.scribd.com/doc/1034528/> (accessed 7 February 2011)

Описание диссертации или автореферата диссертации:

Semenov V.I. *Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor*. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2003. 272 p.

Описание ГОСТа:

GOST 8.586.5–2005. Metodika vypolneniia izmerenii. Izmerenie raskhoda i kolichestva zhidkosti i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroystv [State Standard 8.586.5 –2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p.

Описание патента:

Palkin M.V., Kulakov A.V. Sposob orientirovaniia po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoi golovkoi samonavedeniia [The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head]. Patent RF, no. 2280590, 2006.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Том 13

№ 1

2026

Разработка оригинал-макета – Фролов Д. И.

Сдано в производство 10.03.2026. Формат 60X84/8

Бумага типогр. №1. Печать ризография. Шрифт Times New Roman.

Усл. печ. л. 15,46. Тираж 50 экз.