



## ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научная статья/Research Article

УДК 664.681.1

DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-212-226

Зурет Нурбиевна Хатко<sup>1✉</sup>, Екатерина Михайловна Колодина<sup>2</sup>, Асет Ибрагимовна Блягоз<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Республика Адыгея, Россия

<sup>1</sup>znkhatko@mail.ru

<sup>2</sup>goodwill\_katya@mail.ru

<sup>3</sup>aset.blyagoz@mail.ru

### ОПТИМИЗАЦИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕСТА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЕЧЕНЬЯ ИЗ МУЧНЫХ КОМПОЗИТОВ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ГЛЮТЕНА

Цель исследования – оптимизация реологических свойств теста и оценка качества печенья из мучных композитов с пониженным содержанием глютена. Объекты исследования – разработанные мучные композиты для печенья с пониженным содержанием глютена, обогащенные пектиновыми веществами для возможной корректировки реологических свойств теста и улучшения качества готового изделия, а также разработанное печенье на основе 3 базовых рецептур («Сахарное», сдобное «Песочно-сливочное» и затяжное «Мария») с заменой пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта мучными композитами. Реологические характеристики мучных композитов оценивали на базе ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко» (Краснодар) с помощью фаринограмм (фаринограф марки Brabender) и альвеограмм (альвеограф марки Chopin). Влагоудерживающая и жироудерживающая способность (ВУС и ЖУС) мучных композитов с пониженным содержанием глютена определены в процентно-весовом соотношении методом центрифугирования. Органолептические профили печенья с пониженным содержанием глютена – дегустационной комиссией согласно ГОСТ 24901-2014. Намокаемость печенья – согласно ГОСТ 24901-89. Для построения математических моделей взаимосвязи реологических характеристик и показателя намокаемости печенья использовался метод наименьших квадратов, реализованный в программном пакете Statistica-10.0 и MS Excel. Микробиологический и анализ безопасности проведен стандартными методами на базе ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Адыгея». Установлено улучшение показателей теста до требуемых значений при добавлении гидроколлоидов – комбинации пектиновых веществ «цитрусовый-свековичный». Показаны на основе анализа органолептических профилей и намокаемости печенья из мучных композитов с пониженным содержанием глютена преимущественные значения в вариантах с добавлением пектиновых веществ. Оптимизированы рецептурные составы печенья из мучных композитов с помощью построенных адекватных математических моделей взаимосвязи реологических и качественных показателей теста и печенья соответственно. Подтверждены качество и безопасность печенья на основе результатов физико-химического и микробиологического анализов.

**Ключевые слова:** мучные композиты, пониженное содержание глютена, реологические свойства теста, пектиновые вещества, водоудерживающая и жироудерживающая способность муки, намокаемость печенья, органолептический профиль, математические модели, печенье

**Для цитирования:** Хатко З.Н., Колодина Е.М., Блягоз А.И. Оптимизация реологических свойств теста и оценка качества печенья из мучных композитов с пониженным содержанием глютена // Вестник КрасГАУ. 2025. № 4. С. 212–226. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-212-226.

**Благодарности:** исследование выполнялось за счет средств государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 1023122100005-9-2.9.1 Высокоэффективные технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, обеспечивающие экспортный потенциал: новые конкурентоспособные пищевые продукты, новые медицинские и косметические средства, инновационные технологии, пролонгирование сроков хранения продуктов).

**Zuret Nurbievna Khatko<sup>1</sup>✉, Ekaterina Mikhailovna Kolodina<sup>2</sup>, Aset Ibragimovna Blyagoz<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Maykop State Technological University, Maykop, Republic of Adygea, Russia

<sup>1</sup>znkhatko@mail.ru

<sup>2</sup>goodwill\_katya@mail.ru

<sup>3</sup>aset.blyagoz@mail.ru

### **OPTIMIZATION OF DOUGH RHEOLOGICAL PROPERTIES AND QUALITY ASSESSMENT OF COOKIES FROM FLOUR COMPOSITES WITH REDUCED GLUTEN CONTENT**

*The aim of the study is to optimize the rheological properties of the dough and evaluate the quality of cookies made from flour composites with a reduced gluten content. The objects of the study are the developed flour composites for cookies with a reduced gluten content, enriched with pectin substances for possible adjustment of the rheological properties of the dough and improvement of the quality of the finished product, as well as the developed cookies based on 3 basic recipes ("Saharnoe", rich "Pesochno-slivochnoe" and long "Mariya") with the replacement of premium wheat flour with flour composites. The rheological characteristics of the flour composites were evaluated at the P.P. Lukyanenko National Grain Center (Krasnodar) using farinograms (Brabender farinograph) and alveograms (Chopin alveograph). The moisture-retaining capacity and fat-retaining capacity (MRC and FRC) of flour composites with reduced gluten content were determined in percentage-weight ratio using the centrifugation method. Organoleptic profiles of cookies with reduced gluten content were determined by the tasting committee in accordance with GOST 24901-2014. Cookie wettability was determined in accordance with GOST 24901-89. The least squares method implemented in the Statistica-10.0 and MS Excel software packages was used to construct mathematical models of the relationship between rheological characteristics and the cookie wettability index. Microbiological and safety analysis was performed using standard methods at the Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Adygea. An improvement in the test indices to the required values was established with the addition of hydrocolloids, a combination of citrus-beetroot pectin substances. Based on the analysis of organoleptic profiles and wettability of cookies made from flour composites with reduced gluten content, the preferred values were shown in variants with the addition of pectin substances. The recipe compositions of biscuits from flour composites have been optimized using adequate mathematical models of the relationship between rheological and quality indicators of dough and cookies, respectively. The quality and safety of cookies have been confirmed based on the results of physicochemical and microbiological analyses.*

**Keywords:** flour composites, reduced gluten content, rheological properties of dough, pectin substances, water-retaining and fat-retaining capacity of flour, cookies wettability, organoleptic profile, mathematical models, cookies

**For citation:** Khatko ZN, Kolodina EM, Blyagoz AI. Optimization of dough rheological properties and quality assessment of cookies from flour composites with reduced gluten content. *Bulletin of KSAU*. 2025;(4):212-226. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-212-226.

**Acknowledgments:** the study was carried out using funds from the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic № 1023122100005-9-2.9.1 Highly efficient technologies for storing and processing agricultural products that provide export potential: new competitive food products, new medical and cosmetic products, innovative technologies, prolonging the shelf life of products).

**Введение.** Российская стратегия развития пищевой промышленности до 2030 г. ставит приоритетом создание инновационных технологий для хранения и переработки сельскохозяйственного сырья, а также разработку новых ассортиментных линеек продуктов питания, в том числе функционального назначения, предназначенных для всех групп населения, включая детей и людей с различными видами пищевой непереносимости и потребностью в лечебном и профилактическом питании [1].

В последние годы в мире наблюдается повышенный спрос на безглютеновые продукты питания среди всех групп населения: от испытывающих различные расстройства, связанные с глютеном, до ведущих здоровый образ жизни. Возросло количество патологий, связанных с белками зерна, и единственным эффективным лечением является пожизненная безглютеновая диета, соблюдать которую трудно и вредно для организма.

Целиакия, или глютеновая энтеропатия, является иммуноопосредованным заболеванием тонкого кишечника, которое проявляется под воздействием глютена у людей с генетической предрасположенностью [2]. Диагностика этого заболевания затруднена из-за разнообразия его клинических проявлений – от желудочно-кишечных до внешних признаков, а также возможности его бессимптомного протекания [3].

Рацион людей, страдающих разной степенью непереносимости глютена, строго ограничен обязательным снижением глютеносодержащих продуктов, включая традиционные мучные кондитерские изделия [4]. Тем не менее маркетинговые исследования показывают, что потребители проявляют интерес к этой категории сладких продуктов. Расширение ассортимента безглютеновых мучных кондитерских изделий направлено на нахождение компромисса между качеством, питательной ценностью и потребительскими предпочтениями [5].

Употребление глютена, содержащего богатые пролином и глутамином белки, может привести к возникновению заболеваний, связанных с глютеном, таких как целиакия, аллергия на пшеницу, астма пекаря и анафилаксия, возникающая при физической активности на фоне потребления пшеницы. Эти заболевания можно излечить при условии правильной диагностики и соблюдения диеты на протяжении всей жизни [6].

Тем не менее постоянное соблюдение режима питания вызывает ряд сложностей, в т. ч. технологических при производстве продукции с пониженным содержанием глютена [7]. Нехватка клейковинных белков в безглютеновой муке, отвечающих за эластичность и пластичность теста, обуславливает необходимость проектирования реологических свойств в зависимости от различных технологических параметров [8].

Z. Zhang с соавторами выяснили, что состав муки значительно влияет на реологические свойства теста и качество готовых изделий. Например, мука с высоким содержанием мелких частиц и низким содержанием  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  способствует увеличению коэффициента растекания печенья [9].

H. Zhang и др. установили, что частичная замена пшеничной муки в изделиях может быть продиктована состоянием здоровья, социальными или экономическими факторами. Однако замена пшеничной муки представляет собой серьезную технологическую задачу, поскольку глютен является важным структурным белком, который играет ключевую роль в качестве мучных кондитерских изделий [10].

F. Xu и др. определили реологические свойства крахмально-глютенового теста с различными уровнями глютена, чтобы определить его эффективность для прогнозирования свойств. В пшеничном тесте была выявлена самая широкая линейная вязкоупругая область, зависящая от частоты, а также максимальная податливость растяжимости, в то время как вязкоупругий модуль и нулевая вязкость при сдвиге оказались наименьшими. Вязкоупругие характеристики теста оказались близкими к пшеничному тесту при увеличении содержания клейковины, тогда как зависимость от частоты колебаний модельного теста не проявила четкой тенденции к пшеничному тесту [11].

Мука различных видов проявляет разную способность связывать и удерживать воду и масло в зависимости от белкового и углеводного состава, особенностей структуры и наличия гидрофобных и гидрофильных групп. Эти свойства оказывают прямое влияние на структуру изделий [12].

T. Pavićić и др. установили, что тип жира, используемый в технологическом процессе, также оказывает значительное влияние: тесто, содержащее подсолнечное масло, имеет более высокую начальную консистенцию и более высокий

показатель растекания по сравнению с тестом, содержащим другие типы жиров [13].

Y. Moriya и др. изучили воздействие маргарина на предел текучести теста для печенья, а также на текстуру конечного продукта при различных температурах и уровнях активности воды. Эти данные могут быть полезны для прогнозирования характеристик теста в процессе раскатывания и замешивания [14].

A. Nawaz и др. установили, что пектин широко используется в качестве гидроколлоида в продуктах питания, но его эффективность, основанная на гидродинамическом радиусе, средней длине боковых цепей и степени этерификации, изучена недостаточно. Пектин CU-601 применяется для повышения структурных и функциональных характеристик кондитерских изделий, особенно печенья. Добавление пектина в тесто в количестве 1,5 % от массы пшеничной муки помогает контролировать избыточное расширение и улучшает реологические свойства теста по сравнению с контрольной группой и другими типами пектина. Печенье, приготовленное с использованием CU-601, обладает более плотной структурой. Полученные результаты подтверждают целесообразность добавления CU-601 и CU-201 в качестве эффективного гидроколлоида для улучшения структурных и функциональных свойств печенья [15].

S. Dhal и др. определили, что время замешивания теста также является важным фактором, влияющим на его реологические свойства и качество печенья. Показано, что тесто, замешанное в течение 5 мин, демонстрирует наилучшие текстурные свойства и более высокую воспроизводимость качества печенья [16].

В настоящее время ассортимент безглютеновых и низкоглютеновых мучных кондитерских изделий отечественного производства, предназначенных для лечебного и профилактического питания для людей с разной степенью пищевой чувствительности и аллергии, нуждается в расширении [17].

Одной из самых сложных задач, решаемых при разработке безглютеновых продуктов питания, является достижение требуемого качества. Некоторые функциональные ингредиенты (гидроколлоиды, белки и ферменты), а также применение новых технологических подходов позволяют их решить.

Для оптимизации рецептур в пищевой технологии в настоящее время широко используются математические принципы медиативного анализа с потенциально множественными предикторами, несколькими посредниками и несколькими исходами [18].

В связи с этим оптимизация реологических свойств теста и оценка качества печенья из мучных композитов с пониженным содержанием глютена является актуальным направлением исследования.

**Цель исследования** – оптимизация реологических свойств теста и оценка качества печенья из мучных композитов с пониженным содержанием глютена.

**Задачи:** проектирование и исследование реологических свойств теста из мучных композитов с пониженным содержанием глютена и обоснование применения гидроколлоидов (пектинов) для формирования показателей качества теста для печенья; исследование влаго- и жирудерживающей способности мучных композитов с пониженным содержанием глютена; оценка качества и безопасности печенья с пониженным содержанием глютена; построение математических моделей рецептурных составов печенья из мучных композитов для прогнозирования показателей качества продукта.

**Объекты и методы.** Объекты исследования – разработанные мучные композиты для печенья с пониженным содержанием глютена, обогащенные пектиновыми веществами для возможной корректировки реологических свойств теста и улучшения качества готового изделия, а также разработанное печенье на основе 3 базовых рецептур («Сахарное», «Сдобное» и «Песочно-сливочное» и затыжное «Мария») с заменой пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта мучными композитами.

Характеристика объектов исследования представлена в таблицах 1, 2.

Свекловичный пектин получен в лабораторных условиях из свекловичного жома по типовой технологии: гидромодуль – 1 : 15, температура – 74–75 °С, продолжительность – 2 ч, концентрация HCl в гидролизующем агенте – 1,3 %.

Исследуемое сырье соответствовало критериям безопасности и санитарным нормам, установленным технической документацией.

Таблица 1

**Характеристика объектов исследования**  
**Characteristics of research objects**

Показатель	Производитель	Нормативный документ
Мука хлебопекарная:		
мука пшеничная хлебопекарная, высший сорт	ОАО «МАКФА», Россия	ГОСТ Р 26574-2017
мука кукурузная белая	«Радуга», ООО «Агропродукт» ЛКЗ, Россия	ГОСТ Р 14176-2022
мука кукурузная желтая	«Кудесница», ПАО «Петербургский мельничный комбинат»	ГОСТ Р 14176-2022
мука ржаная обдирная	«Кудесница», ПАО «Петербургский мельничный комбинат»	ГОСТ Р 7045-2017
Пектиновые вещества:		
яблочный	«Айдиго», Китай	ТУ 9169-007-52303135-2014
цитрусовый	Danisko, Чешская Республика	ГОСТ 29186-91
свекловичный	Лабораторный, МГТУ	–

Таблица 2

**Характеристика состава мучных композитов**  
**Characteristics of the composition of flour composites**

Номер варианта	Мучной композит	Соотношение компонентов, %	Кол-во компонентов для печенья, г		
			«Сахарное»	«Песочно-сливочное»	Затяжное «Мария»
1	Кукурузная желтая : пшеничная хлебопекарная высший сорт	25 : 75	136 : 406	115 : 343	152 : 456
2		50 : 50	271 : 271	229 : 229	304 : 304
3	Кукурузная белая : пшеничная хлебопекарная высший сорт	25 : 75	136 : 406	115 : 343	152 : 456
4		50 : 50	271 : 271	229 : 229	304 : 304
5		75 : 25	406 : 136	343 : 115	456 : 152
6	Ржаная мука : кукурузная белая мука	50 : 50	271 : 271	229 : 229	304 : 304
7	Ржаная мука : кукурузная желтая мука	50 : 50	271 : 271	229 : 229	304 : 304
8	Контроль – мука пшеничная хлебопекарная высший сорт	–	542	458	608

Реологические характеристики мучных композитов оценивали на базе ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко» (г. Краснодар) с помощью фаринограмм (фаринограф марки Brabender) и альвеограмм (альвеограф марки Chopin). Влагоудерживающая и жироудерживающая способность (ВУС и ЖУС) мучных композитов с пониженным содержанием глютена определены в процентно-весовом соотношении методом центрифугирования. Органолептические профили печенья с пониженным содержанием глютена – дегустационной комиссией согласно ГОСТ 24901-2014. Намокаемость печенья – согласно ГОСТ 24901-89. Для построения математических моделей взаимосвязи реологических характеристик и показателя намокаемости печенья использовался ме-

тод наименьших квадратов, реализованный в программном пакете Statistica 10.0 и MS Excel. Микробиологический и анализ безопасности проведен стандартными методами на базе ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Адыгея».

**Результаты и их обсуждение.** На основе базовых рецептов разработаны мучные композиты с частичной (или полной) заменой пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта на ржаную, кукурузную белую или желтую, для использования в рецептурах печенья 3 видов: песочного, сдобного и затяжного для людей, по различным причинам ограничивающих в своем рационе потребление глютена [19].

Для оценки функционально-технологических характеристик теста были исследованы его

реологические свойства, играющие ключевую роль в определении качества конечного продукта – печенья. Эти свойства зависят от множества факторов, включая состав муки, тип жира, время замешивания и добавки. Результаты представлены в таблице 3.

Как показывают данные таблицы 3, при замене традиционной пшеничной муки на мучные композиты с разным составом из кукурузной белой (или желтой) и ржаной муки реологические характеристики теста значительно ухудшаются по всем показателям, также снижается общая валориметрическая оценка теста.

Анализ полученных результатов показал несоответствие показателей качества теста по вариантам опыта требованиям. Это обуславливает необходимость внесения в рецептуру дополнительных функциональных ингредиентов, способных корректировать (улучшать) реологические показатели теста для производства печенья с пониженным содержанием глютена до требуемых значений. Такими способностями обладают пектиновые вещества – природные биополимеры и гидроколлоиды, обеспечивающие многие функционально-технологические свойства пищевым системам. На основании ранее нами полученных результатов исследования свойств пектиновых веществ и их комбинаций [20] выбрана комбинация пектинов «цитрусовый-свекловичный» (ЦС) в соотношении 1 : 1, проявляющая преимущественные вязко-пластичные свойства.

Проведен анализ реологических свойств теста из мучных композитов с пониженным содержанием глютена с добавлением комбинации пектиновых веществ ЦС (табл. 4).

Как показывают данные таблицы 4, включение комбинации пектинов в мучные композиты обеспечивает, как правило, увеличение показателей оценки теста по сравнению с контролем, при этом отмечается положительное влияние на упругость и силу муки. Это подтверждает целесообразность использования пектиновых веществ для регулирования реологических характеристик теста с пониженным содержанием глютена.

Исследованы функционально-технологические характеристики – влагоудерживающая и жирудерживающая способность (ВУС и ЖУС) мучных композитов с пониженным содержанием глютена – с добавлением (или без) пектинов (рис. 1).

Как показывают данные рисунка 1, при внесении пектинов в мучные композиты показатели ВУС и ЖУС увеличиваются, что подтверждает возможность регулирования реологических характеристик теста и печенья. Преимущественные характеристики показывают мучные композиты № 6, 7 (ржаная : кукурузная белая (желтая) мука (1 : 1) с комбинацией ЦС пектинов.

Выработаны опытные образцы печенья из мучных композитов с пониженным содержанием глютена, проведена оценка их качества и безопасности.

Органолептические профили печенья с пониженным содержанием глютена с добавлением (или без) пектинов представлены на рисунках 2, 3.

Как показывают данные рисунков 2, 3, органолептические профили печенья с добавлением пектинов имеют преимущественные показатели.

Проведен анализ намокаемости печенья из мучных композитов с пониженным содержанием глютена с добавлением (и без) пектиновых веществ. Результаты представлены на рисунке 4.

Как показывают данные рисунка 4, намокаемость печенья из мучных композитов без пектиновых веществ не соответствует требованиям. Отмечено значительное увеличение показателя намокаемости при добавлении пектиновых веществ в рецептуру печенья.

Проведена оптимизация рецептуры печенья на основе результатов анализа соотношения реологических характеристик теста из мучных композитов:  $X_{1f}$  – ВПС, %;  $X_{2f}$  – время образования теста, мин;  $X_{3f}$  – время устойчивости теста, мин.;  $X_{4a}$  – упругость, мм;  $X_{5a}$  – отношение упругости к растяжимости;  $Y_{1, 2, 3}$  – намокаемость печенья.

На рисунках 5, 6 приведены результаты моделирования оптимизированной рецептуры печенья и диаграммы линейной регрессии, полученные методом наименьших квадратов.

Реологические характеристики теста из мучных композитов  
Rheological characteristics of flour composite dough

Номер варианта	Мучной композит	Соотношение компонентов, %	Анализ на основе альвеограмм			Анализ на основе фаринограмм				Общая Валориметрическая оценка (W), е.в.
			Упругость P, мм	Сила муки W, е.а.	Отношение упругости к растяжимости P/L	ВЛС, %	Время образования теста α, мин	Время устойчивости теста β, мин	Разжижение (E), е.ф.	
1	Кукурузная желтая : пшеничная хлебопекарная высший сорт	25 : 75	116,0	136,0	4,3	65,4	3,5	7,5	130,0	46,0
2		50 : 50	90,0	41,0	8,0	60,2	8,0	10,0	140,0	66,0
3	Кукурузная белая : пшеничная хлебопекарная высший сорт	25 : 75	126,0	151,0	4,5	62,0	6,0	7,5	150,0	56,0
4		50 : 50	74,0	40,0	7,4	60,9	6,5	8,0	160,0	58,0
5		75 : 25	–	–	–	54,4	10,0	12,5	120,0	74,0
6	Ржаная мука : кукурузная белая мука	50 : 50	73,0	32,0	9,1	54,4	6,0	6,5	80,0	60,0
7	Ржаная мука : кукурузная желтая мука	50 : 50	26,0	8,0	4,3	54,7	10,0	18,0	60,0	78,0
8	Контроль – пшеничная мука хлебопекарная высший сорт	100	151,0	294,0	3,2	67,4	12,5	17,0	100,0	82,0

Таблица 4

Реологические характеристики теста из мучных композитов, обогащенных комбинацией пектинов ЦС  
Rheological characteristics of dough made from flour composites enriched with a combination of CA pectins

Номер варианта	Мучной композит	Соотношение компонентов, %	Упругость, P, мм	Сила муки W, е.а.	Отношение упругости к растяжимости P/L	ВПС, %	Время образования теста, α, мин	Время устойчивости теста, β, мин	Разжижение (E), е.ф.	Общая вапориметрическая оценка (W), е.в.
1	Кукурузная желтая : пшеничная хлебопекарная высший сорт	25:75	148,0	161,0	4,9	64,6	2,0	3,2	212,0	31,0
2		50:50	118,0	107,0	6,0	61,2	2,4	3,2	225,0	31,0
3	Кукурузная белая: пшеничная хлебопекарная высший сорт	25:75	182,0	117,0	11,4	63,6	3,4	3,4	187,0	40,0
4		50:50	152,0	102,0	10,9	62,0	4,3	2,3	190,0	47,0
5		75:25	71,0	48,0	5,9	58,6	7,4	6,4	90,0	67,0
6	Ржаная мука : кукурузная белая мука	50:50	80,0	54,0	7,0	52,0	7,2	3,9	16,0	100,0
7	Ржаная мука : кукурузная желтая мука	50:50	101,0	31,0	16,8	58,0	3,6	3,3	22,0	64,0
8	Контроль – пшеничная мука хлебопекарная высший сорт	100	100,0*	151,0*	294,0*	67,4	2,5	3,5	214,0	34,0

\* Без пектинов.



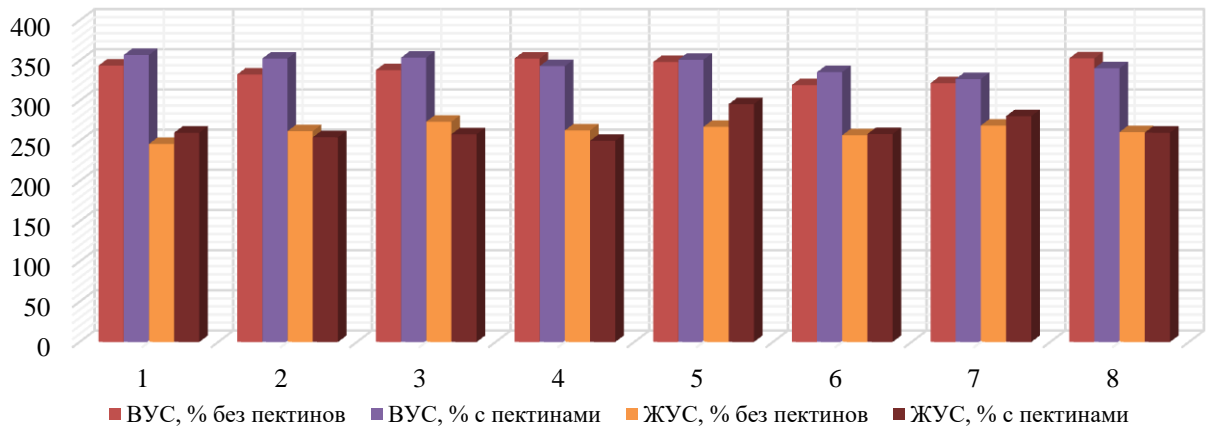


Рис. 1. ВУС и ЖУС мучных композитов с пониженным содержанием глютена

VUS and ZHUS of flour composites with a reduced gluten content

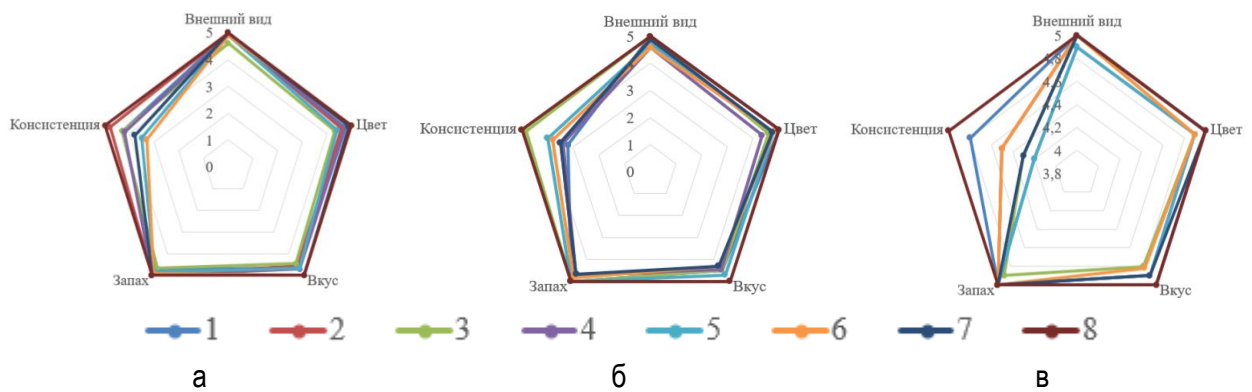


Рис. 2. Органолептические профили печенья (без пектинов) из мучных композитов: а – «Сахарное»; б – «Песочно-сливочное»; в – затяжное «Мария»

Organoleptic profiles of biscuits (without pectins) made of flour composites: а – "Sugar"; б – "Shortbread"; в – lingering "Maria"

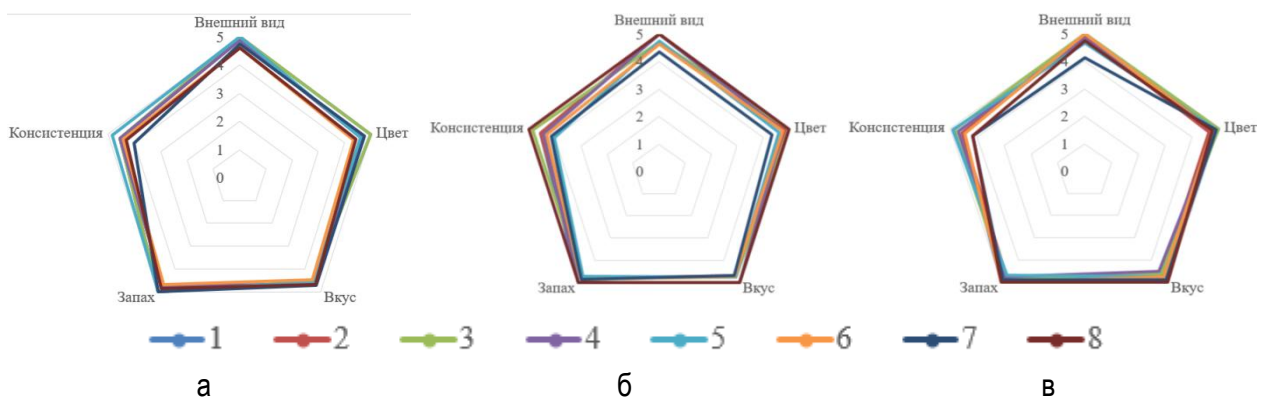
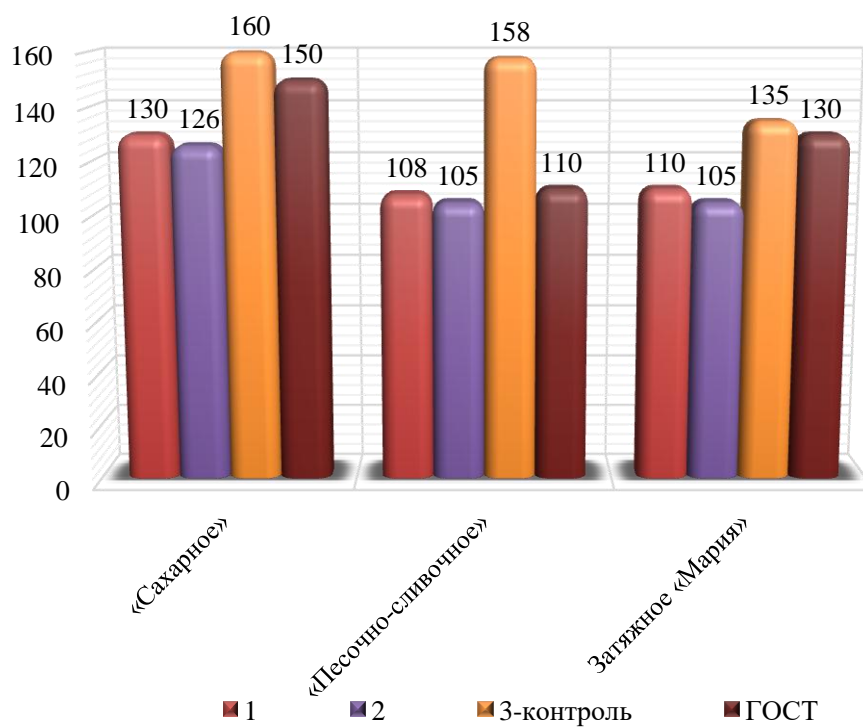
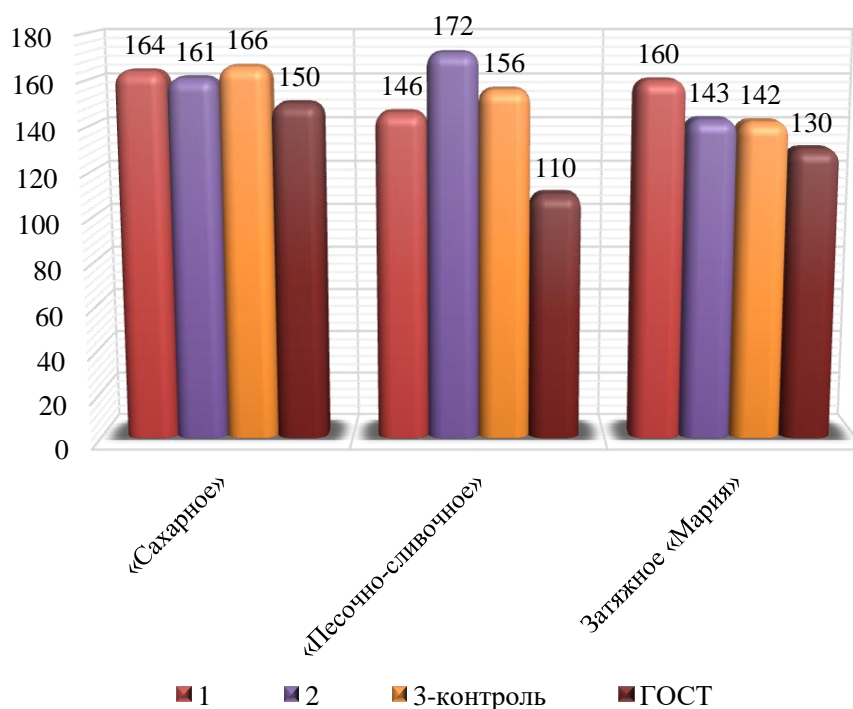


Рис. 3. Органолептические профили печенья (с пектинами) из мучных композитов: а – «Сахарное», б – «Песочно-сливочное», в – затяжное «Мария»

Organoleptic profiles of biscuits (with pectins) made of flour composites: а – "Sugar"; б – "Shortbread"; в – lingering "Maria"



а



б

Рис. 4. Намокаемость печенья: а – без пектинов; б – с пектинами

The wettability of cookies: a – without pectins; б – with pectins

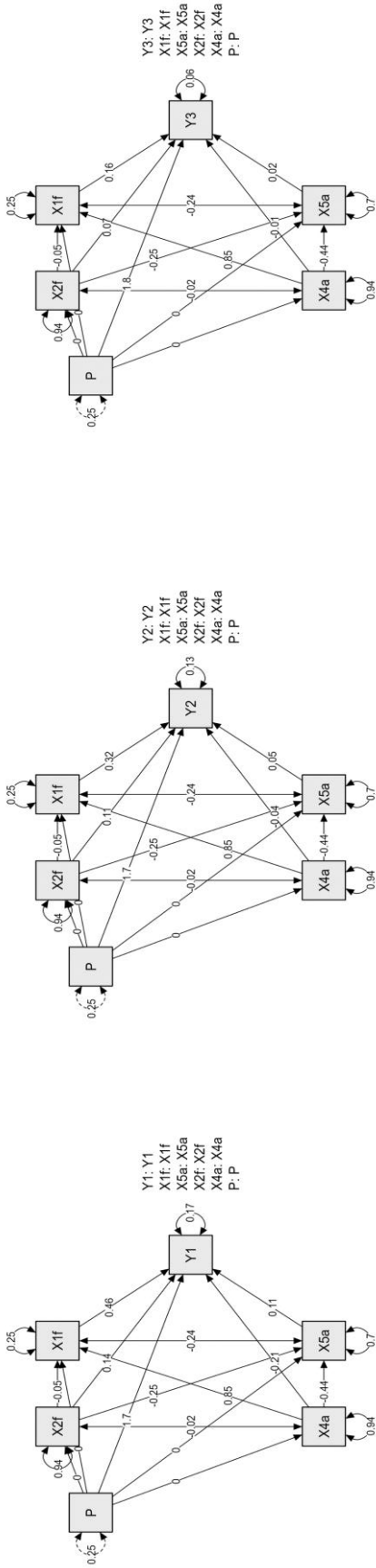


Рис. 5. Результат моделирования оптимизированной рецептуры печенья из мучных композитов с пониженным содержанием глютена: а – «Сахарное»; б – «Песочно-сливочное»; в – затяжное «Мария»

The result of modeling an optimized cookie recipe from flour composites with a reduced gluten content: а – "Sugar"; б – "Shortbread"; в – lingering "Maria"

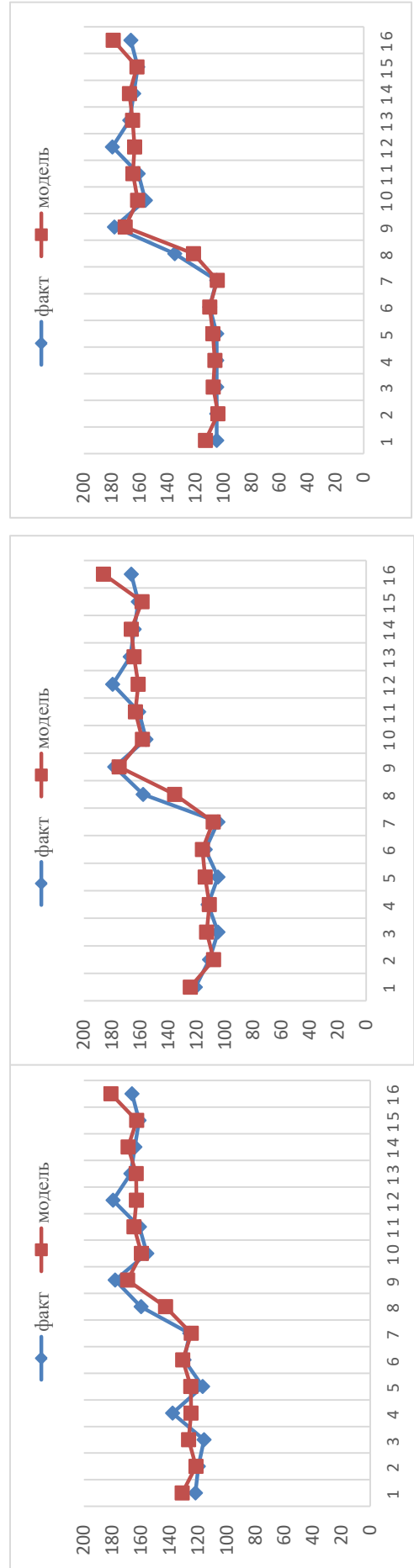


Рис. 6. Линейные регрессии, построенные методом наименьших квадратов: а – «Сахарное»; б – «Песочно-сливочное»; в – затяжное «Мария»  
Linear regressions constructed using the least squares method: а – "Sugar"; б – "Shortbread"; в – prolonged "Maria"

Как показывают данные рисунков 5, 6, полученные регрессионные зависимости описывают тесную связь реологических характеристик теста из мучных композитов и намакаемости печенья с пониженным содержанием глютена. Ли-

нейные регрессии подтверждают объективность результатов моделирования.

Исследованы показатели качества и безопасности печенья (табл. 5).

Таблица 5

**Физико-химические и микробиологические показатели качества и безопасности печенья**  
**Physico-chemical and microbiological indicators of cookie quality and safety**

Номер варианта	Показатель	«Сахарное»	«Песочно-сливочное»	Затяжное «Мария»
Физико-химические показатели				
1	Массовая доля жира, %	4,0...9,8±0,8	17,5...19,5±0,8	10,0...15,0±0,8
2	Массовая доля сахара, %	25,0±1,0	15,0±1,0	10,0±1,0
3	Массовая доля влаги, %	6,8 ...7,0±0,4	5,8...5,9±0,4	5,0...5,3±0,4
4	Щелочность, град.	0,5±0,1	0,3±0,1	0,2±0,1
Микробиологические показатели				
1	Афлатоксин В1, мг/кг	Менее 0,003		
2	Мышьяк (As), мг/кг	Менее 0,01		
3	Свинец (Pb), мг/кг	Менее 0,01		
4	Бактерии группы кишечных палочек (колиформы)	Не обнаружено в 0,1 г		
5	Дрожжи, КОЕ/г	Менее 1,0·10 <sup>1</sup>		
6	МАФАНМ, КОЕ/г	Менее 1,5·10 <sup>2</sup>		
7	Плесневые грибы, КОЕ/г	Менее 1,0·10 <sup>1</sup>		
8	Бактерии рода Salmonella	Не обнаружено в 25 г		

Как показывают данные таблицы 5, образцы разработанного печенья из мучных композитов с пониженным содержанием глютена соответствуют требованиям по показателям качества и безопасности.

**Заключение**

1. Исследованы реологические свойства, ВУС и ЖУС теста из разработанных мучных композитов для производства печенья с пониженным содержанием глютена. Установлено улучшение показателей теста до требуемых значений при добавлении гидроколлоидов –

комбинации пектиновых веществ «цитрусовый-свекловичный».

2. Показаны на основе анализа органолептических профилей и намакаемости печенья из мучных композитов с пониженным содержанием глютена преимущественные значения в вариантах с добавлением пектиновых веществ.

3. Оптимизированы рецептурные составы печенья из мучных композитов с помощью построенных адекватных математических моделей взаимосвязи реологических и качественных показателей теста и печенья соответственно.

4. Подтверждены качество и безопасность печенья на основе результатов физико-химического и микробиологического анализа.

**Список источников**

1. Кочеткова А. А. Специализированная продукция – вектор инноваций в пищевой промышленности // Молочная промышленность. 2022. № 10. С. 49–51. EDN: ALBIVT.
2. Бакулин И.Г., Авалуева Е.Б., Семенова Е.А. Перспективы лечения глютен-ассоциированных заболеваний: о хлебе насущном, целиакии, белках глютена и не только // Альманах клинической медицины. 2022. Т. 50, № 6. С. 367–376. DOI: 10.18786/2072-0505-2022-50-053. EDN: KYFPOK.

3. Анашкина П.Ж., Москвина Е.В., Тимошенкова И.А. Исследование безглютенных видов муки для производства хлебобулочных изделий // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021. № 1-1 (103). С. 98–104. DOI: 10.23670/IRJ.2021.103.1.014. EDN: АОРОСХ.
4. Корнева О.А., Дунец Е.Г., Руденко О.В., и др. Исследование кривой вязкости пресного безглютенового теста в зависимости от концентрации разных видов муки // *Пищевая промышленность*. 2019. № 6. С. 62–65. DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10091. EDN: WTQKOL.
5. Козубаева Л.А., Кузьмина С.С. Современные тенденции формирования ассортимента безглютеновых мучных кондитерских изделий // *Ползуновский вестник*. 2022. № 4-1. С. 57–67. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.007. EDN: NOXWQP.
6. Корнева О.А., Дунец Е.Г., Полозюк Т.Д. Производство мучных кулинарных полуфабрикатов из безглютеновой мучной смеси // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2020. № 1 (373). С. 40–44. DOI: 10.26297/0579-3009.2020.1.11. EDN: HUPCXH.
7. Стрелкова А.К., Красина И.Б., Сторчеус К.Н., и др. Исследование возможности приготовления безглютенового печенья с использованием гидроколлоидов // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2021. № 1 (379). С. 82–85. DOI: 10.26297/0579-3009.2021.1.19. EDN: LALAKB.
8. Кузьмина С.С., Козубаева Л.А., Егорова Е.Ю. Управление реологическими свойствами теста для обеспечения качества безглютенового печенья // *Ползуновский вестник*. 2023. № 2. Р. 60–66. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.008. EDN: XHGIMB
9. Zhang Z., Fan X., Yang X., et al. Effects of amylose and amylopectin fine structure on sugar-snap cookie dough rheology and cookie quality // *Carbohydrate polymers*. 2020. Vol. 241. P. 116371. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116371. EDN: XUQZFM.
10. Zhang H., Liu S., Feng X., et al. Effect of hydrocolloids on gluten proteins, dough, and flour products: A review // *Food Research International*. 2023. Vol. 164. P. 112292. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.112292. EDN: HMHDAR.
11. Xu F., Liu W., Zhang L., et al. Prediction of the rheological properties of wheat dough by starch-gluten model dough systems: effect of gluten fraction and starch variety // *International journal of food science & technology*. 2022. Vol. 57, № 4. P. 2126–2137. DOI: 10.1111/ijfs.15643. EDN: WASMUZ.
12. Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е., Грешилов Е.Т. Обоснование использования ингредиентов для получения обогащенного печенья // *Достижения науки и техники АПК*. 2023. Т. 37, № 10. С. 88–92. DOI: 10.53859/02352451\_2023\_37\_10\_88. EDN: XAZXZB.
13. Pavičić T., Grgić T., Ivanov M., et al. Influence of Flour and Fat Type on Dough Rheology and Technological Characteristics of 3D-Printed Cookies // *Foods*. 2021. Vol. 10. DOI: 10.3390/foods10010193. EDN: TFBZGV.
14. Moriya Y., Hasome Y., Kawai K. Effect of solid fat content on the viscoelasticity of margarine and impact on the rheological properties of cookie dough and fracture property of cookie at various temperature and water activity conditions // *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2020. Vol. 14, № 6. P. 2939–2946. DOI: 10.1007/s11694-020-00538-6. EDN: BVYYWY.
15. Nawaz A., Li E., Khalifa I., et al. Effect of structurally different pectin on dough rheology, structure, pasting and water distribution properties of partially meat-based sugar snap cookies // *Foods*. 2021. Vol. 10, № 11. P. 2692. DOI: 10.3390/foods10112692. EDN: OIWODF.
16. Dhal S., Anis A., Shaikh H., et al. Effect of mixing time on properties of whole wheat flour-based cookie doughs and cookies // *Foods*. 2023. Vol. 12, № 5. P. 941. DOI: 10.3390/foods12050941. EDN: RUZHZI.
17. Санжаровская Н.С., Храпко О.П., Коломиец В.И. Разработка безглютенового печенья с улучшенными потребительскими свойствами // *Ползуновский вестник*. 2021. № 3. С. 61–67. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.008. EDN: QTUYDD.
18. Щербакова Н.А., Талейсник М.А., Руденко О.С. Научные принципы оценки органолептических показателей качества мучных кондитерских изделий // *Пищевая промышленность*. 2023. № 7. С. 81–86. DOI: 10.52653/PPI.2023.7.7.016. EDN: QFBSOH.
19. Куижева С.К., Хатко З.Н., Колодина Е.М. Пектиносодержащие мучные кондитерские изделия с пониженным содержанием глютена // *Майкоп: Магарин Олег Григорьевич*, 2022. 124 с. EDN: NJIBBV.

20. Хатко З.Н., Ашинова А.А. Пектиносодержащие пленочные структуры. Майкоп: МГТУ, 2019. 111 с. EDN: VPRNDF.

### References

1. Kochetkova AA. Specialized products – the vector of innovation in the food industry. *Dairy industry*. 2022;(10):49-51. (In Russ.). EDN: ALBIVT.
2. Bakulin IG, Avalueva EB, Semenova EA. Prospects for the treatment of gluten-associated diseases: on our daily bread, celiac disease, gluten proteins and more... *Al'manah klinicheskoy mediciny*. 2022;50(6):367-376. (In Russ.). DOI: 10.18786/2072-0505-2022-50-053. EDN: KYFPOK.
3. Anashkina PZh, Moskvicheva EV, Timoshenkova IA. A study of gluten free flour types for the production of bakery products. *International Research Journal*. 2021;(1-1):98-104. (In Russ.). DOI: 10.23670/IRJ.2021.103.1.014. EDN: AOPOCX.
4. Korneva OA, Dunets EG, Rudenko OV, et al. Investigation of the viscosity curve of fresh gluten-free dough depending on the concentration of different flour types. *Food Processing Industry*. 2019;(6):62-65. (In Russ.). DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10091. EDN: WTQKOL.
5. Kozubaeva LA, Kuzmina SS. Modern trends in the formation of an assortment of gluten-free flour confectionery products. *Polzunovskiy vestnik*. 2022;4(1):57-67. (In Russ.). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.007. EDN: NOXWQP.
6. Korneva OA, Dunets EG, Polozyuk TD. Production of flour culinary semi-finished products from gluten-free flour mixture. *Izvestiya vuzov. Food Technology*. 2020;(1):40-44. (In Russ.). DOI: 10.26297/0579-3009.2020.1.11. EDN: HUPCXH.
7. Strelkova AK, Krasina IB, Storcheus KN, et al. Research of the possibility of cooking gluten-free cookies with the use of hydrocolloids. *Izvestiya vuzov. Food Technology*. 2021;(1):82-85. (In Russ.). DOI: 10.26297/0579-3009.2021.1.19. EDN: LALAKB.
8. Kuzmina SS, Kozubaeva LA, Egorova EYu. Control of rheological properties of the dough to ensure the quality of gluten-free cookies. *Polzunovskiy vestnik*. 2023;(2):60-66. (In Russ.). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.008. EDN: XHGIMB.
9. Zhang Z, Fan X, Yang X, et al. Effects of amylose and amylopectin fine structure on sugar-snap cookie dough rheology and cookie quality. *Carbohydrate polymers*. 2020;241:116371. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116371. EDN: XUQZFM.
10. Zhang H, Liu S, Feng X, et al. Effect of hydrocolloids on gluten proteins, dough, and flour products: A review. *Food Research International*. 2023;164:112292. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.112292. EDN: HMHDAR.
11. Xu F, Liu W, Zhang L, et al. Prediction of the rheological properties of wheat dough by starch-gluten model dough systems: effect of gluten fraction and starch variety. *International journal of food science & technology*. 2022;57(4):2126-2137. DOI: 10.1111/ijfs.15643. EDN: WASMUZ.
12. Pyanikova EA, Kovaleva AE, Greshilov ET. Rationale for using ingredients to produce fortified cookies. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2023;37(10):88-92. (In Russ.). DOI: 10.53859/02352451\_2023\_37\_10\_88. EDN: XAZXZB.
13. Pavičić T, Grgić T, Ivanov M, et al. Influence of Flour and Fat Type on Dough Rheology and Technological Characteristics of 3D-Printed Cookies. *Foods*. 2021;10. DOI: 10.3390/foods10010193. EDN: TFBZGV.
14. Moriya Y, Hasome Y, Kawai K. Effect of solid fat content on the viscoelasticity of margarine and impact on the rheological properties of cookie dough and fracture property of cookie at various temperature and water activity conditions. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2020;14(6):2939-2946. DOI: 10.1007/s11694-020-00538-6. EDN: BVYYWY.
15. Nawaz A, Li E, Khalifa I, et al. Effect of structurally different pectin on dough rheology, structure, pasting and water distribution properties of partially meat-based sugar snap cookies. *Foods*. 2021;10(11):2692. DOI: 10.3390/foods10112692. EDN: OIWODF.
16. Dhal S, Anis A, Shaikh H, et al. Effect of mixing time on properties of whole wheat flour-based cookie doughs and cookies. *Foods*. 2023;12(5):941. DOI: 10.3390/foods12050941. EDN: RUZHZI.

17. Sanzharovskaya NS, Hrapko OP, Kolomiets VI. Development of gluten-free cookies with improved consumer properties. *Polzunovskiy vestnik*. 2021;(3):61-67. (In Russ.). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.008. EDN: QTUYDD.
18. Scherbakova NA, Taleysnik MA, Rudenko OS. Scientific principles for assessing the organoleptic quality indicators of flour confectionery products. *Food Processing Industry*. 2023;(7):81-86. (In Russ.). DOI: 10.52653/PPI.2023.7.7.016. EDN: QFBSOH.
19. Kuizheva SK, Hatko ZN, Kolodina EM. *Pektinosoderzhashchie muchnye konditerskie izdeliya s ponizhennym содержанием glyutena*. Majkop: Magarin Oleg Grigor'evich; 2022. 124 p. (In Russ.). EDN: NJIBBV.
20. Hatko ZN, Ashinova AA. *Pektinosoderzhashchie plenochnye struktury*. Majkop: MGTU; 2019. 111 p. (In Russ.). EDN: VPRNDF.

Статья принята к публикации 28.02.2025 / The article accepted for publication 28.02.2025.

Информация об авторах:

**Зурет Нурбиевна Хатко**<sup>1</sup>, заведующая кафедрой технологии пищевых продуктов и организации питания, доктор технических наук, доцент

**Екатерина Михайловна Колодина**<sup>2</sup>, младший научный сотрудник кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания

**Асет Ибрагимовна Блягоз**<sup>3</sup>, доцент кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания, кандидат технических наук, доцент

Information about the authors:

**Zuret Nurbievna Khatko**<sup>1</sup>, Head of the Department of Food Technology and Catering, Doctor of Technical Sciences, Docent

**Ekaterina Mikhailovna Kolodina**<sup>2</sup>, Junior Researcher, Department of Food Technology and Catering

**Aset Ibragimovna Blyagoz**<sup>3</sup>, Associate Professor at the Department of Food Technology and Catering, Candidate of Technical Sciences, Docent

