



ISSN 2414-9845 (Online)

ISSN 2410-0242 (Print)

## ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Том 13, № 2, 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](mailto:surr@itit58.ru), [surr@bk.ru](mailto: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 2, 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](mailto:surr@itit58.ru), [surr@bk.ru](mailto: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

<b>Сравнительный анализ сои различной зрелости для использования в качестве рецептурных компонентов булочных изделий</b> <i>Бочкарева З.А., Буренкова С.А.</i> .....	7
<b>Технологический потенциал овсяной муки в производстве пшенично-овсяных сортов хлеба</b> <i>Волошин М.М., Фролов Д.И.</i> .....	13
<b>Влияние типа заквасочной культуры на реологические и текстурные характеристики кисломолочных продуктов</b> <i>Егорова Е.В., Фролов Д.И.</i> .....	18
<b>Использование пищевых добавок при производстве мясопродуктов</b> <i>Зимняков В.М.</i> .....	23
<b>Применение порошка бобов овощной фасоли в технологии ржано-пшеничного хлеба</b> <i>Курочкин А.А., Новикова О.А.</i> .....	29
<b>Влияние продолжительности хранения на показатели качества пчелиного меда</b> <i>Майорова Ю.К., Фролов Д.И.</i> .....	34
<b>Модификация рецептуры и оценка качества обогащенного хлеба</b> <i>Мурашкина О.А., Зязина А.С.</i> .....	39
<b>Разработка рецептуры хлеба с пониженным содержанием фенилаланина</b> <i>Мурашкина О.А., Ильяткова К.Г.</i> .....	46
<b>Применение нетрадиционного сырья в пивоварении</b> <i>Фадин Е.А., Гарькина П.К.</i> .....	53
<b>Возможность применения растительного сырья в приготовлении рыбных полуфабрикатов функционального назначения</b> <i>Фадин Е.А., Гарькина П.К.</i> .....	57
<b>Разработка и оценка пробиотических овсяных напитков на основе отечественного сырья</b> <i>Фролов Д.И., Майоров М.А.</i> .....	61
<b>Возможности применения каштановой муки в кондитерских изделиях</b> <i>Юрна Д.А., Бычкова Е.В., Гарькина П.К.</i> .....	67

## ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

<b>Параметры экструзии и производительность при обогащении рисовой муки морковью</b> <i>Бирюков Д.А., Фролов Д.И.</i> .....	71
<b>Использование биологических смазочных материалов</b> <i>Зимняков В.М.</i> .....	77
<b>К вопросу расширения классификационных признаков технологии и оборудования для термовакуумной экструзии пищевого сырья</b> <i>Курочкин А.А., Аширов Р.Р., Поляков А.В.</i> .....	84

---

**Оптимизация параметров экструзии ячменных снеков с добавлением чечевицы и тыквы**

*Фролов Д.И., Бирюков Д.А.* ..... **90**

**ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ**

*Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей* ..... **96**

*Требования к оформлению статьи* ..... **96**

---

# CONTENTS

## FOOD TECHNOLOGY

<b>A comparative analysis of soybeans of different maturities for use as bakery ingredients</b> <i>Bochkareva Z.A., Burenkova S.A.</i> .....	7
<b>Technological potential of oat flour in the production of wheat-oat bread</b> <i>Voloshin M.M., Frolov D.I.</i> .....	13
<b>The influence of starter culture type on the rheological and textural characteristics of fermented milk products</b> <i>Egorova E.V., Frolov D.I.</i> .....	18
<b>The use of food additives in the production of meat products</b> <i>Zimnyakov V.M.</i> .....	23
<b>Applications of vegetable bean powder in rye-wheat bread technology</b> <i>Kurochkin A.A., Novikova O.A.</i> .....	29
<b>The effect of storage duration on honey quality</b> <i>Mayorova Yu.K., Frolov D.I.</i> .....	34
<b>Modification of the recipe and quality assessment of enriched bread</b> <i>Murashkina O.A., Zyazina A.S.</i> .....	39
<b>Development of a bread recipe with a reduced content of phenylalanine</b> <i>Murashkina O.A., Ilyatkova K.G.</i> .....	46
<b>The use of non-traditional raw materials in brewing</b> <i>Fadin E.A., Garkina P.K.</i> .....	53
<b>The possibility of using plant raw materials in the preparation of functional fish semi-finished products</b> <i>Fadin E.A., Garkina P.K.</i> .....	57
<b>Development and evaluation of probiotic oat drinks based on domestic raw materials</b> <i>Frolov D.I., Mayorov M.A.</i> .....	61
<b>Applications of chestnut flour in culinary products</b> <i>Yurna D.A., Bychkova E.V., Garkina P.K.</i> .....	67

## TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

<b>Extrusion parameters and productivity in enriching rice flour with carrots</b> <i>Biryukov D.A., Frolov D.I.</i> .....	71
<b>The use of biological lubricants</b> <i>Zimnyakov V.M.</i> .....	77
<b>On the issue of expanding the classification features of technology and equipment for thermal vacuum extrusion of food raw materials</b> <i>Kurochkin A.A., Ashirov R.R., Polyakov A.V.</i> .....	84
<b>Optimization of extrusion parameters for barley snacks with lentils and pumpkin</b> <i>Frolov D.I., Biryukov D.A.</i> .....	90

---

## AUTHOR GUIDELINES

<i>The procedure for consideration, approval and rejection of articles</i> .....	<b>96</b>
<i>Article requirements</i> .....	<b>96</b>

# ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

## FOOD TECHNOLOGY

УДК 664.664

### Сравнительный анализ сои различной зрелости для использования в качестве рецептурных компонентов булочных изделий

*Бочкарева З.А., Буренкова С.А.*

**Аннотация.** Булочные изделия сочетают в себе питательность, разнообразие, технологические возможности и эмоциональную привлекательность, что делает их популярным продуктом в рационе многих людей. Цель работы: сравнительный анализ зрелой сои и эдамаме для использования в качестве рецептурных компонентов булочных изделий. В статье приведен сравнительный анализ химического состава зрелой сои и зеленых бобов сои (эдамаме). Зрелая соя обладает более высокой пищевой ценностью, при этом бобы эдамаме также являются хорошими источниками белка, пищевых волокон, минеральных веществ и витаминов. Методами исследования явились анализ научных данных по пищевой ценности зрелой сои и эдамаме, с определением ключевых различий. Определение показателей качества образцов изделий проводили по общепринятым методикам, установленным в действующей нормативной документации. Булочные изделия готовили по традиционной технологии в соответствии с технологической инструкцией по сборнику рецептов, заменяя часть муки пшеничной на соевую в образце №1 и на измельченные до пасты размороженные бобы эдамаме в образце №2 взамен 10% пшеничной муки высшего сорта. Из полученных результатов видно, что пищевая ценность муки соевой из зрелых бобов сои выше по большинству нутриентов, но булочные изделия с добавками по органолептическим и физико-химическим показателям отвечают требованиям нормативных документов. Данные продукты можно использовать в качестве обогащающих ингредиентов в производстве булочных изделий.

**Ключевые слова:** булочные изделия, мука соевая, бобы эдамаме.

**Для цитирования:** Бочкарева З.А., Буренкова С.А. Сравнительный анализ сои различной зрелости для использования в качестве рецептурных компонентов булочных изделий // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 7–12.

### A comparative analysis of soybeans of different maturities for use as bakery ingredients

*Bochkareva Z.A., Burenkova S.A.*

**Abstract.** Bakery products combine nutritional value, variety, technological possibilities, and emotional appeal, making them a popular product in the diet of many people. The objective of this study was to conduct a comparative analysis of mature soybeans and edamame for use as bakery ingredients. This article presents a comparative analysis of the chemical composition of mature soybeans and green soybeans (edamame). Mature soybeans have a higher nutritional value, while edamame beans are also good sources of protein, dietary fiber, minerals, and vitamins. The study methods included an analysis of scientific data on the nutritional value of mature soybeans and edamame, identifying key differences. Quality indicators for product samples were determined using generally accepted methods established in current regulatory documentation. Bakery products were prepared using traditional technology in accordance with the recipe book's technological instructions, substituting some of the wheat flour for soy flour in sample #1 and thawed edamame beans ground into a paste in sample #2, replacing 10% of the premium wheat flour. The results show that the nutritional value of soy flour from mature soybeans is higher for most nutrients, but bakery products with additives meet regulatory requirements in terms of organoleptic and physicochemical properties. These products can be used as fortifying ingredients in bakery production.

**Keywords:** bakery products, soy flour, edamame beans.

**For citation:** Bochkareva Z.A., Burenkova S.A. A comparative analysis of soybeans of different maturities for use as bakery ingredients. *Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]*. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 7–12. (In Russ.).

## Введение

Соя – это важнейшее в мире бобовое растение, семена которого используют в качестве источника соевого масла и белка для потребления человеком. Во многих частях света соя является одним из основных продуктов питания, чаще в виде зерновой сои, собранной на стадии сухой зрелости. Зрелую сою используют для производства тофу, соевого молока, соуса, муки, текстуратов и изолятов [1]. Соевую муку получают в результате помола зрелых соевых бобов, очищенных от внешней оболочки и подвергнутых термической обработке. Но при созревании соя проходит несколько стадий зрелости. Одной из разновидностей являются бобы эдамаме, которые используют в качестве зеленого овоща, собирают, когда семена полностью сформировались, но еще ярко-зеленые [2]. Эдамаме готовят различными способами, они используются для непосредственного употребления в пищу в виде гарниров, закусок, супов.

Выращивание эдамаме еще не пользуется популярностью в России из-за наличия специфических сортов для разных климатических условий. Наиболее перспективны для эдамаме южные и центральные регионы с теплым летом: Краснодарский край, Ростовская область, Ставропольский край, Черноземье [3].

Однако разница в степени зрелости и влажности бобов приводит к кардинальному отличию в их химическом составе и питательной ценности.

Снижение дефицита питательных веществ является одной из задач разработчиков новых пищевых продуктов и использование зрелой сои для улучшения состава различных продуктов широко раскрыто в работах ученых [4, 5]. Хлебобулочные изделия одна из самых востребованных групп пищевых продуктов и развитие рынка хлебобулочных изделий происходит за счет разработки нетрадиционных сортов, которые обогащают функциональными ингредиентами. Многочисленные разработки с продуктами переработки зрелой сои показывают возможность их использования для хлеба и хлебобулочных изделий [6, 7]. При этом разработок с использованием бобов эдамаме в качестве функциональной добавки при разработке продуктов незначительно. Для выявления перспективы применения бобов эдамаме с целью возможности их использования для разработки новых продуктов был проведен сравнительный анализ зрелой сои и бобов эдамаме по пищевой ценности.

Цель работы: Сравнительный анализ зрелой

сои и эдамаме для использования в качестве рецептурных компонентов булочных изделий.

## Объекты и методы исследований

При подготовке первого этапа исследования использован анализ научных данных по пищевой ценности зрелой сои и эдамаме с определением ключевых различий. На втором этапе экспериментально рассмотрено использование эдамаме и зрелой сои для производства мелкочтучных булочных изделий.

Объекты исследования. В качестве объектов исследования выступают образцы булочек с частичной заменой муки пшеничной высшего сорта на соевую муку и размороженного эдамаме в количестве 10%. В качестве прототипа использована рецептура № 166 и технология изготовления по сборнику рецептур [8].

Сырьем для производства пшеничной булочки с использованием сои и эдамаме являлись: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта по ГОСТ 26574, мука соевая полуобезжиренная по ГОСТ 3898, замороженные бобы эдамаме по СТО 23099662-001-2015, дрожжи хлебопекарные пресованные по ГОСТ Р 54731, соль поваренная пищевая по ГОСТ Р 51574, вода питьевая по СанПиН 2.1.4.1074-2001, масло растительное подсолнечное рафинированное по ГОСТ 1129-2025.

Массовую долю влаги определяли: муки – по ГОСТ 13586.5-2015, бобов эдамаме и готового продукта – по ГОСТ 21094-2022 на анализаторе влажности, пористость – по ГОСТ 5669, кислотности – по ГОСТ 5670, органолептические показатели – по ГОСТ 31805-2018.

Булочные изделия готовили по традиционной технологии в соответствии с технологической инструкцией по сборнику рецептур, заменяя часть муки пшеничной на соевую в образце №1 и на измельченные до пасты размороженные бобы эдамаме.

## Результаты и их обсуждение

Сравнительная оценка бобов эдамаме и зрелой сои по пищевой ценности произведена в таблице 1 и отражены ключевые различия. Данные показателей содержания пищевых веществ взяты из источников [1, 9, 10, 11].

Анализируя данные таблицы, можно отметить, что зрелая соя обладает более высокой пищевой ценностью. При этом бобы эдамаме также являются хорошими источниками белка, пищевых волокон, минеральных веществ и витаминов [2, 3, 11].

Таблица 1 – Сравнительная оценка бобов эдамаме и зрелой сои по пищевой ценности

Показатель	Эдамаме	Зрелая соя	Ключевые различия
Белки, г	11,9 -11,7	18,2 -35,3	В зрелой сое белка значительно больше
Жиры, г	4,73-6,2	17,3-19,0	Жиров больше в зрелой сое в 3,0-3,5 раза
Углеводы, г	7,8-8,8	28,2-30,6	В целом углеводов больше в зрелой сое, но состав разный, в эдамаме крахмала больше в 3,5-4 раза, в зрелой сое больше моно-и дисахаридов
Зола, г	1,6-4,67	5,0-6	В зрелой сое накапливается больше минеральных веществ
Пищевые волокна, г	4,8-5,2	6,0-16	Пищевых волокон в зрелой сое может быть больше в зависимости от сорта
Калорийность, ккал	121-135	172-417	Зрелая соя значительно калорийнее из-за меньшего содержания воды
Минеральные вещества			
Кальций, мг	58-60	240-285	В зрелой сое кальция больше в 6 раз
Железо, мг	2,11-2,7	8,2-9,4	В зрелой сое железа больше в 3,5-4 раза
Калий, мг	482-590	1900-2090	100г зрелой сои удовлетворяют суточную потребность в калии на 60%, эдамаме на 17%
Магний, мг	61-62	220-285	В зрелой сое магния больше в 3,5-4,5 раза
Фосфор, мг	161-170	580-675	В зрелой сое фосфора больше в 3,5-4,0 раза
Медь, мг	0,41	0,98-1,0	100 г зрелой сои полностью удовлетворяют суточную потребность в меди, а 100г эдамаме на 40%.
Марганец, мг	0,71	2,0-2,8	100 г зрелой сои полностью удовлетворяет суточную потребность в марганце, его больше, чем в эдамаме в 3 раза
Витамины			
Витамин В <sub>1</sub> , мг	0,15-0,31	0,39-1,08	Тиамин (В <sub>1</sub> ) в зрелой сое больше в 2,6-3,5 раза
Витамин В <sub>2</sub> , мг	0,15-0,265	0,16-0,28	Рибофлавин (В <sub>2</sub> ) в эдамаме и зрелой сое примерно одинаковое количество
Витамин В <sub>6</sub> , мг	0,135-0,15	0,15-1,05	Пиридоксин (В <sub>6</sub> ) в зрелой сое может быть больше в 7 раз в зависимости от сорта
Витамин С, мг	9,7-27	-	В эдамаме витамин содержится и может удовлетворять суточную потребность до 27% в зависимости от сорта, в зрелой сое его нет.
Фолаты (В <sub>9</sub> ), мкг	303-320	200-209	В эдамаме примерно в 1,5 раза больше, чем в зрелой сое.
Витамин Е, мг	0,72-0,8	0,55-1,8	В зрелой сое витамина Е больше в зависимости от сорта
Витамин К, мг	30-31,4	3,9-18	В эдамаме примерно в 1,5-4 раза больше, чем в зрелой сое.

Таблица 2 - Физико-химические характеристики образцов

Характеристики	Образец №1 с соевой мукой (10%)	Образец №2 с эдамаме (10%)
Влажность мякиша, %	37,8	40,66
Кислотность мякиша, град	2,6	2,6
Пористость мякиша, %	70,06	71,4

Поэтому использование эдамаме для производства функциональных продуктов представляется перспективным направлением.

Булочные изделия в группе хлебобулочных занимают значительное место [12]. Для сравнительного анализа влияния соевой муки и эдамаме на органолептические показатели проведена оценка готовых изделий. Внешний вид мякиша на разрезе представлен на рисунках 1, 2.

При сравнении образцов 1 и 2 можно сделать выводы: изделия округлой формы, ровные, выпуклые, с гладкой поверхностью; цвет образца с соевой мукой желтоватый, у образца с эдамаме более светлый, с едва уловимым зеленоватым оттенком; мякиш изделий пропеченный, не липкий, но у булочек с эдамаме менее эластичный; пористость у булочки с соевой мукой более развитая, мелкая

без пустот и уплотнений, у булочки с эдамаме пористость развитая, но менее равномерная. Вкус и запах образцов выражен, свойственный сдобным булочным изделиям, запаха и привкуса бобовых не ощущается.

После проведения органолептической оценки были определены физико-химические показатели, отраженные в таблице 2.

По физико-химическим показателям – влажности, кислотности и пористости мякиша образцы отличаются незначительно.

Различия в химическом составе зрелой сои и бобов эдамаме наглядно показывают, что пищевая ценность муки соевой из зрелых бобов сои выше по большинству нутриентов, из чего следует, что и частичная замена пшеничной муки на эти добавки в одинаковом количестве приведет к более высокой



Рис. 1. Образец №1 с 10% эдамаме



Рис. 2. Образец №2 с 10% соевой муки

пищевой ценности разрабатываемых изделий. Разница в пищевых макро-и микронутриентах зрелой сои и эдамаме связана с тем, что в процессе созревания в семенах растений происходят биохимические изменения, влияющие на состав. Уменьшение влажности зерна, уменьшение массы влияет на концентрацию пищевых веществ.

При оценке органолептических показателей образцов №1 и №2 можно отметить, что образец с добавлением соевой муки по качественным характеристикам немного выше.

Исследование образцов булочных изделий с соевой мукой и бобами эдамаме по физико-химическим показателям выявило, что влажность мякиша образцов с эдамаме выше, чем с соевой мукой на 7%. Соевая мука имеет высокую водопоглотительную способность в тесте в отличие от водопоглотительной способности эдамаме, с чем скорее всего и связана более низкая влажность мякиша. Кислотность мякиша в образцах №1 и №2 одинакова.

## Литература

- [1] Тюрина, Л.Е. Использование и переработка сои: учеб. пособие / Л.Е. Тюрина, Н.А. Табаков; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2008. – 90 с.
- [2] Islam, M., Zhang, M., & Fan, D. (2019). Ultrasonically enhanced low-temperature microwave-assisted vacuum frying of edamame: Effects on dehydration kinetics and improved quality attributes. *Drying Technology*, 37(16), 2087–2104. <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1558234>
- [3] Шафигуллин Д. Р. Изучение овощных форм сои в условиях центрального района европейской части РФ и моделирование новых сортоформ / Д.Р. Шафигуллин, М.С. Гинс, В.Ф. Пивоваров, А.В. Солдатенко // Известия ТСХ. – 2018. - № 4. – С. 73-98. EDN: SIUSMX
- [4] Стаценко Е.С., Пензин А.А., Усанов В.С. Анализ использования соевого зерна при создании обогащающих добавок и продуктов пищевого и кормового назначения // Вестник КрасГАУ. 2024. № 8 (209). С. 203-218. EDN: TXQZJA

## Выводы

Зрелые соевые бобы растут дольше, в них концентрируется больше питательных веществ, чем в эдамаме. Но и те и другие являются хорошими источниками белка, клетчатки, минералов и витаминов. Исследование и сравнительный анализ булочных изделий с частичной заменой муки пшеничной высшего сорта на муку соевую и зеленую сою показали, что данные продукты можно использовать в качестве обогащающей добавки в производстве булочных изделий, но содержание полезных пищевых веществ в соевой муке выше, что в итоге определит более высокую пищевую ценность продукта с добавлением муки из зрелой сои.

## References

- [1] Tyurina, L.E. The use and processing of soybeans: textbook. manual / L.E. Tyurina, N.A. Tabakov; Krasnodar State Agrarian University. – Krasnoyarsk, 2008. – 90 p.
- [2] Islam, M., Zhang, M., & Fan, D. (2019). Ultrasonically enhanced low-temperature microwave-assisted vacuum frying of edamame: Effects on dehydration kinetics and improved quality attributes. *Drying Technology*, 37(16), 2087–2104. <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1558234>
- [3] Study of soybean vegetable samples in the conditions of the central european part of russia and modeling of new variety biotypes Shafigullin D.R., Gins M.S., Pivovarov V.F., Soldatenko A.V. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2018. № 4. С. 73-98. (In Russ.) EDN: SIUSMX
- [4] Statsenko E.S., Penzin A.A., Usanov V.S. Soy bean grain use analysis in making enriching additives and alimentary and feed products // *Bulliten KrasSAU*. 2024;(8): 203–218 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-8-203-218. EDN: TXQZJA

- [5] Применение продуктов переработки сои и пищевых волокон в технологии комбинированных мясных изделий /Киселева И.С., Ермолаева Ж.Д., Кизиёва А.С., Фоменко О.С., Буттаев О.М./Аграрный научный журнал. 2025. № 9. С. 129-136. EDN: LYNNAS
- [6] Ефремова Е.Н., Зенина Е.А., Шершнева А.А. Влияние соевой муки на качество пшеничного хлеба / Вестник КрасГАУ. 2020. № 3 (156). С. 171-177. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-3-171-177 EDN: XVHRHO
- [7] Мхитарьянц Л.А., Таранец О.В., Мхитарьянц Г.А. Влияние добавки соевой муки на потребительские свойства пшеничного хлеба /Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2020. № 1 (373). С. 21-24. DOI: 10.26297/0579-3009.2020.1.5 EDN: BLIJJC
- [8] Сборник рецептов на торты, пирожные, кексы, рулеты, печенье, пряники, коврижки и сдобные булочные изделия. М.: Хлебпродинформ, 2000.
- [9] Edamame vs. Soybean — Difference in Taste, Nutrition, and Health Impact /Encyclopedia of food & nutrition focused on comparison [Электронный ресурс] FDA Food Central (U.S. Department of Agriculture) <https://foodstruct.com/nutrition-comparison-text/soybean-vs-edamame>
- [10] Soy flour, low-fat - Matvaretabellen.no [Электронный ресурс] Norwegian Food Safety Authority <https://matvaretabellen.mattilsynet.io/en/soy-flour-low-fat/#energi>
- [11] Moinuddin et al. Vegetable soybean (Edamame): A potential area of research – A review / Moinuddin, Farooq A. Khan, Mohammad Amir, Sumati Narayan, Zaffar Mahdi Dar and Mohammad Hussain Khan // SKUAST journal of research. Vol. 25(3), 2023. Pp. 376-386. DOI:10.5958/2349-297X.2023.00051.
- [12] Бочкарева З.А. Изделия хлебобулочные мелкостручные повышенной пищевой ценности // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4. С. 94-99. EDN: UZCAHZ
- [5] Kiselyova I. S., Ermolaeva Zh. D., Kizieva A. S., Fomenko O. S., Buttaev O. M. The use of grain processing products and dietary fibers in the technology of combined meat products. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2025;(9):129–136. (In Russ.). <https://doi.org/10.28983/asj.y2025i9pp129-136>. EDN: LYNNAS
- [6] Efremova E.N., Zenina E.A., Shersheva A.A. The influence of soy flour on wheat bread quality Vestnik KrasGAU. 2020. vol. 3 (156). pp. 171-177. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-3-171-177 EDN: XVHRHO
- [7] Mkhitaryants L.A., Taranets O.V., Mkhitaryants G.A. Influence of soy flour additive on consumer properties of wheat bread.// Izvestiya vuzov. Food Technology /2020. vol. 1 (373). pp. 21-24. DOI: 10.26297/0579-3009.2020.1.5 EDN: BLIJJC
- [8] Collection of recipes for cakes, pastries, cupcakes, rolls, biscuits, gingerbread, gingerbread and bakery products. Moscow: Khleprodinform, 2000.
- [9] Edamame vs. Soybean — Difference in Taste, Nutrition, and Health Impact /Encyclopedia of food & nutrition focused on comparison [Электронный ресурс] FDA Food Central (U.S. Department of Agriculture) <https://foodstruct.com/nutrition-comparison-text/soybean-vs-edamame>
- [10] Soy flour, low-fat - Matvaretabellen.no [Электронный ресурс] Norwegian Food Safety Authority <https://matvaretabellen.mattilsynet.io/en/soy-flour-low-fat/#energi>
- [11] Moinuddin et al. Vegetable soybean (Edamame): A potential area of research – A review / Moinuddin, Farooq A. Khan, Mohammad Amir, Sumati Narayan, Zaffar Mahdi Dar and Mohammad Hussain Khan // SKUAST journal of research. Vol. 25(3), 2023. pp. 376-386. DOI:10.5958/2349-297X.2023.00051.
- [12] Bochkareva Z.A. FSBEI HVE Penza STU Small-pieces bakery products with higher nutritional value // Bulletin Samara State Agricultural Academy 2015. No. 4. pp. 94-99. EDN: UZCAHZ

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

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

## Технологический потенциал овсяной муки в производстве пшенично-овсяных сортов хлеба

*Волошин М.М., Фролов Д.И.*

**Аннотация.** В статье рассматривается влияние различных фракций овсяной муки на технологические свойства пшеничного теста. Овес является перспективным сырьем для функциональных продуктов питания благодаря высокому содержанию  $\beta$ -глюканов, незаменимых аминокислот и витаминов. Однако высокое содержание липидов требует предварительной гидротермической обработки зерна для предотвращения ферментативной порчи. Исследованы две фракции овсяной муки (с размером частиц 250–180 мкм и менее 180 мкм), полученные из нативного и термообработанного сырья. Проведен сравнительный анализ химического состава, вязкостных характеристик клейстеров и параметров брожения полуфабрикатов. Установлено, что мелкая фракция овсяной муки (<180 мкм) характеризуется повышенным содержанием крахмала, что обуславливает более высокие значения максимального крутящего момента при клейстеризации. Гидротермическая обработка способствует снижению кислотности муки и повышению газообразующей способности теста. Показано, что использование термообработанной овсяной муки позволяет достичь большей высоты подъема теста по сравнению с нативным овсом. При этом выявлено снижение газодерживающей способности при добавлении овсяного компонента, что связано с трансформацией белкового комплекса. Полученные данные позволяют дифференцированно подходить к выбору режимов подготовки овсяного сырья в зависимости от качества основной муки и целевых характеристик готового хлеба. Результаты работы могут быть использованы предприятиями хлебопекарной промышленности при разработке рецептур изделий повышенной пищевой ценности.

**Ключевые слова:** овсяная мука, пшенично-овсяные смеси, гидротермическая обработка, реологические свойства, брожение теста, хлебопекарные качества.

**Для цитирования:** Волошин М.М., Фролов Д.И. Технологический потенциал овсяной муки в производстве пшенично-овсяных сортов хлеба // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 13–17.

## Technological potential of oat flour in the production of wheat-oat bread

*Voloshin M.M., Frolov D.I.*

**Abstract.** This article examines the influence of different oat flour fractions on the technological properties of wheat dough. Oats are a promising raw material for functional foods due to their high content of  $\beta$ -glucans, essential amino acids, and vitamins. However, their high lipid content requires preliminary hydrothermal treatment of the grain to prevent enzymatic spoilage. Two fractions of oat flour (with a particle size of 250–180  $\mu\text{m}$  and less than 180  $\mu\text{m}$ ), obtained from native and heat-treated raw materials, were studied. A comparative analysis of the chemical composition, viscosity characteristics of the pastes, and fermentation parameters of the semi-finished products was conducted. It was found that the fine fraction of oat flour (<180  $\mu\text{m}$ ) is characterized by a higher starch content, which results in higher values of the maximum torque during gelatinization. Hydrothermal treatment helps reduce the acidity of the flour and increase the gas-forming capacity of the dough. It is shown that the use of heat-treated oat flour allows for a greater dough rise compared to native oats. Moreover, a decrease in gas-retention capacity was observed with the addition of the oat component, which is associated with the transformation of the protein complex. The data obtained allow for a differentiated approach to the selection of oat raw material preparation modes depending on the quality of the base flour and the target characteristics of the finished bread. The results of this study can be used by bakeries when developing recipes for products with increased nutritional value.

**Keywords:** oat flour, wheat-oat mixtures, hydrothermal treatment, rheological properties, dough fermentation, baking qualities.

**For citation:** Voloshin M.M., Frolov D.I. Technological potential of oat flour in the production of wheat-oat bread. *Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]*. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 14–17. (In Russ.).

## Введение

Современные тенденции развития пищевой промышленности характеризуются переходом к производству продуктов функционального и лечебно-профилактического назначения [1, 2, 3]. Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является расширение ассортимента хлебобулочных изделий за счет вовлечения нетрадиционных видов растительного сырья, среди которых особое место занимает овес [4, 5, 6]. Высокий нутриентный потенциал овса обусловлен уникальным составом его белков, в которых преобладает фракция солерастворимых глобулинов. В отличие от большинства других злаковых культур, овес характеризуется сбалансированным аминокислотным составом с повышенным содержанием лизина [7, 8].

Кроме того, овсяное зерно является богатым источником витаминов группы В, токоферолов и минеральных веществ. Особую ценность представляют пищевые волокна, в частности полисахарид  $\beta$ -глюкан, обладающий выраженными пребиотическими свойствами, способностью снижать уровень холестерина в сыворотке крови и регулировать гликемический индекс продуктов. Несмотря на очевидные преимущества, широкое использование овсяной муки в хлебопечении ограничено рядом технологических факторов. Овес отличается наиболее высоким среди зерновых культур содержанием липидов (от 6% до 11%), большая часть которых представлена ненасыщенными жирными кислотами [9]. При нарушении целостности зерна в процессе помола активизируются липолитические ферменты, что приводит к быстрому гидролизу жиров и последующему окислению, вызывая прогоркание и появление специфического горького привкуса.

Для стабилизации качества овсяных продуктов и продления срока их хранения обязательным этапом переработки является гидротермическая обработка, направленная на инактивацию липаз. Включение овсяной муки в рецептуру пшеничного хлеба существенно влияет на реологию теста и ход технологического процесса. Отсутствие клейковинных белков в овсе приводит к ослаблению газодерживающей способности теста, что требует детального изучения взаимодействия пшеничного и овсяного компонентов. Кроме того, на функционально-технологические свойства муки существенное влияние оказывает ее гранулометрический состав, определяющий водопоглотительную способность и скорость ферментативных процессов.

Целью настоящего исследования является сравнительная оценка технологического потенциала нативной и термообработанной овсяной муки различных фракций, а также изучение их влияния на вязкостные

характеристики клейстеров и ферментативную активность пшенично-овсяных полуфабрикатов. Это позволит научно обосновать рекомендации по использованию овсяных компонентов для получения хлебобулочных изделий с заданными качественными характеристиками.

## Объекты и методы исследований

Объектами исследования послужили образцы зерна овса и пшеничной муки высшего сорта, отобранной по критерию оптимальных хлебопекарных свойств. Для сравнительного анализа использовали два типа овсяного сырья: нативное (необработанное) и прошедшее гидротермическую обработку. Измельчение зерна осуществляли на молотковой мельнице, после чего с помощью лабораторного сита выделяли две гранулометрические фракции с размером частиц 180–250 мкм и менее 180 мкм. На основе полученных фракций и пшеничной муки готовили бинарные смеси в соотношении 70:30 по массе.

Физико-химические показатели исследуемых образцов муки определяли методами, принятыми в отечественной практике: массовую долю влаги – по ГОСТ 9404, зольность – по ГОСТ 27494, содержание сырого белка – методом Кьельдаля по ГОСТ 10846, содержание крахмала – поляриметрическим методом по ГОСТ 10845. Определение массовой доли жира проводили методом экстракции в аппарате Сокслета по ГОСТ 29033, содержание сахаров – по ГОСТ 5672, а общую титруемую кислотность – по ГОСТ 27400. Все лабораторные испытания выполняли в двукратной повторности. Реологические свойства водных суспензий (процесс клейстеризации крахмала) изучали на ротационном реометре. В ходе испытаний регистрировали изменение крутящего момента, характеризующего динамическую вязкость системы в условиях программируемого термического воздействия. Эксперименты проводили как для индивидуальных фракций овсяной муки, так и для пшенично-овсяных смесей. Замес тестовых полуфабрикатов осуществляли в тестомесильной машине фаринографа до достижения целевой консистенции 500 ЕФ (в соответствии с ГОСТ ISO 5530-1). Рецепт включал 300 г мучного компонента, 2,5 % прессованных дрожжей и 2 % поваренной пищевой соли. В течение 180 минут брожения при температуре 30 °С фиксировали следующие реоферментометрические показатели: максимальную высоту подъема теста (Н<sub>m</sub>), время достижения пика (Т<sub>1</sub>), суммарный объем выделившегося диоксида углерода (V<sub>CO<sub>2</sub></sub>) и коэффициент газодержания.

Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли в программном пакете Statistica 10. Достоверность различий между сред-

Таблица 1 – Физико-химические показатели фракций овсяной муки

Показатель	Нативная мука (250–180 мкм)	Нативная мука (<180 мкм)	Термообработанная мука (250–180 мкм)	Термообработанная мука (<180 мкм)
Влажность, %	7,8	7,8	7,7	7,5
Зольность, % на сух. вещ.	1	0,8	1	0,9
Белок, % на сух. вещ.	13,4	12,1	14,4	12,1
Крахмал, % на сух. вещ.	66,6	71,8	63,4	72,4
Жир, % на сух. вещ.	5,2	4,4	7,2	6,2
Сахара, % на сух. вещ.	1,2	0,7	2,3	0,9
Кислотность, град.	12,4	11,7	3,8	4,1

Таблица 2 – Вязкостные характеристики клейстеров овсяной муки и смесей

Образец	Фракция, мкм	Гидротермическая обработка	Макс. крутящий момент, мкН·м
Контроль (пшеничная мука)	—	—	6587 ± 14,1
Чистая овсяная мука	<180	Нет	16915 ± 21,2
Чистая овсяная мука	<180	Да	22600 ± 141,4
Чистая овсяная мука	250–180	Нет	14440 ± 141,4
Чистая овсяная мука	250–180	Да	22545 ± 205,1
Пшенично-овсяная смесь	<180	Нет	13455 ± 120,2
Пшенично-овсяная смесь	<180	Да	10900 ± 127,3

Таблица 3 – Параметры брожения и газообразования пшенично-овсяного теста

Образец (смесь)	Hm (высота), мм	T1 (время), ч	V <sub>CO2</sub> (объем), мл	Коэф. газодержания, %
Пшеничная мука (контроль)	46,4	2,18	1449	54,1
Овсяная (<180 мкм, натив.)	32,4	1,28	1207	56,4
Овсяная (250–180 мкм, натив.)	33	1,18	1261	54,3
Овсяная (<180 мкм, ГТО)	35,8	2,3	1235	53,8
Овсяная (250–180 мкм, ГТО)	35,5	2,16	1287	53,5

ними значениями определяли с помощью дисперсионного анализа.

### Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследований был изучен химический состав различных фракций овсяной муки. Полученные данные (табл. 1) свидетельствуют о существенной зависимости содержания основных нутриентов от гранулометрического состава и способа подготовки сырья.

Анализ таблицы 1 показывает, что фракция менее 180 мкм характеризуется повышенным содержанием крахмала (до 72,4%), что объясняется выходом крахмалистого эндосперма при тонком помоле. Напротив, в более крупных фракциях (180–250 мкм) зафиксировано высокое содержание зольных элементов, жира и белков, что указывает на наличие частиц периферийных слоев зерна. Применение гидротермической обработки (ГТО) привело к резкому снижению кислотности (в 3–4 раза), что подтверждает эффективную инактивацию липолитических ферментов.

Реологические свойства водных суспензий (вязкость клейстеров) оценивали по величине максимального крутящего момента. Результаты представлены в таблице 2.

Установлено, что добавление овсяной муки

значительно повышает вязкость системы по сравнению с контрольным пшеничным образцом. Это может быть следствием более низкой амилолитической активности овса. Применение ГТО для чистой овсяной муки способствовало росту крутящего момента, вероятно, за счет частичной преджелатинизации крахмала. Однако в смесях с пшеничной мукой наблюдался обратный эффект: ГТО приводила к некоторому снижению пиковой вязкости.

На заключительном этапе были изучены ферментативные свойства теста на реоферментометре (табл. 3).

Согласно данным таблицы 3, введение овсяного компонента снижает максимальную высоту подъема теста (Hm), что предсказуемо из-за отсутствия собственного глютена в овсе. Тем не менее, использование термообработанной муки (ГТО) позволило стабилизировать структуру и увеличить высоту подъема по сравнению с нативным овсом. Наибольший объем выделяемого углекислого газа V<sub>CO2</sub> зафиксирован в образцах с крупной фракцией (250–180 мкм), что коррелирует с повышенным содержанием собственных сахаров в этих частицах. Примечательно, что время достижения максимума (T1) для теста с нативным овсом существенно сокращается, что указывает на необходимость корректировки времени брожения при промышленном производстве таких сортов хлеба.

## Выводы

Исследование подтвердило, что гранулометрический состав и термическая подготовка овсяной муки являются определяющими факторами качества пшенично-овсяного хлеба. Использование мелких фракций позволяет эффективно регулировать вязкость теста, тогда как крупные фракции

активируют дрожжевую микрофлору. Гидротермическая обработка не только стабилизирует жиры, но и улучшает реологическое поведение полуфабрикатов, делая обработку обязательным этапом подготовки овса для хлебопечения. При использовании нативной муки рекомендуется сокращать длительность брожения для предотвращения оседания тестовой заготовки.

## Литература

- [1] Секлецова О. В., Кузнецова О. С., Михайлова И. А. Экономическая оценка производства нового продукта функционального и лечебно-профилактического назначения // *Техника и технология пищевых производств*. – 2013. – №. 1 (28). – С. 148-153.
- [2] Юлдашева Ш. Ж., Алиева Н. И., Камалова М. Б. Свойства продуктов функционального питания // *Вопросы науки и образования*. – 2018. – №. 2 (14). – С. 30-31.
- [3] Ольховатов Е. А., Айрумян В. Ю. Работа по созданию соевых продуктов лечебно-профилактического назначения из сырьевых ресурсов переработки бобов сои современных отечественных сортов // *Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ»*. – 2017. – №. 5. – С. 163-171.
- [4] Шубина Л. Н. и др. Использование нетрадиционных видов сырья и биологически активных добавок для формирования технологических и потребительских свойств функциональных и обогащенных пищевых продуктов // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. – 2019. – №. 2-3. – С. 9-12.
- [5] Анашкина П. Ж., Москвичева Е. В., Тимошенкова И. А. Использование нетрадиционных видов растительного сырья в производстве хлебобулочных изделий // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2020. – №. 8-1 (98). – С. 105-110.
- [6] Гришина Е. С., Ступаченко К. А. Обзор нетрадиционного растительного сырья, применяемого при производстве хлебобулочных изделий дифференцированного назначения // *Известия Дагестанского ГАУ*. – 2019. – №. 2. – С. 25-32.
- [7] Иванова Ю. С., Фомина М. Н., Ярославцев А. А. Оценка коллекции овса по основным биохимическим показателям качества в условиях Тюменской области // *Аграрный вестник Урала*. – 2024. – Т. 24. – №. 1. – С. 2-11.
- [8] Лоскутов И. Овес-прошлое, настоящее и будущее // *Хлебопродукты*. – 2007. – №. 5. – С. 52-54.
- [9] Баталова Г. А. Перспективы и результаты селекции голозерного овса // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2014. – №. 2 (10). – С. 64-69.

## References

- [1] Sekletsova O. V., Kuznetsova O. S., Mikhailova I. A. Economic assessment of the production of a new product for functional and therapeutic-and-prophylactic purposes // *Equipment and technology of food production*. - 2013. - No. 1 (28). - P. 148-153.
- [2] Yuldasheva Sh. Zh., Alieva N. I., Kamalova M. B. Properties of functional food products // *Issues of science and education*. - 2018. - No. 2 (14). - P. 30-31.
- [3] Olkhovатов E. A., Ayrumyan V. Yu. Work on the creation of soy products for therapeutic and prophylactic purposes from raw materials from processing modern domestic soybean varieties // *Electronic online polythematic journal «Scientific works of KubSTU»*. - 2017. - No. 5. – P. 163-171.
- [4] Shubina L. N. et al. Use of non-traditional raw materials and biologically active additives to form the technological and consumer properties of functional and fortified food products // *News of higher educational institutions. Food technology*. – 2019. – No. 2-3. – P. 9-12.
- [5] Anashkina P. Zh., Moskvicheva E. V., Timoshenkova I. A. Use of non-traditional plant materials in the production of bakery products // *International research journal*. – 2020. – No. 8-1 (98). – P. 105-110.
- [6] Grishina E. S., Stupachenko K. A. Review of non-traditional plant raw materials used in the production of bakery products for differentiated purposes // *News of the Dagestan State Agrarian University*. – 2019. – No. 2. – P. 25-32.
- [7] Ivanova Yu. S., Fomina M. N., Yaroslavtsev A. A. Evaluation of oat collection by main biochemical quality indicators in the Tyumen region // *Agrarian Bulletin of the Urals*. – 2024. – Vol. 24. – No. 1. – P. 2-11.
- [8] Loskutov I. Oats - past, present and future // *Bread products*. – 2007. – No. 5. – P. 52-54.
- [9] Batalova G. A. Prospects and results of naked oat breeding // *Legumes and cereal crops*. – 2014. – No. 2 (10). – P. 64-69.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

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

## Влияние типа заквасочной культуры на реологические и текстурные характеристики кисломолочных продуктов

*Егорова Е.В., Фролов Д.И.*

**Аннотация.** В статье представлены результаты сравнительного исследования влияния различных стартовых культур на физико-химические и структурно-механические свойства ферментированного молочного сырья. В качестве объектов анализа выступали образцы, изготовленные с применением традиционной йогуртной закваски, пробиотической культуры и инокулята комбучи. Установлено, что использование комбучи существенно увеличивает продолжительность ферментации до 8,2 часа, что практически вдвое превышает показатели пробиотических и йогуртных образцов, составивших 4,0 и 4,5 часа соответственно. По достижении изоэлектрической точки (рН 4,6) наиболее прочный коагулят формируется при использовании йогуртной закваски: показатели твердости составили 204,01 г, консистенции – 5377,62 г·с. Пробиотический образец характеризовался наименьшей твердостью на уровне 123,7 г. Реологический анализ подтвердил псевдопластичный характер течения всех исследуемых систем. Максимальное значение площади петли гистерезиса, свидетельствующее о высокой степени тиксотропного восстановления структуры, зафиксировано у традиционного йогурта и составило 2201 Па/с, в то время как для образца с комбучей данный показатель составил 1444 Па/с. Экспериментально доказано, что основные структурные изменения во всех типах гелей инициируются в диапазоне рН 5,4–5,1. Полученные данные свидетельствуют о принципиальной возможности применения комбучи в качестве альтернативного биологического агента для формирования специфической текстуры кисломолочных напитков.

**Ключевые слова:** йогурт, комбуча, вязкость, текстурные свойства, реология, ферментация.

**Для цитирования:** Егорова Е.В., Фролов Д.И. Влияние типа заквасочной культуры на реологические и текстурные характеристики кисломолочных продуктов // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 18–22.

## The influence of starter culture type on the rheological and textural characteristics of fermented milk products

*Egorova E.V., Frolov D.I.*

**Abstract.** This article presents the results of a comparative study of the influence of various starter cultures on the physicochemical and structural-mechanical properties of fermented milk raw materials. Samples prepared using a traditional yogurt starter, a probiotic culture, and a kombucha inoculum served as objects of analysis. It was found that the use of kombucha significantly increased the fermentation duration to 8.2 hours, which is almost twice as long as the probiotic and yogurt samples, which were 4.0 and 4.5 hours, respectively. Upon reaching the isoelectric point (pH 4.6), the most stable coagulum was formed using the yogurt starter: hardness was 204.01 g, and consistency was 5377.62 g s. The probiotic sample was characterized by the lowest hardness at 123.7 g. Rheological analysis confirmed the pseudoplastic flow nature of all studied systems. The maximum hysteresis loop area, indicating a high degree of thixotropic structural restoration, was recorded for traditional yogurt at 2201 Pa/s, while for the kombucha sample, this value was 1444 Pa/s. Experiments have shown that the main structural changes in all gel types are initiated in the pH range of 5.4–5.1. The obtained data demonstrate the fundamental potential of using kombucha as an alternative biological agent for creating the specific texture of fermented milk drinks.

**Keywords:** yogurt, kombucha, viscosity, textural properties, rheology, fermentation.

**For citation:** Egorova E.V., Frolov D.I. The influence of starter culture type on the rheological and textural characteristics of fermented milk products. *Innovative Machinery and Technology* [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 19–22. (In Russ.).

## Введение

Кисломолочные продукты являются неотъемлемым компонентом полноценного рациона питания человека [1, 2]. Благодаря уникальным вкусовым характеристикам и специфической текстуре, такие традиционные продукты, как йогурт, не только обеспечивают высокую питательную ценность, но и выступают в роли носителей функциональных ингредиентов, приносящих дополнительную пользу здоровью [3]. В современной биотехнологии пищевых систем особое внимание уделяется поиску и внедрению нетрадиционных биологических агентов ферментации.

Одним из перспективных направлений является использование комбучи (чайного гриба) – симбиотического сообщества уксуснокислых, молочнокислых бактерий и дрожжей, заключенных в целлюлозный матрикс [4, 5]. Биохимическая роль дрожжевого компонента в данном консорциуме заключается в конверсии сахарозы в органические кислоты, диоксид углерода и этанол, который в дальнейшем окисляется уксуснокислыми бактериями до ацетальдегида и уксусной кислоты. Глюкоза, в свою очередь, используется бактериями для синтеза бактериальной целлюлозы и глюконовой кислоты [6, 7].

Применение комбучи в молочной промышленности позволяет получать продукты, по своим свойствам близкие к йогурту или кефиру, обладающие при этом специфическим биологическим профилем [8]. Процесс молочнокислого брожения сопровождается трансформацией лактозы в молочную кислоту под воздействием лактококков и лактобацилл [9]. По мере снижения pH и приближения его к изоэлектрической точке (pH 4,6) происходит агрегация частиц казеина [10]. Данный процесс в сочетании с денатурацией сывороточных белков и их взаимодействием с казеиновым комплексом приводит к формированию белковой сетки, что обуславливает увеличение вязкости и прочности геля. С физико-химической точки зрения йогурт представляет собой слабую вязкоупругую и тиксотропную систему, структурные параметры которой напрямую зависят от динамики кислотообразования.

Целью настоящего исследования является изучение влияния типа заквасочной культуры (традиционной йогуртной, пробиотической и инокулята комбучи) на кинетику ферментации, а также на комплекс реологических и текстурных показателей

готовых кисломолочных продуктов. В работе проведено сравнительное сопоставление таких характеристик, как твердость, консистенция и площадь петли гистерезиса, определяющих потребительские свойства и стабильность структуры целевого продукта.

## Объекты и методы исследований

Объектами исследования выступали образцы ферментированного молока, изготовленные на основе гомогенизированного и пастеризованного сырья. Для сравнительного анализа были выбраны три типа заквасочных культур: традиционная йогуртная закваска, содержащая термофильные штаммы *Streptococcus thermophilus*; пробиотическая культура, включающая *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium* и *Streptococcus thermophilus*; а также нетрадиционный инокулят комбучи. Коммерческие закваски вносились в молочную основу в дозировке 0,005 г/100 г согласно рекомендациям производителя.

Подготовка инокулята комбучи (чайного гриба) осуществлялась путем его культивирования на черном чае (*Camellia sinensis*, 1,5 г/л) с добавлением сахарозы в концентрации 70 г/л. После семидневной инкубации при температуре 29°C готовый инокулят вносился в молоко в количестве 10% от объема смеси. Все экспериментальные образцы термостатировались при температуре 42°C в трехкратной повторности. Отбор проб для анализа производился при достижении определенных уровней кислотности: pH 5,4; 5,1; 4,8 и 4,6.

Реологические параметры полученных продуктов определялись при температуре 5°C с использованием вискозиметра. Для оценки тиксотропных свойств применялся тест на сдвиговую деформацию, в ходе которого скорость сдвига равномерно увеличивалась от 0 до 40 с<sup>-1</sup> и затем снижалась до исходного значения в течение 50 секунд. Обработка полученных данных и расчет площади петли гистерезиса проводились с помощью специализированного программного обеспечения.

## Результаты и их обсуждение

В ходе исследования были проанализированы основные физико-химические показатели ферментированных молочных продуктов, представленные

Таблица 1 – Физико-химические характеристики образцов, изготовленных с применением различных заквасок

Образцы	pH	Время ферментации, ч	Сухие вещества, г/100 г	Жир, г/100 г
Йогурт	4,6	4,5	11,12	1,95
Пробиотик	4,6	4	10,81	1,95
Комбуча	4,6	8,2	10,34	1,9

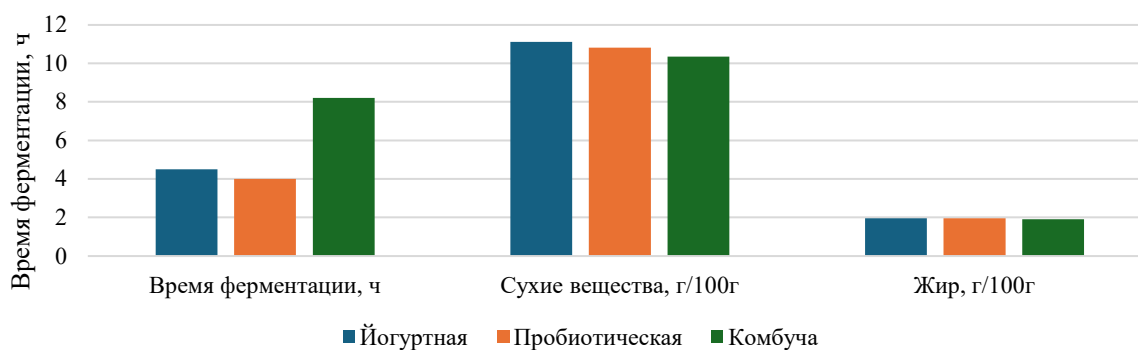


Рис. 1. Кинетика ферментации и физико-химические показатели

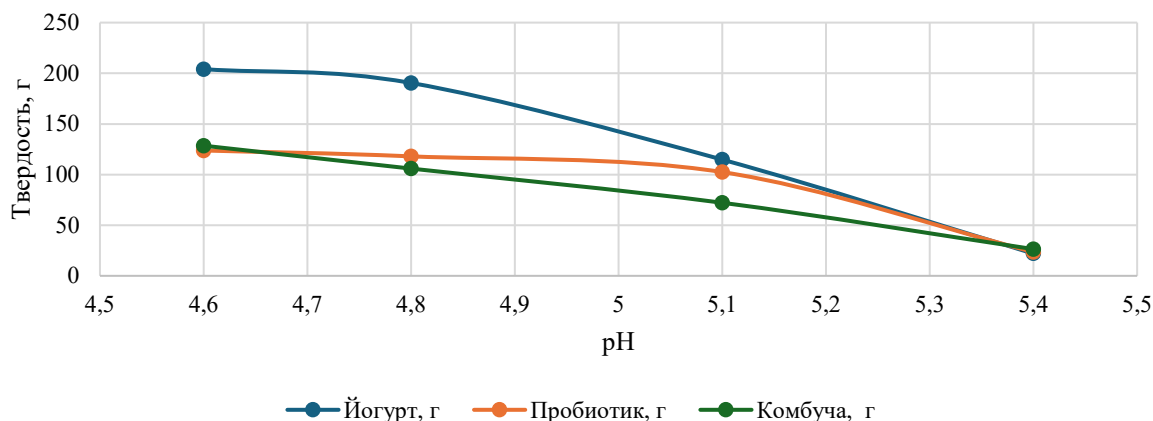


Рис. 2. Изменение твердости в зависимости от pH

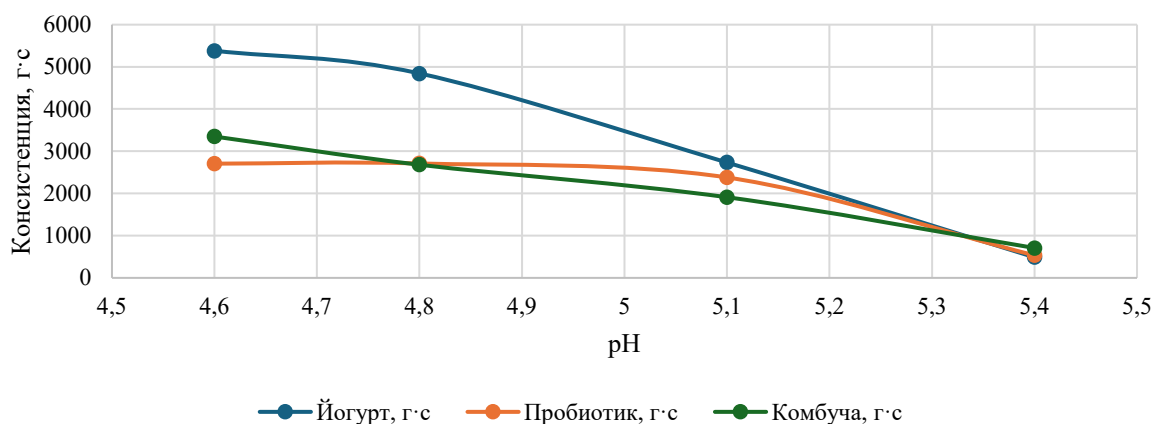


Рис. 3. Изменение консистенции в зависимости от pH

в таблице 1. Установлено, что тип закваски оказывает критическое влияние на скорость технологического процесса. Наименьшая продолжительность ферментации (4,0 ч) зафиксирована для пробиотического образца, в то время как применение комбучи привело к увеличению времени сквашивания до 8,2 ч, что связано с особенностями метаболической активности симбиотической культуры чайного гриба в молочной среде.

Комплексный анализ физико-химических показателей исследуемых образцов (рис. 1) позволил выявить существенные различия в кинетике процесса в зависимости от типа применяемой закваски. Установлено, что использование комбучи значительно пролонгирует время ферментации до 8,2

ч, что практически вдвое превышает показатели пробиотической (4,0 ч) и традиционной йогуртной (4,5 ч) культур. Несмотря на различия в скорости сквашивания, содержание жира в готовых продуктах оставалось стабильным (около 1,95%), в то время как образец с комбучей характеризовался несколько меньшим содержанием сухих веществ – 10,34 г/100г.

Динамика изменения твердости геля в зависимости от текущего значения уровня кислотности представлена на рисунке 2. Экспериментально доказано, что наиболее интенсивное упрочнение структуры во всех группах происходит в интервале pH от 5,4 до 5,1. При достижении финальной точки ферментации (pH 4,6) максимальная твердость

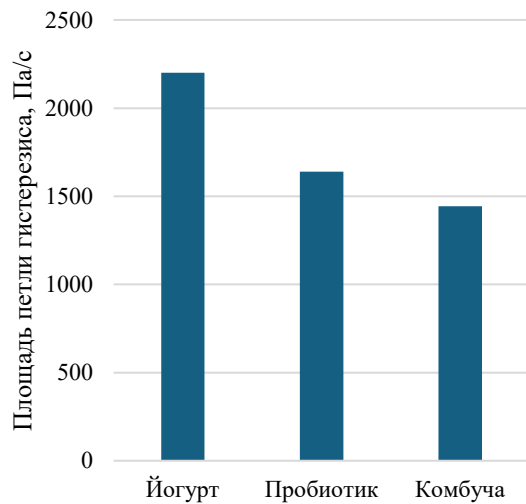


Рис. 4. Площадь петли гистерезиса при pH 4,6

зафиксирована у йогурта (204,01 г), в то время как пробиотический образец сформировал наиболее нежный сгусток с показателем 123,7 г.

Изменение консистенции продуктов в процессе закисления (рис. 3) демонстрирует закономерности, полностью коррелирующие с данными прочностных испытаний. Аналогично твердости, резкий скачок значений консистенции наблюдается при переходе от pH 5,4 к 5,1. В итоговой точке (pH 4,6) йогурт характеризуется наиболее высокой консистенцией (5377,62 г·с), существенно опережая как пробиотический продукт (2706,3 г·с), так и образец на основе комбучи.

Анализ тиксотропных свойств систем проводился по величине площади петли гистерезиса при достижении pH 4,6 (рис. 4). Данный параметр отражает способность белкового каркаса к разрушению и последующему восстановлению под действием механической нагрузки. Наивысшее значение площади петли гистерезиса (2201 Па/с) отмечено у традиционного йогурта, что свидетельствует о формировании наиболее развитой и обратимой пространственной структуры. Для образца с комбучей

этот показатель составил 1444 Па/с, что объясняется образованием менее компактного геля.

Сопоставление полученных данных позволяет сделать вывод, что, несмотря на специфику кинетики ферментации и абсолютных значений вязкости, реологическое поведение продуктов на основе комбучи идентично классическим молочным системам. Локализация фазы активного структурообразования в диапазоне pH 5,4–5,1 является ключевым фактором, который необходимо учитывать при проектировании технологий функциональных напитков с заданными текстурными характеристиками.

### Выводы

На основании проведенных исследований установлено, что выбор стартовой культуры является определяющим фактором, формирующим кинетику производства и структурно-механические характеристики ферментированных молочных систем. Применение инокулята комбучи приводит к существенному замедлению процесса сквашивания до 8,2 ч, что практически вдвое превышает показатели традиционных йогуртных и пробиотических культур. Реологический анализ подтвердил псевдопластичный характер течения всех образцов, при этом наиболее интенсивная фаза структурообразования и нарастания твердости была локализована в узком диапазоне pH от 5,4 до 5,1. Несмотря на то, что традиционный йогурт продемонстрировал наивысшие показатели твердости (204,01 г) и лучшую способность к тиксотропному восстановлению (2201 Па/с), характер формирования казеиновой сетки при использовании комбучи идентичен классическим аналогам. Таким образом, использование комбучи является перспективным технологическим решением для создания функциональных продуктов с заданными текстурными свойствами, сопоставимыми с традиционными кисломолочными напитками.

### Литература

- [1] Коновалов К. Л., Шулбаева М. Т., Мусина О. Н. Пищевые вещества животного и растительного происхождения для здорового питания // Пищевая промышленность. – 2008. – № 8. – С. 10-12.
- [2] Бельмер С. В. Кисломолочные продукты: от истории к современности // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2019. – Т. 64. – № 6. – С. 119-125.
- [3] Файзуллина Р. А., Самороднова Е. А., Федотова О. Б. Кисломолочные продукты в питании детей раннего возраста: эволюция от традиционных к функциональным // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2019. – Т. 64. – № 4. – С. 133-140.

### References

- [1] Konovalov K. L., Shulbaeva M. T., Musina O. N. Nutrients of animal and plant origin for healthy nutrition // Food industry. - 2008. - No. 8. - P. 10-12.
- [2] Belmer S. V. Fermented milk products: from history to the present // Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics. - 2019. - Vol. 64. - No. 6. - P. 119-125.
- [3] Fayzullina R. A., Samorodnova E. A., Fedotova O. B. Fermented milk products in the nutrition of young children: evolution from traditional to functional // Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics. - 2019. - Vol. 64. - No. 4. - P. 133-140.
- [4] Kovaleva D. Z., Doiko I. V. Possibilities of Using Local Plant Raw Materials in Kombucha Production // Food Industry in Modern Conditions: Trends and

- [4] Ковалева Д. З., Дойко И. В. Возможности использования местного растительного сырья в производстве комбучи //Пищевая индустрия в современных условиях: тренды и инновации: Сборник научных статей. – 2024. – С. 22-26.
- [5] Фролова Ю. В. Российский рынок ферментированных напитков на основе чайного гриба //Вопросы питания. – 2022. – Т. 91. – №. 3 (541). – С. 115-118.
- [6] Гладышева Е. К., Скиба Е. А. Биосинтез бактериальной целлюлозы культурой *Medusomyces Gisevii* //Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2015. – №. 3 (65). – С. 149-156.
- [7] Гладышева Е. К. Изучение биосинтеза бактериальной целлюлозы культурой *Medusomyces gisevii* J. Lindau на средах с различной начальной концентрацией глюкозы //Фундаментальные исследования. – 2015. – №. 2-1. – С. 13-17.
- [8] Мачнева И. А. Биологическая ценность ферментированных пищевых продуктов на растительной основе //Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2024. – №. 87 (3). – С. 154.
- [9] Абдуллаева Н. Ф., Тагизаде З. А., Мустафаева Р. С. Микробиологические и биохимические характеристики молочнокислых бактерий и области их применения (обзор) //Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2017. – №. 3-3. – С. 31-35.
- [10] Ельчанинов В. В. Современные представления о структуре казеиновой мицеллы //Молочная промышленность. – 2011. – №. 4. – С. 76-78.
- Innovations: Collection of Scientific Articles. – 2024. – Pp. 22-26.
- [5] Frolova Yu. V. Russian Market of Fermented Kombucha-Based Drinks // Nutrition Issues. – 2022. – Vol. 91. – No. 3 (541). – Pp. 115-118.
- [6] Gladysheva E. K., Skiba E. A. Biosynthesis of Bacterial Cellulose by *Medusomyces Gisevii* Culture // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2015. – No. 3 (65). – Pp. 149-156.
- [7] Gladysheva E. K. Study of bacterial cellulose biosynthesis by *Medusomyces gisevii* J. Lindau culture on media with different initial glucose concentrations // Fundamental research. - 2015. - No. 2-1. - P. 13-17.
- [8] Machneva I. A. Biological value of fermented plant-based food products // Fruit growing and viticulture of the South of Russia. - 2024. - No. 87 (3). - P. 154.
- [9] Abdullaeva N. F., Tagizade Z. A., Mustafayeva R. S. Microbiological and biochemical characteristics of lactic acid bacteria and their applications (review) // Current issues in the humanities and natural sciences. - 2017. - No. 3-3. - P. 31-35.
- [10] Elchaninov V. V. Modern concepts of the structure of casein micelles // Dairy industry. - 2011. - No. 4. - P. 76-78.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

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

## Использование пищевых добавок при производстве мясопродуктов

*Зимняков В.М.*

**Аннотация.** В данной статье отражена актуальность и рассмотрены преимущества использования пищевых добавок при производстве мясопродуктов. Комплексные преимущества для производителей: экономическая эффективность, технологические выгоды, логистические преимущества. Комплексные преимущества для потребителей: качество и безопасность, органолептические свойства, удобство в употреблении. Установлены важные аспекты применения пищевых добавок: нормативная база, дозировка, маркировка, контроль качества. Особое значение приобретает разработка рецептур и технологий новых видов продуктов высокой биологической ценности на основе сочетания мясного сырья с функциональными добавками растительного происхождения. В настоящее время одной из важных проблем является обеспечение человека качественной и полезной пищей. Окружающая экология и повышение заболеваемости людей вызывают необходимость создания функциональных продуктов. Необходимо подбирать добавки таким образом, чтобы при незначительном введении в рецептуры мясопродуктов они обеспечивали корректирующий эффект и при этом не влияли на функционально-технологические характеристики готовых изделий.

**Ключевые слова:** использование, качество, пищевые добавки, преимущества, производство, применение, растительные белки, мясопродукты.

**Для цитирования:** Зимняков В.М. Использование пищевых добавок при производстве мясопродуктов // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 23–28.

## The use of food additives in the production of meat products

*Zimnyakov V.M.*

**Abstract.** This article reflects the relevance and discusses the advantages of using food additives in the production of meat products. Comprehensive advantages for manufacturers: economic efficiency, technological benefits, and logistical advantages. Comprehensive advantages for consumers: quality and safety, organoleptic properties, and ease of consumption. Important aspects of the use of food additives have been identified: regulatory framework, dosage, labeling, and quality control. The development of recipes and technologies for new types of high-biological-value products based on the combination of meat raw materials with functional plant-based additives is of particular importance. Currently, one of the important problems is to provide people with high-quality and healthy food. The environmental situation and the increasing number of diseases among people necessitate the creation of functional products. It is necessary to select additives in such a way that, when they are added to the recipes of meat products in small amounts, they provide a corrective effect without affecting the functional and technological characteristics of the finished products.

**Keywords:** use, quality, food additives, benefits, production, application, vegetable proteins, meat products.

**For citation:** Zimnyakov V.M. The use of food additives in the production of meat products. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 23–28. (In Russ.).

### Введение

Мясная отрасль является одной из старейших отраслей пищевой промышленности. Значение мясной промышленности в системе народного хозяйства страны определяется, прежде всего, тем, что она обеспечивает население страны продукта-

ми, являющимися основным источником белкового питания человека. Мясо и технологии его переработки вызывают возрастающий интерес. Добавки – вещества, не предусмотренные как обязательные в рецептуре, но вносимые в процессе производства колбасных изделий для их улучшения – повышения интенсивности окраски, стойкости при хранении,

лучшего вкуса и аромата или сокращения потерь при термической обработке. Добавки применяются также для более рационального использования сырья. Применение пищевых добавок допустимо только в том случае, если они даже при длительном потреблении в составе продукта не угрожают здоровью человека, и при условии, если поставленные технологические задачи не могут быть решены иным путем [5].

Пищевые добавки, используемые в мясной промышленности, служат обеспечению безопасности и улучшению качества продукции. Они выполняют определенные функции по приданию желаемых свойств исходному сырью и готовому продукту. Во многих случаях они необходимы, чтобы вообще изготовить и сохранить продукт. Без пищевых добавок многие мясные продукты были бы непригодны для выпуска в оборот, поскольку они или слишком быстро портились бы, или вообще не могли бы быть изготовлены [4].

Продукты с использованием растительных белков относят к здоровой пище с улучшенным балансом питательных веществ, по сравнению с традиционными продуктами. Применение в рационе питания новых видов растительного сырья является одним из способов улучшения качества продуктов. Широкий ассортимент функциональных компонентов растительного происхождения позволяет использовать их в технологии производства мясопродуктов [10]. Таким образом, добавки имеют не последнее место в пищевой, в том числе и мясной, промышленности. Они улучшают товарный вид, вносят разнообразие во вкусовые качества готового продукта, продлевают срок хранения и выполняют многие другие необходимые функции. Играют важную роль как по отношению к технологическому процессу, так и с экономической точки зрения: сокращение сроков созревания мяса, экономия сырья, продление сроков хранения, придание товарного (привлекательного) вида. А также с потребительской визуальной и органолептической точки зрения: тот же привлекательный вид, аромат и вкус, а также пищевая ценность [5].

Целью работы является изучение использования пищевых добавок при производстве мясопродуктов.

## Объекты и методы исследований

Объектом исследования является информация по использованию пищевых добавок при производстве мясопродуктов.

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

Продукты с использованием добавок растительного и животного происхождения относят к здоровой пище с улучшенным балансом питательных веществ, по сравнению с традиционными продуктами. Применение в рационе питания новых видов растительного сырья является одним из способов улучшения качества продуктов. Широкий ассортимент функциональных компонентов растительного происхождения позволяет использовать их в технологии производства мясопродуктов. Источники пищевого растительного белка обладают высокой биологической ценностью, хорошей усвояемостью, органолептической привлекательностью [1].

Рассмотрим преимущества использования пищевых добавок при производстве мясопродуктов (рис.1).

Использование пищевых добавок дает ряд преимуществ при изготовлении мясных изделий:

1. Улучшение вкусовых свойств мясопродуктов. Факторы, влияющие на вкус и аромат: вид животного, возраст, часть туши, созревание (выдержка), содержание жира.
2. Улучшается консистенция мяса. Консистенция мяса улучшается за счёт:
  - естественных ферментативных процессов при созревании;
  - разрушения мышечных и коллагеновых волокон физическими и механическими методами;
  - химического воздействия кислот, солей и ферментов;
  - кулинарной обработки (маринады, крахмалы, специи).



Рис.1. Преимущества использования пищевых добавок при производстве мясопродуктов

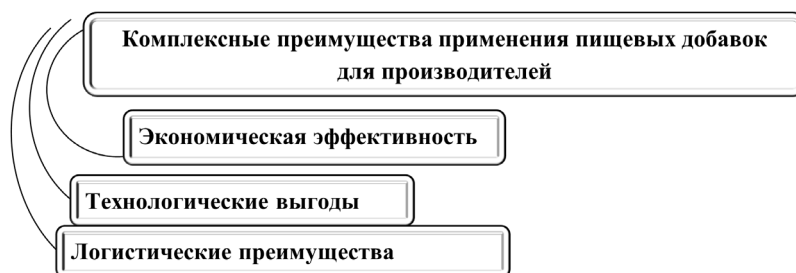


Рис. 2. Комплексные преимущества применения пищевых добавок для производителей

3. Повышение органолептических свойств мясопродуктов. Продукты с пищевыми добавками для потребителя становятся более привлекательными.

4. Увеличение срока хранения. Пищевые добавки существенно продлевают срок хранения мясопродуктов за счёт:

- подавления микробов;
- замедления окисления жиров;
- стабилизации структуры и цвета;
- удержания влаги.

Оптимальный результат достигается при грамотном подборе комбинаций натуральных и синтетических добавок с учётом типа продукта, условий хранения и требований безопасности.

Кроме того, увеличивается экономическая отдача от мясного производства. Снижаются потери при длительном хранении, за счёт сохранения влаги при термообработке растёт выход готовой продукции, улучшаются ее потребительские качества – вкус, аромат, внешний вид.

Комплексные преимущества для производителей представлены на рисунке 2.

- Экономическая эффективность:
  - снижение потерь при хранении;
  - увеличение выхода готовой продукции;
  - возможность использования сырья разной категории качества.
- Технологические выгоды:
  - стандартизация качества партии;
  - ускорение производственных процессов (созревание, термообработка);
  - расширение ассортимента без смены оборудования.
- Логистические преимущества:
  - продление сроков годности упрощает транспортировку и складирование;
  - возможность выхода на новые рынки (в т. ч. дальние регионы).

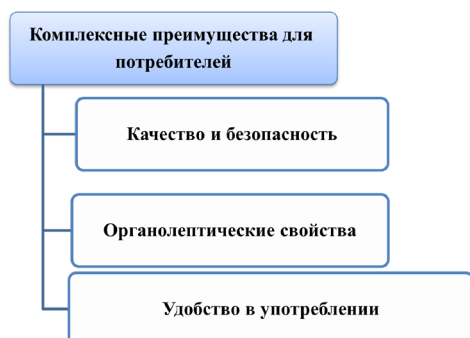


Рис. 3. Комплексные преимущества для потребителей

Комплексные преимущества для потребителей выглядят следующим образом (рис. 3).

- Качество и безопасность:
  - гарантированная микробиологическая чистота;
  - отсутствие признаков порчи в течение всего срока годности.
- Органолептические свойства:
  - привлекательный внешний вид (цвет, структура);
  - стабильный вкус и аромат;
  - нежная консистенция.
- Удобство в употреблении:
  - готовые к употреблению продукты (колбасы, нарезки);
  - разнообразие вкусов и форматов.

Рассмотрим важные аспекты применения пищевых добавок (рис. 4).

1. Нормативная база: все добавки должны соответствовать ТР ТС 029/2012 и СанПиН.
2. Дозировка: превышение разрешённых норм может ухудшить вкус или повлиять на безопасность.
3. Маркировка: обязательная информация на упаковке (Е код или название).
4. Контроль качества: регулярный мониторинг микробиологии и органолептики.

Таким образом, пищевые добавки для мясопродуктов обеспечивают:

- продление срока годности;
- улучшение вкуса, аромата и внешнего вида;
- оптимизацию технологических процессов;
- повышение экономической эффективности производства;
- создание продуктов с повышенной пищевой ценностью.

Грамотное использование добавок позволяет выпускать безопасные, качественные и конкурентоспособные мясопродукты.

В связи с этим особое значение приобретает разработка рецептур и технологий новых видов продуктов высокой биологической ценности, на основе сочетания мясного сырья с функциональными добавками растительного происхождения. Источниками могут быть: злаковые, бобовые, масличные культуры, а также овощи, фрукты, травы растений и т.д. Перспективным пищевым источником являются плоды облепихи, обладающей уникальным



Рис. 4. Важные аспекты применения пищевых добавок

набором биологически активных веществ и технологическими характеристиками [2].

В настоящее время одной из важных проблем является обеспечение человека качественной и полезной пищей. Окружающая экология и повышение заболеваемости людей вызывают необходимость создания функциональных продуктов. В первую очередь интерес современного потребителя вызывают безопасность пищевых продуктов, а также влияние продуктов на здоровье. Все большее применение в производстве продуктов находит использование биологически активных веществ, применение, которых является эффективной формой профилактики и комплексного лечения таких распространенных заболеваний как ожирение, атеросклероз, иммунодефицитные состояния. Однако следует помнить, что применение пищевых добавок допустимо только в тех случаях, если они даже при длительном использовании не угрожают здоровью человека. В связи с этим необходимо подбирать добавки таким образом, чтобы при незначительном введении в рецептуры мясopодуKтов они обеспечивали корректирующий эффект и при этом не влияла на функционально-технологические характеристики готовых изделий.

Лемеш Е.А. и Гулаков А.Н. в своей работе [5] представили результаты использования пищевой добавки соевый изолят в технологии производства сырокопченых колбас. Использование в технологии производства сырокопченной колбасы «Зернистая» пищевой добавки позволило заменить часть используемого сырья, а также улучшить органолептические показатели, структуру и консистенцию колбас, а также технологические показатели производства. При производстве сырокопченной колбасы «Зернистая» в АО Брянский мясокомбинат целесообразно применять говядину жилованную высшего сорта и пищевую добавку соевый изолят «Шансунь 90», так как прибыль от реализации 1 кг колбасы составила 79,1 рубля, рентабельность при этом может возрасти на 8,7 п.п. [6]

Во время изготовления вареных колбас применяют различные пищевые добавки, которые увеличивают водосвязывающую способность, выход колбасных изделий, также широко применяют заменители животного белка, добавки, улучшающие вкусо-ароматические свойства [7].

Авторы исследования [3] предлагают совер-

шенствование производства вареной колбасы, которое предусматривает замену части используемого сырья и внесение по новой рецептуре пищевой добавки животного белка «Элетти Протеина С» в гидротированном виде (гидратация 1:5). Это в свою очередь позволит в дальнейшем экономить часть основного сырья, улучшить органолептические показатели готового продукта и при этом повысить качественные и технологические показатели готового колбасного изделия [3].

Все больший интерес к появлению новых ингредиентов, обеспечивающих функциональные свойства продукта (к числу которых относятся растительные добавки) проявляют специалисты мясоперерабатывающих предприятий. Использование растительного сырья при производстве мясopодуKтов позволяет не только обогатить их функциональными ингредиентами, повысить усвояемость, но и получить продукты, соответствующие физиологическим нормам питания [9].

Пищевые добавки в колбасном производстве играют роль усилителей первоначальных качеств, которые колбасы приобретает в процессе производства. С их помощью повышается срок хранения, улучшается и приобретает специфический вкус и цвет, который позволяет расширить вкусовой ассортимент продукции, появляется приятный характерный аромат пряностей, а также облегчается процесс производства посредством его ускорения и предотвращается появление микроорганизмов, провоцирующие порчу продукции. Добавки носят искусственный и естественный характер, в зависимости от состава, входящих компонентов [8].

## Выводы

1. Пищевые добавки для мясopодуKтов обеспечивают продление срока годности.
2. Использование пищевых добавок при производстве мясopодуKтов позволяет улучшить вкус, аромат и внешний вид.
3. Грамотное использование пищевых добавок дает возможность осуществить оптимизацию технологических процессов.
4. Применение пищевых добавок обеспечивает повышение экономической эффективности производства и создание продуктов с повышенной пищевой ценностью.

## Литература

- [1] Баженова Б. А. Пути повышения сохранности природных антиоксидантов в мясных изделиях // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2020. – № 1(32). – С. 84–94.
- [2] Бурмистрова О. М., Бурмистров Е. А., Наумова Н. Л. Качество и пищевая ценность порошка из сублимированной облепихи // Инновации и продовольственная безопасность. 2021. № 2. С. 7–14.
- [3] Гулаков, А. Н. Использование в составе рецептуры вареной колбасы «Любительская свиная» пищевой добавки / А. Н. Гулаков, Е. А. Лемеш // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства: сборник трудов IV международной научно-практической конференции, Брянск, 27–28 марта 2025 года. Часть 4. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2025. – С. 50-53. – EDN WCTYHY.
- [4] Емельянова, П. А. Пищевые добавки в рецептуре приготовления колбас / П. А. Емельянова, О. П. Неверова, П. В. Шаравьев // Молодежь и наука. – 2023. – № 5. – EDN DMJOVG.
- [5] Лапшин, С. М. Многофункциональные добавки для производства мясoproductов / С. М. Лапшин, Е. С. Казанцева, О. С. Чеченихина // Молодежь и наука. – 2018. – № 8. – С. 45. – EDN YWBFFZ.
- [6] Лемеш, Е. А. Эффективность использования в производстве сырокопченых колбас пищевой добавки / Е. А. Лемеш, А. Н. Гулаков // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства: сборник трудов по материалам национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 85-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, Почётного профессора Брянской ГСХА, доктора ветеринарных наук, профессора Ткачева А.А., Брянск, 27 октября 2023 года / Брянский государственный аграрный университет. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2023. – С. 359-362. – EDN VCWDOQ.
- [7] Мельников А.Г., Насиров Ю.З., Козликин А.В. Вареные колбасы: качество, конкурентоспособность и безопасность // Научное обоснование стратегии развития АПК и сельских территорий в XXI веке: материалы национальной научно-практической конференции Волгоград 10 ноября 2020 года. Т. 1. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2021. С. 411-415.
- [8] Омаров Р. С. Пищевые добавки: учебное пособие для вузов / Р. С. Омаров, О. В. Сычева, С. Н. Шлыков. СПб.: Лань, 2021. 64 с.
- [9] Федорова, Т. Ц. Возможность использования растительного сырья для получения мясoproductов функционального назначения / Т. Ц. Федорова, С. Н. Павлова // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – 2012. – Т. 2, № 2. – С. 142-145. – EDN SJFOXF.

## References

- [1] Bazhenova, B. A. Ways to Enhance the Preservation of Natural Antioxidants in Meat Products // News of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology. – 2020. – No. 1(32). – P. 84–94.
- [2] Burmistrova, O. M., Burmistrov, E. A., Naumova, N. L. Quality and Nutritional Value of Freeze-Dried Sea Buckthorn Powder // Innovations and Food Security. 2021. No. 2. P. 7–14.
- [3] Gulakov, A. N. Use of a Food Additive in the Recipe for «Lyubitelskaya Pork» Cooked Sausage / A. N. Gulakov, E. A. Lemesh // Actual Problems of Veterinary Medicine and Intensive Animal Husbandry: Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference, Bryansk, March 27–28, 2025. Part 4. – Bryansk: Bryansk State Agrarian University, 2025. – pp. 50-53. – EDN WCTYHY.
- [4] Yemelyanova, P. A. Food additives in sausage recipes / P. A. Yemelyanova, O. P. Neverova, P. V. Sharavyev // Youth and Science. – 2023. – No. 5. – EDN DMJOVG.
- [5] Lapshin, S. M. Multifunctional additives for meat product production / S. M. Lapshin, E. S. Kazantseva, O. S. Chechenikhina // Youth and Science. – 2018. – No. 8. – p. 45. – EDN YWBFFZ.
- [6] Lemesh, E. A. Efficiency of using a food additive in the production of dry-cured sausages / E. A. Lemesh, A. N. Gulakov // Actual problems of veterinary science and intensive animal husbandry: collection of papers based on the materials of the national scientific and practical conference with international participation dedicated to the 85th anniversary of the birth of Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Honorary Professor of the Bryansk State Agricultural Academy, Doctor of Veterinary Sciences, Professor A. A. Tkachev, Bryansk, October 27, 2023 / Bryansk State Agrarian University. - Bryansk: Bryansk State Agrarian University, 2023. - P. 359-362. - EDN VCWDOQ.
- [7] Melnikov A. G., Nasirov Yu. Z., Kozlikin A. V. Cooked sausages: quality, competitiveness and safety // Scientific substantiation of the development strategy of the agro-industrial complex and rural areas in the 21st century: proceedings of the national scientific and practical conference Volgograd, November 10, 2020. Vol. 1. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2021. pp. 411-415.
- [8] Omarov, R.S. Food additives: a textbook for universities / R.S. Omarov, O.V. Sycheva, S.N. Shlykov. St. Petersburg: Lan, 2021. 64 p.
- [9] Fedorova, T.Ts. The possibility of using plant materials to obtain functional meat products / T.Ts. Fedorova, S.N. Pavlova // International scientific and practical conference dedicated to the memory of Vasily Matveevich Gorbatov. – 2012. – Vol. 2, No. 2. – Pp. 142-145. – EDN SJFOXF.
- [10] Tsvetkova, E. R. Sea buckthorn - a functional additive for use in the technology of meat products for prophylactic purposes / E. R. Tsvetkova // Current research of young scientists - results and

[10] Цветкова, Е. Р. Облепиха - функциональная добавка для использования в технологии мясopодуктов профилактического назначения / Е. Р. Цветкова // Актуальные исследования молодых ученых - результаты и перспективы: материалы научно-практической конференции молодых ученых, посвященной Дню российской науки, Благовещенск, 08 февраля 2024 года. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2024. – С. 464-470. – EDN NOYJUD.

prospects: materials of the scientific and practical conference of young scientists dedicated to the Day of Russian Science, Blagoveshchensk, February 8, 2024. – Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University, 2024. – Pp. 464-470. – EDN NOYJUD.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<b>Зимняков Владимир Михайлович</b> 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	<b>Zimnyakov Vladimir Mikhailovich</b> 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
--	---

## Применение порошка бобов овощной фасоли в технологии ржано-пшеничного хлеба

*Куручкин А.А., Новикова О.А.*

**Аннотация.** В работе обоснована целесообразность применения порошка бобов овощной фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.) в технологии ржано-пшеничного хлеба. Установлено, что внесение порошка в количестве 5,0-7,5 % к массе мучных ингредиентов способствует улучшению органолептических показателей (оценка по 100-балльной шкале: 92-94 балла против 88 баллов в контроле) и физико-химических характеристик готовых изделий: пористость мякиша увеличивается на 8,6-10,3 %, удельный объем – на 20,0-23,3 %. Показана возможность частичной замены пшеничной муки первого сорта порошком бобов фасоли с целью обогащения хлебобулочных изделий растительным белком, пищевыми волокнами, витаминами группы В и минеральными веществами при сохранении технологических параметров производства.

**Ключевые слова:** пищевые продукты, функциональные ингредиенты, бобовые культуры, овощная фасоль, ржано-пшеничный хлеб, показатели качества, технологические параметры.

**Для цитирования:** Куручкин А.А., Новикова О.А. Применение порошка бобов овощной фасоли в технологии ржано-пшеничного хлеба // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 29–33.

## Applications of vegetable bean powder in rye-wheat bread technology

*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, functional ingredients, legumes, green beans, rye-wheat bread, quality indicators, technological parameters.

**For citation:** Kurochkin A.A., Novikova O.A. Applications of vegetable bean powder in rye-wheat bread technology. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 29–33. (In Russ.).

### Введение

Реализация приоритетов Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утверждённой Указом Президента РФ от 28.02.2024 № 145, предусматривает развитие исследований в области создания безопасных и качественных функциональных продуктов питания [1].

В рамках исполнения Распоряжения Правительства РФ от 29.06.2016 № 1364-р «Стратегия повышения качества пищевой продукции в Рос-

сийской Федерации до 2030 года» актуальны разработки рецептур хлебобулочных изделий с использованием нетрадиционного растительного сырья, содержащего функциональные пищевые ингредиенты (ФПИ) [2].

Расширение ассортимента обогащённых хлебобулочных изделий способствует профилактике алиментарно-зависимых заболеваний, связанных с дефицитом макро- и микронутриентов, пищевых волокон и других биологически активных компонентов [9].

Бобовые культуры представляют перспективный источник ФПИ благодаря сбалансированному аминокислотному составу белков, высокому содержанию пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ [3].

Фасоль овощная – ценная пищевая культура, пользующаяся большой популярностью у населения Российской Федерации.

По назначению различают зерновую и овощную фасоль. У овощной в пищу используют зеленые бобы (стручки или лопатки) или же недозрелые семена в отваренном, тушеном виде или в супах и гарнирах, а на юге страны – в основном для консервирования. По питательности она выше многих видов овощей [5].

Питательность ее недозрелых бобов (стручков) определяется, кроме высокого содержания белков, наличием сахаров и витаминов. В исследованиях установлено: бобы фасоли овощной в технической спелости содержат до 6% белка, витамины А, В1, В2, В6, В12, К, С, РР, сахара (3,4%), минеральные соли К, Р, Са, Na, Fe, J, также они богаты клетчаткой (3,9%) и пектинами. В100 г зеленых бобов содержится 0,26-0,45 мг каротина и 23-28 мг аскорбиновой кислоты [3, 5, 6].

Анализ исследований, связанных с применением фасоли, позволяет сделать выводы о возможности ее применения в качестве функциональной добавки при выработке целого ряда пищевых продуктов, в том числе – хлеба и хлебобулочных изделий [4, 7, 8, 10, 11].

При этом особый интерес в контексте разработки функциональных ингредиентов для обогащения хлебобулочных изделий представляют пищевые волокна, содержание которых в семенах фасоли, и особенно в стручках, достигает значительных величин.

Важно отметить, что свойства фасоли в зависимости от вида, степени созревания, составной части растения – семена или бобы (стручки), существенно отражаются на содержании в ней полезных ингредиентов. С этой точки зрения целесообразно использовать сорта фасоли, которые соответствуют рациональному направлению хозяйственного использования – овощному или зерновому [6].

Целью работы является изучение возможности обогащения ржано-пшеничного хлеба ФПИ путем использования порошка бобов овощной фасоли.

### **Объекты и методы исследования**

Объекты исследования: порошок из высушенных стручков овощной фасоли сорта «Краснодарская» в стадии технической спелости.

Методы анализа: физико-химические показатели экспериментальных образцов выпеченного хлеба определяли на основе требований ГОСТ 21094-2022 (влажность), ГОСТ 5670-96 (кислотность), ГОСТ 5669-96 (пористость). Удельный объем рассчитывали как отношение объема изделия (см<sup>3</sup>) к

его массе (100 г). Формоустойчивость оценивали как отношение высоты к диаметру изделия (Н:Д)

Порошок бобов овощной фасоли получен в лабораторных условиях на кафедре пищевых производств ПензГТУ путем высушивания образцов замороженной фасоли сорта «Краснодарская» в дегидраторе Airhot FD-10G с последующим измельчением с помощью кухонного процессора «Kitfort» КТ-1395. Температура сушки составляла 50 оС, продолжительность обработки 40 часов; высушенные до влажности 10 % бобы фасоли измельчали путем установки на моторный блок процессора кофемолки с длительностью измельчения загружаемой порции 1 минута.

В работе использовали высушенные бобы и их измельченные частицы, полученные путем просеивания на сите с диаметром отверстий 0,5 мм.

Тесто готовили однофазным способом с использованием сухой закваски для ржано-пшеничных сортов хлеба. В рецептуре применяли: муку ржаную обдирную (ГОСТ 7045-2017), муку пшеничную первого сорта (ГОСТ 26574-2017), порошок бобов овощной фасоли влажностью 8-10 %, соль пищевую (ГОСТ Р 51574-2018), дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54731-2011) и воду питьевую.

Порошок бобов фасоли вносили в количестве 2,5; 5,0; 7,5 и 10 % к массе мучных ингредиентов взамен эквивалентного количества ржаной муки. Контрольный образец готовили без добавления порошка. Режимы технологического процесса: замес теста – 8 мин, брожение – 120 мин при 28-32 °С, расстойка заготовок – 55-60 мин при относительной влажности воздуха 80-85 %, выпечка – 45 мин при 210-215 °С.

Органолептические показатели оценивали по ГОСТ 2077-2023 «Хлеб из ржаной хлебопекарной муки и смеси ржаной и пшеничной хлебопекарной муки. Технические условия», влажность по ГОСТ 21094-2022 «Изделия хлебобулочные. Методы определения влажности», кислотность по ГОСТ 5670-96 «Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности», пористость по ГОСТ 5669-96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости».

### **Результаты и их обсуждение**

С целью определения рациональной дозировки порошка бобов овощной фасоли изучено его влияние на органолептические показатели хлеба.

Органолептическую оценку проводили по ГОСТ 2077-2023 с использованием 100-балльной шкалы (внешний вид – 20 баллов, состояние поверхности – 15, цвет корки и мякиша – 15, пористость – 15, вкус и запах – 20, разжевываемость – 15).

Каждый опыт проводили в трёхкратной повторности. Статистическую обработку данных

Таблица 1 – Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного хлеба с порошком бобов овощной фасоли (M±m, n=3)

Наименование показателя	Дозировка порошка из бобов овощной фасоли, % к общей массе мучных ингредиентов				
	0	2,5	5	7,5	10
Влажность мякиша, %	47,0±0,3	47,0±0,2	47,2±0,3	47,0±0,2	47,3±0,4
Кислотность мякиша, град	7,0±0,2	7,3±0,3	7,5±0,2*	7,6±0,3*	7,5±0,2*
Пористость мякиша, %	58,0±1,1	59,0±0,9	63,0±1,2	64,0±1,0	59,5±1,3
Удельный объем, см <sup>3</sup> /100 г хлеба	3,0±0,1	3,1±0,1	3,6±0,2*	3,7±0,1*	3,2±0,2
Формоустойчивость, Н:Д	0,42±0,02	0,45±0,03	0,50±0,02*	0,52±0,02*	0,46±0,03

\* – различия достоверны относительно контроля при  $p \leq 0,05$ .

выполняли с использованием критерия Стьюдента при уровне значимости  $p \leq 0,05$ .

Установлено, что образцы с внесением 5 и 7,5 % порошка характеризуются наиболее сбалансированным профилем органолептических показателей: интенсивным ароматом с ореховыми нотками, равномерной тонкостенной пористостью, эластичным мякишем и выраженной окраской корки.

Суммарная органолептическая оценка для данных образцов составила 92,3±1,2 и 94,1±0,9 балла соответственно, что достоверно выше контрольного образца (88,0±1,5 балла;  $p < 0,05$ ).

Полученные результаты исследований свидетельствуют о значительном влиянии внесения 10 % и 15 % порошка на уровень органолептических и физико-химических показателей образцов ржано-пшеничного хлеба. Сенсорная оценка подтвердила соответствие требованиям ГОСТ 2077-2023 к изделиям из смеси ржаной и пшеничной муки. Образцы хлебобулочных изделий, приготовленные с внесением 10 % и 15 % порошка, характеризуются гладкой поверхностью без трещин, выраженным цветом корки, интенсивно выраженным вкусом и ароматом, тонкостенной равномерно распределенной пористостью, что обусловлено химическим составом применяемого сырья, а также биохимическими и микробиологическими процессами, протекающими в тесте. Основные физико-химические показатели опытных образцов ржано-пшеничного хлеба соответствуют требованиям ГОСТ 2077-2023 (таблица 1).

Анализ данных таблицы показывает, что влажность мякиша всех образцов находится в пределах нормативных значений ГОСТ 2077-2023 (45-49 %) и не имеет достоверных различий между вариантами. Кислотность опытных образцов с дозировкой порошка 5-10 % достоверно выше контроля на 0,5-0,6 град, что может быть обусловлено буферной ёмкостью минеральных компонентов фасоли и активацией метаболизма.

Наиболее выраженное положительное влияние порошка фасоли отмечено на структурно-механи-

ческие характеристики мякиша: при дозировке 5,0 и 7,5 % пористость увеличивается на 8,6 и 10,3 % соответственно, а удельный объём — на 20,0 и 23,3 %. Данный эффект, вероятно, связан с наличием в составе порошка растворимых пищевых волокон (пектины, гемицеллюлозы), способных удерживать влагу и формировать гелеобразную структуру, а также с комплементарностью белков фасоли и злаковых культур, что способствует улучшению реологических свойств теста [3, 7, 14].

Превышение дозировки порошка до 10 % приводит к снижению пористости и удельного объёма, что может объясняться разбавлением клейковинного каркаса теста небелковыми компонентами фасоли и изменением водопоглотительной способности мучной смеси [9, 12].

## Выводы

1. Установлена возможность применения порошка бобов овощной фасоли в технологии ржано-пшеничного хлеба в количестве 5,0-7,5 % к массе мучных ингредиентов без ухудшения технологических параметров производства данного вида пищевого продукта.

2. Внесение порошка фасоли в указанной дозировке способствует улучшению органолептических показателей (суммарная оценка 92-94 балла) и физико-химических характеристик хлеба: повышению пористости на 8,6-10,3 %, удельного объёма – на 20,0-23,3 %.

3. Разработанная рецептура позволяет обогатить хлебобулочные изделия растительным белком (дополнительно 2,1-3,2 г/100 г), пищевыми волокнами (1,2-1,9 г/100 г), калием, магнием и витаминами группы В, что соответствует принципам функционального питания.

4. Полученные результаты могут быть использованы при разработке нормативной документации и организации промышленного производства функциональных хлебобулочных изделий.

## Литература

- [1] «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» // Указ Президента Российской Федерации от 28.02.2024 № 145 / [Электронный ресурс] URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358/> (дата обращения 12.04.2026).
- [2] «Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года»//Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 года N 1364-р. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71335844/> (дата обращения 14.04.2026).
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Костикова, Н.О. Оценка различных сортов фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) по химическому составу и энергетической ценности зерна / Н.О. Костикова, О.А. Миоц //Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. №3 (39). С. 97-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-97-101.
- [6] 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.
- [7] Курочкин, А.А. О возможности применения экструдированной смеси в технологии ржано-пшеничного хлеба / А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, С.А. Буренкова // Хлебопродукты. 2025. № 12. С. 49-52.
- [8] 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.
- [9] Терехин, С. П. Проблема неинфекционных алиментарно-зависимых заболеваний в современном мире / С. П. Терехин [и др.] // Медицина и экология. 2018. № 2 (87). С. 40-48.
- [10] 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.
- [11] 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.

## References

- [1] «On the Strategy of scientific and technological development of the Russian Federation» // Decree of the President of the Russian Federation dated 02/28/2024 No. 145 / [Electronic resource] URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358/> / (accessed 04/12/2026).
- [2] «Strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030»//Decree of the Government of the Russian Federation dated June 29, 2016 No. 1364-R. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71335844/> / (accessed 04/14/2026).
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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. No.3 (39). pp. 97-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-97-101.
- [6] 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.
- [7] Kurochkin, A.A. On the possibility of using an extruded mixture in the technology of rye-wheat bread / A.A. Kurochkin, P.K. Garkina, S.A. Burenkova // Bread products. 2025. No. 12. pp. 49-52.
- [8] Rusina, I.M. Possibilities of using bean and pea flour 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.
- [9] Terekhin, S. P. The problem of non-communicable alimentary-dependent diseases in the modern world / S. P. Terekhin [et al.] // Medicine and ecology. 2018. No. 2 (87). pp. 40-48.
- [10] 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.
- [11] Chizhikova, O.G. Development of an assortment of wheat bread with the addition of bean seeds / O.G. Chizhikova, O.L. Korshenko, M.A. Sukhvarova, 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.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

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

## Влияние продолжительности хранения на показатели качества пчелиного меда

Майорова Ю.К., Фролов Д.И.

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования динамики физико-химических показателей качества натурального пчелиного меда в процессе длительного хранения (12 и 24 месяца) в условиях нерегулируемых комнатных температур (от 7,8°C до 34,7°C). Объектами исследования являлись 10 образцов полифлорного и падевого меда, полученных из различных регионов России. Проведена оценка таких параметров, как массовая доля воды, электропроводность, удельное оптическое вращение, активная (рН) и общая кислотность, диастазное число и содержание оксиметилфурфура (ОМФ). Установлено, что показатели влажности, кислотности и активности ферментов сохраняют стабильность и соответствуют нормативным требованиям даже после двух лет хранения. Выявлено, что содержание ОМФ в образцах полифлорного меда существенно возрастает под влиянием температурных колебаний, превышая в ряде случаев допустимые нормы (25 мг/кг согласно ГОСТ 19792-2017). Падевый мед продемонстрировал высокую устойчивость: уровень ОМФ в нем оставался в пределах нормы на протяжении всего периода наблюдения, что указывает на его более высокую стабильность при хранении в бытовых условиях.

**Ключевые слова:** пчелиный мед, хранение, физико-химические параметры, оксиметилфурфуrol, качество.

**Для цитирования:** Майорова Ю.К., Фролов Д.И. Влияние продолжительности хранения на показатели качества пчелиного меда // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 34–38.

## The effect of storage duration on honey quality

Mayorova Yu.K., Frolov D.I.

**Abstract.** This article presents the results of a study on the dynamics of the physicochemical quality parameters of natural bee honey during long-term storage (12 and 24 months) at unregulated room temperatures (from 7.8°C to 34.7°C). The objects of the study were 10 samples of polyfloral and honeydew honey obtained from various regions of Russia. Parameters such as mass fraction of water, electrical conductivity, specific optical rotation, active (pH) and total acidity, diastase number, and hydroxymethylfurfural (HMF) content were assessed. It was found that moisture, acidity, and enzyme activity parameters remain stable and meet regulatory requirements even after two years of storage. The HMF content in polyfloral honey samples was found to increase significantly under the influence of temperature fluctuations, in some cases exceeding the permissible norms (25 mg/kg according to GOST 19792-2017). Honeydew honey demonstrated high stability: the level of HMF in it remained within the normal range throughout the entire observation period, which indicates its higher stability during storage under domestic conditions.

**Keywords:** bee honey, storage, physicochemical parameters, hydroxymethylfurfural, quality.

**For citation:** Mayorova Yu.K., Frolov D.I. The effect of storage duration on honey quality. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 34–38. (In Russ.).

### Введение

Натуральный пчелиный мед является не только высокоценным продуктом питания, но и объектом строгого технического регулирования [1]. В Российской Федерации требования к качеству и безопасности меда регламентируются ГОСТ 19792-

2017, а также техническими регламентами Таможенного союза (ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции») [2, 3]. Согласно данным документам, мед должен сохранять свои специфические физико-химические и органолептические свойства на протяжении всего срока годности [4].

Одним из актуальных вопросов для пищевой

промышленности и потребительского рынка остается стабильность показателей качества меда при хранении в нерегулируемых температурных условиях. В соответствии с рекомендациями ГОСТ, оптимальная температура хранения меда не должна превышать 20°C, однако на практике, в условиях розничной торговли и бытового хранения, продукт часто подвергается воздействию температур в диапазоне от 7,8°C до 34,7°C.

Ключевыми индикаторами качества и натуральности меда в российской практике контроля признаны такие показатели, как диастазное число и содержание оксиметилфурфура (ОМФ) [5]. Если диастазное число характеризует ферментативную активность и свидетельствует о сохранении биологической ценности, то ОМФ является важнейшим показателем безопасности и качества, указывающим на отсутствие перегрева или признаков глубокого старения продукта. Согласно российским нормативам, массовая доля ОМФ в 1 кг меда не должна превышать 25 мг (что является более жестким требованием по сравнению с международным стандартом в 40 мг/кг, принятым в ряде стран) [6].

Целью данного исследования является изучение динамики изменения физико-химических показателей (содержание влаги, кислотность, активность ферментов и накопление ОМФ) 10 образцов полифлорного и падевого меда, полученных из различных регионов России, в процессе их длительного хранения (1 и 2 года) при комнатных температурах. Научная значимость работы заключается в выявлении зависимости между типом меда (цветочный против падевого) и скоростью деградации его качественных характеристик в нестабильных температурных условиях.

### Объекты и методы исследования

Объектами исследования послужили 10 репрезентативных образцов натурального пчелиного меда, полученных из различных регионов России. В выборку были включены основные ботанические виды меда: полифлорный (цветочный) мед; падевый мед.

Для изучения влияния временного фактора и температурных колебаний на качество продукта об-

разцы хранились в течение одного и двух лет в герметичной стеклянной таре. Пробы содержались в темном месте при комнатной температуре, которая в ходе эксперимента варьировалась в диапазоне от 7,8°C до 34,7°C. Данные условия моделируют стандартное хранение меда в бытовых помещениях или объектах розничной торговли.

Физико-химические исследования проводились в соответствии с действующими государственными стандартами (ГОСТ 19792-2017, ГОСТ 31768-2012) и включали определение следующих параметров.

Массовая доля воды: определялась рефрактометрическим методом при температуре 20°C.

Электропроводность: измерялась в 20%-ном растворе меда (в пересчете на сухую массу) с помощью кондуктометра для подтверждения ботанического происхождения образцов.

Удельное оптическое вращение: определялось методом поляриметрии.

Активная (рН) и общая кислотность: значение рН определялось потенциометрическим методом; общая кислотность – методом титрования 0,1 N раствором гидроксида натрия в присутствии фенолфталеина.

Диастазное число: определялось по методу Готе и выражалось в единицах Готе. Показатель характеризует активность амилолитических ферментов меда.

Массовая доля оксиметилфурфура (ОМФ): определялась колориметрическим методом Уайта. Данный параметр использовался как основной индикатор термического воздействия и старения продукта.

Статистическая обработка результатов измерений проводилась с использованием стандартных пакетов программного анализа данных. Все измерения выполнялись в трехкратной повторности для обеспечения достоверности средних значений.

### Результаты и их обсуждение

В ходе эксперимента было установлено, что массовая доля воды во всех исследованных образцах (как цветочных, так и падевых) оставалась стабильной на протяжении двух лет хранения. Значе-

Таблица 1 – Динамика физико-химических показателей качества образцов полифлорного и падевого меда в процессе длительного хранения

Вид меда	Срок хранения	Массовая доля воды, %	Активная кислотность, рН	Диастазное число, ед. Готе	Содержание ОМФ, мг/кг
Падевый	Свежий	15,6	4,47	20,87	3,28
	1 год	18,6	4,07	26,6	8,6
	2 года	14,6	4,25	27,63	8,94
Цветочный (полифлорный)	Свежий	17,5 – 18,5	3,81 – 4,17	15,73 – 21,29	3,36 – 4,38
	1 год	16,2 – 17,3	3,68 – 4,55	18,64 – 19,84	16,1 – 62,23
	2 года	15,4 – 16,2	3,91 – 4,32	20,87 – 27,89	68,07 – 105,44

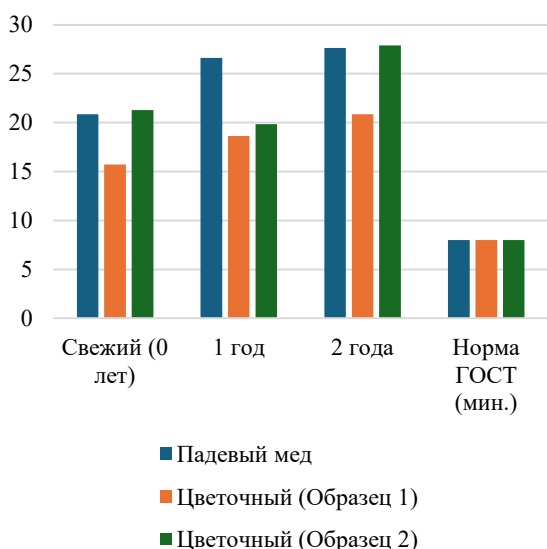


Рис. 1. Изменение диастазного числа, ед. Готе

ния варьировались в диапазоне от 14,6% до 18,6%, что полностью соответствует российским стандартам (не более 20%). Температурный режим 7,8–34,7°C при условии герметичности тары не привел к существенному изменению влажности продукта.

Показатели активной (рН) и общей кислотности также продемонстрировали высокую стабильность. Общая кислотность после двух лет хранения составила от 17,0 до 42,2 мэкв/кг. Эти значения не выходят за пределы допустимых норм и свидетельствуют об отсутствии процессов нежелательного брожения в меде.

Анализ диастазной активности показал, что даже при хранении в условиях повышенных комнатных температур (до 34,7°C) активность ферментов сохраняется на высоком уровне. В свежих образцах активность составляла 15,73–21,99 ед. Готе, а через два года хранения – 20,87–27,89 ед. Готе (рис.1). Незначительные колебания значений связаны с естественной вариативностью состава, однако отсутствие снижения показателя подтверждает, что указанные температуры хранения не являются критическими для ферментов меда, деградация которых начинается при 50–60°C (таблица 1).

Наиболее значимые изменения были зафиксированы при анализе содержания ОМФ, который является основным маркером «старения» меда.

- Полифлорный (цветочный) мед: В свежесобранных образцах содержание ОМФ было минимальным (3,28–4,38 мг/кг). Однако после одного года хранения оно возросло до 8,6–62,23 мг/кг, а после двух лет – достигло 68,07–105,44 мг/кг в ряде образцов. Таким образом, содержание ОМФ в цветочном меде под влиянием летних температур (свыше 30°C) может существенно превышать норму ГОСТ (25 мг/кг) уже через год хранения.

- Падевый мед: Данный вид меда продемонстрировал уникальную стабильность. Даже после двух лет хранения уровень ОМФ в нем практически

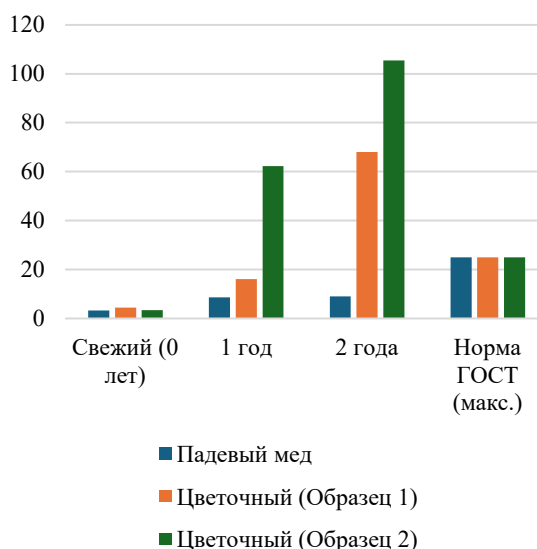


Рис. 2. Динамика содержания оксиметилфурфура (ОМФ), мг/кг

не изменился, оставаясь в пределах 8,94 мг/кг, что значительно ниже установленного порога безопасности (рис.2).

Показатели электропроводности (от 291 до 1241 мкСм/см) и удельного оптического вращения использовались для подтверждения ботанического происхождения. Установлено, что электропроводность падевого меда стабильно превышала порог в 800 мкСм/см, что характерно для данного сорта и не менялось в процессе хранения.

Результаты исследования показывают, что ботаническое происхождение меда играет решающую роль в его способности сохранять качество при длительном хранении. Цветочный (полифлорный) мед более подвержен химическим изменениям углеводного комплекса, приводящим к быстрому накоплению ОМФ при температурах выше 25–30°C. Падевый мед, напротив, обладает более высокой резистентностью к температурным воздействиям в отношении образования ОМФ. Большинство стандартных показателей (влажность, кислотность, диастаза) остаются в рамках ГОСТ в течение двух лет, что позволяет сделать вывод о возможности длительного хранения меда, однако для цветочных сортов крайне важно соблюдение температурного режима (не выше 20°C) для предотвращения накопления ОМФ.

### Выводы

В результате проведенного исследования динамики физико-химических показателей 10 образцов пчелиного меда в течение двух лет хранения при комнатной температуре (7,8–34,7°C) были сделаны следующие выводы. Установлено, что такие параметры, как массовая доля воды, активная и общая кислотность, а также диастазное число, сохраняют значения в пределах норм, установленных ГОСТ 19792-2017, независимо от ботанического происхождения меда и срока его хранения в тече-

ние двух лет. Температурные колебания в жилых помещениях не оказывают критического воздействия на ферментативную активность и микробиологическую стабильность продукта при условии сохранения герметичности упаковки. Содержание оксиметилфурфурола признано наиболее чувствительным индикатором условий хранения. В образцах полифлорного (цветочного) меда наблюдается интенсивное накопление ОМФ: уже после первого года хранения его уровень может превышать допустимый российский норматив (25 мг/кг), а после двух лет показатели достигают 68,07–105,44 мг/кг. Это свидетельствует о глубоких изменениях углеводного состава и снижении качества цветочного меда при воздействии температур выше 25–30°C. В отличие от цветочных сортов, падевый мед про-

демонстрировал высокую физико-химическую стабильность. Уровень ОМФ в нем оставался минимальным (до 9 мг/кг) на протяжении всего периода эксперимента, что делает данный вид меда более пригодным для длительного хранения в нерегулируемых температурных условиях.

Для обеспечения соответствия цветочного меда требованиям безопасности и качества по показателю ОМФ, срок его реализации при хранении в бытовых условиях (при температуре выше 20°C) не должен превышать одного года. Для сохранения биологической ценности продукта на более длительный срок необходимо строгое соблюдение температурного режима не выше 20°C, согласно рекомендациям ГОСТ.

### Литература

- [1] Определение качества меда для использования его в лечебных целях / Л. Я. Ужахова, З. Х. Султыгова, Р. Д. Арчакова [и др.] // Наука сегодня: вызовы и решения : материалы международной научно-практической конференции, Вологда, 27 января 2016 года / Научный центр «Диспут». – Вологда: ООО «Маркер», 2016. – С. 34-37. – EDN VJALKD.
- [2] ГОСТ 19792-2017. Мед натуральный. Технические условия. – Введ. 2019-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 31 с.
- [3] TR ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции : технический регламент Таможенного союза : утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880.
- [4] ГОСТ 31768-2012. Мед натуральный. Методы определения физико-химических показателей. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 24 с.
- [5] Чаузова А. В., Смирнова Ю. А., Киселева Т. Л. Мёд как лекарственное средство народной и официальной медицины //Традиционная медицина. – 2007. – №. 1. – С. 14-26.
- [6] Мирошина Т. А., Резниченко И. Ю., Мирошин Е. В. Виды меда и его фальсификация // Фундаментальные и прикладные решения приоритетных задач пчеловодства. – 2023. – С. 133-139.

### References

- [1] Determination of the quality of honey for its use for medicinal purposes / L. Ya. Uzhakhova, Z. Kh. Sultygova, R. D. Archakova [et al.] // Science today: challenges and solutions: materials of the international scientific and practical conference, Vologda, January 27, 2016 / Scientific center «Dispute». - Vologda: OOO «Marker», 2016. - pp. 34-37. - EDN VJALKD.
- [2] GOST 19792-2017. Natural honey. Specifications. - Introduced. 2019-01-01. - Moscow: Standartinform, 2017. - 31 p.
- [3] TR CU 021/2011. On the safety of food products: technical regulations of the Customs Union: approved. By Decision of the Customs Union Commission of December 9, 2011, No. 880.
- [4] GOST 31768-2012. Natural Honey. Methods for Determining Physicochemical Indicators. Moscow: Standartinform, 2013, 24 p.
- [5] Chazova AV, Smirnova Yu. A., Kiseleva TL. Honey as a Medicinal Product in Traditional and Official Medicine // Traditional Medicine. 2007, no. 1, pp. 14-26.
- [6] Miroshina TA, Reznichenko I. Yu., Miroshin EV. Types of Honey and Its Adulteration // Fundamental and Applied Solutions to Priority Beekeeping Tasks. 2023, pp. 133-139.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

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

## Модификация рецептуры и оценка качества обогащенного хлеба

*Мурашкина О.А., Зязина А.С.*

**Аннотация.** Питание играет ключевую роль в поддержании здоровья человека благодаря тому, что оно является основным источником поступления питательных компонентов и биологически активных веществ, необходимых для нормального функционирования организма. Многочисленные научные исследования отмечают, что формирование рационов питания жителей страны является бессистемным и характеризуется несбалансированностью. Результаты массовых обследований различных групп населения РФ подтверждают широкое распространение дефицита ряда витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон и полиненасыщенных жирных кислот у большей части детского и взрослого населения. Дефицит витаминов группы В имеется у 30 – 70 % обследованных лиц, витамина С у 60 – 80 % обследуемых, фолиевой кислоты – у 40 – 80 %, более 40 % населения имеет недостаток каротина. При этом наблюдается чрезмерное потребление сахара, поваренной соли, насыщенных жирных кислот и трансизомеров жирных кислот. Все это приводит к повышенному риску развития алиментарно – зависимых заболеваний таких как ожирение, диабет второго типа, риску развития заболеваний сердечно – сосудистой системы, и др. Пополнить баланс необходимых витаминов, минеральных веществ, микро- и макроэлементов можно при помощи рационального сбалансированного питания и употребления в пищу функциональных продуктов питания.

**Ключевые слова:** питание, дефицит, витамины, хлеб, добавки, рецептура, модификация.

**Для цитирования:** Мурашкина О.А., Зязина А.С. Модификация рецептуры и оценка качества обогащенного хлеба // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 39–45.

## Modification of the recipe and quality assessment of enriched bread

*Murashkina O.A., Zyazina A.S.*

**Abstract.** Nutrition plays a key role in maintaining human health, providing the primary source of nutrients and biologically active substances necessary for normal bodily function. Numerous scientific studies have noted that the country's diets are unsystematic and unbalanced. Results of mass surveys of various population groups in the Russian Federation confirm widespread deficiencies in several vitamins, minerals, dietary fiber, and polyunsaturated fatty acids among the majority of children and adults. B vitamin deficiencies are found in 30-70% of surveyed individuals, vitamin C deficiencies in 60-80%, folate deficiencies in 40-80%, and carotene deficiency in over 40%. Furthermore, excessive consumption of sugar, table salt, saturated fatty acids, and trans fatty acids is observed. All of this leads to an increased risk of developing nutrition-related diseases such as obesity, type 2 diabetes, cardiovascular disease, and others. Replenishing the balance of essential vitamins, minerals, micro- and macroelements can be achieved through a balanced diet and the consumption of functional foods.

**Keywords:** nutrition, deficiency, vitamins, bread, additives, formulation, modification.

**For citation:** Murashkina O.A., Zyazina A.S. Modification of the recipe and quality assessment of enriched bread. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 39–45. (In Russ.).

## Введение

Значительную долю в рационе питания населения во всем мире занимают хлебобулочные изделия. Они очень популярны среди различных возрастных групп: от детей дошкольного возраста до людей старшей возрастной группы. Как сообщают аналитики, хлеб по-прежнему остается самым востребованным продуктом в меню россиян. При этом потребление хлебобулочных изделий среди разных слоев населения превосходит научно обоснованные нормы потребления, которые составляют 280 г пшеничного и 170 г ржаного хлеба для взрослого человека, что влечет за собой негативные последствия для здоровья. Это связано с тем, что пшеничная мука, особенно мука высшего сорта, представляет собой «рафинированный» продукт, лишенный многих ценных пищевых ингредиентов, которые удаляются в процессе ее получения. [1]

Для увеличения пищевой ценности изделий из пшеничной муки, необходимо регулировать химический состав ингредиентов, входящих в рецептуру. Растительные добавки могут значительно улучшить состав хлеба, обогатив его витаминами, минералами, пищевыми волокнами и другими полезными веществами. Например:

- цельнозерновая мука содержит больше пищевых волокон, витаминов группы В (например, тиамин, рибофлавин), витамина Е, магния, железа и других микроэлементов по сравнению с пшеничной мукой. Хлеб из цельнозерновой муки обладает высокой пищевой ценностью и полезен для пищеварения;

- семена подсолнечника, льна, тыквы, кунжута, чиа, орехи (грецкие, миндаль) богаты ненасыщенными жирами, белками, витамином Е, магнием, цинком и антиоксидантами. Добавление семян и

орехов не только повышает питательную ценность хлеба, но и улучшает его вкусовые качества;

- злаковые и крупы содержат большое количество сложных углеводов, белка, пищевых волокон и различных витаминов, и минералов, их добавление способствует нормализации работы желудочно-кишечного тракта;

- овощные и фруктовые добавки увеличивают количество витаминов минеральных веществ и антиоксидантов, пищевых волокон и органических кислот. Регулярное применение их в рационе, снижает риск онкологических и сердечно – сосудистых заболеваний [2].

Таким образом, применение добавок растительного происхождения в процессе приготовления пшеничного хлеба позволяет создавать продукцию с повышенной пищевой ценностью, которая будет полезна для здоровья потребителей.

## Объекты и методы исследования

При выполнении экспериментальной части объектами и методами исследования являлись:

- льняная мука. Согласно исследованиям мука льняная в 1,7 раз более насыщена белком, в 32 раза больше содержит жиров, но в 2 раза меньше углеводов, чем пшеничная мука [3].

- мука из кожицы виноградных выжимок, полученная из винограда столового сорта Рислинг, она содержит 24% сложных углеводов, в то время как в пшеничной муке они отсутствуют [4].

В исследовании были использованы органолептический метод и расчетно – аналитический метод, которые включают оценку вкуса, запаха, консистенции, структуры, цвета, формы, размера, внешнего вида и состояния поверхности готового изделия и использования теоретических и эмпири-

Таблица 1 – Пищевая и энергетическая ценность хлеба российского в 100 г продукта [5]

Пищевые вещества	Ед. измерения	Количество	Рекомендуемый уровень суточного потребления [6]	% от суточного потребления
Витамин В <sub>1</sub>	мг	0,16	1,5	10,6
Витамин В <sub>2</sub>	мг	0,08	1,8	4,4
Витамин РР	мг	1,54	20	7,7
Na	мг	488	1300	37,5
K	мг	127	3500	3,6
Ca	мг	26	1000	2,6
Mg	мг	35	420	8,3
P	мг	83	700	11,8
Fe	мг	1,6	18	8,8
Белки	г	8,1	75	10,8
Жиры	г	1	83	1,2
в том числе ω-3		0,02	1	2
ω-6		0,37	10	3,7
Углеводы	г	49,7	365	13,6
Энергетическая ценность, ккал	ккал	242	2500	9,7

Таблица 2 – Пищевая и энергетическая ценность льняной муки [10]

Пищевые вещества	Ед. измерения	Количество, мг	% от суточного потребления [6]
Витамин В <sub>1</sub>	мг	1,6	106,6
Витамин В <sub>2</sub>	мг	0,16	8,9
Витамин РР	мг	3,1	15,5
Витамин С	мг	0,6	0,6
Na	мг	30	2,3
К	мг	813	23,2
Са	мг	255	25,5
Mg	мг	392	93,3
Р	мг	642	91,7
Fe	мг	5,73	31,8
Белки	г	25	33,3
Жиры	г	5	6,02
в том числе ω-3		22,8	2280
ω-6		5,91	59,1
Углеводы	г	28,9	7,9
Энергетическая ценность, ккал	ккал	220	7,9

ческих зависимостей показателей качества хлеба от её параметров.

В качестве контрольного образца был взят хлеб Российский из муки пшеничной 1 – го сорта, приготовленный по классической рецептуре.

В 100 г готового изделия содержится белков – 8,1 г, жиров – 1,0 г, углеводов – 49,7 г. Энергетическая ценность 242,0 ккал [5].

В таблице 1 приводится пищевая и энергетическая ценность в 100 г хлеба Российский и % от суточного потребления.

Для обогащения химического состава, в базовую рецептуру хлеба Российский было решено добавить льняную муку и муку из кожицы виноградных выжимок.

Льняная мука представляет собой сыпучий порошок коричневого цвета с темными вкраплениями неразрушенных оболочек семени, сладковатая на вкус, с легкой горчинкой, имеет легкий свойственный травянистый запах. Она является одной из самых полезных для здоровья, т.к. содержит большое количество клетчатки, белков и жиров.

В состав льняной муки входят:

- пищевые волокна (оболочки клеток семян, состоят из полисахаридов, крахмалов и лигнинов);
- нерастворимая фракция волокон (клетчатка и сложные полимерные соединения - лигнины);
- водорастворимая фракция волокон (слизистые вещества) [7].

Льняная мука имеет уникальный профиль жирных кислот. Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) составляют 73% от общего количества жирных кислот, мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК) – 18%, насыщенные жирные кислоты (НЖК) – 9%. Кроме того, профиль жирных кислот льняной муки содержит большое количество омега - 3, - 6 и -9 ненасыщенных жирных кислот соответственно. Белки льняной муки содержат

большое количество аминокислот с разветвленной цепью (валин, лейцин, изолейцин), которые являются незаменимыми компонентами антигипертензивных пептидов. Углеводы льняной муки состоят из пищевых волокон (растворимых и нерастворимых) и незначительного количества легкоусвояемых углеводов, которые представлены сахарозой 1,2% и глюкозой 0,4%. Кроме того, в льняной муке содержатся витамины группы В, РР, С, Е, К, а также макроэлементы – калий, кальций, магний, фосфор и микроэлементы – железо, марганец, медь, селен и цинк. [8]

Льняная мука содержит множество биологически активных соединений, благодаря которым обладает широким спектром функциональных свойств, которые включают антигипертензивное действие, гипополидермический и антиатеросклеротический эффекты, антиоксидантную активность, улучшение гемостаза глюкозы, противовоспалительное действие, иммуносупрессивное действие, кардиопротекторный эффект [9]. Пищевая и энергетическая ценность льняной муки и % от суточного потребления представлена в таблице 2.

Так как льняная мука обладает недостаточной структурообразующей способностью, из – за отсутствия клейковины, её необходимо комбинировать с другими видами муки.

Мука из кожицы виноградных выжимок представляет собой светло – коричневый порошок влажностью 9 – 10% кисло – сладкого терпкого вкуса, Её получают из высушенных, измельченных и просеянных выжимок винограда, являющихся отходами при производстве вин. Основными составными компонентами порошка являются углеводы в виде моно- и дисахаридов, пектина и клетчатки, а также в состав входят витамины и минеральные вещества [4].

В 100 г муки из кожицы виноградных выжимок

Таблица 3 – Пищевая и энергетическая ценность муки из кожицы виноградных выжимок [11]

Пищевые вещества	Ед. измерения	Количество, мг	% от суточного потребления [6]
Витамин В <sub>1</sub>	мг	1,43	95,3
Витамин В <sub>2</sub>	мг	0,57	31,6
Витамин РР	мг	8,57	42,9
Витамин С	мг	171,4	171,4
Na	мг	742,8	57,1
K	мг	3428,6	97,9
Ca	мг	857,1	85,7
Mg	мг	485,7	115,6
P	мг	628,6	89,8
Fe	мг	17,1	95
I	мг	228,5	152,3
Белки	г	18	24
Жиры	г	7	8,4
в том числе $\omega$ -3		0,01	1
$\omega$ -6		6,96	69,6
Углеводы	г	60	16,4
Энергетическая ценность, ккал	ккал	162	6,48

содержится белков – 3,41 г, жиров – 0,19 г, общих углеводов – 65,0 г, в том числе моно- и дисахаридов – 23,5 г, клетчатки – 18,6 г, пектиновых веществ – 19,3 г Энергетическая ценность 162,0 ккал [11].

В таблице 3 приводится пищевая и энергетическая ценность муки из кожицы виноградных выжимок и % от суточного потребления

Массовая доля белковых веществ и липидов невелика, но витамины и минеральные вещества содержатся в значительном количестве, а они являются обязательными составляющими структурных элементов всех живых клеток и тканей, а также входят в состав жизненно важных ферментов и участвуют в обмене веществ.

Таким образом, анализ муки из кожицы виноградной выжимки показал, что она имеет:

- высокую антиоксидантную ценность;
- богата клетчаткой и полифенольными антиоксидантами, она способна улучшать кровяное давление и нормализовывать выработку инсулина;
- благодаря балластным веществам, способствует выведению холестерина, солей тяжёлых металлов и других вредных веществ.

Таким образом, использование муки из кожицы виноградных выжимок позволяет увеличить массовую долю сухих веществ и снизить массовую долю сахара в мучных изделиях, а также обогатить их минеральными веществами и микроэлементами.

Для улучшения химического состава разрабатываемого продукта было решено заменить часть пшеничной муки на льняную муку и муку из кожицы виноградной выжимки. Определяя рациональную дозировку вносимых обогатителей, были проведены пробные выпечки хлеба с заменой части пшеничной муки на льняную муку и муку из виноградных выжимок 5 – 10%, 10 – 10%, 10 – 5% соответственно.

Рецептура хлеба Российский с добавлением льняной муки и муки из кожицы виноградных выжимок, рассчитанная на 1000 г муки, представлена в таблице 4.

Тесто для хлеба из пшеничной муки готовили по традиционному безопасному способу. Сущность этого способа заключается в приготовлении теста в одну стадию из всего сырья по рецептуре. Замешивание теста проводили в течение 10 минут. После замеса, тесто оставляли для брожения в течение 150 – 240 минут, проводя обминку через 60 – 90 минут.

Выводившее тесто разделявали на куски необходимой массы и придавали форму тестовым заготовкам. Затем проводили окончательную расстойку в течение 30 – 50 минут. Выпечку готовых подовых изделий проводили в пекарном шкафу при температуре 215 – 250°C в течение 38 – 42 минуты [5].

### Результаты и их обсуждение

Качество выпеченного хлеба определяли по органолептическим показателям (запах, вкус, поверхность, вид в изломе, структура и форма) [12]. Органолептические показатели выпеченного хлеба приведены в таблице 5.

По органолептическим показателям было отмечено, что вносимые добавки не влияют на изменения пористости, пропеченности, формы, поверхности готового хлеба. Добавление льняной муки и муки из кожицы виноградных выжимок благоприятно сказывалось на цвете, запахе и вкусе готовых изделий. В зависимости от количества вносимых добавок, цвет менялся от светло – коричневого до насыщенного коричневого, появился выраженный гармоничный кисло – сладкий вкус и запах готовых изделий. Вносимые обогатители благоприятно

Таблица 4 – Рецептúra хлеба с добавлением льняной муки и муки из кожицы виноградных выжимок [5]

Сырье	Контрольный образец, г	Образец 1 (5–10%), г	Образец 2 (10–10%), г	Образец 3 (10–5%), г
Мука пшеничная 1 – го сорта	1000	850	800	850
Мука льняная	-	50	100	100
Мука из кожицы виноградных выжимок	-	100	100	50
Соль	15	15	15	15
Дрожжи прессованные	20	20	20	20
Сахар	80	80	80	80
Масло растительное	0,5	0,5	0,5	0,5

Таблица 5 – Органолептические показатели готового хлеба

Органолептические показатели	Контрольный образец	Образец 1 (5–10%)	Образец 2 (10–10%)	Образец 3 (10–5%)
Форма	Округлая, не расплывчатая, без притисков			
Поверхность	Шероховатая, без крупных трещин и подрывов			
Цвет	От светло-желтого до светло коричневого	Светло – коричневый	Насыщенный коричневый	Светло – коричневый с насыщенной коричневой коркой
Пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный, после легкого надавливания пальцами мякиш принимает первоначальную форму	Пропеченный, сухой на ощупь. Эластичный, после легкого надавливания пальцами мякиш принимает первоначальную форму	Пропеченный, сухой на ощупь. Эластичный, после легкого надавливания пальцами мякиш принимает первоначальную форму	Пропеченный, сухой на ощупь. Эластичный, после легкого надавливания пальцами мякиш принимает первоначальную форму
Промес	Без комочков и следов непромеса			
Пористость	Развитая, без пустот и уплотнений	Развитая, без пустот и уплотнений	Развитая, равномерная, уплотненная	Развитая, без пустот и уплотнений
Вкус	Свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса	Кисло – сладкий, свойственный заварным сортам хлеба	Кисло – сладкий, свойственный заварным сортам хлеба	Гармоничный, свойственный данному виду изделия, со слабо выраженным кисло – сладким привкусом
Запах	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделия, со слабо выраженным, кисло – сладким привкусом	Свойственный данному виду изделия, со слабо выраженным, кисло – сладким привкусом, заварным сортам хлеба	Свойственный данному виду изделия, со слабо выраженным, кисло – сладким привкусом

сказались на всех органолептических показателях хлеба.

Для определения влияния льняной муки и муки из кожицы виноградных выжимок на функциональные свойства хлеба, расчетно – аналитическим методом был проведен анализ пищевой и энергетической ценности в сравнении с контрольным образцом.

Анализ пищевой и энергетической ценности хлеба в сравнении с контрольным образцом представлен в таблице 6.

В результате приведенных расчетов, выявлено существенное влияние применяемых добавок на пищевую ценность готового хлеба. Максимальное суммарное количество пищевых веществ достигнуто в образце 3 (10% льняной муки и 5% муки из кожицы виноградных выжимок). Таким образом в

модифицированной рецептуре по сравнению с контрольным образцом, в 100 г готового продукта увеличилось содержание витамина В1 на 125%, В2 на 67,5%, РР на 51,0%. Содержание К увеличилось на 218%, Са на 260%, Mg на 184%, Р на 107%, Fe на 88%, I на 230%. Также в опытном образце содержание белка увеличилось на 28%, жиров на 50%, при чем существенно увеличилось содержание  $\omega$ -3 на 800% и  $\omega$ -6 на 213% больше, чем в контрольном образце.

Установлено, что употребление суточной нормы хлеба, содержащего 28 г льняной муки и 14 г муки из кожицы виноградных выжимок, позволяет удовлетворить суточную потребность в белке на 41,8%; в жирах на 6,8%, в углеводах на 39,2% в витамине В1 на 68,4%, В2 на 23,3%, В6 на 34,7%, РР – на 34,7%. Суточная порция обогащенного хлеба

Таблица 6 – Сведения о пищевой и энергетической ценности хлеба

Пищевые вещества и эн. ценность	Ед. изм	Рекомендуемая суточная потребность в пищ. веществ [6]	Содержание в образцах хлеба			
			Контрольн. образец	Образец 1 (5–10%)	Образец 2 (10–10%)	Образец 3 (10–5%)
Витамин В1	мг	1,5	0,16	0,36	0,43	0,44
Витамин В <sub>2</sub>	мг	1,8	0,08	0,13	0,14	0,15
Витамин РР	мг	20	1,54	2,33	2,4	2,48
Na	мг	1300	488	490,5	467,6	492,2
K	мг	3500	127	491,5	525,8	532,2
Ca	мг	1000	26	120,6	132	133,4
Mg	мг	420	35	98,2	115,8	117,8
P	мг	700	83	165,6	193,5	197,7
Fe	мг	18	1,6	3,36	3,56	3,65
I	мкг	150	0,003	22,8	22,8	22,8
Белки	г	75	8,1	10	10,8	11,2
Жиры	г	83	1	1,8	2	2,03
в том числе ω-3		1	0,02	1,2	2,3	2,3
ω-6		10	0,37	1,3	1,5	1,6
Углеводы	г	365	49,7	49,6	48,7	51,09
Энергетическая ценность, ккал	ккал	2500	242	232,9	231,8	243,9

также на 42% удовлетворит ежедневную потребность человека в калии, на 37,3% в кальции, на 78% в магнии и на 79 % в фосфоре, в железе до 57 %; а в йоде на 42, 5 %.

### Выводы

Проведенные экспериментальные исследования применения нетрадиционных видов муки в традиционной рецептуре хлеба доказали целесообразность обогащения хлебобулочных изделий льняной мукой и мукой из кожицы виноградных выжимок. За счет замены части пшеничной муки на льняную

и муку из кожицы виноградных выжимок, улучшаются не только органолептические и физико – химические показатели готового изделия, но и значительно повышается пищевая ценность хлеба.

На основе полученных данных, можно утверждать, что замена части пшеничной муки на льняную и муку из кожицы виноградных выжимок улучшает химический состав хлеба.

Таким образом, так как полученный продукт покрывает более 15% полезных микроэлементов суточной нормы, полученные изделия могут применяться в качестве функциональных продуктов питания.

### Литература

- [1] Варивода А.А., Рябинина Ю.А., Пищевые добавки как фактор реализации тренда здорового питания. Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Краснодар.- 2023. – с. 441 – 444.
- [2] Зубова Е. В. Вестник нижегородского государственного агротехнологического университета //Вестник нижегородского государственного агротехнологического университета Учредители: Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л. Я. Флорентьева. – №. 1. – С. 97-108.
- [3] Панкратов Г. Н. И др. Пшенично-льняная мука: условия получения и возможность хранения // Пищевая промышленность. – 2021. – №. 2. – С. 55-59.
- [4] Касумова А. А. К. Получение биологически активных добавок из вторичного сырья

### References

- [1] Varivoda A.A., Ryabinina Yu.A., Food additives as a factor in the implementation of the healthy nutrition trend. Modern aspects of agricultural production and processing. Krasnodar.- 2023. – p. 441 – 444.
- [2] Zubova E. V. Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agrotechnological University //Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agrotechnological University. Founders: Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L. Ya. Florentyev. – No. 1. – Pp. 97-108.
- [3] Pankratov G. N. et al. Wheat-flax flour: conditions of production and possibility of storage // Food Industry. – 2021. – No. 2. – Pp. 55-59.
- [4] Kasumova A. A. K. Obtaining biologically active additives from secondary raw materials of the wine industry // Chemistry of plant raw materials. – 2024. – No. 2. – Pp. 385-393.

- винодельческой промышленности //Химия растительного сырья. – 2024. – №. 2. – С. 385-393.
- [5] Химический состав пищевых продуктов. Книга 1. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов: Справочник / Под ред. И. М. Скурихина. — Москва: Агропроиздат, 1987. 224 с.
- [6] Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.)
- [7] Федоров А. В., Хлопов А. А., Лыбенко Е. С. Влияние способов внесения льняной муки на показатели качества ржаного хлеба //Новые технологии. – 2023. – Т. 19. – №. 4. – С. 168-175.
- [8] Кечкин И. А. Сортовой способ получения пшенично-льняной муки //Хлебопечение России. – 2024. – Т. 68. – №. 1. – С. 110-119.
- [9] Резниченко И. Ю., Мирошина Т. А. Оценка замены пшеничной муки на безглютеновую композицию в технологии печеня //Индустрия питания/Food Industry. – 2025. – Т. 10. – №. 3. – С. 35-42.
- [10] Федоров А. В., Лыбенко Е. С., Хлопов А. А. Изучение влияния льняной необезжиренной муки из семян льна масличного на качество ржаного хлеба //Индустрия питания/Food Industry. – 2023. – Т. 8. – №. 3. – С. 27-35.
- [11] Першакова Т. В. и др. Технологии применения фруктово-ягодных выжимок для производства функциональных продуктов //Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – №. 170. – С. 237-252.
- [12] ГОСТ Р 58233-2018. Национальный стандарт российской федерации хлеб из пшеничной муки. Технические условия.
- [5] Chemical composition of food products. Book 1. Reference tables of the content of basic nutrients and the energy value of food products: Handbook / Edited by I. M. Skurikhin. — Moscow: Agroprodizdat, 1987. 224 p.
- [6] Methodological recommendations МР 2.3.1.0253-21 «Norms of physiological requirements for energy and nutrients for various population groups of the Russian Federation» (approved by the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare on July 22, 2021)
- [7] Fedorov A. V., Khlopov A. A., Lybenko E. S. Influence of methods of adding flax flour on the quality indicators of rye bread //New technologies. – 2023. – V. 19. – No. 4. – Pp. 168-175.
- [8] Kechkin I. A. Varietal method of obtaining wheat-flax flour // Russia's Baking. – 2024. – V. 68. – No. 1. – Pp. 110-119.
- [9] Reznichenko I. Yu., Miroshina T. A. Assessment of the replacement of wheat flour with a gluten-free composition in the technology of cookies //Food Industry. – 2025. – Vol. 10. – No. 3. – Pp. 35-42.
- [10] Fedorov A. V., Lybenko E. S., Khlopov A. A. Study of the effect of flaxseed oil on the quality of rye bread // Food Industry/Food Industry. – 2023. – Vol. 8. – No. 3. – Pp. 27-35.
- [11] Pershakova T. V. et al. Technologies of using fruit and berry pomace for the production of functional products // Politematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2021. – No. 170. – Pp. 237-252.
- [12] GOST R 58233-2018. National Standard of the Russian Federation for wheat flour bread. Technical conditions.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

<p><b>Мурашкина Оксана Александровна</b> старший преподаватель кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 364-59-71 E-mail: xeniam13@yandex.ru</p>	<p><b>Murashkina Oksana Alexandrovna</b> senior lecturer of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(927) 364-59-71 <b>E-mail:</b> xeniam13@yandex.ru</p>
<p><b>Зязина Алина Сергеевна</b> студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail:</p>	<p><b>Zyazina Alina Sergeevna</b> student of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>E-mail:</b></p>

## Разработка рецептуры хлеба с пониженным содержанием фенилаланина

*Мурашкина О.А., Ильяткова К.Г.*

**Аннотация.** В последние годы растёт число пациентов с метаболическими нарушениями, в том числе с фенилкетонурией (ФКУ) – заболеванием, характеризующимся нарушением обмена фенилаланина (ФА). В России частота ФКУ составляет в среднем 1 случай на 7000, при этом ежегодный прирост заболеваемости среди детей и подростков превышает 5%. Основой терапии является строгая пожизненная диета с ограничением природного белка и исключением продуктов, богатых ФА (мясо, рыба, молочные продукты, злаки, хлеб и др.), что сужает привычный рацион почти на 98 %. Для восполнения нутриентного дефицита применяются специализированные белковые смеси, не содержащие ФА. Однако существующий ассортимент хлебобулочных изделий для данной группы пациентов ограничен и часто не отвечает органолептическим требованиям. В связи с этим разработка рецептур специализированного хлеба с пониженным содержанием фенилаланина является актуальной научно-практической задачей.

**Ключевые слова:** фенилкетонурия, фенилаланин, диета, хлеб, структурообразователь, рецептура.

**Для цитирования:** Мурашкина О.А., Ильяткова К.Г. Разработка рецептуры хлеба с пониженным содержанием фенилаланина // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 46–52.

## Development of a bread recipe with a reduced content of phenylalanine

*Murashkina O.A., Ilyatkova K.G.*

**Abstract.** In recent years, the number of patients with metabolic disorders has been growing, including phenylketonuria (PKU), a disease characterized by impaired phenylalanine (PA) metabolism. In Russia, the incidence of PKU averages 1 in 7,000 cases, with an annual increase in incidence among children and adolescents exceeding 5%. The basis of treatment is a strict lifelong diet that limits natural protein and excludes PA-rich foods (meat, fish, dairy products, cereals, bread, etc.), which reduces the usual diet by almost 98%. To compensate for the nutrient deficiency, specialized PA-free protein mixtures are used. However, the existing range of bakery products for this group of patients is limited and often does not meet organoleptic requirements. Therefore, the development of specialized bread recipes with a reduced phenylalanine content is a pressing scientific and practical task.

**Keywords:** phenylketonuria, phenylalanine, diet, bread, structure-forming agent, recipe.

**For citation:** Murashkina O.A., Ilyatkova K.G. Development of a bread recipe with a reduced content of phenylalanine. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 46–52. (In Russ.).

### Введение

Диетотерапия – патогенетически обоснованный и наиболее эффективный метод лечения классической ФКУ, основной целью ее является предупреждение развития повреждения ЦНС, неврологических нарушений и интеллектуального дефицита. Строгое соблюдение диеты требует практически полного исключения из рациона высо-

кобелковых продуктов животного и растительного происхождения. [1]

Традиционные хлебобулочные изделия, являющиеся основой рациона питания здорового человека, исключаются из диеты пациентов с ФКУ в связи с высоким содержанием белка (глютена) пшеничной муки, а, следовательно, и фенилаланина. Это приводит к существенному обеднению и несбалансированности рациона,

дефициту пищевых волокон, витаминов группы В и микроэлементов. [2]

В настоящее время на рынке присутствуют специализированные низкобелковые продукты, включая некоторые виды хлеба. Существующие аналоги специализированного хлеба часто имеют неудовлетворительные органолептические свойства и ограниченный ассортимент, что негативно сказывается на приверженности больных, особенно детей, к необходимой диетотерапии. В связи с этим, разработка новой рецептуры хлеба для больных ФКУ, сочетающей безопасность (сверхнизкое содержание фенилаланина), высокие потребительские качества и доступность, является актуальной научно-практической задачей. Решение данной проблемы позволит расширить ассортимент специализированных продуктов и повысить эффективность диетического лечения пациентов с ФКУ. [3]

В соответствии с изложенным, цель работы заключалась в разработке рецептуры (на основе безбелкового или низкобелкового сырья) и технологии хлеба с пониженным содержанием фенилаланина, обладающего улучшенными структурно-механическими и органолептическими свойствами.

Задачи:

- провести анализ низкобелкового сырья для производства хлеба;
- подобрать структурообразователь для теста;
- оценить качество готовых образцов по стандартным физико-химическим (влажность, кислотность, пористость) и органолептическим свойствам;
- установить оптимальные дозировки сырьевых компонентов.

Разработка хлебобулочных изделий для больных фенилкетонурией представляет собой комплексную технологическую задачу. Основная сложность заключается в необходимости полного или значительного исключения пшеничной муки, которая является основой любого хлеба, т.к. ее белок (глютен) содержит высокое количество фенилаланина. Это приводит к потере реологических свойств теста и его структурообразования. В связи с этим, все существующие технологические решения направлены на поиск альтернатив замены пшеничной муки и создание пористой структуры мякиша. [4]

Таблица 1 - Сравнительный анализ преимуществ и недостатков низкобелковой основы [8]

Подход / Ингредиент	Преимущества	Недостатки
Крахмалы нативные (кукурузный, картофельный, тапиоковый, пшеничный)	Доступность, низкая стоимость, нейтральный вкус.	Не формируют каркас, требуют обязательного использования ГК, продукт быстро черствеет.
Мука (маниока, рис, кукуруза)	«Чистый» состав, воспринимаются как более натуральные.	Могут иметь специфический привкус, нерегулярное качество сырья.
Гидроколлоиды (Ксантановая камедь)	Эффективность при низких дозировках, устойчивость к pH и температуре.	Может придавать изделию «тягуче-слизистую» текстуру при передозировке.
Гидроколлоиды	Формирует прочную гелевую структуру при выпечке, отличное формоудержание.	Высокая стоимость, требует точного соблюдения температурного режима.

На российском рынке специализированное питание для людей с фенилкетонурией представлена марками: Balviten (Польша), Мак Мастер (Россия), Sanavi (Италия), Nutricia (Нидерланды), «ГНУ ВНИИ Крахмалопродуктов» (Россия). Большинство изделий, которые представлены на нашем рынке, производятся в странах Европейского Союза, вследствие чего имеют высокую стоимость. [5]

### Объекты и методы исследования

Анализ существующих рецептур хлебобулочных изделий для больных ФКУ можно классифицировать по типу используемой безбелковой или низкобелковой основы. Наиболее распространенной заменой пшеничной муки являются кукурузный, картофельный, тапиоковый, пшеничный крахмалы, они обеспечивают массу изделия и являются источником углеводов, но не формируют эластичный каркас. Или модифицированные крахмалы, которые используются для улучшения водопоглощительной способности, стабильности теста и консистенции готового продукта.

Также для производства низкобелковых хлебобулочных изделий рекомендуется использовать муку из клубнеплодов, например муку из маниоки (тапиоки), которая является одним из самых популярных ингредиентов, благодаря нейтральному вкусу и высокому содержанию крахмала.

Рисовый крахмал - обладает мягким вкусом, но при замесе теста часто требует добавления структурообразователей из-за отсутствия клейковины.

Кукурузная мука – придает характерный вкус и цвет, но может делать изделие более рассыпчатым.

Кукурузный крахмал – не имеет запаха и вкуса, но обладает высокой вязкостью при нагревании, что делает его незаменимым загустителем.

Картофельный крахмал – обладает высокой чистотой и нейтральным вкусом, придает выпечке пышность и мягкость

Саго - вкус нейтральный, часто с ореховыми нотами, при производстве хлебобулочных изделий саго используют как загуститель. [6]

Поскольку замена муки лишает тесто способности удерживать CO<sub>2</sub>, главная технологическая

Таблица 2 - Сравнительный анализ природных структурообразователей [9]

Структурообразователь	Основная функция	Основные преимущества	Потенциальный недостаток
Ксантановая камедь	Создание вязкости и эластичности	Высокая эффективность при малых дозах, стабильность	«Резиновая» текстура при передозировке
Гуаровая камедь	Загущение, удержание влаги	Высокое водопоглощение, низкая цена	Менее эластичен, чем ксантан
Камедь рожкового дерева	Образование плотного геля	Стабильная структура	Высокая стоимость, возможная волокнистость
Шелуха подорожника (Psyllium)	Эластичность, газодержание	Наилучшая имитация глютена, источник клетчатки	Влияет на цвет, требует точной дозировки
Инулин	Водосвязывание, имитация жира	Пребиотик, улучшает пищевую ценность	Слабительный эффект в больших дозах
Льняная мука	Связывание, гелеобразование	Богатый состав Омега-3	Сильный вкус и цвет

Таблица 3 – Содержание фенилаланина, химический состав и энергетическая ценность в 100 граммах различных видов муки и крахмала [10]

Наименование сырья	Содержание фенилаланина, мг	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
Мука кукурузная	415	8,3	1,2	71	328
Мука рисовая	370	7,4	0,6	80,2	356
Мука амарантовая	542	8,9	1,7	61,8	298
Мука тапиоки	4	0,2	0	88,7	358
Крахмал пшеничный	20	0,4	0,1	86,8	353
Крахмал рисовый	42	0,8	0	85	348
Крахмал картофельный	5	0,1	-	78,2	313
Крахмал кукурузный	22	0,4	0,1	83,5	343

задача – создание искусственного каркаса. Это достигается за счет применения гидроколлоидов.

Наиболее распространенный выбор, ксантановая камедь, она создает вязкую псевдопластичную структуру, стабилизирует тесто, препятствует расслоению и обеспечивает эластичность, аналогичную глютену. Часто используются в комбинации с ксантановой камедью - гуаровая камедь, для синергетического эффекта, улучшения текстуры и влагоудержания.

Для равномерного распределению компонентов, улучшения пластичности теста и увеличения объема готового изделия за счет стабилизации газовых пузырьков, в качестве эмульгаторов рекомендуется использование лецитина, дистиллированных моноглицеридов.

Низкобелковое тесто, как правило, имеет более жидкую консистенцию, чем стандартное тесто для приготовления хлебобулочных изделий, что способствует газодержанию. В связи с этим для равномерного распределения пузырьков воздуха в тесте необходима интенсификация замеса.

Применение кислотных (например, молочнокислых) заквасок может улучшать вкус и аромат, маскируя посторонние привкусы сырья. Ферменты (амилазы, протеазы) используются для модификации крахмала и улучшения цвета корки. [7]

Сравнительный анализ преимуществ и недостатков низкобелковой основы представлен в таблице 1.

Основными недостатками существующих решений являются:

- Неудовлетворительные органолептические показатели (липкий, плотный или крошливый мякиш, посторонние привкусы).
- Высокая стоимость из-за использования импортных гидроколлоидов и специализированных смесей.
- Отсутствие универсальной рецептуры, требующей индивидуальной адаптации под конкретное сырье.

На основании проведенного анализа можно сделать выводы, что перспективным направлением является комбинирование различных видов крахмалов и муки (например, тапиоковой и кукурузной) с оптимизированными смесями гидроколлоидов и эмульгаторов. Это позволит улучшить структурно-механические и органолептические характеристики готового продукта, а также снизить себестоимость за счет рационального подбора сырья.

Природные структурообразователи (гидроколлоиды и волокна) призваны создать стабильный каркас в низкобелковой смеси, состоящей в основном из крахмалов. Наиболее эффективная и распространенная группа гидроколлоидов это камеди (ксантановая, гуаровая, камедь рожкового дерева). Они являются отличными загустителями, значительно увеличивают вязкость, хорошо удерживают воду, предотвращая черствение, обладают высокой водо-

Таблица 4 - Соотношение основного сырья в образцах теста

Образец	Мука рисовая, %	Мука тапиоки, %	Картофельный крахмал, %	Псиллиум, г
№1	50	25	25	100
№2	50	15	35	150, 0
№3	50	30	20	120

поглощительной способностью, но, при этом имеют высокую цену.

Также в качестве природного структурообразователя при производстве мучных изделий применяется пектин, содержащийся в клеточных стенках фруктов. Он образует гели, обладает пребиотическими свойствами, но для гелеобразования часто требуются специфические условия (кислая среда, сахар).

Растительные волокна и мука с высоким содержанием клетчатки, работают не только, как структурообразователь, но и как обогащающая добавка, что критически важно для рациона больных ФКУ, часто бедного клетчаткой. К этой группе относят инулин и олигофруктозу, они являются пребиотиками, обладают высокой водосвязывающей способностью, но в высоких дозах могут давать сладковатый привкус и вызывать газообразование. Мука из льняного семени является мощным гидроколлоидом, она связывает воду, скрепляет тесто, предотвращает крошливость, богата Омега-3, но сильно влияет на вкус и цвет готового изделия.

Один из самых эффективных природных заменителей глютена является шелуха семян подорожника (*Psyllium husk*). При контакте с водой образует очень вязкий гель, который придает тесту эластичность, удерживает газ. Формирует отличную структуру и объем, является источником ценной клетчатки.

Сравнительный анализ природных структурообразователей представлен в таблице 2.

Использование природных структурообразователей открывает широкие возможности для создания высококачественного, безопасного и полезного хлеба для больных фенилкетонурией, отвечающего современным требованиям потребителей к натуральному.

Таблица 5 – Рецептуры хлеба [11]

Наименование сырья	Контрольный образец, г	Масса нетто, г		
		Образец №1	Образец №2	Образец №3
Мука пшеничная 1-го сорта	1000	-	-	-
Мука рисовая	-	500	500	500
Мука тапиоки	-	250	150	300
Крахмал картофельный	-	250	350	200
Псиллиум	-	100	150	120
Соль	15	15	15	15
Сахар	80	80	80	80
Дрожжи сухие	15	15	15	15
Масло растительное	10	10	10	10

При выборе сырья для больных фенилкетонурией особое внимание уделили содержанию в нем фенилаланина. Был проведен сравнительный анализ аминокислотного и химического состава муки кукурузной, рисовой, амарантовой, тапиоки, крахмала пшеничного, рисового, картофельного и кукурузного, а также их энергетическая ценность. Данные виды сырья рассматриваются в качестве основных, так как разрешены к употреблению больным с фенилкетонурией. В таблице 3 представлено количество фенилаланина, химический состав и энергетическая ценность в 100 граммах различных видов муки и крахмала.

По итогам анализа было принято решение, в рецептуре хлеба, в качестве основного ингредиента использовать рисовую муку, муку тапиоки и картофельный крахмал.

Опытным путем было установлено, что без существенного ухудшения технологических свойств можно использовать кукурузный крахмал и муку тапиоки в соотношении от 1-50% от рисовой муки, в зависимости от использованной рецептуры.

Рисовая мука является основным наполнителем, обладает умеренной водопоглощительной способностью.

Мука тапиоки образует эластичный гель, способствует упругости и удержанию влаги.

Картофельный крахмал обладает высокой способностью к набуханию и дает большой подъем теста

Учитывая приоритет функциональных свойств и пользу различных структурообразователей, решено было в разрабатываемой рецептуре использовать псиллиум в количестве 10 – 20 г порошка на 100 г муки. Так как он не только решает технологическую задачу по созданию структуры, но и вносит существенный вклад в улучшение пищевого статуса пациента с ФКУ, обогащая рацион клетчаткой.

На первом этапе исследования поставили задачу получения теста из рисовой муки, муки тапиоки и картофельного крахмала. Для достижения связности теста необходимо присутствие структурообразователя, в качестве которого применили псиллиум.

Из перечисленного сырья были разработаны 3 варианта рецептур теста с различным соотношением муки и крахмала и структурообразователя в нём.

Таблица 6 – Органолептические показатели готового хлеба

Органолептические показатели	Контрольный образец [12]	Образец №1	Образец №2	Образец №3
Форма	Округлая, не расплывчатая, без притисков	Ровная, округлая, не расплывчатая,	Расплывчатая, со слабым каркасом	Ровная, округлая, не расплывчатая,
Поверхность	Шероховатая, без крупных трещин и подрывов	Гладкая, равномерная, с тонкой эластичной корочкой	Сухая, слегка растрескавшаяся	Гладкая, с более плотной и упругой корочкой.
Цвет	От светло-желтого до светло коричневого	Светло-золотистый	Бледный, слабо выраженный	Золотисто-коричневый
Пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный, после легкого надавливания пальцами мякиш принимает первоначальную форму	Пропеченный, влажность сбалансирована. После легкого надавливания пальцами мякиш принимает первоначальную форму	Непропеченный, после надавливания пальцами мякиш не принимает первоначальную форму	Пропеченный, влажность сбалансирована. После легкого надавливания пальцами мякиш принимает первоначальную форму
Пористость	Развитая, без пустот и уплотнений	Развитая. Поры открытые, но не чрезмерно крупные.	Неравномерная. Рядом с крупными порами есть участки плотного, слабо пропеченного мякиша.	Развитая, мелкая, равномерная. Мякиш мягкий, плотный
Вкус	Свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса	Нейтральный, с легкими сладковато-ореховыми нотами от рисовой муки	Ощущается легкая липкость из-за непропеченного крахмала	Нейтральный, с легкими сладковато-ореховыми нотами от рисовой муки
Запах	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха	Нейтральный	Нейтральный	Нейтральный
Влажность, %	45	45 – 48	50 – 53	49 – 49
Кислотность, °Т	3	2 – 3	2 – 3	2 – 3
Пористость, %	72	70 – 85	60 – 65	65 – 70

Соотношение основного сырья в образцах теста представлено в таблице 4.

### Результаты и их обсуждение

Образец №1 показал себя очень пластичным и упругим, даже спустя несколько минут после замеса. Сохранял структуру при раскатывании. Образец № 2 оказался чуть менее упругим, чем № 1, но довольно пластичным и прочным, хорошо раскатывался. Образец № 3 имел отличную пластичность и прочность. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что все три образца отличаются высокой пластичностью и мягкой текстурой, что делает их подходящими для приготовления хлебобулочных изделий.

На основании подготовленных образцов, разработали экспериментальные рецептуры теста. В качестве контрольного образца использовали дрожжевое тесто, изготовленное по базовой рецептуре. Рецептуры хлеба представлены в таблице 5.

Тесто для хлеба готовили по традиционному безопасному способу. Сущность этого способа заключается в приготовлении теста в одну стадию из всего сырья по рецептуре. Замешивание теста проводили в течение 10 минут. После замеса, тесто

оставляли для брожения в течение 150 – 240 минут, проводя обминку через 60 – 90 минут. Выбродившее тесто разделявали на куски необходимой массы и придавали форму тестовым заготовкам. Затем проводили окончательную расстойку в течение 30 – 50 минут. Выпечку готовых подовых изделий проводили в пекарном шкафу при температуре 215 – 250°C в течение 38 – 42 минуты.

Качество выпеченного хлеба определяли по органолептическим показателям (запах, вкус, поверхность, вид в изломе, структура и форма) и физико-химическим показателям (влажность, кислотность, пористость). Органолептические и физико-химические показатели выпеченного хлеба приведены в таблице 6.

Анализируя органолептические и физико-химические показатели, выпеченного хлеба, наиболее сбалансированным и перспективным для получения низкобелкового хлеба с высокими потребительскими свойствами является образец №1 с массовым соотношением сырья: рисовая мука (50%), мука тапиоки (25%), картофельный крахмал (25%) с добавлением псилиума (100 г на 1 кг смеси). Он демонстрирует наилучший компромисс между подъемом (за счет крахмала) и стабильностью структуры (за счет муки тапиоки и псилиума).

Образец №2 с массовым соотношением сырья: рисовая мука (50%), мука тапиоки (15%), картофельный крахмал (35%) с добавлением псилиума (150 г на 1 кг смеси) является наименее удачным из-за проблем с текстурой и пористостью.

Образец №3 с массовым соотношением сырья: рисовая мука (50%), мука тапиоки (30%), картофельный крахмал (20%) с добавлением псилиума (120 г на 1 кг смеси) может быть специализированным решением для рецептов, где требуется плотная, но эластичная текстура (например, для булок для бургеров).

Главным критерием в процессе разработки изделий был максимально низкий уровень фенилаланина при хороших органолептических показателях. Содержание фенилаланина в контрольном образце составило 550 мг на 100 г продукта. В опытных образцах зафиксировано значительное снижение данного показателя: в образце №1 — 189,5 мг, в образце №2 — 187,4 мг, в образце №3 — 187,2 мг на 100 г. Таким образом, содержание фенилаланина в разработанных образцах снизилось более чем в 2,9 раза по сравнению с контролем, при этом разница между опытными образцами составила не более

2,3 мг, что свидетельствует о стабильности и воспроизводимости предложенного технологического решения.

### Выводы

Все экспериментальные образцы на основе рисовой муки, муки тапиоки и картофельного крахмала характеризуются низким содержанием фенилаланина. Полученные значения соответствуют нормативам диетотерапии ФКУ, что подтверждает принципиальную возможность включения их в рацион пациентов.

Проанализировав полученные данные, определена оптимальная рецептура хлеба для больных фенилкетонурией – образец №1. Данный образец при низком содержании фенилаланина, одновременно демонстрирует высокие потребительские качества.

Таким образом, определена и обоснована оптимальная рецептура низкобелкового хлеба, которая позволяет расширить ассортимент специализированных продуктов питания для больных фенилкетонурией, сочетая безопасность и высокие потребительские качества.

### Литература

- [1] Клиточенко Г. В., Малюжинская Н. В., Степаненко К. В. Современные возможности диагностики и терапии фенилкетонурии // Лекарственный вестник. – 2021. – Т. 15. – №. 1. – С. 24-29.
- [2] Шестопалова Е. А., Байдакова Г. В., Куцев С. И. Оценка клинической эффективности PRAL-оптимизированных специализированных продуктов для диетического лечебного питания больных фенилкетонурией детей и взрослых линейки антифен/antifen® // ПМЖ. Мать и дитя. – 2025. – Т. 8. – №. 1. – С. 81-87.
- [3] Хлебникова В. А. Нетрадиционные компоненты в хлебопечении: проблемы и перспективы // Grand Altai Research & Education. – 2024. – №. 1. – С. 43-56.
- [4] Кокорина Д. С. Проектирование, технология и товароведная оценка обогащенного пшеничного хлеба и безглютеновых хлебцев с использованием функциональных ингредиентов муки киноа. – 2021.
- [5] Бушуева Т. В. И др. Вопросы обеспечения специализированными продуктами лечебного питания: мировая и отечественная практика // Неврологический журнал имени ЛО Бадаляна. – 2023. – Т. 4. – №. 1. – С. 20-28.
- [6] Зайцева Л. В. и др. Современные подходы к разработке рецептов безглютеновых хлебобулочных изделий // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89. – №. 1. – С. 77-85.
- [7] Тимакова Р. Т., Ильюхина Ю. В. Вестник Воронежского государственного университета

### References

- [1] Klitochenko G. V., Malyuzhinskaya N. V., Stepanenko K. V. Modern possibilities of diagnosis and therapy of phenylketonuria // *Lekarstvennyi Vestnik*. – 2021. – V. 15. – No. 1. – P. 24-29.
- [2] Shestopalova E. A., Baidakova G. V., Kutsev S. I. Assessment of the clinical efficacy of PRAL-optimized specialized products for dietary medical nutrition of children and adults with phenylketonuria of the antifen/antifen® line // *RMJ. Mother and Child*. – 2025. – Vol. 8. – No. 1. – Pp. 81-87.
- [3] Khlebnikova V. A. Non-traditional components in baking: problems and prospects // *Grand Altai Research & Education*. – 2024. – No. 1. – Pp. 43-56.
- [4] Kokorina D. S. Design, technology, and commodity assessment of enriched wheat bread and gluten-free breadsticks using functional ingredients of quinoa flour. – 2021.
- [5] Bushueva T. V. et al. Issues of providing specialized medical nutrition products: global and domestic practice // *L.O. Badalyan Neurological Journal*. – 2023. – Vol. 4. – No. 1. – Pp. 20-28.
- [6] Zaitseva L. V. et al. Modern approaches to the development of gluten-free bakery products // *Nutrition Issues*. – 2020. – V. 89. – No. 1. – Pp. 77-85.
- [7] Timakova R. T., Plyukhina Yu. V. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy* // *Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy* Uchrediteli: Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet inzhenernykh tekhnologiy. – 2022. – V. 84. – No. 1. – Pp. 410-417.

- инженерных технологий //Вестник воронежского государственного университета инженерных технологий Учредители: Воронежский государственный университет инженерных технологий. – 2022. – Т. 84. – №. 1. – С. 410-417.
- [8] Сабыржанова А. Е. И др. Сравнительный анализ химического состава безглютеновых продуктов //Иноватика в современном мире: опыт, проблемы и перспективы развития. – 2023. – С. 62-69.
- [9] Кокорина Д. С. Проектирование, технология и товароведная оценка обогащенного пшеничного хлеба и безглютеновых хлебцев с использованием функциональных ингредиентов муки киноа. – 2021.
- [10] Сабыржанова А. Е. и др. Сравнительный анализ химического состава безглютеновых продуктов //Иноватика в современном мире: опыт, проблемы и перспективы развития. – 2023. – С. 62-69.
- [11] Сборник рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия / [сост. : П. С. Ершов]. - Изд. 11-е. - Санкт-Петербург : Профи, 2009. - 207 с. : табл.; 21 см.; ISBN 978-5-904283-04-9
- [12] ГОСТ Р 58233-2018 Хлеб из пшеничной муки. Технические условия
- [8] Sabyrzhanova A. E. et al. Comparative analysis of the chemical composition of gluten-free products // Innovations in the modern world: experience, problems and development prospects. – 2023. – Pp. 62-69.
- [9] Kokorina D. S. Design, technology, and commodity assessment of enriched wheat bread and gluten-free breadsticks using functional ingredients of quinoa flour. – 2021.
- [10] Sabyrzhanova A. E. et al. Comparative analysis of the chemical composition of gluten-free products // Innovations in the modern world: experience, problems, and development prospects. – 2023. – P. 62-69.
- [11] Collection of recipes for bread and bakery products / [comp. : P. S. Ershov]. - Ed. 11th. - St. Petersburg: Profi, 2009. - 207 p.: tabl.; 21 cm.; ISBN 978-5-904283-04-9
- [12] GOST R 58233-2018 Bread from wheat flour. Technical conditions

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Мурашкина Оксана Александровна</b> старший преподаватель кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 364-59-71 E-mail: xeniam13@yandex.ru</p>	<p><b>Murashkina Oksana Alexandrovna</b> senior lecturer of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(927) 364-59-71 <b>E-mail:</b> xeniam13@yandex.ru</p>
<p><b>Ильяткова Ксения Глебовна</b> студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail:</p>	<p><b>Ilyatkova Ksenia Glebovna</b> student of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>E-mail:</b></p>

## Применение нетрадиционного сырья в пивоварении

Фадин Е.А., Гарькина П.К.

**Аннотация.** В статье рассматриваются современные тенденции использования нетрадиционного сырья в пивоваренной промышленности. Проанализированы классификация альтернативных ингредиентов, технологические особенности их внедрения в производственные циклы, влияние на физико-химические и органолептические характеристики готового продукта.

**Ключевые слова:** пивоварение, нетрадиционное сырье, альтернативное зерно, растительные добавки, функциональное пиво, безглютеновое пиво, устойчивость, ферментативная обработка.

**Для цитирования:** Фадин Е.А., Гарькина П.К. Применение нетрадиционного сырья в пивоварении // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 53–56.

## The use of non-traditional raw materials in brewing

Fadin E.A., Garkina P.K.

**Abstract.** The article discusses current trends in the use of non-traditional raw materials in the brewing industry. It analyzes the classification of alternative ingredients, the technological features of their implementation in production cycles, and their impact on the physical, chemical, and organoleptic characteristics of the finished product.

**Keywords:** brewing, non-traditional raw materials, alternative grains, plant additives, functional beer, gluten-free beer, sustainability, enzymatic processing.

**For citation:** Fadin E.A., Garkina P.K. The use of non-traditional raw materials in brewing. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 53–56. (In Russ.).

### Введение

Традиционное пивоварение базируется на четырёх основных компонентах: ячменном солоде, хмеле, воде и пивных дрожжах. Однако в последние десятилетия отрасль сталкивается с рядом вызовов: климатические аномалии влияют на урожайность и качество ячменя и хмеля, растёт спрос на продукты с улучшенным нутритивным профилем, усиливается экологическая ответственность производителей, а потребительский рынок демонстрирует высокий интерес к крафтовым и нишевым продуктам. В этих условиях внедрение нетрадиционного сырья становится не только технологической инновацией, но и стратегической необходимостью.

Цель исследований - систематизировать современные данные о применении нетрадиционного сырья в пивоварении, выявить технологические и качественные особенности их использования.

### Объекты и методы исследования

В качестве методов исследования использовали методы анализа и обобщения.

### Результаты и их обсуждение

Нетрадиционное сырьё в пивоварении включает альтернативные зерновые культуры, фрукты, ягоды, специи, водоросли, грибы, растительные экстракты, а также вторичные ресурсы пищевой промышленности. Их применение позволяет создавать продукты с заданными функциональными свойствами, снижать зависимость от импорта, реализовывать принципы циркулярной экономики и расширять ассортимент безглютеновых и низкокалорийных напитков.

Отмечается значение пива как одного из самых древних и популярных алкогольных напитков в мире [1].

В отличие от ячменя, большинство из зерновых культур не содержат или содержат минимальное количество проламинов, что делает их пригодными для производства безглютенового пива. Сорго исторически используется в африканском пивоварении, а в последние годы активно адаптируется для европейского и североамериканского рынков. Гречиха и амарант отличаются высоким содержанием антиоксидантов, пищевых волокон и полноценного белка,

однако требуют ферментативной коррекции из-за отсутствия собственной амилазной активности.

Учеными Пензенского государственного технологического университета разработан способ производства пива, предусматривающий затирание светлого солода с несоложенным ячменем, предварительно обработанным путем экструзии. Считается доказанным, что многопараметрический экструзионный процесс воздействия на крахмалсодержащее сырье способствует деструкции зерен крахмала, характеризующегося разрывом как валентных, так и водородных связей, в результате чего образуются полимеры с меньшим размером частиц [2, 3, 4, 5, 6, 7].

Авторами предложено применение экструдата проса в пивоварении. Установлено, что экструдированные зерновые полуфабрикаты отличаются низкой влажностью, хорошей сыпучестью, имеют вкус и запах, характерный для зернового сырья. Экструдат проса в сравнении с экструдатом пшеницы содержит больше протеина, больше свободных сахаров, на 70 % больше клетчатки, которая, к тому же, не травмирует кишечник, в отличие от пшеничной [8].

Учеными Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого изучена возможность использования амрантовой муки в технологии производства пива. Была проведена оценка влияния количества вносимой амрантовой муки и начальной температуры затирания на экстрактивность первого сусла и продолжительность осахаривания [9].

В качестве растительных добавок в пивоварении применяют фруктовые пюре, ягодные кон-

центраты, цитрусовые цедры, пряности (кориандр, гвоздика, имбирь, кардамон), травы (мята, розмарин, полынь) и цветочные экстракты. Отдельный интерес представляют «хмелезаменители» – растения, содержащие горькие соединения и эфирные масла, способные частично или полностью заменять хмель.

Шабановой И.А. проведено исследование в области применения имбиря для приготовления пива взамен хмеля в первом варианте, и взамен солода во втором варианте. Согласно требованиям стандартов приготовленные образцы напитков соответствуют светлому типу пива [10].

Учеными Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики разработаны технологии пивного напитка с применением шиповника в виде сиропа и настоя [11].

Применение нетрадиционного сырья в пивоварении представляет собой многовекторное направление, сочетающее технологическую инновационность, экологическую ответственность и рыночную адаптивность. Альтернативные зерновые и растительные добавки позволяют создавать продукты с заданными функциональными свойствами, снижать зависимость от традиционного сырья.

## Выводы

Проведенные в данном исследовании измерения показали, что соевые отруби могут успешно использоваться с приемлемыми определенными текстурными и цветовыми характеристиками.

## Литература

- [1] Зимняков, В. М. Состояние производства пива в России / В. М. Зимняков, П. К. Гарькина // *Инновационная техника и технология*. – 2021. – Т. 8, № 1. – С. 49-54. – EDN UPNWPК.
- [2] Патент № 2412986 С2 Российская Федерация, МПК С12С 12/00. способ производства пива : № 2008149378/10 : заявл. 15.12.2008 : опубл. 27.02.2011 / Г. В. Шабурова, Е. В. Тюрина, А. А. Курочкин [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Пензенская государственная технологическая академия. – EDN ZUHKWU.
- [3] Воронина, П. К. Практические перспективы термопластической экструзии в технологии напитков / П. К. Воронина // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2014. – № 6(22). – С. 85-88. – EDN TKJLGJ.
- [4] Трансформация углеводного комплекса экструдированного ячменя / А. А. Курочкин,

## References

- [1] Zimnyakov, V. M. The State of Beer Production in Russia / V. M. Zimnyakov, P. K. Garkina // *Innovative Engineering and Technology*. – 2021. – Vol. 8, No. 1. – Pp. 49-54. – EDN UPNWPК.
- [2] Patent No. 2412986 C2 Russian Federation, IPC C12C 12/00. method of beer production : No. 2008149378/10 : application 15.12.2008 : published 27.02.2011 / G. V. Shaburova, E. V. Tyurina, A. A. Kurochkin [and others]; applicant State Educational Institution of Higher Professional Education Penza State Technological Academy. – EDN ZUHKWU.
- [3] Voronina, P. K. Practical prospects of thermoplastic extrusion in beverage technology / P. K. Voronina // *XXI century: results of the past and problems of the present plus*. – 2014. – No. 6(22). – Pp. 85-88. – EDN TKJLGJ.
- [4] Transformation of the carbohydrate complex in extruded barley / A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, P. K. Voronina, and E. V. Tyurina // *Current state and prospects of development of the food industry*

- Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, Е. В. Тюрина // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания : сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 3 томах, Челябинск, 11 декабря 2010 года / Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Уральский государственный университет, Факультет «Пищевые технологии»; председатель редколлегии А. Л. Шестаков. Том 1. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – С. 46-48. – EDN VKXCLH.
- [5] Воронина, П. К. Формирование качества пива в процессе сбраживания пивного сусле с использованием экструдата ячменя / П. К. Воронина, А. А. Курочкин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С. 100-103. – EDN PKMLKL.
- [6] Воронина, П. К. Разработка технологии и товароведная характеристика пива с экструдатом ячменя / П. К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 108-113. – EDN RDLATT.
- [7] Технологические аспекты регулирования выхода экстракта при получении пивного сусле / П. К. Гарькина, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2020. – Т. 8, № 2. – С. 13-20. – DOI 10.14529/food200202. – EDN DYYWZS.
- [8] Воронина, П. К. Экструдат проса как сырье нового поколения для обогащения пива / П. К. Воронина // Инновационная техника и технология. – 2015. – № 2(3). – С. 16-17. – EDN UGQNNB.
- [9] Данина, М. М. Использование нетрадиционного сырья в пивоварении / М. М. Данина, О. Б. Иванченко // Актуальная биотехнология. – 2018. – № 3(26). – С. 287-290. – EDN ZASFYD.
- [10] Шабанова, И. А. Использование нетрадиционного сырья в пивоварении / И. А. Шабанова // Инновационные решения в строительстве, природообустройстве и механизации сельскохозяйственного производства : Материалы III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Нальчик, 06 июня 2023 года. – Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», 2023. – С. 171-174. – EDN XVVTWM.
- and public catering: collection of materials of the III All-Russian scientific and practical conference with international participation: in 3 volumes, Chelyabinsk, December 11, 2010 / Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Federal Agency for Education, South Ural State University, Faculty of Food Technologies; Chairman of the Editorial Board A. L. Shestakov. Volume 1. – Chelyabinsk: South Ural State University Publishing Center, 2010. – Pp. 46-48. – EDN VKXCLH.
- [5] Voronina, P. K. Formation of Beer Quality during Fermentation of Beer Wort Using Barley Extrudate / P. K. Voronina, A. A. Kurochkin // Izvestiya of the Samara State Agricultural Academy. – 2012. – No. 4. – Pp. 100-103. – EDN PKMLKL.
- [6] Voronina, P. K. Development of technology and commodity characteristics of beer with barley extrudate / P. K. Voronina // Izvestiya of the Samara State Agricultural Academy. – 2013. – No. 4. – Pp. 108-113. – EDN RDLATT.
- [7] Technological aspects of regulating the extract yield during the production of beer wort / P. K. Garkina, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, and D. I. Frolov // Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. – 2020. – Vol. 8, No. 2. – Pp. 13-20. – DOI 10.14529/food200202. – EDN DYYWZS.
- [8] Voronina, P. K. Corn extrudate as a new generation raw material for beer enrichment / P. K. Voronina // Innovative Technique and Technology. – 2015. – No. 2(3). – Pp. 16-17. – EDN UGQNNB.
- [9] Danina, M. M. Use of non-traditional raw materials in brewing / M. M. Danina, O. B. Ivanchenko // Actual Biotechnology. – 2018. – No. 3(26). – Pp. 287-290. – EDN ZASFYD.
- [10] Shabanova, I. A. The Use of Non-Traditional Raw Materials in Brewing / I. A. Shabanova // Innovative Solutions in Construction, Environmental Management, and Agricultural Mechanization: Proceedings of the III All-Russian (National) Scientific and Practical Conference, Nalchik, June 6, 2023. – Nalchik: Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 2023. – Pp. 171-174. – EDN XVVTWM.
- [11] Ivanchenko Olga Borisovna, Danina Marina Maksimovna Application of Rosehip Fruits in the Technology of Beer Beverages // Beer and Beverages. 2015. No. 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-plodov-shipovnika-v-tehnologii-pivnyh-napitkov> (accessed: 24.04.2026).

- [11] Иванченко Ольга Борисовна, Данина Марина Максимовна Применение плодов шиповника в технологии пивных напитков // Пиво и напитки. 2015. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-plodov-shipovnika-v-tehnologii-pivnyh-napitkov>.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

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

## Возможность применение растительного сырья в приготовлении рыбных полуфабрикатов функционального назначения

Фадин Е.А., Гарькина П.К.

**Аннотация.** В статье исследована целесообразность и эффективность использования растительного сырья в рецептурах рыбных полуфабрикатов функционального назначения. Рассмотрены современные тенденции развития функционального питания, обоснована необходимость обогащения рыбной продукции пищевыми волокнами, антиоксидантами и микронутриентами растительного происхождения.

**Ключевые слова:** рыбные полуфабрикаты, функциональное питание, растительное сырье, пищевые волокна, антиоксидантная активность, структурно-механические свойства, обогащение, качество продукции.

**Для цитирования:** Фадин Е.А., Гарькина П.К. Возможность применение растительного сырья в приготовлении рыбных полуфабрикатов функционального назначения // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 57–60.

## The possibility of using plant raw materials in the preparation of functional fish semi-finished products

Fadin E.A., Garkina P.K.

**Abstract.** The article explores the feasibility and effectiveness of using plant-based raw materials in the formulations of functional fish semi-finished products. It examines current trends in the development of functional nutrition and substantiates the need to enrich fish products with dietary fiber, antioxidants, and micronutrients of plant origin.

**Keywords:** fish semi-finished products, functional nutrition, plant raw materials, dietary fibers, antioxidant activity, structural and mechanical properties, enrichment, product quality.

**For citation:** Fadin E.A., Garkina P.K. The possibility of using plant raw materials in the preparation of functional fish semi-finished products. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 57–60. (In Russ.).

### Введение

Современные тенденции в области питания характеризуются ростом спроса на продукты функционального назначения, которые помимо базовой пищевой ценности оказывают регулирующее влияние на физиологические функции организма. Рыбная продукция традиционно ценится за высокое содержание полноценного белка, полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) семейства  $\omega$ -3, витаминов D и группы B, а также минеральных элементов. Однако в минимальной степени она содержит пищевые волокна, фитонутриенты, что ограничивает её классификацию как функционального продукта в полном объёме.

Внедрение растительного сырья в рецептуры рыбных полуфабрикатов позволяет компенсировать данный дефицит, повысить пищевую ценность, стабилизировать липидную фазу от окисления, улуч-

шить структурно-механические характеристики и расширить ассортимент продукции. Актуальность исследования обусловлена необходимостью научно обоснованного подхода к выбору растительных ингредиентов, оптимизации их дозировок и комплексной оценке влияния на качество готовых полуфабрикатов.

Цель исследований – научное обоснование применения растительного сырья при производстве рыбных полуфабрикатов функционального назначения.

### Объекты и методы исследования

В исследовании проанализированы статьи из научных журналов, в которых оценивалось применение растительного сырья в приготовлении рыбных полуфабрикатов.

## Результаты и их обсуждение

Согласно ГОСТ Р 52349-2005, функциональные пищевые продукты должны содержать биологически активные компоненты в количествах, обеспечивающих научно доказанное положительное воздействие на организм. Растительное сырье (морские водоросли, овощные порошки, семена, отруби, пряно-ароматические травы) выступает многофункциональным ингредиентом: источником растворимых и нерастворимых пищевых волокон, полифенолов, каротиноидов, витаминов, минералов и природных антиоксидантов.

Зарубежные и отечественные исследования демонстрируют, что внесение 2–8 % растительных добавок в рыбный фарш способствует:

- повышению влагоудерживающей способности и снижению потерь массы при тепловой обработке;
- снижению скорости окисления липидов за счёт фенольных соединений;

- улучшению аминокислотного и минерального профиля продукции;

- формированию пребиотического эффекта при использовании инулинсодержащего сырья (цикорий, топинамбур) или  $\beta$ -глюканов (овес, ячмень).

Однако превышение оптимальных дозировок приводит к изменению цвета, появлению посторонних привкусов, снижению эластичности геля и ухудшению органолептической приемлемости. В связи с этим требуется дифференцированный подход к выбору сырья с учётом его технологической совместимости, микробиологической стабильности и соответствия санитарно-гигиеническим нормам.

Авторами разработаны рецептуры рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий, в которых присутствуют дополнительные функциональные компоненты такие, как комплексные специи: базилик-томат-паприка, томат-паприка-укроп, томат-паприка, а также мука из топинамбура, обладающих широким спектром доказанных биокорректирующих свойств, использованы специи. Определены технологические режимы производства рыбного кулинарного изделия: приготовление с подачей 30% пара в течение 8 минут при температуре 170 °С. Изделия получаются сочные и внутри температура будет 80 °С, а затем приготовление на режиме «жар» в течение 4 минут при температуре 190 °С при температуре внутри 80 °С [1].

Учеными Калининградского государственного технического университета разработаны рецептуры и технологии продукции сложного сырьевого состава на основе рыбного фарша с несколькими компонентами натурального происхождения. С целью расширения ассортимента данного вида продукции и улучшения органолептических характеристик при создании многокомпонентных систем с использованием рыбного фарша был выбран творог [2].

Авторами статьи изучена возможность расширения ассортимента рыбной продукции за счет использования сырья из прудовых видов рыб (кар-

па), обогащённого растительными добавками на основе дикорастущего сырья Московской области в качестве структурорегулирующего и функционального компонента. По результатам потребительской сенсорной оценки отмечается перспективность использования крапивы двудомной и сныти обыкновенной в технологии рыбных полуфабрикатов [3].

Коллективом ученых Мичуринского государственного аграрного университета обосновано применение местного растительного сырья в технологии производства рыбных изделий с целью расширения ассортимента конкурентоспособных и безопасных продуктов для здорового питания. В результате исследований установлено, что при внесении в рецептуру овощного порошка, происходит незначительное увеличение энергетической ценности готового изделия на 0,1%-0,2% по сравнению с контрольным образцом, это объясняется меньшим содержанием жира и большим содержанием углеводов в комбинированном порошке свеклы и пастернака [4].

Авторами разработаны рецептуры и обоснованы технологии рыбных котлет «Морские». Полученные экспериментальные данные свидетельствуют об обогащении разработанной продукции макро- и микроэлементами. Выявлено, что концентрация Fe в котлетах «Морские» - 3,19 мг, позволяющая удовлетворить 17,72% от физиологической нормы взрослого человека; концентрация I2 в рыбной котлете - 91,82 мкг, что составляет 61,21% от физиологической нормы, концентрация Са - 128,49 мг, что соответствует 12,85% от нормы [5].

Учеными разработана рецептура рыбных котлет с применением амарантовых отрубей. По данным исследований замена 75% пшеничного хлеба в составе рыбных котлет на амарантовые отруби способствует сохранению сочной консистенции изделия, придавая легкий приятный привкус и запах [6].

Использование растительного сырья снижает себестоимость продукции на 4–7 % за счёт частичного замещения дорогостоящего рыбного компонента. Технологический процесс не требует модификации оборудования, а внесение сухих или увлажнённых растительных фракций легко интегрируется в стандартные линии производства котлет, биточков и фрикаделек.

## Выводы

Применение растительного сырья в рецептурах рыбных полуфабрикатов является научно-обоснованным направлением. Растительные добавки стимулируют липидную фазу от окисления, улучшают влагоудерживающую способность и формируют благоприятную структурно-механическую матрицу продукта. Полученные данные позволяют рекомендовать разработанные рецептуры к внедрению на предприятиях рыбоперерабатывающей отрасли.

## Литература

- [1] Васюкова А.Т. Разработка функциональных продуктов питания из рыбного сырья с растительными добавками / А. Т. Васюкова, А. С. Москаленко, О. А. Суворов, Т. Ю. Токарева // Цифровое общество: образование, наука, карьера : Сборник научных трудов. – Москва : федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет пищевых производств», 2022. – С. 1657-1667. – EDN FJYMPC.
- [2] Сыч, А. Г. Поликомпонентные рыбные полуфабрикаты, обогащенные растительными пребиотиками / А. Г. Сыч, О. Н. Анохина // Инновации в науке, образовании и бизнесе - 2012 : Труды X Международной научной конференции. В 2-х частях, Калининград, 17–19 октября 2012 года. Том Часть 1. – Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2012. – С. 366-368. – EDN ZFZPDB.
- [3] Мамонтова, С. Н. Расширение ассортимента рыбных полуфабрикатов при использовании региональной сырьевой базы / С. Н. Мамонтова, И. Е. Ибрагимова // Технология и продукты здорового питания : материалы IX международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию специальности, Саратов, 01–12 декабря 2015 года. – Саратов: ООО «Центр социальных агроинноваций СГАУ», 2015. – С. 240-247. – EDN XGQNRJ.
- [4] Третьякова Е.Н. Использование растительного сырья в технологии производства рыбных полуфабрикатов / Е. Н. Третьякова, Н. А. Грачева, Е. М. Комарова, А. А. Щекочихина // Научное обеспечение безопасности и качества продукции животноводства : сборник статей по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курган, 23 мая 2019 года. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2019. – С. 303-306. – EDN MWJNUO.
- [5] Васюкова А. Т. и др. Макро- и микроэлементы в новых продуктах для населения экологических территорий группы риска. – 2022.
- [6] Питюрина И. С., Евсенина М. В., Лупова Е. И. Применение амарантовых отрубей в технологии производства рыбных котлет для придания функциональных свойств // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2024. – №. 3 (204). – С. 206-213.

## References

- [1] Vasyukova, A. T. Development of Functional Food Products from Fish Raw Materials with Vegetable Additives / A. T. Vasyukova, A. S. Moskalenko, O. A. Suvorov, and T. Yu. Tokareva // Digital Society: Education, Science, and Career : Collection of Scientific Papers. – Moscow : Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Moscow State University of Food Production», 2022. – Pp. 1657-1667. – EDN FJYMPC.
- [2] Sych, A. G. Polycomponent fish semi-finished products enriched with plant prebiotics / A. G. Sych, O. N. Anokhina // Innovations in Science, Education, and Business - 2012 : Proceedings of the 10th International Scientific Conference. In 2 parts, Kaliningrad, October 17-19, 2012. Volume Part 1. – Kaliningrad: Kaliningrad State Technical University, 2012. – Pp. 366-368. – EDN ZFZPDB.
- [3] Mamontova, S. N. Expanding the Range of Fish Semi-Finished Products Using the Regional Raw Material Base / S. N. Mamontova, I. E. Ibragimova // Technology and Healthy Food Products: Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference Dedicated to the 20th Anniversary of the Specialty, Saratov, December 1-12, 2015. – Saratov: Center for Social Agro-Innovations of Saratov State Agrarian University, LLC, 2015. – Pp. 240-247. – EDN XGQNRJ.
- [4] Tretyakova E.N. The use of vegetable raw materials in the production technology of fish semi-finished products / E. N. Tretyakova, N. A. Gracheva, E. M. Komarova, A. A. Shchekochikhina // Scientific assurance of safety and quality of livestock products : a collection of articles based on the materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference, Kurgan, May 23, 2019 of the year. – Kurgan: T.S. Maltsev Kurgan State Agricultural Academy, 2019. – Pp. 303-306. – EDN MWJNUO.
- [5] Vasyukova A. T. et al. Macro- and microelements in new products for the population of ecological territories at risk. – 2022.
- [6] Pityurina I. S., Evsenina M. V., Lupova E. I. Application of amaranth bran in the technology of fish cutlets production for functional properties // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. – 2024. – No. 3 (204). – Pp. 206-213.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

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

## Разработка и оценка пробиотических овсяных напитков на основе отечественного сырья

*Фролов Д.И., Майоров М.А.*

**Аннотация.** В последние годы в России растет интерес к функциональным продуктам питания, обогащенным пробиотиками. Овсяные напитки, благодаря своим полезным свойствам и возможности быть обогащенными пробиотическими культурами, представляют собой перспективное направление для разработки инновационных продуктов. Целью данного исследования является изучение возможности использования овсяной муки для создания пробиотического напитка на основе злаков. В ходе работы были исследованы различные типы овсяной муки, определено содержание  $\beta$ -глюкана и антиоксидантная активность. Для дальнейших экспериментов была выбрана цельнозерновая овсяная мука с высоким содержанием  $\beta$ -глюкана и антиоксидантов. Было изучено реологическое поведение овсяных суспензий различной концентрации при различных температурах. В качестве закваски для ферментации использовались пробиотические штаммы *Lactobacillus plantarum*, обладающие амилолитической активностью. Ферментация проводилась в контролируемых условиях, в течение 8 часов. В процессе ферментации отслеживались изменения pH, концентрация жизнеспособных молочнокислых бактерий, активность  $\alpha$ -амилазы и реологические характеристики напитка. Результаты показали, что цельнозерновая овсяная мука является подходящей средой для роста пробиотических молочнокислых бактерий при выбранных условиях ферментации, что позволяет создавать полезные и функциональные овсяные напитки.

**Ключевые слова:** овес, пробиотики, молочнокислые бактерии, функциональные напитки, реология.

**Для цитирования:** Фролов Д.И., Майоров М.А. Разработка и оценка пробиотических овсяных напитков на основе отечественного сырья // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 61–66.

## Development and evaluation of probiotic oat drinks based on domestic raw materials

*Frolov D.I., Mayorov M.A.*

**Abstract.** In recent years, interest in functional foods enriched with probiotics has grown in Russia. Oat drinks, due to their beneficial properties and the ability to be enriched with probiotic cultures, represent a promising avenue for innovative product development. The aim of this study was to explore the feasibility of using oat flour to create a cereal-based probiotic drink. Various types of oat flour were examined, their  $\beta$ -glucan content and antioxidant activity were determined. Whole grain oat flour, with its high  $\beta$ -glucan and antioxidant content, was selected for further experiments. The rheological behavior of oat suspensions of varying concentrations at various temperatures was studied. Probiotic strains of *Lactobacillus plantarum*, which exhibit amylolytic activity, were used as a starter culture for fermentation. Fermentation was carried out under controlled conditions for 8 hours. During the fermentation process, pH changes, viable lactic acid bacteria concentrations,  $\alpha$ -amylase activity, and beverage rheology were monitored. The results demonstrated that whole grain oat flour provides a suitable growth medium for probiotic lactic acid bacteria under the selected fermentation conditions, enabling the creation of healthy and functional oat beverages.

**Keywords:** oats, probiotics, lactic acid bacteria, functional beverages, rheology.

**For citation:** Frolov D.I., Mayorov M.A. Development and evaluation of probiotic oat drinks based on domestic raw materials. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 61–66. (In Russ.).

## Введение

Современная концепция здорового питания в Российской Федерации претерпевает значительную трансформацию, смещая фокус с простого удовлетворения энергетических потребностей на профилактику алиментарно-зависимых заболеваний [1]. В условиях текущей социально-экономической повестки и реализации программ импортозамещения, разработка инновационных функциональных продуктов на основе отечественного растительного сырья приобретает статус стратегической задачи для пищевой индустрии [2].

Особое место в этой категории занимают пробиотические напитки [3, 4]. Традиционно основным носителем полезной микрофлоры выступали молочные продукты, однако сегодня наблюдается устойчивый рост спроса на альтернативные решения. Это обусловлено не только расширением веганского сегмента рынка, но и медицинскими показаниями: по разным данным, до 15–20% населения России в той или иной степени сталкиваются с симптомами лактазной недостаточности или аллергией на белки коровьего молока [5, 6].

Овсяное сырье (*Avena sativa* L.) представляет собой уникальную биологическую матрицу для создания таких продуктов [7]. В отличие от других злаковых культур, овес обладает наиболее сбалансированным аминокислотным составом и высоким содержанием специфических нутриентов: бета-глюканы представляют собой растворимые пищевые волокна, которые при растворении образуют вязкие растворы, способные эффективно связывать холестерин и замедлять абсорбцию глюкозы, что критически важно для профилактики сахарного диабета 2-го типа и сердечно-сосудистых патологий. Авенантрамиды - группа уникальных полифенольных соединений, характерных исключительно для овса, которые проявляют мощные антиоксидантные, противовоспалительные и антиатерогенные свойства [8]. Клетчатка овса служит естественной питательной средой для роста и колонизации пробиотических микроорганизмов в кишечнике человека.

Несмотря на очевидные преимущества, производство растительных пробиотических напитков сталкивается с рядом технологических вызовов. К ним относятся необходимость стабилизации вязкости продукта, обеспечение высокой титруемой кислотности и сохранение жизнеспособности микроорганизмов в течение всего срока годности. Использование молочнокислых бактерий, в частности штаммов *Lactobacillus plantarum*, открывает широкие возможности благодаря их высокой ферментативной активности и способности эффективно расщеплять крахмал растительного субстрата.

Целью данного исследования является разработка и комплексная оценка параметров производства функционального овсяного напитка с использованием отечественного цельнозернового сырья.

Работа направлена на установление взаимосвязи между типом муки, режимами термической обработки и динамикой накопления биомассы пробиотиков в процессе ферментации для получения продукта с заданными физико-химическими и биологическими свойствами.

## Объекты и методы исследования

Основным сырьем для разработки функциональных напитков послужила овсяная мука различных типов, доступная на отечественном рынке. С целью установления наиболее подходящего нутриентного профиля и технологических характеристик был проведен скрининг нескольких образцов.

В качестве биологических агентов ферментации применялись специфические штаммы *Lactobacillus plantarum*, обладающие доказанным пробиотическим потенциалом и высокой адаптивностью к углеводным субстратам зернового происхождения. Рабочие штаммы поддерживались в лиофилизированном состоянии, перед использованием проводилась их активация при температуре 37 °C в течение 24 часов.

Оценка качественных показателей сырья включала определение концентрации  $\beta$ -глюкана ферментативным методом. Процедура основывалась на ступенчатом гидролизе полисахарида специфическими ферментами до свободных глюкозных остатков, концентрация которых впоследствии измерялась спектрофотометрически.

Комплексное изучение антиоксидантного потенциала овсяной муки реализовывалось через серию тестов: FRAP и анализ железосвязывающей способности. Подготовка проб включала экстракцию навесок муки подкисленным метанолом при температуре 4–6 °C в течение 12 часов с последующей фильтрацией. Антиоксидантная емкость выражалась в микромолях эквивалента тролокса (мкмоль ТЭГ/г сухого вещества).

Безопасность сырья контролировали определением массовой доли глютена иммуноферментным методом (ИФА) в соответствии с ГОСТ 33838-2016.

Реологическое поведение овсяных систем изучалось на ротационном вискозиметре. Эксперименты проводились с суспензиями концентрацией 4 %, 5 % и 6 % (масс. /об.) при температурных режимах 70 °C, 75 °C и 80 °C.

Процесс получения напитка включал стадию приготовления 6 %-ной водной суспензии овсяной муки с последующей пастеризацией в водяной бане при 75 °C в течение 8 минут при постоянном механическом перемешивании. После принудительного охлаждения до температуры 40 °C в основу вносились заквасочная культура *L. plantarum* в количестве 0,6 % от объема смеси. Ферментационный этап осуществлялся в статических условиях при 37 °C в течение 8 часов.

Контроль процесса ферментации проводился каждые два часа по ключевым показателям: уров-

Таблица 1 - Биохимические показатели и показатели безопасности исследуемых образцов овсяной муки

№ образца	Тип сырья	Содержание $\beta$ -глюкана, %	Антиоксидантная активность, мг ТЕ/100г	Общее содержание полифенолов, мг экв. галловой кислоты / 100 г	Содержание глютена, мг/кг
1	Цельнозерновая мука (импорт)	6,28 $\pm$ 0,11	420 $\pm$ 11	17,5 $\pm$ 1,1	45,06 $\pm$ 0,60
2	Овсяные отруби (высоковолокнистые)	8,05 $\pm$ 0,95	440 $\pm$ 15	23,0 $\pm$ 0,8	53,25 $\pm$ 1,08
3	Овсяная мука высшего сорта (белая)	2,32 $\pm$ 0,44	240 $\pm$ 10	19,4 $\pm$ 2,3	49,17 $\pm$ 0,28
6	Цельнозерновая мука «С.Пудовъ» (РФ)*	4,63 $\pm$ 0,39	440 $\pm$ 17	29,2 $\pm$ 2,3	26,03 $\pm$ 0,78

\* Образец, выбранный для дальнейшей разработки напитка

ню рН, титру жизнеспособных микроорганизмов и активности  $\alpha$ -амилазы. Активность водородных ионов измерялась потенциометрически с помощью калиброванного рН-метра. Количественный учет пробиотической микрофлоры осуществлялся путем высева серийных разведений на агаризованную среду с последующим инкубированием в течение 48 часов.

Математическая обработка данных выполнялась на основе результатов трехкратных повторностей каждого эксперимента. Статистическая достоверность оценивалась путем расчета среднего арифметического и стандартного отклонения средствами программного обеспечения Microsoft Excel 2019.

### Результаты и их обсуждение

Первоначальный этап исследований был посвящен анализу физико-химических и биохимических показателей различных образцов овсяной муки (Таблица 1). Установлено, что концентрация  $\beta$ -глюкана в исследуемом сырье варьируется в широком диапазоне – от 2,32 % до 8,05 %. Наиболее низкие значения зафиксированы в образцах очищенной муки, в то время как цельнозерновые варианты отечественного производства продемонстрировали стабильно высокие показатели (в среднем 4,63 % для термически обработанной муки). Учитывая, что для достижения терапевтического эффекта в функциональном напитке необходимо определенное количество растворимых волокон, образец с содержанием  $\beta$ -глюкана 4,63 % был признан оптимальным. Более высокие концентрации (свыше 8 %) приводили к чрезмерному загущению системы, что негативно сказывалось на технологических параметрах и органолептическом восприятии продукта.

Анализ антиоксидантного потенциала показал преимущество цельнозернового сырья, прошедшего предварительную гидротермическую обработку. Общее содержание полифенолов в выбранном образце составило 29,2 мг GAE/100 г, что коррелирует с высокими результатами тестов DPPH и FRAP. Важным аспектом безопасности стало исследова-

ние содержания глютена: во всех протестированных образцах его уровень находился в пределах от 26,03 до 53,25 мг/кг. Согласно международным стандартам Codex Alimentarius, выбранная нами овсяная база относится к категории продуктов с «очень низким содержанием глютена». При дальнейшем разбавлении в процессе приготовления напитка конечный продукт может быть классифицирован как безглютеновый (менее 20 мг/кг), что расширяет возможности его использования в диетотерапии целиакии.

Изучение реологических характеристик позволило обосновать параметры температурной обработки. Анализ динамической вязкости 4 %, 5 % и 6 % суспензий при температурах 70 °С, 75 °С и 80 °С выявил прямую зависимость консистенции от концентрации и теплового воздействия (рис.1). При 70 °С вязкость изменялась незначительно, однако при достижении 75 °С наблюдалась активная клейстеризация крахмала. Для получения напитка с вязкостью в диапазоне 40 мПа·с, обеспечивающей приятную текстуру, был выбран режим: 6 %-ная концентрация муки при нагреве до 75 °С в течение 8 минут. Дальнейшее повышение температуры до 80 °С приводило к резкому скачку вязкости, что могло затруднить последующий процесс ферментации и снизить растворимость белков.

Процесс контролируемой ферментации овсяной основы продемонстрировал высокую биосовместимость среды и выбранных пробиотических культур. Штамм *Lactobacillus plantarum* Pro показал наиболее интенсивную динамику роста, увеличив титр жизнеспособных клеток до  $1,3 \cdot 10^8$  КОЕ/мл к восьмому часу эксперимента. Снижение уровня рН с исходных 5,85 до 4,23 свидетельствует об активном накоплении органических кислот, что способствует формированию характерного кисломолочного вкуса и подавлению патогенной микрофлоры. При использовании штамма *L. plantarum* BB2 также была достигнута требуемая концентрация пробиотиков ( $>10^6$  КОЕ/мл), достаточная для реализации лечебно-профилактического эффекта.

Особый интерес представляет динамика активности  $\alpha$ -амилазы в процессе ферментации. Было отмечено, что в вариантах напитка без добавления

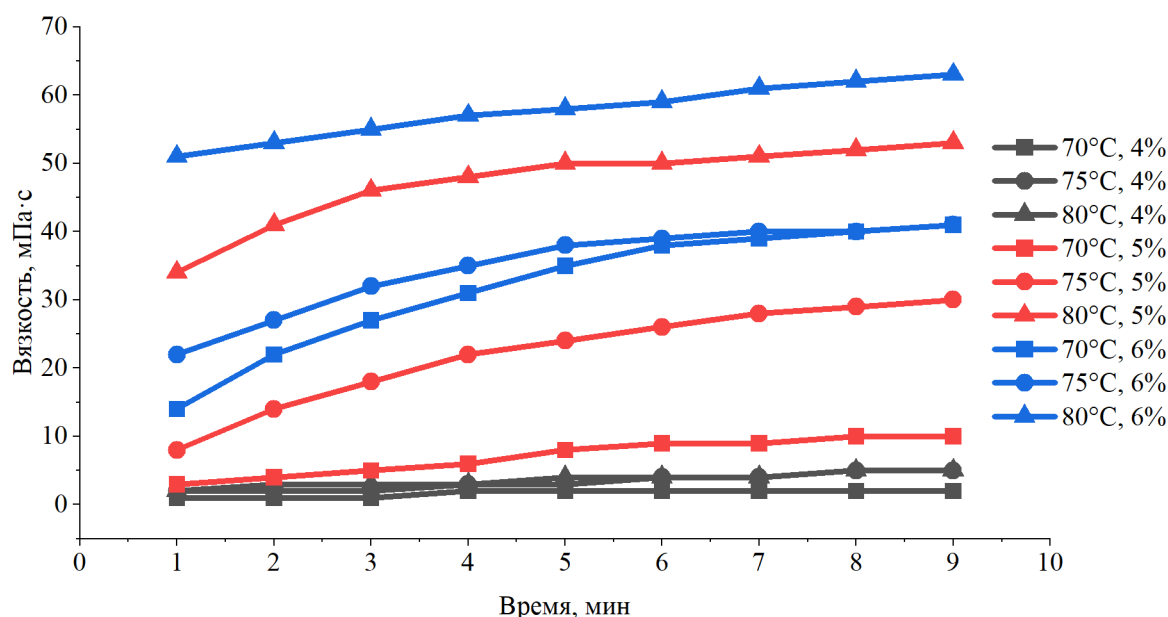


Рис. 1. Зависимость динамической вязкости овсяных суспензий от температуры и времени нагрева

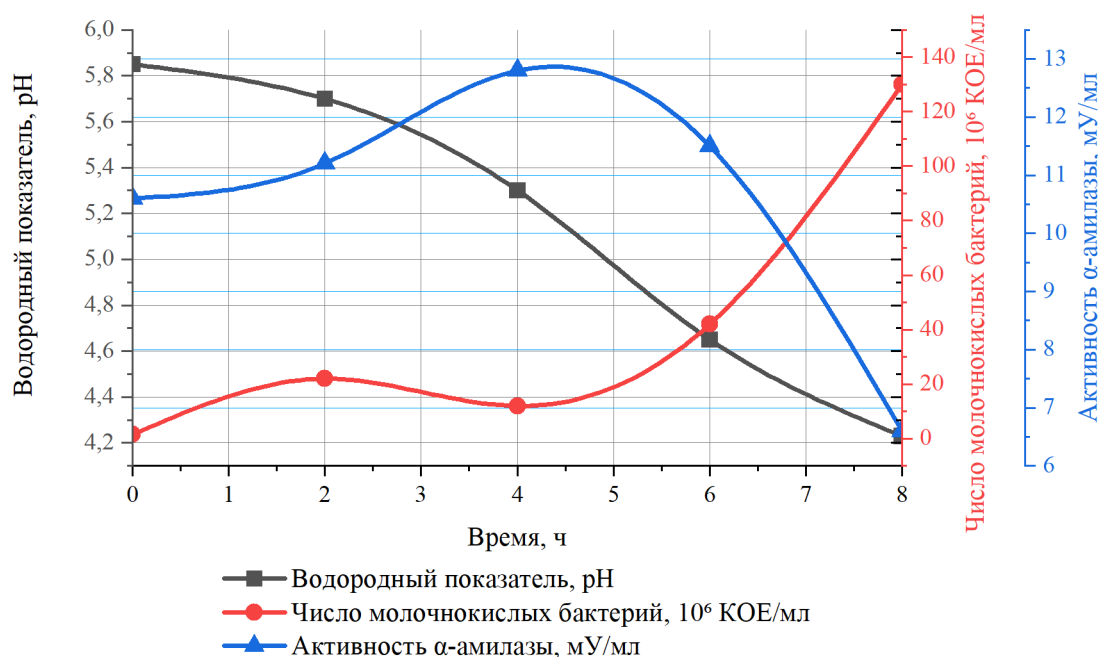


Рис. 2. Кинетика изменения pH и концентрации пробиотических микроорганизмов в процессе ферментации

сахара бактерии демонстрируют более высокую активность фермента (38–46 МУ/мл), что объясняется адаптацией метаболизма микроорганизмов к расщеплению сложных полисахаридов овса для получения доступных источников углерода (рис.2). Наличие сахара в среде несколько замедляло синтез собственной амилазы лактобактериями, но ускорило общее снижение pH. Таким образом, отечественная цельнозерновая овсяная мука обеспечивает полноценную нутриентную поддержку пробиотиков, позволяя получать функциональный продукт с заданными характеристиками без избыточного внесения вспомогательных компонентов.

## Выводы

Проведенное исследование подтвердило высокую технологическую эффективность использования отечественной цельнозерновой овсяной муки в качестве основы для функциональных пробиотических напитков. По результатам скрининга сырья оптимальным признан образец российской муки с содержанием β-глюкана 4,63 %, сочетающий высокие антиоксидантные свойства с низким уровнем глютена (26,03 мг/кг), что позволяет позиционировать будущий продукт как подходящий для диетического питания.

Экспериментально обоснован режим термиче-

ской подготовки: пастеризация 6 %-ной суспензии при 75 °С в течение 8 минут обеспечивает целевую вязкость напитка на уровне 40 мПа·с, формируя стабильную консистенцию при сохранении нативных нутриентов овса. Установлено, что выбранные штаммы *Lactobacillus plantarum* демонстрируют высокую адаптивность к злаковой матрице, достигая терапевтически значимой концентрации (1,3·10<sup>8</sup> КОЕ/мл) всего за 8 часов ферментации.

Выявленная способность бактерий к самостоятельному синтезу  $\alpha$ -амилазы в овсяной среде подтверждает возможность производства напитка без внесения дополнительных углеводов или ферментных препаратов. Внедрение данной технологии на предприятиях РФ позволит расширить ассортимент безлактозных функциональных продуктов и эффективно реализовать стратегию импортозамещения в пищевом секторе.

## Литература

- [1] Попова Е. В., Храмова Е. Б. Профилактика и коррекция алиментарно-зависимых заболеваний у младенцев: возможность и реальность // Университетская медицина Урала. – 2017. – Т. 3. – №. 3. – С. 27-29.
- [2] Голова И. М., Суховой А. Ф. Сущность и возможности реализации инновационного импортозамещения в российских регионах // Экономический анализ: теория и практика. – 2020. – Т. 19. – №. 8. – С. 1388-1408.
- [3] Полянская И. С., Абабкова А. А. Пробиотические кисломолочные напитки, обогащенные гидролизатом сывороточных белков // Вопросы питания. – 2015. – Т. 84. – №. S3. – С. 57-57.
- [4] Токаев Э. С., Баженова Е. Н. Обзор современного рынка функциональных напитков // Пиво и напитки. – 2007. – №. 4. – С. 4-8.
- [5] Киосов А. Ф. Аллергия к белкам коровьего молока и лактазная недостаточность: клиническая дилемма у детей грудного возраста // Лечащий Врач. – 2025. – №. 6. – С. 10-15.
- [6] Шуматова Т. А. и др. Совершенствование диагностики аллергии к белкам коровьего молока у детей грудного возраста // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2016. – №. 4 (66). – С. 19-21.
- [7] Алексаночкин, Д. И. Напитки на растительной основе: обзор сырьевых компонентов и технологий получения / Д. И. Алексаночкин, И. Д. Семенов, И. А. Фоменко // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. – 2025. – Т. 28, № 3. – С. 371-384. – DOI 10.21443/1560-9278-2025-28-3-371-384. – EDN CIANAP.
- [8] Попова Н. В. и др. Возможность использования ультразвукового воздействия для регулирования функциональных свойств пророщенного зерна *Avena sativa* L // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – Т. 82. – №. 4 (86). – С. 196-201.

## References

- [1] Popova E. V., Khramova E. B. Prevention and Correction of Alimentary-Dependent Diseases in Infants: Possibility and Reality // University Medicine of the Urals. - 2017. - Vol. 3. - No. 3. - Pp. 27-29.
- [2] Golova I. M., Sukhovey A. F. The Nature and Possibilities of Implementing Innovative Import Substitution in Russian Regions // Economic Analysis: Theory and Practice. - 2020. - Vol. 19. - No. 8. - Pp. 1388-1408.
- [3] Polyanskaya I. S., Ababkova A. A. Probiotic Fermented Milk Drinks Enriched with Whey Protein Hydrolysate // Nutrition Issues. - 2015. - Vol. 84. - No. S3. - Pp. 57-57.
- [4] Tokayev E. S., Bazhenova E. N. Review of the modern functional beverages market // Beer and beverages. - 2007. - No. 4. - P. 4-8.
- [5] Kiosov A. F. Allergy to cow's milk proteins and lactase deficiency: a clinical dilemma in infants // Attending Physician. - 2025. - No. 6. - P. 10-15.
- [6] Shumatova T. A. et al. Improving the diagnostics of cow's milk protein allergy in infants // Pacific Medical Journal. - 2016. - No. 4 (66). - P. 19-21.
- [7] Aleksanochkin, D. I. Plant-based drinks: a review of raw materials and production technologies / D. I. Aleksanochkin, I. D. Semenov, I. A. Fomenko // Bulletin of Moscow State Technical University. Transactions of Murmansk State Technical University. – 2025. – Vol. 28, No. 3. – Pp. 371-384. – DOI 10.21443/1560-9278-2025-28-3-371-384. – EDN CIANAP.
- [8] Popova N. V. et al. The Possibility of Using Ultrasound to Regulate the Functional Properties of Sprouted *Avena sativa* L Grain // Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2020. – Vol. 82. – No. 4 (86). – Pp. 196-201.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

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

## Возможности применения каштановой муки в кондитерских изделиях

*Юрна Д.А., Бычкова Е.В., Гарькина П.К.*

**Аннотация.** Каштановая мука, получаемая из сушёных плодов деревьев рода *Castanea*, традиционно используется в средиземноморской кухне, однако в последние десятилетия привлекает возрастающий интерес пищевой промышленности как альтернативное сырьё для создания продуктов с улучшенными нутрицевтическими и технологическими характеристиками. В данном обзоре систематизированы данные о химическом составе, функционально-технологических свойствах каштановой муки. Проанализированы особенности её влияния на реологию тестовых систем, качество хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий, а также перспективы применения в безглютеновом и функциональном питании. Рассмотрены основные технологические ограничения (отсутствие клейковины, высокая гигроскопичность, окислительная нестабильность полифенолов) и стратегии их преодоления.

**Ключевые слова:** каштановая мука, безглютеновые продукты, функциональное питание, реология теста, пищевые волокна, полифенолы, кондитерские изделия, пищевая технология.

**Для цитирования:** Юрна Д.А., Бычкова Е.В., Гарькина П.К. Возможности применения каштановой муки в кондитерских изделиях // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 67–70.

## Applications of chestnut flour in culinary products

*Yurna D.A., Bychkova E.V., Garkina P.K.*

**Abstract.** Chestnut flour, obtained from dried fruits of trees of the *Castanea* genus, is traditionally used in Mediterranean cuisine, but in recent decades it has attracted increasing interest of the food industry as an alternative raw material for creating products with improved nutraceutical and technological characteristics. This review systematizes data on the chemical composition, functional and technological properties, and culinary potential of chestnut flour. The features of its influence on the rheology of test systems, the quality of bakery, pasta, and confectionery products, as well as the prospects for its use in gluten-free and functional nutrition, are analyzed. The main technological limitations (lack of gluten, high hygroscopicity, and oxidative instability of polyphenols) and strategies for overcoming them are considered.

**Keywords:** chestnut flour, gluten-free products, functional nutrition, dough rheology, dietary fiber, polyphenols, culinary products, food technology.

**For citation:** Yurna D.A., Bychkova E.V., Garkina P.K. Applications of chestnut flour in culinary products. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 67–70. (In Russ.).

### Введение

В условиях глобального роста потребления специализированных пищевых продуктов (безглютеновых, с пониженным гликемическим индексом, обогащённых биологически активными веществами) расширяется поиск альтернативных видов муки, способных дополнить или частично заменить традиционное пшеничное сырьё. Каштановая мука исторически используется в регионах Южной Европы (Италия, Франция, Португалия, Испания)

для приготовления хлеба, поленты, пирожных и напитков. Однако лишь в последнее десятилетие она стала объектом системных исследований в области пищевой науки и технологии [1].

Цель исследований: проанализировать современные данные о возможностях применения каштановой муки в кондитерских изделиях, оценить её пищевую ценность, технологические особенности, влияние на качество готовой продукции и перспективы интеграции в промышленные рецептуры.

## Объекты и методы исследования

В качестве методов исследования использовали методы анализа, синтеза, систематизации и обобщения.

## Результаты и их обсуждение

Каштановая мука соответствует критериям функциональных пищевых ингредиентов благодаря сочетанию нескольких свойств:

- Антиоксидантная активность замедляет окисление жиров;
- Пребиотический эффект растворимых фракций клетчатки;
- Кардиопротекторный профиль обусловлен высоким содержанием калия, магния и полифенолов, способствующих модуляции артериального давления;
- Безглютеновый статус позволяет сертифицировать продукцию в соответствии с международными стандартами.

Важно отметить, что клинические данные о долгосрочном потреблении каштановой муки остаются ограниченными.

Несмотря на выраженный потенциал, внедрение каштановой муки в массовое производство сталкивается с рядом барьеров:

- Сырьевая нестабильность. Урожайность каштана сильно варьирует в зависимости от климатических условий, подверженности заболеваниям (чернильница, фитофтороз) и сроков сбора. Это влияет на стоимость и однородность муки.
- Окислительная деградация. Полифенолы и ненасыщенные липиды склонны к окислению при хранении, что требует применения вакуумной упаковки, инертных газов или микрокапсулирования антиоксидантов.
- Технологическая адаптация. Отсутствие единых стандартов на степень помола, влажность и активность амилаз затрудняет масштабирование рецептур.

- Сенсорное восприятие. Интенсивный цвет и специфический аромат ограничивают применение в продуктах, ориентированных на консервативные потребительские предпочтения.

Перспективные направления исследований до 2030 г. включают: разработку гибридных мучных систем с ферментативной модификацией крахмала и белков; применение ультразвуковой и импульсной электрической обработки для повышения функциональности без термодеградаций; создание стандартизированных линеек каштановой муки с заданным содержанием танинов и клетчатки; интеграцию в системы персонализированного питания и nutrigenomic-ориентированные продукты; использование побочных продуктов переработки каштана (шелуха, околоплодник) в качестве источников пищевых волокон и натуральных красителей [2, 3].

Учеными Кубанского государственного технологического университета разработана рецептура сухой композитной смеси для производства кексов. Предложена сухая композитная смесь для производства кексов, включающая муку пшеничную, вкусовый компонент, меланж, аммоний углекислый, соль поваренную пищевую и функциональную добавку, при этом она дополнительно содержит каштановую муку, взятую в соотношении с мукой пшеничной как 2:1 [4].

Разработан способ производства безглютенового мучного кондитерского изделия. Изобретение относится к пищевой промышленности, а именно к производству безглютеновых мучных кондитерских изделий. Способ производства мучного кондитерского изделия безглютенового типа в виде коржиков включает сбивание размягченного маргарина, внесение сладкого компонента, структурообразователя, крахмальной патоки, растворенного в воде химического разрыхлителя, перемешивание, внесение муки, замешивание теста, раскатку в виде пласта, формовку тестовых заготовок круглой формы с рифлеными краями и выпечку. В качестве муки вносят смесь муки из шрота семян амаранта и каштановой муки, взятых в соотношении 1:8 [5].

Предложена рецептура сдобного печенья функционального назначения из смеси муки пшеничной и каштановой. Изобретение позволяет получить новый продукт с повышенной пищевой ценностью и улучшенными органолептическими показателями [6].

С целью повышения биологической ценности учеными уральского государственного экономического университета предложена рецептуры блинов с применением смесей нетрадиционных видов муки. Авторы приводят результаты исследований полной замены муки пшеничной высшего сорта на смеси рисовой и кукурузной, рисовой и амарантовой, рисовой и соевой при производстве мучных кулинарных изделий (блинов) [7].

## Выводы

Каштановая мука представляет собой многофункциональное пищевое сырьё с выраженными нутрицевтическими, технологическими и сенсорными характеристиками. Её применение в кондитерских изделиях позволяет создавать продукты с улучшенным профилем пищевых волокон, антиоксидантной активностью и умеренным гликемическим ответом, что соответствует современным тенденциям развития функционального и диетического питания. Технологические ограничения, связанные с отсутствием клейковины и высокой гигроскопичностью, успешно компенсируются использованием гидроколлоидов, ферментных препаратов и оптимизированных мучных смесей.

Для масштабирования промышленного применения необходимы: стандартизация сырья, разработка отраслевых нормативов, проведение дол-

госрочных клинических исследований и внедрение ресурсосберегающих технологий переработки. При соблюдении этих условий каштановая мука может занять устойчивую нишу в сегменте премиальных,

безглютеновых и функциональных кондитерских изделий, способствуя диверсификации сырьевой базы пищевой промышленности и укреплению продовольственной безопасности.

## Литература

- [1] Фролов, Д. И. Использование каштановой муки в технологии производства «гусариков» / Д. И. Фролов, О. Н. Пчелинцева, Д. А. Юрна // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2025. – № 3(37). – С. 59-66. – DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-59-66. – EDN QVJGJP.
- [2] Шматкова, Н. Н. Перспективы применения композитной смеси в технологии хлебобулочных изделий функционального назначения / Н. Н. Шматкова, П. К. Воронина // Инновационная техника и технология. – 2015. – № 3(4). – С. 33-39. – EDN UXSGPR.
- [3] Шабурова, Г. В. Экструдированный овес как сырье для обогащения хлеба / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, Н. Н. Шматкова // Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения, проблемы, перспективы : сборник статей 8 Международной научно-практической конференции, Пенза, 30–31 мая 2014 года / Под редакцией В.А. Авророва. – Пенза: Автономная некоммерческая научно-образовательная организация «Приволжский Дом знаний», 2014. – С. 97-101. – EDN TDBMMH.
- [4] Патент № 2624205 С Российская Федерация, МПК A21D 13/80, A21D 2/36. Сухая композитная смесь для производства кексов : № 2015155218 : заявл. 22.12.2015 : опубл. 03.07.2017 / Н. А. Тарасенко, В. Ю. Архипов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет» (ФГБОУ ВО «КубГТУ»). – EDN GIJLRA.
- [5] Алексеенко Е. В. и др. Сдобное печенье повышенной пищевой ценности //Хранение и переработка сельхозсырья. – 2021. – №. 2. – С. 121-138.
- [6] Патент № 2616788 С Российская Федерация, МПК A21D 13/80, A21D 2/36. Сдобное печенье функционального назначения : № 2016100915 : заявл. 12.01.2016 : опубл. 18.04.2017 / Д. Ю. Болгова, Н. А. Тарасенко ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет» (ФГБОУ ВО «КубГТУ»). – EDN PWHTOM.
- [7] Тиунов В. М., Чугунова О. В., Арисов А. В. Использование нетрадиционных видов муки в производстве мучных кулинарных изделий (блинов) //Индустрия питания/Food Industry. – 2020. – Т. 5. – №. 4. – С. 33-37.

## References

- [1] Frolov, D. I. Use of chestnut flour in the production technology of «gusariks» / D. I. Frolov, O. N. Pchelintseva, D. A. Yurna // Agro-industrial technologies of Central Russia. - 2025. - No. 3 (37). - Pp. 59-66. - DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-59-66. - EDN QVJGJP.
- [2] Shmatkova, N. N. Prospects for the use of a composite mixture in the technology of functional bakery products / N. N. Shmatkova, P. K. Voronina // Innovative equipment and technology. - 2015. - No. 3 (4). - Pp. 33-39. - EDN UXSGPR.
- [3] Shaburova, G. V. Extruded oats as a raw material for bread enrichment / G. V. Shaburova, P. K. Voronina, N. N. Shmatkova // Food industry and agro-industrial complex: achievements, problems, prospects: collection of articles from the 8th International scientific and practical conference, Penza, May 30–31, 2014 / Edited by V. A. Avrorov. - Penza: Autonomous non-profit scientific and educational organization «Privolzhsky House of Knowledge», 2014. - Pp. 97-101. - EDN TDBMMH.
- [4] Patent No. 2624205 C Russian Federation, IPC A21D 13/80, A21D 2/36. Dry composite mix for the production of muffins: No. 2015155218: appl. 22.12.2015 : published 03.07.2017 / N. A. Tarasenko, V. Yu. Arkhipov ; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Technological University» (FGBOU VO «KubSTU»). – EDN GIJLRA.
- [5] Alekseenko E. V. et al. Butter cookies with increased nutritional value // Storage and processing of agricultural raw materials. – 2021. – No. 2. – P. 121-138.
- [6] Patent No. 2616788 C Russian Federation, IPC A21D 13/80, A21D 2/36. Functional-purpose butter cookies : No. 2016100915 : declared 12.01.2016 : published April 18, 2017 / D. Yu. Bolgova, N. A. Tarasenko; applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Technological University» (FGBOU VO «KubSTU»). – EDN PWHTOM.
- [7] Tiunov V. M., Chugunova O. V., Arisov A. V. Use of non-traditional types of flour in the production of flour culinary products (pancakes) // Food Industry. – 2020. – Vol. 5. – No. 4. – Pp. 33-37.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

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

# ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

## TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 664.696.1

### Параметры экструзии и производительность при обогащении рисовой муки морковью

*Бирюков Д.А., Фролов Д.И.*

**Аннотация.** В статье исследовано влияние концентрации морковной муки, влажности смеси и частоты вращения шнека на производительность экструзии при получении обогащенных рисовых продуктов. Работа выполнена на базе одношнекового экструдера ЭК-40 при варьировании влажности от 14% до 20% и добавлении до 20% морковной муки. Установлено, что содержание овощной добавки не оказывает существенного влияния на массовый расход, в то время как влажность и скорость шнека являются определяющими факторами. Значения производительности в ходе экспериментов составили от 3,96 до 6,12 кг/ч. Сопоставимое влияние ключевых факторов подтверждается анализом полученной регрессионной модели. Рост выхода продукции обусловлен снижением плотности материала и сокращением времени его обработки в канале экструдера. Результаты важны для точной настройки параметров производства композитных продуктов на основе риса и моркови.

**Ключевые слова:** экструзия, рисовая мука, морковная мука, производительность, ЭК-40, влажность, скорость шнека.

**Для цитирования:** Бирюков Д.А., Фролов Д.И. Параметры экструзии и производительность при обогащении рисовой муки морковью // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 71–76.

### Extrusion parameters and productivity in enriching rice flour with carrots

*Biryukov D.A., Frolov D.I.*

**Abstract.** This article examines the influence of carrot flour concentration, mixture moisture content, and screw speed on extrusion productivity in the production of fortified rice products. The study was conducted using an EK-40 single-screw extruder with moisture content varying from 14% to 20% and the addition of up to 20% carrot flour. It was found that the vegetable additive content does not significantly affect mass flow rate, while moisture content and screw speed are the determining factors. Productivity values during the experiments ranged from 3.96 to 6.12 kg/h. The comparable impact of key factors is confirmed by analysis of the resulting regression model. The increase in product yield is due to a decrease in material density and a reduction in its processing time in the extruder channel. The results are important for fine-tuning the production parameters of rice-carrot composite products.

**Keywords:** extrusion, rice flour, carrot flour, productivity, EK-40, moisture content, screw speed.

**For citation:** Biryukov D.A., Frolov D.I. Extrusion parameters and productivity in enriching rice flour with carrots. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 71–76. (In Russ.).

## Введение

В современной пищевой индустрии наблюдается устойчивая тенденция к переходу на технологии, обеспечивающие максимальную сохранность нативных свойств сырья при минимальной интенсивности механического и термического воздействия. Одним из наиболее эффективных и динамично развивающихся методов в этом направлении является экструзионная обработка [1]. Ключевое преимущество данной технологии заключается в кратковременности процесса, что позволяет минимизировать деструкцию термолабильных биологически активных соединений, таких как витамины и антиоксиданты, обеспечивая при этом микробиологическую чистоту и готовность продукта к употреблению [2]. Кроме того, глубокая модификация биополимеров в процессе экструзии способствует существенному повышению усвояемости нутриентов, что увеличивает общую пищевую ценность конечного продукта [3, 4, 5].

Рис традиционно занимает позицию одной из ведущих сельскохозяйственных культур в глобальном рационе питания [6]. С учетом мирового объема производства, превышающего 480 миллионов тонн в год, рис является стратегическим сырьем для пищевой промышленности. Особую актуальность рисовая мука приобретает в сегменте диетического питания, выступая базовым ингредиентом для производства широкого спектра безглютеновых хлебобулочных и кондитерских изделий [7, 8]. Для создания продуктов функциональной направленности перспективно обогащение зерновой основы овощными компонентами.

Морковь – один из наиболее востребованных корнеплодов семейства *Ariaceae*, обладающий высокой нутриентной и лечебно-профилактической ценностью. Она характеризуется высоким содержанием каротиноидов ( $\alpha$ -каротин,  $\beta$ -каротин, лютеин) и является основным источником провитамина А, Таблица 1 – Факторы и уровни варьирования

Фактор	Обозначение	Нижний уровень (-1)	Верхний уровень (+1)
Содержание морковной муки, %	X1	10	20
Влажность исходной смеси, %	X2	14	20
Частота вращения шнека, мин <sup>-1</sup>	X3	180	220

Таблица 2 – Матрица планирования и экспериментальные значения производительности

№ опыта	X1 (Морковь, %)	X2 (Влажность, %)	X3 (Скорость, об/мин)	Q (Производительность, кг/ч)
1	10	14	180	4,59
2	15	14	220	6,09
3	20	17	180	5,01
4	15	20	180	5,9
5	15	17	200	5,21
6	10	20	200	5,8
7	20	14	200	5,01
8	20	20	220	5,73
9	10	17	220	5,96

обеспечивая около 17% его общего потребления в рационе человека [9, 10]. Присутствие значительного количества природной клетчатки в моркови способствует нормализации перистальтики кишечника и эффективному выведению токсинов, что делает ее идеальным компонентом для создания обогащенных экструдатов [11].

Целью настоящей работы является комплексное исследование влияния ключевых параметров процесса – концентрации морковной муки, влажности исходной смеси и частоты вращения шнека – на производительность оборудования и качественные характеристики получаемого продукта.

## Объекты и методы исследования

Объектами исследования выступали композитные смеси на основе рисовой муки высшего сорта и измельченного порошка моркови. Подготовку овощного компонента осуществляли путем дегидратации свежей моркови в сушильном шкафу при температуре 50 °С в течение 24 часов до достижения остаточной влажности менее 10%. Полученный полуфабрикат измельчали на лабораторной мельнице до гранулометрического состава, сопоставимого с рисовой мукой, что обеспечивало высокую степень гомогенизации системы. Для доведения смесей до заданных технологических параметров использовали питьевую воду, соответствующую государственным гигиеническим нормативам.

Подготовка сырья включала создание двух базовых рецептур с соотношением рисовой и морковной муки 90:10 и 80:20 соответственно. Согласно плану эксперимента, образцы увлажняли до уровней 14% и 20% с последующим интенсивным перемешиванием в лабораторном смесителе в течение 15 минут. Для обеспечения равновесного распределения влаги и завершения процессов диффузии смеси выдерживали в герметичной таре при температуре 4 °С в течение суток, после чего подвергали

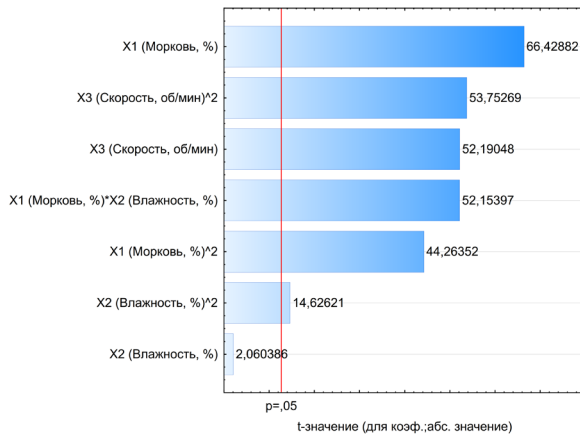


Рис. 1. Диаграмма Парето влияния исследуемых факторов на производительность

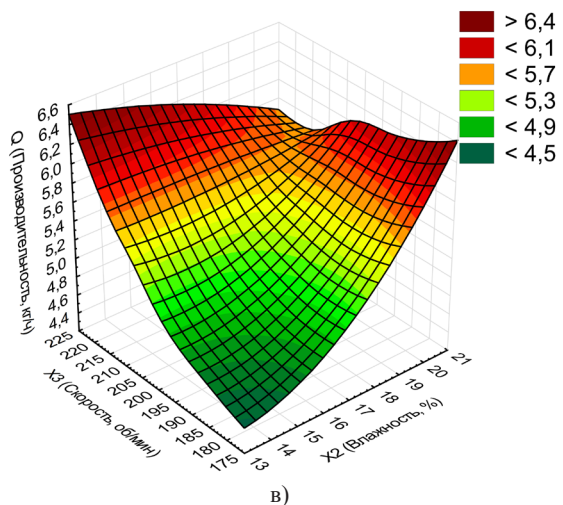
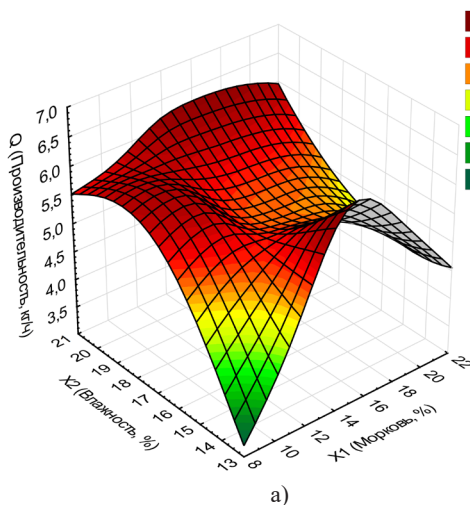
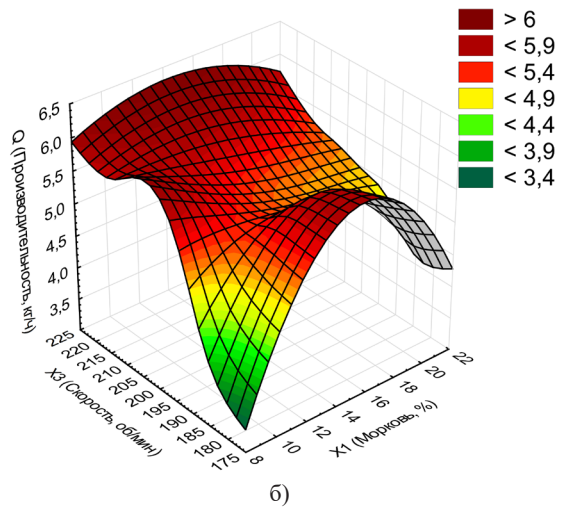


Рис. 2. Поверхности отклика зависимости производительности (Q) от технологических факторов: а) X1-X2; б) X1-X3; в) X2-X3

двухчасовой температурной экспозиции при комнатных условиях непосредственно перед обработкой.

Экспериментальные исследования проводились с использованием одношнекового экструдера ЭК-40, обладающего следующими техническими характеристиками: рабочая скорость шнека составляет  $n=200$  об/мин, геометрическое отношение длины шнека к его диаметру  $L/D=4$ , а диаметр выходного отверстия формирующей фильеры – 5 мм. В соответствии с технологическим регламентом, температурный режим по рабочим зонам экструдера поддерживался на уровнях 140 °С, 160 °С и 180 °С. Конструктивные особенности выбранного оборудования в сочетании с варьируемыми параметрами призваны обеспечить научную базу для оптимизации режимов производства инновационных продуктов на основе рисово-морковных смесей.

Оценку эффективности процесса проводили по показателю массового расхода (Q, кг/ч). Производительность определяли гравиметрическим методом, фиксируя массу экструдата, выходящего из матрицы за установленный временной интервал (10 с). Для минимизации погрешности измерения в каждой точке плана выполнялись в трехкратной

повторности с последующим расчетом среднего значения.

Математическое планирование эксперимента осуществлялось по схеме полного факторного эксперимента типа 2<sup>3</sup>. В качестве независимых факторов варьирования выступали концентрация морковной муки (X1), влажность смеси (X2) и частота вращения шнека (X3). Статистическая обработка результатов, включая проведение дисперсионного анализа и построение регрессионной модели, выполнялась с использованием специализированного программного обеспечения при доверительном уровне  $p < 0,05$ .

Для системного изучения процесса и оценки значимости каждого параметра был реализован план полного факторного эксперимента. В таблице 1 представлены независимые переменные и их соответствующие уровни, выбранные на основании предварительных исследований и анализа существующих технологий экструзии аналогичных смесей.

### Результаты и их обсуждение

В ходе проведения полнофакторного эксперимента были получены данные о производитель-

ности одношнекового экструдера ЭК-40 при переработке рисово-морковных смесей. Суммарный диапазон значений массового расхода варьировался от 3,96 до 6,12 кг/ч, что свидетельствует о высокой чувствительности процесса к выбранным технологическим параметрам. Полная матрица планирования и соответствующие ей экспериментальные значения представлены в таблице 2.

Анализ влияния компонентного состава показал, что содержание морковной муки (X1) не оказывает статистически значимого воздействия на производительность экструдера. Так, при изменении концентрации добавки с 10% до 20% при фиксированной влажности (14%) и минимальной скорости шнека наблюдалось лишь незначительное колебание массового расхода. Это позволяет сделать вывод о возможности варьирования уровня обогащения продукта морковью в указанных пределах без внесения существенных корректив в производственный цикл.

Влажность исходной смеси (X2) и частота вращения шнека (X3) проявили себя как доминирующие факторы. С ростом влажности с 14% до 20% при содержании моркови 10% производительность закономерно увеличивалась, достигая максимальных значений в опытах с высокой частотой вращения. Физически данный эффект объясняется снижением вязкости и плотности тестообразной массы в канале экструдера, что снижает сопротивление потоку и облегчает продвижение материала через фильеру. Аналогично, интенсификация вращения шнека сокращает время пребывания сырья в зоне обработки, что также ведет к росту массового выхода продукции.

Для математического описания процесса была получена адекватная модель в кодированных значениях факторов:

$$Q=58,839+0,95189 \cdot X1-0,0153 \cdot X1^2+0,06981 \cdot X2+0,01407 \cdot X2^2-0,6393 \cdot X3+0,00165 \cdot X3^2-0,0301 \cdot X1 \cdot X2 \quad (1)$$

Анализ полученной математической модели позволил установить степень адекватности описания процесса экструзии. Высокое значение коэффициента детерминации ( $R^2 = 99,9\%$ ) подтверждает отличную сходимость теоретических и экспериментальных данных, указывая на то, что модель объясняет практически всю вариацию исследуемого параметра. Это свидетельствует о высокой точности проведенных измерений и правильности выбора структуры уравнения регрессии. Статистическая оценка значимости коэффициентов модели подчеркивает доминирующую роль влажности смеси (X2) и частоты вращения шнека (X3) в формировании массового потока. Коэффициенты при данных факторах практически идентичны по своей величине, что указывает на их сопоставимое и равнозначное влияние на общую производительность процесса. При этом влияние содержания морковной муки (X1) остается менее выраженным, что подтверждает

возможность варьирования степени обогащения продукта без существенного изменения эффективности работы оборудования. Физическая интерпретация полученных зависимостей указывает на то, что оптимизация производительности экструдера ЭК-40 должна основываться на прецизионном регулировании гидротермического состояния сырья и динамических режимов шнека. Сочетание высокой влажности и максимальных оборотов шнека позволяет достичь пиковых значений массового расхода в 6,12 кг/ч, что обусловлено снижением вязкопластичного сопротивления перемещаемого материала в канале экструдера.

Визуализация результатов в виде поверхностей отклика позволяет наглядно оценить характер взаимодействия факторов. Наибольшее влияние влажности проявляется при низких скоростях вращения шнека, что отражено на соответствующих графиках зависимости. Полученные закономерности служат инструментом для прецизионного управления параметрами экструзии при промышленном производстве функциональных рисовых экструдатов с добавлением моркови.

## Выводы

В ходе проведенного исследования была научно обоснована и экспериментально подтверждена эффективность применения одношнековой экструзии для получения функциональных пищевых продуктов на основе рисовой муки, обогащенной морковью. Использование лабораторного экструдера ЭК-40 позволило установить количественные зависимости между ключевыми технологическими факторами и производительностью процесса. На основании математической обработки данных полнофакторного эксперимента была получена прецизионная регрессионная модель второго порядка. Высокий коэффициент детерминации ( $R^2 = 99,9\%$ ) свидетельствует о достоверности выявленных закономерностей и позволяет использовать данное уравнение для точного прогнозирования массового расхода в производственных условиях.

Установлено, что диапазон производительности системы составляет от 3,96 до 6,12 кг/ч в зависимости от комбинации входных параметров. Ключевыми факторами, определяющими эффективность работы оборудования, являются влажность исходной смеси и частота вращения шнека, оказывающие сопоставимое по величине положительное влияние на выход готовой продукции. Рост производительности при увеличении влажности обусловлен снижением вязкопластичного сопротивления перемещаемого материала, а при увеличении оборотов шнека – интенсификацией его продвижения по рабочему каналу. Важным результатом работы стало подтверждение того, что варьирование концентрации морковной муки в пределах 10–20% не оказывает критического влияния на стабильность массового потока. Это открывает

широкие возможности для гибкого регулирования рецептурного состава без потери производительности линии. Полученные данные служат основой

для промышленного внедрения технологий производства безглютеновых экструдатов с повышенной биологической ценностью.

## Литература

- [1] Алферников О. Ю., Щубко А. С. Технология и оборудование экструзионной обработки животного и растительного сырья //Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2007. – №. 3. – С. 87-89.
- [2] Толмачев О. А., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В. Влияние обработки высоким давлением растительного сырья на экстрагирование биологически активных веществ и сохранность экстракта //Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2016. – №. 5. – С. 40.
- [3] Gao Y. et al. Extrusion modification: Effect of extrusion on the functional properties and structure of rice protein //Processes. – 2022. – Т. 10. – №. 9. – С. 1871.
- [4] De Pilli T., Alessandrino O. Effects of different cooking technologies on biopolymers modifications of cereal-based foods: Impact on nutritional and quality characteristics review //Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2020. – Т. 60. – №. 4. – С. 556-565.
- [5] Verbeek C. J. R., Van Den Berg L. E. Extrusion processing and properties of protein-based thermoplastics //Macromolecular materials and engineering. – 2010. – Т. 295. – №. 1. – С. 10-21.
- [6] Эберхард Ш. и др. Традиционное и органическое сельское хозяйство: анализ сравнительной эффективности с позиции концепции устойчивого развития //Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. – 2015. – №. 4. – С. 4-39.
- [7] Cabral D. et al. Exploring rice consumption habits and determinants of choice, aiming for the development and promotion of rice products with a low glycaemic index //Foods. – 2024. – Т. 13. – №. 2. – С. 301.
- [8] Gul K. et al. Rice bran: Nutritional values and its emerging potential for development of functional food–A review //Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. – 2015. – Т. 6. – №. 1. – С. 24-30.
- [9] Густинович В. Г. Обоснование применения порошков тыквы и моркови в производстве галет функционального назначения //Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т. 79. – №. 4 (74). – С. 152-156.
- [10] Степанова Н. Ю. Технологическая оценка производства цукатов из моркови, свёклы и тыквы //Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2015. – №. 2. – С. 174-178.
- [11] Livny O. et al.  $\beta$ -carotene bioavailability from differently processed carrot meals in human ileostomy volunteers //European journal of nutrition. – 2003. – Т. 42. – №. 6. – С. 338-345.

## References

- [1] Alfernikov O. Yu., Shchubko A. S. Technology and equipment for extrusion processing of animal and plant raw materials // News of higher educational institutions. Food technology. - 2007. - No. 3. - P. 87-89.
- [2] Tolmachev O. A., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V. Effect of high-pressure processing of plant raw materials on the extraction of biologically active substances and the preservation of the extract // Technology and commodity science of innovative food products. - 2016. - No. 5. - P. 40.
- [3] Gao Y. et al. Extrusion modification: Effect of extrusion on the functional properties and structure of rice protein // Processes. - 2022. - Vol. 10. - No. 9. – P. 1871.
- [4] De Pilli T., Alessandrino O. Effects of different cooking technologies on biopolymer modifications of cereal-based foods: Impact on nutritional and quality characteristics review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2020. – Vol. 60. – No. 4. – P. 556-565.
- [5] Verbeek C. J. R., Van Den Berg L. E. Extrusion processing and properties of protein-based thermoplastics // Macromolecular materials and engineering. – 2010. – Vol. 295. – No. 1. – P. 10-21.
- [6] Eberhard S. et al. Conventional and organic agriculture: analysis of comparative efficiency from the standpoint of the concept of sustainable development // Bulletin of St. Petersburg University. Economics. – 2015. – No. 4. – P. 4-39.
- [7] Cabral D. et al. Exploring rice consumption habits and determinants of choice, aiming for the development and promotion of rice products with a low glycaemic index // Foods. - 2024. - Vol. 13. - No. 2. - P. 301.
- [8] Gul K. et al. Rice bran: Nutritional values and its emerging potential for the development of functional food - A review // Bioactive Carbohydrates and Dietary Fiber. - 2015. - Vol. 6. - No. 1. - P. 24-30.
- [9] Gustinovich V. G. Rationale for the use of pumpkin and carrot powders in the production of functional biscuits // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. - 2017. - Vol. 79. - No. 4 (74). - P. 152-156.
- [10] Stepanova, N. Yu., “Technological Assessment of the Production of Candied Carrot, Beetroot, and Pumpkin,” in Scientific Journal of the National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Series: “Food Production Processes and Equipment,” 2015, no. 2, pp. 174–178.
- [11] Livny, O. et al., “ $\beta$ -carotene bioavailability from differently processed carrot meals in human ileostomy volunteers,” in European Journal of Nutrition, 2003, no. 6, pp. 338–345.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

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

## Использование биологических смазочных материалов

*Зимняков В.М.*

**Аннотация.** В данной статье отражена актуальность использования биологических смазочных материалов. Установлено, что отработанные масла оказывают вредное воздействие на окружающую среду и людей в целом. Утечки гидравлических масел наносят значительный ущерб окружающей среде. Биогидравлические масла минимизируют риск ущерба окружающей среде благодаря своей биоразлагаемости и отсутствию токсичности. По смазочным свойствам растительные масла превосходят нефтяные. Биологические смазочные материалы – альтернатива традиционным смазкам на основе нефти, они нетоксичны, полностью биоразлагаемы и обладают высокими смазывающими свойствами. Отмечены преимущества биологических смазочных материалов перед традиционными (минеральными) маслами. Рассмотрены аспекты влияния биоразлагаемых смазок на окружающую среду. Спрогнозированы перспективы биологических смазочных материалов. Рассмотрены технологии, которые используются для улучшения биологических смазочных материалов. Несмотря на большие преимущества биологических смазочных материалов им присущи и некоторые недостатки. Утилизация отработанных масел является важной задачей в контексте сохранения окружающей среды и её устойчивого развития.

**Ключевые слова:** биологические смазочные материалы, преимущества, недостатки, перспективы, технологии, окружающая среда.

**Для цитирования:** Зимняков В.М. Использование биологических смазочных материалов // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 77–83.

## The use of biological lubricants

*Zimnyakov V.M.*

**Abstract.** This article discusses the relevance of using biological lubricants. It has been established that waste oils have a detrimental impact on the environment and humans in general. Hydraulic oil leaks cause significant environmental damage. Biohydraulic oils minimize the risk of environmental damage due to their biodegradability and non-toxicity. Vegetable oils have superior lubricating properties to petroleum oils. Biological lubricants are an alternative to traditional petroleum-based lubricants; they are non-toxic, completely biodegradable, and possess excellent lubricating properties. The advantages of biological lubricants over traditional (mineral) oils are highlighted. The impact of biodegradable lubricants on the environment is discussed. The prospects for biological lubricants are projected. Technologies used to improve biological lubricants are considered. Despite the significant advantages of biological lubricants, they also have certain disadvantages. The disposal of used oils is an important task in the context of environmental conservation and sustainable development.

**Keywords:** biological lubricants, advantages, disadvantages, prospects, technologies, environment.

**For citation:** Zimnyakov V.M. The use of biological lubricants. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 77–83. (In Russ.).

## Введение

Установлено, что отработанные масла оказывают вредное воздействие на окружающую среду и людей в целом. Они считаются опасными отходами. Отработанные моторные масла состоят из токсичных химических веществ, таких как тяжелые металлы (которые образуются в результате присадок и износа деталей двигателя), продуктов сгорания, легких углеводородов, полярных соединений, одноядерных и многоядерных ароматических соединений, смолистых материалов и металлоорганических соединений [1,7,10].

Утечки гидравлических масел наносят значительный ущерб окружающей среде. Ежегодно в результате аварий и утечек в окружающую среду попадает значительное количество гидравлического масла. Биогидравлические масла минимизируют риск ущерба окружающей среде благодаря своей биоразлагаемости и отсутствию токсичности. Использование биоразлагаемых моторных масел имеет множество преимуществ. Биоразлагаемые масла, часто используемые для смазки и защиты движущихся частей двигателя, могут минимизировать износ, предотвращать коррозию и поддерживать чистоту двигателя, что приводит к улучшению его производительности и долговечности [11].

По смазочным свойствам растительные масла превосходят нефтяные. Результаты определения трибологических характеристик гидравлических и трансмиссионных рапсовых масел показали, что они имеют такие же или лучшие «механические» свойства, чем минеральные, но уступают по стойкости к окислению. Рапсовые масла с присадками эквивалентны минеральным, но биоразлагаемы и нетоксичны. Высокая смазочная способность растительных масел дает возможность ограничить использование химически активных присадок, что существенно увеличивает их экологические преимущества. Объем мирового рынка биоразлагаемых

смазок, по прогнозам, достигнет 4,2 млрд. долларов к 2030 году при CAGR 5,8%; ожидается, что к 2030 году доля биоразлагаемых смазок в общем объеме рынка смазочных материалов достигнет 25–30%, а в некоторых специализированных областях может превысить 50%.

Таким образом, вовлечение растительных масел и животных жиров – продуктов биологического происхождения – в состав смазочных материалов следует считать перспективным. Широкое применение их в производстве товарных масел, смазок и СОТС позволит разрешить некоторые сложные экологические проблемы. При этом весьма важно развитие процессов химического модифицирования БСМ для существенного улучшения их эксплуатационных свойств. Биологические смазочные материалы (БСМ) – альтернатива традиционным смазкам на основе нефти, они нетоксичны, полностью биоразлагаемы и обладают высокими смазывающими свойствами [9].

Целью работы является изучение использования биологических смазочных материалов.

## Объекты и методы исследования

Объектом исследования является информация по использованию биологических смазочных материалов. 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

Проведены исследования по использованию биоразлагаемых смазочных материалов для узлов машин и механизмов, используемых в сельском



Рис.1. Преимущества биологических смазочных материалов перед традиционными (минеральными) маслами



Рис. 2. Аспекты влияния биоразлагаемых смазок на окружающую среду



Рис. 3. Перспективы биологических смазочных материалов

хозяйстве, на основе рапсового масла. Создание смазочной композиции на основе растительных ресурсов – это не только шаг к более устойчивому производству, но и важный вклад в защиту окружающей среды. Проведенные исследования показывают, что рапсовое масло с добавлением противозносных присадок может стать эффективной альтернативой традиционным смазочным материалам [8].

Рассмотрим преимущества биологических смазочных материалов перед традиционными (минеральными) маслами (рис.1).

Преимущества биологических (биоразлагае-

мых) смазочных материалов перед традиционными (минеральными) маслами:

- Экологическая безопасность. Биоразлагаемые смазки быстро распадаются на безопасные компоненты в почве и воде, не нанося длительного ущерба окружающей среде при разливе или утечке.
- Снижение токсичности. Большинство биосмазок нетоксичны для людей и животных, не вызывают аллергических реакций, не испаряются в виде вредных летучих соединений.
- Возобновляемость сырья. В отличие от нефтепродуктов, растительные масла – возобновляемый ресурс, что снижает зависимость от углеводородного сырья.

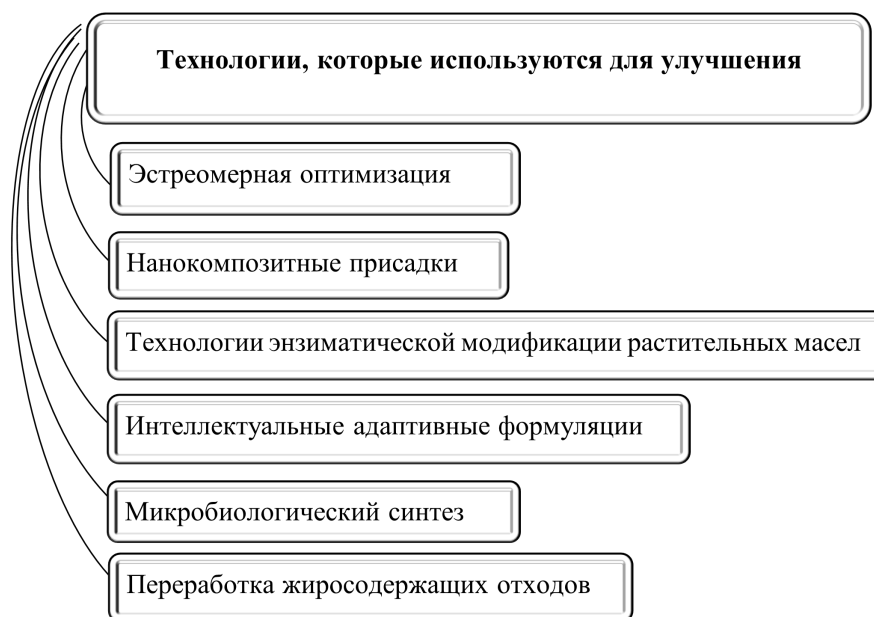


Рис. 4. Технологии, которые используются для улучшения

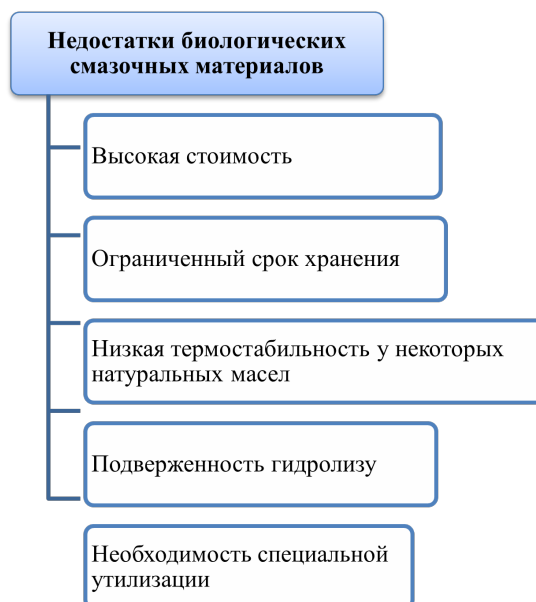


Рис. 5. Недостатки биологических смазочных материалов

- Высокие смазывающие свойства. Многие растительные масла обладают лучшими антифрикционными характеристиками, чем минеральные масла, образуют прочную масляную плёнку и обеспечивают надёжную защиту от износа.

- Устойчивость к давлению и температуре. Современные биосмазки выдерживают нагрузки и температуры, сравнимые с обычными синтетическими маслами.

- Совместимость с уплотнительными материалами. Химический состав биоразлагаемых масел, как правило, более близок к маслам, используемым в классических двигателях, поэтому они лучше совместимы с такими материалами, как резина и пластики.

- Положительное влияние на окружающую среду [4].

Аспекты влияния биоразлагаемых смазок на окружающую среду (рис. 2).

Аспекты влияния биоразлагаемых смазок на окружающую среду:

- Защита экосистем. Биоразлагаемые смазки не создают долговременного загрязнения почв и водоёмов, так как микроорганизмы разлагают их до простых соединений – углекислого газа и воды, не оставляя токсичных остатков.

- Предотвращение попадания токсичных веществ в пищевую цепь. Отсутствие биоаккумуляции исключает накопление загрязняющих веществ в пищевых цепях и снижает риски для здоровья человека.

- Защита дикой природы. Биоразлагаемые смазочные материалы распадаются на безвредные вещества, что снижает риск нанесения вреда животным и водным организмам при случайном попадании в окружающую среду.

- Удобство утилизации. В отличие от традиционных масел, требующих специальных методов

утилизации, биоразлагаемые смазочные материалы можно утилизировать так же, как и любые другие органические отходы [2, 4].

Перспективы биологических смазочных материалов представлены на рисунке 3.

Перспективы биологических смазочных материалов:

**Рост спроса.** Это связано с повышением осведомлённости об экологических проблемах и влиянии традиционных смазок на основе нефти на экосистемы. Также спрос растёт из-за перехода промышленности к целям устойчивого развития и корпоративной социальной ответственности. Рост спроса на биоразлагаемые смазочные материалы в различных отраслях, где растёт спрос на экологически чистые продукты. Некоторые факторы: строгие экологические нормы, направленные на снижение загрязнения окружающей среды; рост осведомлённости потребителей об экологическом воздействии обычных смазок; рост автомобильного и промышленного секторов, особенно в развивающихся странах

**Широкое применение.** Биологические смазочные материалы используются в разных отраслях, от автомобилей и авиации до сельского хозяйства и производства.

**Использование передового сырья.** В биосмазках применяют сельскохозяйственные отходы, непродовольственные культуры, отработанные кулинарные масла и водоросли. Это позволяет улучшить эксплуатационные характеристики продукта.

**Использование в экологически уязвимых районах.** Биологические смазочные материалы обладают повышенной биоразлагаемостью, меньшей токсичностью и уменьшенным углеродным следом по сравнению с обычными продуктами на основе минеральных масел.

**Использование в продуктах питания и напитках.** С 2026 по 2032 год ожидается быстрый среднегодовой темп роста в этом сегменте, что обусловлено критической потребностью в пищевых смазочных материалах.

Рассмотрим технологии, которые используются для улучшения биологических смазочных материалов (рис. 4):

1. Объём производства твёрдых и полутвёрдых сыров с учётом сырных продуктов в 2024 году составил 861 тысячу процессов и создание определённых условий для созревания.

**Эстромерная оптимизация.** Технология использует принципы стереохимии для конструирования молекул с заданной пространственной ориентацией. В результате создаются молекулы с улучшенной термической стабильностью и оптимизированными вязкостно-температурными характеристиками.

**Нанокompозитные присадки.** Используются функционализированные частицы размером 10–50 нм. Например, графеновые нанопластины в концентрации 0,01–0,05% уменьшают износ на 40–60% по

сравнению с традиционными противоизносными присадками.

**Технологии энзиматической модификации растительных масел.** Обеспечивают точный контроль жирнокислотного состава базовых масел, минимизируя содержание полиненасыщенных кислот, ответственных за окислительную нестабильность.

**Интеллектуальные адаптивные формуляции.** Такие системы реагируют на изменения рабочих условий, динамически адаптируя свои свойства. Например, термоактивные полимеры изменяют конформацию при критических температурах для повышения вязкости и защитных свойств.

**Микробиологический синтез.** Генетически модифицированные штаммы микроорганизмов производят специализированные эфирные структуры с заданными свойствами вязкости и термической стабильности.

**Переработка жиродержащих отходов.** Например, учёные Пермского Политеха разработали технологию, которая позволяет перерабатывать жиродержащие отходы в биоразлагаемые смазочные материалы.

Несмотря на большие преимущества биологических смазочных материалов им присущи и некоторые недостатки (рис. 5).

**Недостатки биологических смазочных материалов:**

**Высокая стоимость.** Биооснова и экологичные присадки удорожают продукт на 20–40% по сравнению с традиционными аналогами.

**Ограниченный срок хранения.** Натуральные масла склонны к окислению и требуют герметичной упаковки.

**Низкая термостабильность у некоторых натуральных масел.** При высокой нагрузке и температуре возможны потери вязкости и образование отложений.

**Плохое поведение при низких температурах.** Растительные масла могут загустевать или терять текучесть при низких температурах.

**Подверженность гидролизу.** Некоторые типы синтетических эфиров могут быть подвержены разложению под действием воды, что требует контроля за обводнёностью системы.

**Необходимость специальной утилизации.** Отработанные смазки содержат продукты износа металлов и загрязнения, поэтому требуют специальной утилизации [9].

Авторами [3] отмечается, что все моторные, дизельные, веретенные, авиационные, почти все трансмиссионные и изоляционные масла и пластичные смазки неустойчивы к грибкам и бактериям. Это способствует возникновению коррозии узлов и деталей, контактирующих с поврежденными смазочными материалами. Для снижения износа пар трения машин используются пластичные смазочные материалы (ПСМ). Рассмотрены состав и структура ПСМ, а также механизм их микробиологического повреждения. На основании проанализи-

рованной информации установлено, что существует проблема снижения эффективности смазочных композиций под влиянием микроорганизмов. Данный вопрос почти не изучен, исследований на эту тему крайне мало с точки зрения трибологии. В связи с этим целесообразно проведение исследований по выявлению закономерностей трения и изнашивания в смазочных средах с микроорганизмами, которые позволят получить, с одной стороны, фундаментальные результаты для науки, а с другой – важные практические рекомендации для реальной техники [3, 6].

Утилизация отработанных масел является важной задачей в контексте сохранения окружающей среды и её устойчивого развития. Предприятия АПК имеют потенциал использовать утилизированные масла в качестве ресурса, что приведет к экологическим и экономическим выгодам. Утилизация отработанных масел и их применение в сельскохозяйственных предприятиях представляют значительный потенциал для улучшения экологической и экономической устойчивости сельского хозяйства. Необходимо продолжать исследования, развивать

технологии и совершенствовать правовую базу для эффективной утилизации отработанных масел. Это позволит сократить негативное влияние на окружающую среду, снизить затраты и улучшить качество производства в сельскохозяйственном секторе [5].

### Выводы

1. Биологические смазочные материалы – альтернатива традиционным смазкам на основе нефти, они нетоксичны, полностью биоразлагаемы и обладают высокими смазывающими свойствами.

2. Утилизация отработанных масел является важной задачей в контексте сохранения окружающей среды и её устойчивого развития.

3. Объём мирового рынка биоразлагаемых смазок, по прогнозам, достигнет 4,2 млрд. долларов к 2030 году при CAGR 5,8%; ожидается, что к 2030 году доля биоразлагаемых смазок в общем объёме рынка смазочных материалов достигнет 25–30%, а в некоторых специализированных областях может превысить 50%.

### Литература

- [1] Ганиев, И.М., Морозов Н.В., Трemasова А.М. Биоразложение смазочных масел в сточных водах агропромышленных предприятий // Развитие современной науки и технологий в условиях трансформационных процессов: Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции, Москва, 22 сентября 2023 года. – Санкт-Петербург: Печатный цех, 2023. – С. 150-154. – EDN WSWPDI.
- [2] Евдокимов А.Ю., Фукс И.Г., Шабалина Т.Н., Багдасаров Л.Н. Смазочные материалы и проблемы экологии // Москва: ГУП Издательство «Нефть и газ», 2000. – 423 с.
- [3] Зимин, Д. В., Бреки А.Д. Проблемы эксплуатации пластичных смазочных материалов триботехнического назначения в условиях их биоповреждений // Инновационные идеи в машиностроении: Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Санкт-Петербург, 24–26 мая 2022 года / Под редакцией А.А. Поповича, Д.П. Гасюка. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – С. 352-355. – EDN ESEJLD.
- [4] Зимняков В.М. Производство растительных масел в России. – Пенза: РИО ПГАУ, 2025. – 208 с. ISBN 978-5-00196-394-3.
- [5] Иванов, З.В., Хабардин В.Н. Утилизация отработанных масел и возможности их применения в предприятиях АПК // – С. 90-103. – DOI 10.24411/2078-1318-2025-1-90-103. – EDN EHWCTE.
- [6] Крахмалёв, С.И., Школьников В.М., Платонова Р.Г. Влияние изменения свойств пластичной смазки при

### References

- [1] Ganiev, I.M., Morozov, N.V., Tremasova, A.M. Biodegradation of Lubricating Oils in Wastewater from Agro-Industrial Enterprises // Development of Modern Science and Technology in the Context of Transformation Processes: Collection of Materials of the XIV International Scientific and Practical Conference, Moscow, September 22, 2023. – St. Petersburg: Printing Workshop, 2023. – Pp. 150-154. – EDN WSWPDI.
- [2] Evdokimov, A.Yu., Fuks, I.G., Shabalina, T.N., Bagdasarov, L.N. Lubricants and Environmental Issues // Moscow: State Unitary Enterprise Izdatelstvo «Oil and Gas», 2000. – 423 p.
- [3] Zimin, D.V., Breki, A.D. Problems of Operation of Plastic Lubricants for Tribotechnical Applications under Conditions of Their Biodamage // Innovative Ideas in Mechanical Engineering: Collection of Scientific Papers of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, St. Petersburg, May 24–26, 2022 / Edited by A. A. Popovich, D. P. Gasyuk. – St. Petersburg: POLITEKH-PRESS, 2022. – pp. 352–355. – EDN ESEJLD.
- [4] Zimnyakov V. M. Production of Vegetable Oils in Russia. – Penza: RIO PGAU, 2025. – 208 p. ISBN 978-5-00196-394-3.
- [5] Ivanov, Z. V., Khabardin V. N. Disposal of Waste Oils and Possibilities of Their Application in Agricultural Enterprises // – pp. 90–103. – DOI 10.24411/2078-1318-2025-1-90-103. – EDN EHWCTE.
- [6] Krakhmalev, S.I., Shkolnikov V.M., Platonova R.G. The Effect of Changes in the Properties of Plastic Lubricants during Storage in Containers and in the Product on the Reliability of Friction Units // Chemistry

- хранении в таре и в изделии на надежность работы узлов трения // Химия и технология топлив и масел. – 2010. – № 5. – С. 25-30.
- [7] Морозов, Н. В., Ганиев И.М. Технология биочистки производственных сточных вод от отработанных смазочных (моторных) масел // Принципы экологии. – 2021. – № 2. – С. 67–78. – DOI:10.15393/j1.art.2021.11802.
- [8] Парлюк, Е. П. Исследование рапсового масла, используемого в качестве биоразлагаемого смазочного материала // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2025. – № 1(79).
- [9] Стрельцов, В.В., Стребков С.В. Тенденции использования биологических смазочных материалов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2009. – № 2(33). – С. 66-69. – EDN KZGPTJ.
- [10] Тарасов, В.В. Экологические аспекты необходимости регенерации отработанных смазочных материалов // Журнал научные труды Дальрыбвтуза. – 2010. – № 22. – С. 294–307.
- [11] Тарамов, Ю.Х., Эльмурзаев А.А., Цамаева П.С. Рабочие жидкости для гидравлических двигателей на биологической основе // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2024. – Т. 20, № 3(37). – С. 79-86. – EDN SDFWIJ.
- [12] Хабардин // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК: Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 90-летию Иркутского ГАУ, п. Молодежный, 14–15 марта 2024 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2024. – С. 425-429. – EDN OPFBJO.
- and Technology of Fuels and Oils. – 2010. – No. 5. – Pp. 25-30.
- [7] Morozov, N.V., Ganiev I.M. Technology for Biotreatment of Industrial Wastewater from Used Lubricating (Motor) Oils // Principles of Ecology. – 2021. – No. 2. –Pp. 67–78. – DOI:10.15393/j1.art.2021.11802.
- [8] Parlyuk, E. P. Study of rapeseed oil used as a biodegradable lubricant // Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University. - 2025. - No. 1 (79).
- [9] Streltsov, V. V., Strebkov S. V. Trends in the use of biological lubricants // Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin». - 2009. - No. 2 (33). - Pp. 66-69. - EDN KZGPTJ.
- [10] Tarasov, V. V. Environmental aspects of the need to regenerate used lubricants // Journal of scientific works of the Far Eastern Technical University of Fisheries. - 2010. - No. 22. - Pp. 294-307. Taramov, Yu.Kh., Elmurzaev A.A., Tsamaeva P.S. Biologically Based Working Fluids for Hydraulic Motors // Bulletin of GGNTU. Technical Sciences. - 2024. - Vol. 20, No. 3 (37). - Pp. 79-86. - EDN SDFWIJ.
- [11] Khabardin // Scientific research and development for implementation in the agro-industrial complex: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists dedicated to the 90th anniversary of Irkutsk State Agrarian University, Molodezhny, March 14-15, 2024. - Molodezhny: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, 2024. - Pp. 425-429. - EDN OPFBJO.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

<p><b>Зимняков Владимир Михайлович</b>  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><b>Zimnyakov Vladimir Mikhailovich</b>  D.Sc. in Economics  professor at the department of «Agricultural products processing»  Penza State Agrarian University  <b>Phone:</b> +7(927) 444-33-22  <b>E-mail:</b> zimnyakov@bk.ru</p>
---	--

## К вопросу расширения классификационных признаков технологии и оборудования для термовакуумной экструзии пищевого сырья

*Курочкин А.А., Аширов Р.Р., Поляков А.В.*

**Аннотация.** Актуальность совершенствования классической экструзии обусловлена ее высокой энергоемкостью и возможными негативными последствиями при переработке отдельных видов пищевого сырья. Термовакуумная экструзия представляет собой следующий шаг эволюции классической экструзии, позволяющий получать продукты премиального уровня из относительно дешевого растительного сырья, сохраняя их высокое качество. Классификация, представленная в работе, отражает актуальную информацию, как о технической, так и технологической особенностях термовакуумной экструзии пищевого сырья. На ее основе сформулированы основные положения в части достоинств и недостатков этого вида воздействия на сельскохозяйственное сырье, а также обосновано направление в совершенствовании технических средств для реализации этой технологии.

**Ключевые слова:** классификация, технология, экструдер, термовакуумная экструзия, вакуумная камера.

**Для цитирования:** Курочкин А.А., Аширов Р.Р., Поляков А.В. К вопросу расширения классификационных признаков технологии и оборудования для термовакуумной экструзии пищевого сырья // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 84–89.

## On the issue of expanding the classification features of technology and equipment for thermal vacuum extrusion of food raw materials

*Kurochkin A.A., Ashirov R.R., Polyakov A.V.*

**Abstract.** The relevance of improving classical extrusion is due to its high energy consumption and possible negative consequences during the processing of certain types of food raw materials. Thermovacuum extrusion is the next step in the evolution of classical extrusion, allowing for the production of premium-level products from relatively cheap plant-based raw materials while maintaining their high quality. The classification presented in this work reflects the current information on both the technical and technological aspects of thermovacuum extrusion of food raw materials. Based on this, the main advantages and disadvantages of this type of impact on agricultural raw materials have been formulated, and the direction for improving the technical means for implementing this technology has been justified.

**Keywords:** classification, technology, extruder, thermovacuum extrusion, vacuum chamber.

**For citation:** Kurochkin A.A., Ashirov R.R., Polyakov A.V. On the issue of expanding the classification features of technology and equipment for thermal vacuum extrusion of food raw materials. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 84–89. (In Russ.).

### Введение

Одной из наиболее наукоемких технологий, применяемых в пищевой индустрии, является экструзионная обработка сельскохозяйственного сы-

рья растительного и животного происхождения [1, 5, 6].

Логическим направлением развития этой технологии в последние годы стали работы по обоснованию диверсификации экструзионной обработки термо- и механически чувствительных компонен-

тов пищевого сырья. При таком способе экструзии обработку сырья предлагается осуществлять при высоком содержании влаги, умеренных температурах и относительно мягких условиях механических напряжений (сдвига). Перечисленные технологические параметры и их рациональные соотношения характерны для термовакуумной экструзии (ТВЭ) сельскохозяйственного сырья, применяемой для производства определенных видов пищевых продуктов и высококачественных кормов для домашних животных.

Традиционная экструзия осуществляется при высоком давлении внутри рабочего объема экструдера, а выход обрабатываемого сырья из фильеры матрицы машины сопровождается резким сбросом давления до атмосферного, что приводит к «взрывному» расширению сырья и формированию пористой структуры у готового продукта.

В термовакуумной экструзии зона формования или выхода продукта находится в условиях разрежения (вакуума). Это создает несколько критических эффектов:

1. Снижение температуры кипения воды: влага испаряется при более низких температурах, что позволяет проводить процесс при щадящих температурных режимах (часто ниже 100-120 °С) в зоне расширения, сохраняя термочувствительные нутриенты (витамины, антиоксиданты).

2. Удаление летучих веществ: вакуум эффективно удаляет нежелательные летучие соединения (например, специфические запахи бобовых или горечь некоторых растений) и кислород, что повышает окислительную стабильность готового продукта.

3. Контролируемая структура: возможность управлять размером и распределением пор, получая более плотную, слоистую или, наоборот, равномерно ячеистую структуру, имитирующую мышечные волокна (для аналогов мяса).

По существу, термовакуумная экструзия – это следующий шаг эволюции после классической экструзии, позволяющий получать продукты премиального уровня из относительно дешевого растительного сырья, сохраняя их высокое качество. Если классическая экструзия – это «масс-маркет» (снеки, корма), то ТВЭ – это технология для рынка здорового питания и премиальных аналогов мяса [1, 9].

В качестве применяемого сырья технология ТВЭ предлагает использовать бобовые (соя, горох, фасоль, нут, чечевица) и злаковые (пшеница, кукуруза, рис, овес) сельскохозяйственные культуры, масличные семена (подсолнечник, лен, рапсовое семя – после обезжиривания), овощные и фруктовые выжимки (источники пищевых волокон) и др.

Целевыми продуктами при этом являются текстурированные растительные белки (аналоги мяса), сухие завтраки и снеки с пониженным гликемическим индексом, полуфабрикаты быстрого приготовления и обогащенные пищевые добавки (носители витаминов). Сравнительный анализ ТВЭ и клас-

сической (традиционной) экструзии представлен в табл. 1.

В настоящее время уровень развития технологии ТВЭ позволяет использовать ее ключевое преимущество в основном при создании продуктов из животного сырья, обеспечивая получение продуктов с текстурой, максимально близкой к животным аналогам (мясу), без использования высоких температур, разрушающих белок. При этом ТВЭ во всем мире относят к нишевым и высокотехнологичным технологиям, а лидеры по ее применению позиционируются в качестве производителей оборудования и научно-исследовательских центров, разрабатывающих рецептуры пищевой продукции [1, 4].

За рубежом к ним относятся крупнейший американский производитель экструдеров для пищевой промышленности «Wenger Manufacturing», немецкая компания «Coperion» (Werner & Pfleiderer), швейцарская – «Bühler» и др. К ключевым разработчикам технологий и ингредиентов для ТВЭ, задающим стандарты отрасли, обычно относят корпорацию «Protein Technologies International» (США) [7, 8, 10-12].

Что касается российских производителей, то они достаточно активно развивают данное направление импортозамещения в области глубокой переработки пищевого сырья, проводя исследования на стыке машиностроения и пищевой науки.

Классификация экструдеров для ТВЭ может быть осуществлена на основе общих признаков, присущих этой группе оборудования, независимо от вида обрабатываемого сырья и вырабатываемой продукции. При этом для обработки пищевого сырья актуальны такие классификационные признаки как конструктивное исполнение и термодинамическая характеристика, а также тип рабочего органа и его основные рабочие параметры – частота вращения, соотношение диаметра и длины, профиль шнека и фильеры [1, 5, 6].

Целью работы является разработка классификации оборудования для термовакуумной экструзии, отражающей актуальное направление в данной технологии.

### **Объекты и методы исследования**

Объектом исследований являлась научно-техническая и патентная информация относительно устройства, принципа действия и конструктивных особенностей экструдеров для термовакуумной экструзии пищевого сырья. В работе применялся аналитический метод исследований, основанный на системном подходе к рассматриваемой проблеме.

### **Результаты и их обсуждение**

Анализ научно-технической и патентной информации показал, что за последние 15-20 лет в России и за рубежом появились экструзионные тех-

Таблица 1 – Сравнение ТВЭ с классической экструзией

Параметр	Классическая экструзия	Термовакuumная экструзия
Давление на выходе	Атмосферное (резкий сброс высокого давления).	Разрежение (вакуум, часто 0,05-0,08 МПа).
Температурный режим	Высокий (140-180 °С и выше). Существует риск термической деградации.	Более низкий (100-110 °С в зоне расширения сырья). Щадящий режим.
Структура продукта	Крупнопористая, хрупкая, сильно вспененная.	Контролируемая пористость, возможность получения слоистых/волоконистых структур, меньшая усадка.
Сохранность нутриентов	Низкая. Разрушение витаминов (особенно С, группы В), денатурация белков может быть избыточной.	Высокая. Сохранение термочувствительных компонентов; биодоступность белка выше.
Органолептика	Возможны привкусы «жженого» продукта, потеря аромата.	Улучшенный вкус, удаление летучих антипитательных веществ (горечи, запахи).
Цвет продукта	Часто темнеет из-за реакций Майяра и карамелизации.	Более светлый, естественный цвет сырья.
Сложность оборудования	Стандартная, широко распространено.	Высокая, требует герметичных зон и систем вакуумирования.
Затраты	Высокие энергетические – на нагрев и создание давления.	Энергозатраты на нагрев – ниже; капитальные затраты на оборудование – выше.

Таблица 2 – Классификация экструдеров для термовакuumной экструзии пищевого сырья

Классификационный признак	Основные группы	Примечание
Тип шнековой пары	Одношнековые; двухшнековые (сопутствующего/противовращающегося принципа действия); многошнековые.	Для зерновых, бобовых, масличных жмыхов и волокнистого сырья предпочтительны двухшнековые системы: лучшее перемешивание, самоочистание, контроль степени наполнения и сдвиговых напряжений.
Расположение вакуумной зоны	– внутри цилиндра (дегазационная секция); – непосредственно после фильеры матрицы; – многоступенчатая (каскадная).	Постматричное размещение ориентировано на мгновенное структурообразование и мягкую сушку. Внутрцилиндровая – на удаление летучих веществ до формирования экструдата.
Температурный режим	Низкотемпературные (<120 °С); среднетемпературные (120-160 °С); высокотемпературные (>160 °С); комбинированные с вакуумом.	Для растительного сырья с термолабильными компонентами (белки, витамины, полифенолы) оптимален комбинированный режим: нагрев+сдвиг в цилиндре → вакуумное расширение и испарение после выхода.
Назначение	Пищевые (текстураты, снеки, функциональные ингредиенты); кормовые; технические.	Требования к гигиене, материалам контакта, точности контроля параметров различаются.
Тип привода и управления	Механические; гидростатические; частотно-регулируемые с цифровым контролем.	Современные системы оснащаются программируемыми логическими контроллерами (ПЛК) с обратной связью по моменту, давлению, температуре и уровню вакуума.

нологии, в основе которых заложен принципиально новый способ воздействия на выходящий из фильеры матрицы машины экструдат [1, 2, 4].

Эта информация стала основанием включения в качестве классификационного признака экструдеров способа воздействия на экструдат при выходе его из фильеры матрицы машины [3].

Данный признак характеризует поведение экструдата при выходе из фильеры экструдера в среду с атмосферным, повышенным (избыточным) или пониженным (вакуум) давлением.

Первый случай характеризует «классическую» горячую экструзию; в процессе реализации второго

обеспечивается некоторое контролируемое «укрощение» взрывного процесса при выходе обрабатываемого сырья из фильеры матрицы экструдера, что позволяет поддерживать требуемую форму готового продукта с учётом особенностей его критериев (влажности, пористости и т.д.) [1, 5].

Вариант, когда обрабатываемое сырье подвергается воздействию пониженного давления, включает две разновидности, отличающиеся местом расположения вакуумной зоны – внутри рабочего тракта экструдера (внутри его цилиндра) или непосредственно после выхода сырья из фильеры матрицы машины.

Размещение вакуумной камеры сразу после фильеры матрицы ориентировано на мгновенное структурообразование и мягкую сушку обрабатываемого сырья, в то время как отсос воздуха, осуществляемый внутри рабочего объема экструдера, предназначен для удаления летучих веществ экструдата до его формования.

Предлагаемая в виде таблицы классификация позволяет оценить структурно-технологические схемы экструдеров, как в штатной комплектации, так и их экспериментальных образцов, представленных в информационной среде России и зарубежных источниках. Классификация проведена по нескольким ключевым признакам, определяющим конструктивные параметры экструдеров, их режим работы и область применения (табл. 2).

На основании представленной классификации можно сделать предварительный вывод о том, что в современных условиях развития техники и технологии экструзии наиболее перспективны термовакуумные экструдеры с вакуумной камерой, расположенной непосредственно после выхода экструдата из фильеры матрицы. К достоинствам этой группы машин можно отнести:

1. Мгновенное структурообразование: резкий перепад давления сразу после выхода вызывает мгновенное испарение влаги, что формирует равномерную пористую структуру без дополнительной механической деформации.

2. Сохранение термолабильных компонентов: понижение температуры кипения воды в вакууме (до 80-60 °С при 0,05-0,08 МПа) снижает термическую нагрузку на белки, ферменты, витамины и антиоксиданты растительного происхождения.

3. Эффективное удаление летучих ингредиентов сырья: антипитательные вещества (фитиновая кислота, ингибиторы трипсина, алкалоиды, остаточные растворители, запахи) отводятся до завершения сушки, что улучшает питательную и органолептическую ценность экструдата.

4. Снижение энергозатрат на сушку: конечная влажность экструдата после камеры может достигать 8-12 %, что исключает или сокращает этап конвекционной/барабанной сушки.

5. Гибкость рецептур: возможность работы с высоко гидратированными или липкими смесями

(например, соевые/гороховые концентраты, отруби, жом) без риска пригара в цилиндре.

Недостатки экструдеров рассматриваемого типа проявляются в основном в сфере инженерных решений:

1. Сложность герметизации узла «матрица → вакуумная камера»: динамический переход из зоны высокого давления (10-15 МПа) в глубокий вакуум требует прецизионных уплотнений и компенсирующих элементов.

2. Риск обратной тяги и пульсаций: при нестабильной подаче сырья или колебаниях вакуума возможен подсос воздуха, обратное движение расплава или его неравномерное расширение.

3. Адиабатическое охлаждение продукта: интенсивное испарение влаги резко снижает температуру экструдата, что может привести к недоэкструзии внутренних слоёв расплава или необходимости его последующего подогрева.

4. Ограничение производительности: объём вакуумной камеры и мощность насосов должны строго соответствовать массовому расходу обрабатываемого сырья.

5. Высокие требования к системам конденсации и утилизации паров: растительное сырьё выделяет большое количество влаги, органических кислот, ароматических соединений; в некоторых случаях требуется многоступенчатая конденсация, сепарация и очистка отработанных газов.

6. Ускоренный износ фильеры и уплотнений: циклические перепады давления и температуры вызывают термические напряжения, микротрещины и ускоренную эрозию контактных поверхностей экструдеров.

## Выводы

Классификация, представленная в работе, отражает актуальную информацию, как о технической, так и технологической особенностях термовакуумной экструзии пищевого сырья. На ее основе сформулированы основные положения в части достоинств и недостатков этого вида воздействия на сельскохозяйственное сырьё, а также обосновано направление в совершенствовании технических средств для реализации этой технологии.

## Литература

- [1] Инновации в экструзии /А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, А.А. Блинохватов. [и др.]. Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – 247 с.
- [2] Курочкин, А.А. Системный подход к разработке экструдера для термовакуумной обработки экструдата / А.А. Курочкин // Инновационная техника и технология. 2014. № 4 (01). С. 17-22.
- [3] Курочкин, А.А. Теоретическое обоснование

## References

- [1] Innovations in extrusion /A.A. Kurochkin, P.K. Garkina, A.A.Blinokhvatov [et al.] Penza: RIO PHAU, 2018. – 247 p.
- [2] Kurochkin, A. A. System approach to the development of the extruder for thermal vacuum treatment of the extrudate /A.A. Kurochkin // Innovative engineering and technology. 2014. No 4 (01). Pp. 17-22.
- [3] Kurochkin, A. A. Theoretical substantiation of thermal

- термовакuumного эффекта в рабочем процессе модернизированного экструдера /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3. С. 15-20.
- [4] Курочкин, А.А. Классификация энергоэффективных систем для термопластической экструзии растительного сырья / А.А. Курочкин, Р.Р. Аширов, А.В. Поляков // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12, № 3. С. 45-49. EDN LAFIYP.
- [5] Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 1: Учеб. для вузов / С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др.; Под ред. акад. РАСХН В. А. Панфилова. М.: Высш. шк., 2001. – 703 с.
- [6] Оборудование перерабатывающих производств /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.М. Зимняков, П.К. Воронина.–М.: ИНФРА-М, 2015.– 363 с.
- [7] 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.
- [8] Kesselly S. R., Mugabi R., Byaruhanga Y. B. Effect of soaking and extrusion on functional and pasting properties of cowpeas flour //Scientific African. 2023. Vol. 19. e01532.
- [9] Kraus S. et al. Drying kinetics and expansion of non-predried extruded starch-based pellets during microwave vacuum processing //Journal of Food Process Engineering. 2013. Т. 36. №. 6. С. 763-773.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] Ramchiary M., Das A. B. Vacuum-assisted extrusion of red rice (bao-dhan) flour: Physical and phytochemical comparison with conventional extrusion //Journal of Food Processing and Preservation. 2020. Т. 44. №. 8. С. e14570.
- vacuum effect in the working process of modernized extruder /A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov, P. K. Voronina //Izvestiya Samara state agricultural Academy. 2015. No. 3. Pp. 15-20.
- [4] Kurochkin, A.A. Classification of Energy-Efficient Systems for Thermoplastic Extrusion of Vegetable Raw Materials / A.A. Kurochkin, R.R. Ashirov, and A.V. Polyakov // Innovative Engineering and Technology. 2025. Vol. 12, No. 3. Pp. 45-49. EDN LAFIYP.
- [5] Machines and apparatuses of food production. In 2 books of Book 1: Textbook for universities / S.T. Antipov, I.T. Kretov, A.N. Ostrikov et al.; Ed. akad. RASKHN V. A. Panfilova. M.: Higher. Sch., 2001. – 703 p
- [6] Equipment for processing industries /A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, V.M. Zimnyakov, P.K. Voronina. Moscow: INFRA-M, 2015. 363 p.
- [7] 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.
- [8] Kesselly S. R., Mugabi R., Byaruhanga Y. B. Effect of soaking and extrusion on functional and pasting properties of cowpeas flour //Scientific African. 2023. Vol. 19. e01532.
- [9] Kraus S. et al. Drying kinetics and expansion of non-predried extruded starch-based pellets during microwave vacuum processing //Journal of Food Process Engineering. 2013. Т. 36. No. 6. С. 763-773.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] Ramchiary M., Das A. B. Vacuum-assisted extrusion of red rice (bao-dhan) flour: Physical and phytochemical comparison with conventional extrusion //Journal of Food Processing and Preservation. 2020. Т. 44. No. 8. С. e14570.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Курочкин Анатолий Алексеевич</b>                  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><b>Kurochkin Anatoly Alekseevich</b>                  D.Sc. in Technical Sciences                  professor at the department of «Food productions»                  Penza State Technological University  <b>Phone:</b> +7(927) 382-85-03  <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p>
<p><b>Аширов Равиль Ринатович</b>                  аспирант кафедры «Пищевые производства»                  ФГБОУ ВО «Пензенский государственный                  технологический университет»                  440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p><b>Ashirov Ravil Rinatovich</b>                  upostgraduate student of the department «Food productions»                  Penza State Technological University</p>
<p><b>Поляков Александр Викторович</b>                  аспирант кафедры «Пищевые производства»                  ФГБОУ ВО «Пензенский государственный                  технологический университет»                  440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p><b>Polyakov Alexander Viktorovich</b>                  upostgraduate student of the department «Food productions»                  Penza State Technological University</p>

## Оптимизация параметров экструзии ячменных снеков с добавлением чечевицы и тыквы

Фролов Д.И., Бирюков Д.А.

**Аннотация.** В статье представлены результаты оптимизации процесса получения многокомпонентных снеков на основе ячменной муки с добавлением чечевицы и тыквы методом экструзии. С применением методологии поверхности отклика исследовано влияние состава сырья (50–90 % ячменя), влажности (13–21 %) и температуры (115–155 °С) на физико-химические и органолептические показатели готового продукта. Установлено, что оптимальные характеристики экструдатов (минимальная насыпная плотность и твердость при максимальном радиальном расширении) достигаются при соотношении компонентов ячмень/чечевица/тыква 80:12,5:7,5 %, влажности смеси 15 % и температуре обработки 125 °С. Полученный функциональный продукт характеризуется сбалансированным составом и высокими потребительскими свойствами, что подтверждает эффективность использования растительных добавок для повышения пищевой ценности зерновых экструдатов.

**Ключевые слова:** ячмень, чечевица, тыква, экструзия, оптимизация процесса, методология поверхности отклика, функциональные продукты питания, физико-химические показатели качества, обогащенные снеки.

**Для цитирования:** Фролов Д.И., Бирюков Д.А. Оптимизация параметров экструзии ячменных снеков с добавлением чечевицы и тыквы // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 90–95.

## Optimization of extrusion parameters for barley snacks with lentils and pumpkin

Frolov D.I., Biryukov D.A.

**Abstract.** This article presents the results of optimizing the extrusion process for producing multi-component snacks based on barley flour with added lentils and pumpkin. Using response surface methodology, the influence of raw material composition (50–90% barley), moisture content (13–21%), and temperature (115–155°C) on the physicochemical and organoleptic properties of the finished product was studied. It was found that optimal extrudate characteristics (minimum bulk density and hardness at maximum radial expansion) are achieved with a barley/lentil/pumpkin ratio of 80:12.5:7.5%, a mixture moisture content of 15%, and a processing temperature of 125°C. The resulting functional product is characterized by a balanced composition and high consumer properties, confirming the effectiveness of using plant-based additives to enhance the nutritional value of grain extrudates.

**Keywords:** barley, lentils, pumpkin, extrusion, process optimization, response surface methodology, functional foods, physicochemical quality indicators, fortified snacks.

**For citation:** Frolov D.I., Biryukov D.A. Optimization of extrusion parameters for barley snacks with lentils and pumpkin. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 90–95. (In Russ.).

### Введение

В современной индустрии питания производство снековой продукции занимает значительную долю рынка, однако большинство традиционных изделий характеризуется высоким содержанием углеводов при низком уровне биологически активных веществ [1, 2]. Расширение ассортимента функ-

циональных продуктов питания за счет включения в состав зерновых основ зернобобовых культур и овощных добавок является актуальной задачей пищевых технологий [3].

Потребление цельнозерновых продуктов, фруктов и овощей способствует снижению риска хронических заболеваний и общему укреплению здоровья благодаря наличию антиоксидантов, спо-

Таблица 1 - Сравнение предсказанных и фактических значений показателей качества оптимизированного экструдата

Показатель	Предсказанное значение	Фактическое значение	Отклонение, %
Удельная механическая энергия, Вт·ч/кг	277,67	281,71	3,48
Объемная плотность, г/см <sup>3</sup>	0,041	0,04	2,43
Водопоглотительная способность (WAI), г/г	5,6	5,55	0,89
Индекс водорастворимости (WSI), %	0,15	0,15	0
Радиальное расширение, %	70,21	70,8	0,83
Прочность на излом (твердость), Н	187,96	181,41	3,48

собствующих нейтрализации свободных радикалов и стимулирующих защитные ферментативные процессы в организме [4, 5]. Ячмень занимает четвертое место в мире по объемам производства среди зерновых культур и обладает высокой пищевой ценностью [6]. Он содержит значительное количество клетчатки, умеренное количество белков, кальция и фосфора, а также витамины группы В.

Наличие в ячмене бета-глюкана способствует снижению уровня холестерина в крови, что делает его незаменимым компонентом в диетотерапии сердечно-сосудистых заболеваний [7, 8]. Однако для создания нутриентно сбалансированного продукта ячменную основу целесообразно комбинировать с компонентами, богатыми незаменимыми аминокислотами и микронутриентами. Чечевица является одной из старейших возделываемых культур и характеризуется высоким содержанием белка (24–32 %), минеральных веществ (железо, кобальт, йод) и витаминов (лизин, аргинин) [9].

Белки бобовых эффективно дополняют аминокислотный профиль злаков, что позволяет решать проблему белково-калорийной недостаточности [10]. В качестве витаминизирующей добавки перспективно использование тыквы, богатой каротином, минералами и пищевыми волокнами. Бета-каротин, содержащийся в мякоти тыквы, является основным источником витамина А и играет ключевую роль в профилактике различных инфекционных и системных заболеваний.

Метод одношнековой экструзии является эффективным способом получения готовых к употре-

блению продуктов, обеспечивая глубокую деструкцию крахмала, инактивацию антипитательных факторов и формирование пористой структуры изделия [11]. Физико-химические свойства экструдатов зависят от множества факторов, включая рецептурный состав смеси, влажность сырья и температурные режимы обработки.

Целью данной работы является оптимизация параметров процесса одношнековой экструзии многокомпонентных ячменных смесей с добавлением чечевицы и тыквы для получения продукта с высокими физико-химическими и потребительскими характеристиками.

#### Объекты и методы исследования

В качестве основного сырья для проведения исследований использовали зерно ячменя сорта «Московский 86» (урожай 2023 года, Московская область), соответствующее требованиям ГОСТ 50394-2011 по показателям чистоты и качества. Белковым обогатителем служила красная чечевица сорта «Петровская» (Саратовская область), отвечающая нормам ГОСТ 7066-77. Для повышения содержания микронутриентов и каротиноидов применяли тыкву сорта «Волжская серая 92», отобранную по критериям биологической зрелости и отсутствия повреждений.

Подготовка сырья включала очистку зерновых компонентов от примесей и последующее измельчение на лабораторной мельнице. Ячмень измельчали до размера частиц 0,8 мм, чечевицу – до 0,5

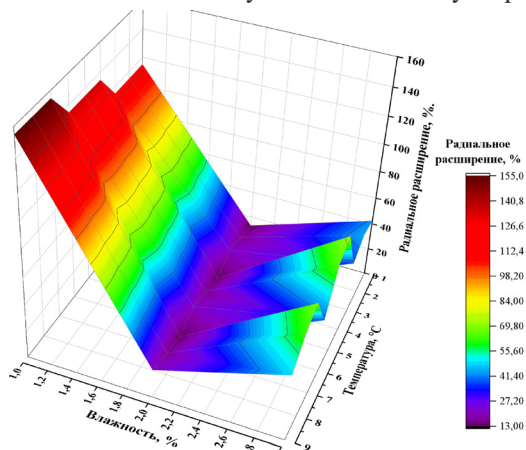


Рис. 1. Поверхность отклика зависимости индекса радиального расширения от температуры матрицы и влажности смеси

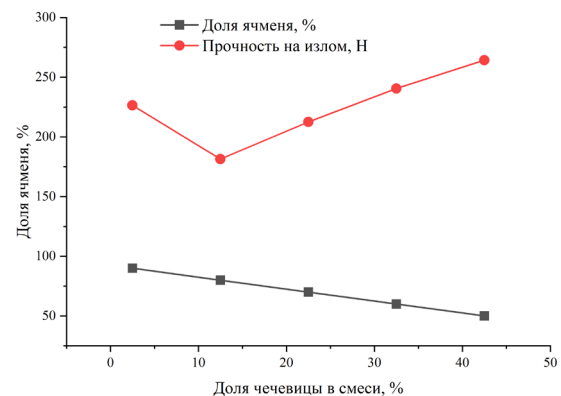


Рис. 2. Влияние рецептурного состава (соотношения ячменной и чечевичной муки) на прочность экструдированных снеков

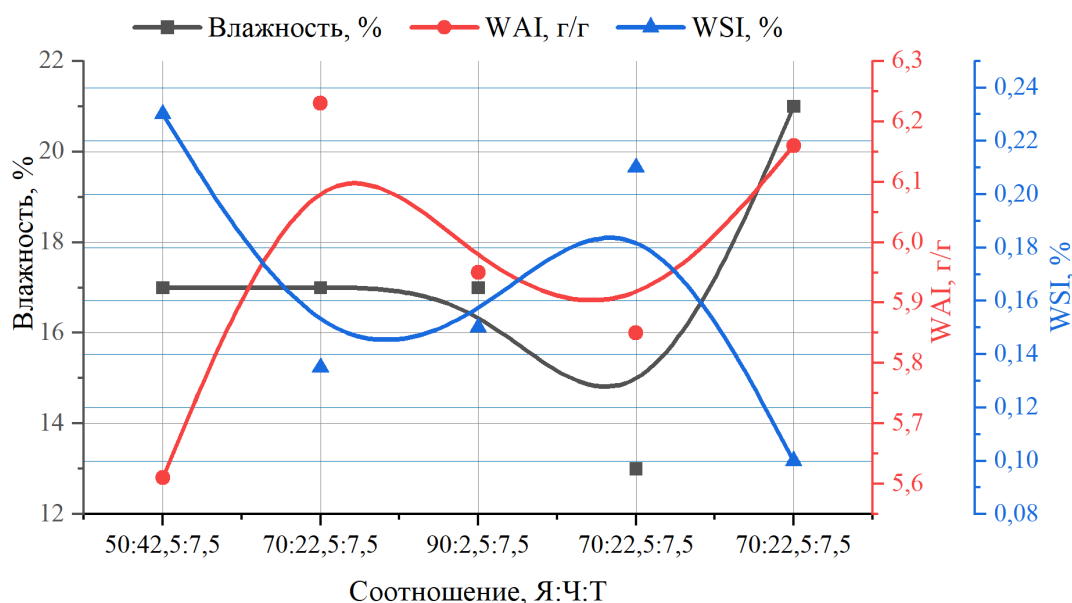


Рис. 3. Динамика WAI и WSI при изменении состава

мм. Мякоть тыквы предварительно подготавливали путем сушки при температуре 60 °С до достижения остаточной влажности 8–10 %, после чего измельчали до размера частиц 0,5 мм. Полученную муку просеивали через сито с размером ячеек 200 мкм для обеспечения однородности рецептурной смеси.

Приготовление экструзионных смесей осуществлялось путем смешивания компонентов в различных пропорциях согласно плану эксперимента. Содержание тыквенного порошка во всех вариантах оставалось неизменным и составляло 7,5 %, в то время как доля ячменной муки варьировалась от 50 до 90 %, а чечевичной – от 2,5 до 42,5 %. Влажность готовых смесей перед обработкой доводили до значений от 13 до 21 % в соответствии с центральным композиционным ротабельным планом.

Процесс экструзии проводили на лабораторном одношнековом экструдере, оснащенный системой регулирования температуры по зонам. Температурные режимы в первых трех зонах поддерживались на уровнях 30, 60 и 90 °С соответственно, тогда как температура в четвертой зоне (матрице) варьировалась в диапазоне от 115 до 155 °С. Диаметр фильеры матрицы составлял 2,5 мм при соотношении длины к диаметру шнека (L/D) 16:1.

Физико-химические показатели сырья и готовых экструдатов определяли по стандартным методикам: влажность по ГОСТ 3626-73, содержание белка по методу Кьельдаля (ГОСТ 10846-91), жира – по ГОСТ 13496.15-97, клетчатки – по ГОСТ 31640-2012 и золы – по ГОСТ 26312.7-88. Специфические свойства экструдатов, такие как объемная плотность, радиальное расширение, водопоглотительная способность (WAI) и индекс водорастворимости (WSI), анализировали по стандартным методам. Измерение твердости (прочности на излом) проводили на текстурном анализаторе с использованием датчика нагрузки.

Органолептическую оценку качества проводили

ла экспертная группа из 10 человек по 5-балльной шкале, оценивая внешний вид, текстуру, аромат и общую приемлемость продукта. Математическую обработку данных и оптимизацию параметров проводили с использованием методов регрессионного анализа и методологии поверхности отклика в программном пакете OriginPro. Уровень значимости для всех статистических тестов был принят  $p < 0,05$ .

### Результаты и их обсуждение

Варьирование соотношения ячменной, чечевичной и тыквенной муки (Я:Ч:Т) оказало значительное влияние на физико-химические и органолептические свойства готовых снеков. С увеличением доли ячменной муки в смеси (до 90 %) наблюдалось статистически значимое снижение объемной плотности экструдата ( $p < 0,05$ ), что связано с более высокой эластичностью ячменного крахмала по сравнению с белками чечевички и клетчаткой тыквы. Добавление чечевичной муки приводило к закономерному повышению водопоглотительной способности (ВПС) и индекса растворимости в воде (ИРВ) (табл.1). Это обусловлено высоким содержанием в чечевичке растительных белков и растворимых пищевых волокон, обладающих выраженной способностью удерживать влагу и формировать пористую структуру. Текстуальный анализ показал, что образцы с более высоким содержанием тыквенной муки отличались меньшей твердостью, что может быть связано с пластифицирующим действием пектиновых веществ тыквы, способствующих размягчению крахмальной матрицы.

Влажность исходного сырья выступила критическим фактором, определяющим плотность и прочность изделий. Повышение влажности смеси с 13 % до 21 % приводило к увеличению объемной плотности экструдатов ( $p < 0,05$ ). При более высоком содержании воды в экструдере снижает-

ся вязкость расплава и создаваемое механическое напряжение, что приводит к формированию более плотной и менее расширенной структуры (рис.1). Снеки, полученные из смесей с высокой влажностью, характеризовались повышенной твердостью, так как избыток влаги способствует образованию прочных межмолекулярных связей в крахмальной матрице, делая продукт менее хрупким и более грубым при разжевывании.

Температура обработки в четвертой зоне экструдера существенно корректировала показатели ВПС и ИРВ. Повышение температуры с 115 до 155 °С вызывало рост данных показателей, что объясняется интенсивной термической деструкцией высокомолекулярных полисахаридов и белков с образованием более простых водорастворимых фракций (декстринов). Влияние температуры на твердость носило нелинейный характер: при низких температурах (около 115 °С) снеки были излишне твердыми из-за неполной клейстеризации крахмала. Оптимальный нагрев до 125–135 °С способствовал получению хрустящей структуры, в то время как дальнейшее повышение температуры выше 145 °С приводило к некоторому снижению прочности из-за чрезмерной деструкции полимеров.

На основании статистического анализа методом поверхности отклика была проведена оптимизация процесса для получения снеков с наилучшим сочетанием физических свойств. Оптимальные параметры были определены как: соотношение компонентов ячмень/чечевица/тыква – 80:12,5:7,5 %; влажность смеси – 15 %; температура экструзии – 125 °С (рис.2, 3). Снеки, полученные при данных режимах, получили наивысшие баллы дегустационной комиссии (в среднем 4,7 из 5,0). Эксперты отметили привлекательный золотисто-оранжевый цвет, выраженную хрустящую текстуру и гармоничный вкус без посторонних привкусов бобовых.

Сопоставление полученных данных с результатами других исследователей показало, что разработанные ячменные снеки с добавлением чечевицы и тыквы не уступают, а по ряду показателей (содержание каротиноидов и клетчатки) превосходят традиционные кукурузные и пшеничные аналоги. Разработанная технология позволяет эффективно использовать отечественное сельскохозяйственное сырье для производства продуктов здорового питания. Готовый продукт характеризуется сбалансированным аминокислотным профилем и повышенным содержанием минеральных веществ, что позволяет рекомендовать его для питания детей школьного

возраста, спортсменов и людей, придерживающихся принципов рационального питания.

## Выводы

В результате проведенных исследований научно обоснована и экспериментально подтверждена возможность получения обогащенных снеков на основе ячменной муки с добавлением чечевицы и тыквы методом одношнековой экструзии. Использование методологии поверхности отклика (RSM) позволило установить точные количественные зависимости между рецептурным составом, влажностью сырья, температурой обработки и качественными характеристиками готового продукта. Высокая сходимости теоретических и фактических данных, где отклонение не превысило 3,5 %, подтверждает достоверность разработанных математических моделей. Установлено, что оптимальные параметры процесса достигаются при содержании ячменной муки 80 %, чечевичной – 12,5 % и порошка тыквы – 7,5 %. При влажности исходной смеси 15 % и температуре экструзии 125 °С обеспечивается формирование наиболее развитой пористой структуры с максимальным радиальным расширением 70,8 % и минимальной насыпной плотностью 0,040 г/см<sup>3</sup>. Данные режимы позволяют получить продукт с оптимальными текстурными характеристиками, где прочность на излом составляет 181,41 Н, что соответствует высоким требованиям к хрустящим снекам. Оптимизированный продукт обладает повышенной пищевой ценностью и сбалансированным химическим составом. Включение чечевицы позволило обогатить продукт растительным белком и незаменимыми аминокислотами, а добавление тыквы обеспечило наличие каротиноидов и пищевых волокон (2,42 %). Низкое содержание жира (1,26 %) и сбалансированная зольность (2,03 %) позволяют рекомендовать разработанные снеки для функционального питания различных групп населения. Разработанная технология имеет важное практическое значение для пищевой промышленности, так как позволяет эффективно использовать отечественное растительное сырье для создания продуктов здорового питания. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании новых видов экструдированных изделий с заданными физико-механическими и потребительскими свойствами. Дальнейшие исследования в данном направлении могут быть связаны с изучением сохранности биологически активных веществ в процессе хранения готовой продукции.

## Литература

- [1] Синявский Ю. А. и др. Анализ современного состояния рынка производства снековой продукции в Казахстане // Научный аспект. – 2021. – Т. 1. – № 4. – С. 28-41.

## References

- [1] Sinyavskiy Yu. A. et al. Analysis of the current state of the snack production market in Kazakhstan // Scientific aspect. - 2021. - Vol. 1. - No. 4. - Pp. 28-41.  
[2] Asfondyayrova I. V., Abutalimova A. A., Demchenko V.

- [2] Асфондырова И. В., Абуталимова А. А., Демченко В. А. Пищевые системы и биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ // Новые технологии / New technologies. – 2025. – Т. 21. – №. 1. – С. 11-24.
- [3] Рустимова А. Ж., Ребезов М. Б. Применение зернобобовой смеси для хлебобулочных изделий // Аграрная наука. – 2023. – Т. 1. – №. 8. – С. 137-142.
- [4] Драпкина О. М. и др. Российское общество профилактики неинфекционных заболеваний (РОПНИЗ). Алиментарно-зависимые факторы риска хронических неинфекционных заболеваний и привычки питания: диетологическая коррекция в рамках профилактического консультирования. Методические рекомендации // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2021. – Т. 20. – №. 5. – С. 2952.
- [5] Драпкина О. М. и др. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации. Национальное руководство 2022 // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2022. – Т. 21. – №. 4. – С. 5-232.
- [6] Донцова А. А. и др. Производство ячменя в мире и России // Зерновое хозяйство России. – 2016. – №. 6. – С. 7-13.
- [7] Полонский В. И., Сумина А. В. Содержание  $\beta$ -глюканов в зерне как перспективный признак при селекции ячменя на пищевое использование (обзор иностранной литературы) // Сельскохозяйственная биология. – 2013. – №. 5. – С. 30-43.
- [8] Лоскутов И. Г., Полонский В. И. Селекция на содержание  $\beta$ -глюканов в зерне овса как перспективное направление для получения продуктов здорового питания, сырья и фуража (обзор) // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – №. 4. – С. 646-657.
- [9] Ипатова И. С. и др. Методы интегрированной защиты зернобобовых культур на примере чечевицы от вредных объектов // Научный журнал молодых ученых. – 2024. – №. 1 (36). – С. 15-19.
- [10] Юшков С. Разработка комплексного состава растительных белков, имеющего полноценный набор аминокислот // Бизнес пищевых ингредиентов. – 2018. – Т. 1. – С. 22-27.
- [11] Бахчевников О. Н., Брагинец С. В. Экструдирование растительного сырья для продуктов питания (обзор) // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50. – №. 4. – С. 690-706.
- A. Food systems and biotechnology of food products and biologically active substances // New technologies. – 2025. – Vol. 21. – No. 1. – Pp. 11-24.
- [3] Rustemova A. Zh., Rebezov M. B. Use of grain legume mixture for bakery products // Agrarian science. – 2023. – Vol. 1. – No. 8. – Pp. 137-142.
- [4] Drapkina O. M. et al. Russian Society for the Prevention of Non-Communicable Diseases (ROPNIZ). Nutrition-dependent risk factors for chronic non-communicable diseases and eating habits: dietary correction as part of preventive counseling. Guidelines // Cardiovascular Therapy and Prevention. – 2021. – Vol. 20. – No. 5. – P. 29-52.
- [5] Drapkina O. M. et al. Prevention of chronic non-communicable diseases in the Russian Federation. National guidelines 2022 // Cardiovascular Therapy and Prevention. – 2022. – Vol. 21. – No. 4. – P. 5-232.
- [6] Dontsova A. A. et al. Barley production in the world and in Russia // Grain Economy of Russia. – 2016. – No. 6. – P. 7-13.
- [7] Polonsky V. I., Sumina A. V.  $\beta$ -Glucan Content in Grain as a Promising Trait in Barley Breeding for Food Use (Review of Foreign Literature) // Agricultural Biology. – 2013. – No. 5. – P. 30-43.
- [8] Loskutov I. G., Polonsky V. I. Breeding for  $\beta$ -Glucan Content in Oat Grain as a Promising Direction for Obtaining Healthy Food Products, Raw Materials, and Forage (Review) // Agricultural Biology. – 2017. – Vol. 52. – No. 4. – P. 646-657.
- [9] Ipatova I. S. et al. Methods of Integrated Protection of Leguminous Crops from Pests Using Lentils as an Example // Scientific Journal of Young Scientists. – 2024. – No. 1 (36). – P. 15-19.
- [10] Yushkov S. Development of a complex composition of plant proteins with a complete set of amino acids // Business of Food Ingredients. – 2018. – Vol. 1. – P. 22-27.
- [11] Bakhchevnikov O. N., Braginets S. V. Extrusion of plant raw materials for food products (review) // Equipment and technology of food production. – 2020. – Vol. 50. – No. 4. – P. 690-706.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

<p><b>Фролов Дмитрий Иванович</b> кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>	<p><b>Frolov Dmitriy Ivanovich</b> PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>
<p><b>Бирюков Дмитрий Алексеевич</b> магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>E-mail:</b></p>	<p><b>Biryukov Dmitry Alekseevich</b> undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>E-mail:</b></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 – редколлекцией 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 заглавии 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. Подписуемая 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 транслитированном списке литературы должно совпадать с транслитированным 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 транслитированным 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 запяты, 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 vrozozhdeniju: 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**

**№ 2**

**2026**

*Разработка оригинал-макета – Фролов Д. И.*

*Сдано в производство 05.05.2026. Формат 60X84/8*

*Бумага типогр. №1. Печать ризография. Шрифт Times New Roman.*

*Усл. печ. л. 11,63. Тираж 50 экз.*