

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-1-110-118>

УДК 664.683.61:664.236

© 2024



*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

## Применение гидроколлоидов в производстве кексов из безглютеновых мучных смесей

Наталья В. Сокол\*, Анастасия В. Коваленко

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени  
И.Т. Трубилина»; ул. Калинина, 13, г. Краснодар, 350044, Россия*

**Аннотация.** Повышение качества пищевой продукции является одной из стратегических задач развития Российской Федерации. Ее решение возможно за счёт производства продуктов питания нового поколения, способных обеспечить оптимальное питание и профилактику заболеваний. Длительное время рынок функциональных и специализированных продуктов был представлен в основном продукцией импортного производства, поэтому в условиях санкций для ликвидации импортозависимости необходимо увеличивать в этом сегменте ассортимент отечественных продуктов. Анализ потребительского спроса в безглютеновых мучных кондитерских изделиях (МКИ) показал, что на продовольственном рынке существует дефицит таких изделий в сегменте специализированных продуктов питания. В связи с чем возникает необходимость проведения исследований по разработке новых рецептур и технологий продуктов питания для людей, страдающих целиакией. Поэтому целью работы явилось обоснование выбора безглютенового сырья и разработка на его основе технологии кексов с применением гидроколлоидов. Объектами исследования в эксперименте служили образцы безглютеновой муки (рисовая, льняная, пшеничная), безглютеновые мучные смеси и безглютеновые кексы. В результате комплексных исследований выявлена безглютеновая смесь с соотношением рисовой, льняной, пшеничной муки (50:25:25), наиболее удовлетворяющая требованиям для замеса безглютенового теста. Установлена оптимальная дозировка 2,0% яблочного пектина при замесе теста, позволившая приготовить безглютеновые кексы, не уступающие по качеству традиционному кексу «Столичный» из пшеничной муки.

**Ключевые слова:** безглютеновая мучная смесь, гидроколлоид, пектин, ксантановая камедь, качество, кекс

**Для цитирования:** Сокол Н.В., Коваленко А.В. Применение гидроколлоидов в технологии кексов из безглютеновых мучных смесей. Новые технологии / New technologies. 2024; 20(1):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-1-110-118>

## The use of hydrocolloids in the production of muffins from gluten-free flour mixtures

Natalia V. Sokol\*, Anastasia V. Kovalenko

Federal State Budgetary Educational Institution  
of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin»;  
13 Kalinin str., Krasnodar, 350044, Russia

**Abstract.** Improving the quality of food products is one of the strategic development goals of the Russian Federation. Its solution is possible through the production of new generation food products that can provide optimal nutrition and disease prevention. For a long time, the market for functional and specialized products was represented mainly by imported products, therefore, under the sanctions, in order to eliminate import dependence, it is necessary to increase the range of domestic products in this segment. An analysis of consumer demand for gluten-free flour confectionery products (GFC) has shown that there is a shortage of such products in the food market. In connection with this, there is a need to conduct research on the development of new recipes and food technologies for people suffering from celiac disease. Therefore, the goal of the research is to substantiate the choice of gluten-free raw materials and to develop cupcakes using hydrocolloids. Samples of gluten-free flour (rice, flax, millet), gluten-free flour mixtures and gluten-free muffins were the objects of the research. As a result of comprehensive research, a gluten-free mixture with a ratio of rice, flaxseed, millet flour (50:25:25) has been identified, which satisfies the requirements for kneading gluten-free dough. The optimal dosage of 2.0% apple pectin when kneading dough has been established, which has made it possible to prepare gluten-free muffins that are not inferior in quality to the traditional Stolichny muffin made from wheat flour.

**Key words:** gluten-free flour mixture, hydrocolloid, pectin, xanthan gum, quality, cake

**For citation:** Sokol N.V., Kovalenko A.V. The use of hydrocolloids in the production of muffins from gluten-free flour mixtures. *Novye tehnologii / New technologies*. 2024; 20(1): <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-1-110-118>

**Введение.** В настоящее время актуальным направлением в производстве пищевой продукции является разработка и внедрение продуктов нового поколения, обеспечивающих оптимальное питание, профилактику различных заболеваний с целью увеличения продолжительности и повышения качества жизни населения России, что нашло отражение в «Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» [5].

В соответствии со стратегией большое внимание уделяется разработке специализированных продуктов диетического лечебного и диетического профилактического питания. К этой категории продуктов

относятся и продукты питания, которые целенаправленно освобождаются от ингредиентов, таких как аллергены, некоторые типы белков, олигосахариды, полисахариды и другие вещества, которые не рекомендуются больным людям по определенным медицинским показаниям [3].

Выпуск такой продукции в РФ регулируется техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» [7].

К специализированной пищевой продукции относятся и продукты, предназначенные для людей, больных глютеновой

энтеропатией (целиакией). Целиакия – это генетически обусловленное заболевание, для которого характерна непереносимость глютена. Для таких больных важно соблюдение безглютеновой диеты, которая заключается в исключении из своего питания продуктов, содержащих глютен. Для больных целиакией токсичной является белковая фракция проламинов ряда злаковых культур. К таким белковым фракциям относятся глиадины пшеницы, секалины ржи, гордеины ячменя [4].

Данные статистики Всемирной организации гастроэнтерологов (World Gastroenterology Organization) говорят о том, что заболевание целиакией во многих странах мира составляет от 1,0 до 2,5% от общей численности населения. В России частота этого заболевания диагностируется 1:200 человек [8].

Российский рынок безглютеновых продуктов в основном представлен хлебобулочными, мучными кондитерскими, макаронными изделиями и заполнен в большой степени ассортиментом импортного производства. Поэтому в настоящее время внимание ученых и специалистов пищевых отраслей России направлено на разработку технологий и расширение ассортимента отечественных конкурентоспособных безглютеновых изделий. Производство отечественной продукции позволит снизить зависимость от импорта продуктов без глютена и обеспечить в полном объеме нуждающихся в такой продукции [9].

Основным направлением в технологии безглютеновых изделий является использование природного безглютенового сырья растительного происхождения, поэтому актуальным вопросом остается поиск новых видов сырья и новых технологических решений производства безглютеновой продукции на их основе [2].

В связи с вышеизложенным анализом состояния затронутой проблемы была определена цель исследований – обоснование выбора безглютенового сырья и разра-

ботка технологии кексов из безглютеновых мучных смесей (БМС) с применением гидроколлоидов.

**Объекты и методы исследования.** Объектами при проведении исследования служили образцы безглютеновой муки (рисовая, льняная, пшеничная), безглютеновые композитные мучные смеси и кексы, приготовленные из БМС.

При разработке рецептуры и технологии кекса из безглютеновой мучной смеси (БМС) использовали ингредиенты, соответствующие требованиям технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011 [6].

Исследования проводили, используя общепринятые и специальные методы анализа в лабораториях Кубанского ГАУ.

Анализы проводили в трех повторностях, с представлением результата в виде среднего арифметического, при доверительной вероятности  $P=0,95$ .

**Результаты исследований.** В настоящее время в рационе питания практически всех групп населения существенную долю составляют мучные кондитерские изделия (МКИ) из пшеничной муки, в которой клейковинные белки при замесе теста выполняют водоудерживающую функцию. Они связывают воду в 2–2,5 раза больше своей массы и являются структурообразующей основой теста и готовых изделий.

При использовании безглютеновых мучных смесей для производства МКИ, в частности кексов, необходимо при замесе теста вносить дополнительно вещества – структурообразователи, способные удерживать влагу на разделе жидкой и твердой фаз теста. Такими свойствами обладают гидроколлоиды, способные регулировать структурно-механические свойства теста и процессы влагопереноса в мучных кондитерских изделиях [10].

В изучаемых безглютеновых образцах муки, используемых для формирования композитных смесей, определялись по-

казатели качества, такие как влажность, число падения (ЧП), кислотность и показатели функционально-технологических

свойств муки – водоудерживающая способность (ВУС) и жирудерживающая способность (ЖУС) (таб. 1).

Таблица 1

Показатели качества безглютеновых видов муки

Table 1

Quality indicators of gluten-free flours

| Образцы муки      | Влажность, % | Кислотность, град | Число падения, с | ВУС %     | ЖУС %     |
|-------------------|--------------|-------------------|------------------|-----------|-----------|
| Пшеничная 1 сорта | 13,5±0,25    | 3,5±0,20          | 254±2,5          | 92,0±2,0  | 62,0±2,5  |
| Рисовая           | 12,0±0,15    | 4,8±0,30          | 433±3,0          | 143,4±2,5 | 90,0±2,0  |
| Льняная           | 9,7±0,25     | 4,1±0,25          | 237±2,2          | 562,0±2,0 | 107,5±1,5 |
| Пшеничная         | 10,0±0,20    | 6,0±0,20          | 364±2,5          | 99,8±1,5  | 53,4±2,0  |

Показатель влажности у исследуемых образцов безглютеновой муки был ниже по сравнению с пшеничной мукой, но в пределах нормы для соответствующего вида.

Кислотность является важным показателем свежести муки и предопределяет сроки хранения готовых изделий. Исследованиями установлено, что этот показатель у безглютеновых видов муки имел более высокие значения по сравнению с пшеничной мукой и варьировал в пределах 4,1–6,0 град., что обусловлено химическим составом безглютеновых видов муки. Поэтому при использовании рисовой, льняной и пшеничной муки, используемой для приготовления БМС, важно учитывать этот фактор.

Показатель ЧП у всех исследуемых образцов безглютеновой муки значительно отличался от контрольного образца пшеничной муки 1 сорта. У льняной муки он был ниже на 17 с., а у пшеничной и рисовой муки – выше на 110 с. и 179 с. соответственно.

Так как водоудерживающая способность выполняет важную функциональную роль в формировании структуры теста и зависит от взаимодействия молекул воды с гидрофильными группами белков и углеводов в составе муки, то этот показатель

определялся во всех опытных образцах. Известно, чем выше показатель ВУС, тем лучше происходит формирование структуры теста, увеличивается выход изделий, пролонгируется срок хранения.

Из таблицы 1 видно, что водоудерживающая способность рисовой муки в 1,6 раза превышает этот показатель по сравнению с пшеничной мукой, а у льняной муки ВУС выше в 6,1 раза данных пшеничной муки, что можно объяснить повышенным содержанием в ней пищевых волокон. ВУС пшеничной муки незначительно отличалась от этого показателя у пшеничной муки. Повышенная ВУС является положительным фактором при замесе теста из безглютеновой муки, так как от способности муки поглощать и удерживать влагу зависит структура и пластичность не только теста для мучных кондитерских изделий, но и готового продукта.

Рецептура мучных кондитерских изделий всегда содержит жиры, поэтому в безглютеновых образцах муки определяли показатель ЖУС. Жирудерживающая способность муки обусловлена связыванием жира гидрофобными группами в составе муки и адсорбцией поверхности твердых частиц. Высокое значение показателя ЖУС муки говорит о его влиянии на текстуру изделий. Анализируя данные



таблицы 1, следует отметить, что наиболее высокой жирудерживающей способностью обладает льняная мука – 107,5%, немного ниже этот показатель у рисовой муки 90,0% – по сравнению с пшеничной мукой, у которой показатель ЖУС был 62,0%. В образце пшеничной муки этот показатель был самым низким – 53,4%.

На основе результатов анализа безглютеновых образцов муки, с учетом их пищевой ценности и химического состава,

моделировались безглютеновые мучные смеси. В состав смеси № 1 входила мука рисовая, льняная, пшеничная в соотношении 50:25:25 соответственно. В смесь № 2 входили те же виды муки, но в соотношении 60:10:30% от общей массы содержания муки в рецептуре. Сформированные безглютеновые мучные смеси также оценивались по показателям качества – влажность, число падения, кислотность, ВУС и ЖУС (таб. 2).

Таблица 2

Сравнительная оценка качества безглютеновых мучных смесей

Table 2

Comparative assessment of the quality of gluten-free flour mixtures

| Образцы  | Влажность, % | Кислотность, град | Число падения, с | ВУС, %    | ЖУС, %   |
|--|--------------|-------------------|------------------|-----------|----------|
| Пшеничная мука 1 сорта (контроль)  | 13,5±0,2     | 3,5±0,3           | 254±3,0          | 92,0±3,0  | 62,0±2,5 |
| Безглютеновая мучная смесь – 1 (рисовая – 50%; льняная – 25%; пшеничная – 25%) | 11,0±0,25    | 5,0±0,2           | 381±2,5          | 168,0±3,2 | 83,8±3,0 |
| Безглютеновая мучная смесь – 2 (рисовая – 60%; льняная – 10%; пшеничная – 30%) | 11,4±0,3     | 4,8±0,3           | 317±2,0          | 145,2±2,5 | 82,3±3,2 |

По комплексу показателей, представленных в таблице 2, для дальнейших исследований была выбрана БМС № 1 – (рисовая : льняная : пшеничная, 50:25:25) соответственно), которую использовали для выпечки безглютеновых кексов.

В пшеничной муке глютен является структурообразователем и отвечает за вязкоупругие свойства, консистенцию пшеничного теста и состояние мякиша изделий. Использование безглютеновой муки приводит к ухудшению структуры и пластичности теста, поэтому нами было принято решение о применении гидроколлоидов в качестве структурообразователя при замесе теста [11].

Для проведения пробных выпечек

безглютеновых кексов использовали гидроколлоиды – яблочный пектин и ксантановую камедь в дозировках 1, 2, 3% к массе муки по рецептуре. В качестве базовой рецептуры использовали рецептуру кекса «Столичный» на химических разрыхлителях [1].

Кексы после выпечки оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям.

Органолептическая оценка проводилась по десятибальной системе по показателям: форма, поверхность, цвет, пропеченность, пористость, запах, вкус.

На рисунке 1 приведена органолептическая оценка безглютеновых кексов с яблочным пектином.

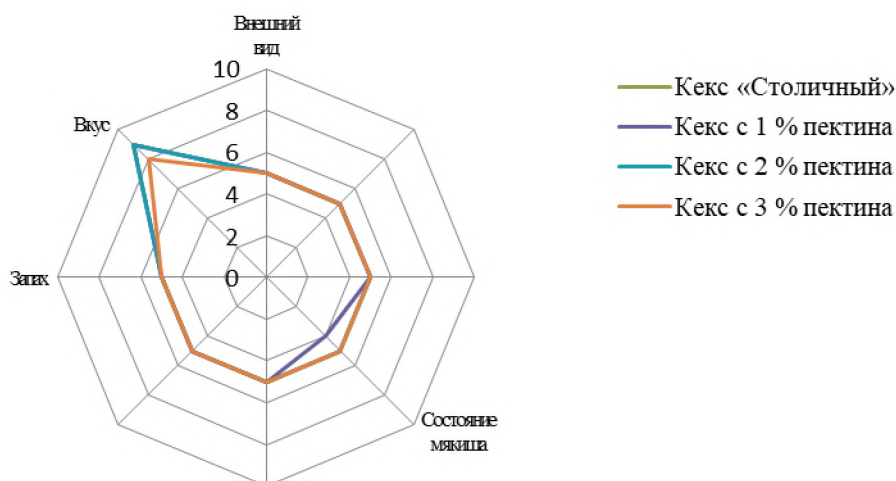


Рис. 1. Органолептическая оценка качества безглютеновых кексов с яблочным пектином

Fig. 1. Organoleptic assessment of the quality of gluten-free muffins with apple pectin

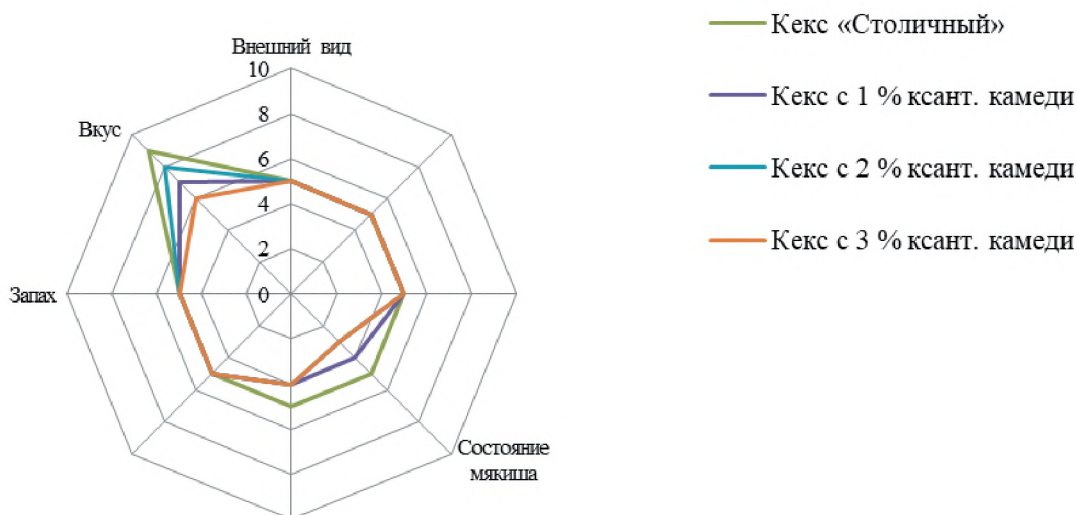


Рис. 2. Органолептическая оценка качества безглютеновых кексов с ксантановой камедью

Fig. 2. Organoleptic quality assessment of gluten-free muffins with xanthan gum

На рисунке 2 представлены данные органолептической оценки безглютеновых кексов с ксантановой камедью.

Органолептическая оценка показала, что лучшими образцами являются безглютеновые кексы с добавлением пектина при замесе теста. В этих образцах отмечалось хорошее состояние мякиша, пропеченность и отличная пористость.

Кексы с применением ксантановой камеди отличались более низкими баллами состояния мякиша, отмечалась сыропеклость мякиша. С увеличением дозировки ксантановой камеди до 2% и 3% состояние мякиша значительно ухудшилось и наблюдалось ухудшение вкуса кексов.

Физико-химические показатели безглютеновых кексов приведены в таблице 3.

Физико-химические показатели качества опытных образцов кексов

Table 3

Physico-chemical quality indicators of muffin samples

| Наименование показателя      | Кекс «Столичный» контроль | Кекс с пектином 1% | Кекс с ксант. камедью 1% | Кекс с пектином 2% | Кекс с ксант. камедью 2% | Кекс с пектином 3% | Кекс с ксант. камедью 3% |
|------------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|
| Массовая доля влаги, %       | 12,6±0,5                  | 13,9±0,3           | 12,6±0,2                 | 13,00±0,3          | 14,8±0,2                 | 14,3±0,3           | 15,4±0,4                 |
| Плотность, г/см <sup>3</sup> | 0,53±0,2                  | 0,54±0,3           | 0,55±0,2                 | 0,55±0,3           | 0,57±0,3                 | 0,56±0,2           | 0,59±0,2                 |
| Щелочность, град.            | 1,8±0,2                   | 1,9±0,2            | 2,0±0,3                  | 1,9±0,3            | 2,0±0,2                  | 2,0±0,3            | 2,2±0,3                  |

Значения показателя влажности у всех экспериментальных образцов кексов соответствовали требованиям ГОСТ 15052-2014. По показателю плотности образцы безглютеновых кексов с яблочным пектином были в пределах требований стандарта. Образцы кексов с ксантановой камедью имели завышенные показатели, что согласуется с данными органолептической оценки этих образцов. Щелочность у всех образцов соответствовала стандарту,

за исключением образца с 3,0% ксантановой камеди.

Проведенные исследования и систематизация полученных данных позволили определить оптимальный вариант приготовления кекса из безглютеновой мучной смеси с применением яблочного пектина в качестве структурообразователя. Кекс с добавлением яблочного пектина в количестве 2,0% представлен на рисунке 3.

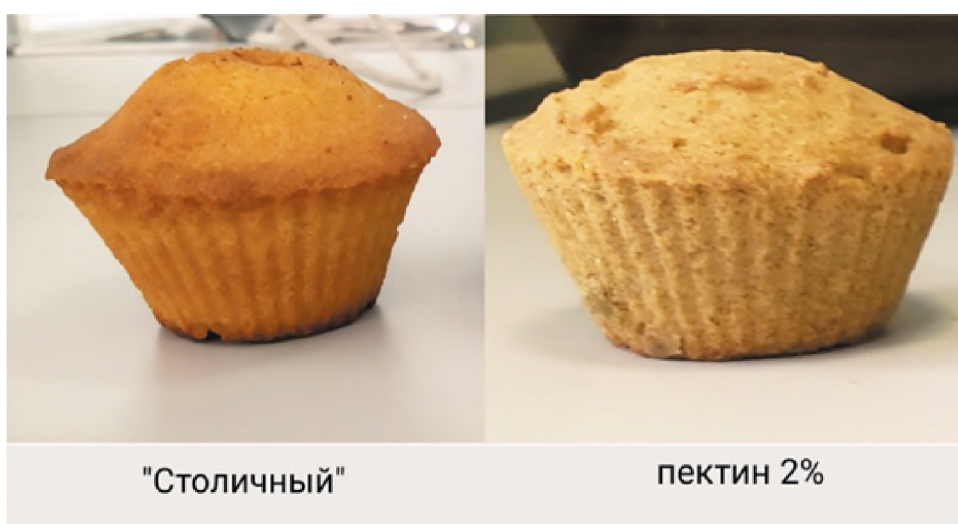


Рис. 3. Кекс «Столичный» и безглютеновый кекс с дозировкой 2,0% яблочного пектина

Fig. 3. Stolichny muffin and a gluten-free one with a dosage of 2.0% of apple pectin

**Выводы.** Результаты исследования качества безглютеновых видов рисовой, льняной и пшеничной муки позволили сформировать безглютеновые мучные смеси для производства мучных кондитерских изделий. Выявлена безглютеновая смесь с соотношением рисовой, льняной, пшеничной муки (50:25:25), име-

ющая хорошие функционально-технологические свойства. Установлено, что оптимальной дозировкой при замесе теста для безглютеновых кексов является 2% яблочного пектина, при которой качество кексов не уступает качеству традиционного кекса «Столичный», из пшеничной муки первого сорта.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Апет Т.К., Пашук З.Н. Справочник технолога кондитерского производства: в 2-х т. Т. 1. Технологические рецептуры. СПб.: ГИОРД; 2004.
2. Барсукова Н.В., Решетников Д.А., Красильников В.Н. Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий. Научный журнал ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2011; 1(11): 9.
3. Данович Н.К., Красина И.Б., Казьмина О.И. Использование нетрадиционного сырья при производстве безглютеновых вафельных хлебцев. Известия вузов. Пищевая технология. 2015; 1: 49-51.
4. Егорова Е. Ю., Козубаева Л. А. Безглютеновые смеси с амарантовой мукой. Ползуновский вестник. 2018; 1: 22-26.
5. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс]: распоряжение правительства РФ от 29 июня 2016 № 1364-р. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420363999> (дата обращения 17.09.2023).
6. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержденный решением комиссии Таможенного союза от 09.12.2011г. № 880.
7. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» ТР ТС 027/2012 [Электронный ресурс]: сайт Техэксперт Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. 2012. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902352823> (дата обращения: 27.09.2023).
8. Хатко З.Н., Беретарь С.Т., Неровных Л.П. и др. Разработка способа пектиносодержащего песочного теста (замороженного полуфабриката) для песочного печенья функционального назначения с низким содержанием глютена. Новые технологии. 2023; 19(2): 83-90.
9. Шнейдер Д.В. Формирование рецептуры безглютеновых смесей для выпечки. Пищевая промышленность. 2012; 2: 55-57.
10. Cairano M.F., Galgano R., Tolve M.C. et al. Condelli Focus on gluten free biscuits: ingredients and issues. Trends in Food Science & Technology. 2018; 81: P. 203-212.
11. Bashir S., Yaseen M., Sharma V. et al. Rheological and textural properties of gluten free cookies based on pearl millet and flaxseed. Biointerface Research in Applied Chemistry. 2020; 10(5): 6565-6576.

### REFERENCES:

1. Apet T.K., Pashuk Z.N. Directory of confectionery production technologist: in 2 volumes. v. 1. Technological recipes. SPb.: GIORД; 2004. [in Russian]
2. Barsukova N.V., Reshetnikov D.A., Krasilnikov V.N. Food engineering: technologies for gluten-free flour products. ITMO scientific journal. Series: Processes and apparatus for food production. 2011; 1(11): 9. [in Russian]



3. Danovich N.K., Krasina I.B., Kazmina O.I. The use of non-traditional raw materials in the production of gluten-free wafer bread. News from universities. Food technology. 2015; 1:49-51. [in Russian]
4. Egorova E. Yu., Kozubaeva L. A. Gluten-free mixtures with amaranth flour. Polzunovsky Bulletin. 2018; 1:22-26. [in Russian]
5. Strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030 [Electronic resource]: Decree of the Government of the Russian Federation of June 29, 2016 No. 1364-r. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420363999> (accessed September 17, 2023). [in Russian]
6. Technical Regulations of the Customs Union TR CU 021/2011 «On the safety of food products», approved by the Decision of the Customs Union Commission dated 09.12.2011. No. 880. [in Russian]
7. Technical Regulations of the Customs Union «On the safety of certain types of specialized food products, including dietary therapeutic and dietary preventive nutrition» TR CU 027/2012 [Electronic resource]: website Tekhekspert Electronic fund of legal and regulatory technical documentation. 2012. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902352823> (access date: 27.09.2023). [in Russian]
8. Khatko Z.N., Beretar S.T., Nerovnykh L.P. etc. Development of a method for pectin-containing shortcrust pastry (frozen semi-finished product) for functional shortbread cookies with low gluten content. New technologies. 2023; 19(2): 83-90. [in Russian]
9. Schneider D.V. Formulation of recipes for gluten-free baking mixtures. Food industry. 2012; 2: 55-57. [in Russian]
10. Cairano M.F., Galgano R., Tolve M.C. et al. Condelli Focus on gluten free biscuits: ingredients and issues. Trends in Food Science & Technology. 2018; 81: pp. 203-212.
11. Bashir S., Yaseen M., Sharma V. et al. Rheological and textural properties of gluten free cookies based on pearl millet and flaxseed. Biointerface Research in Applied Chemistry. 2020; 10(5): 6565-6576.

### **Информация об авторах / Information about the authors**

**Наталья Викторовна Сокол**, профессор, доктор технических наук, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»

sokol\_n.v@mail.ru

тел.: +7 (918) 414 40 20

**Natalya V. Sokol**, Dr Sci. (Eng.), Professor, FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»

sokol\_n.v@mail.ru

tel.: +7 (918) 414 40 20

**Анастасия Владимировна Коваленко**, магистрант, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»

nina-revyakina@inbox.ru

тел.: +7 (929) 838 10 94

**Anastasia V. Kovalenko**, Master student, FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»

nina-revyakina@inbox.ru

tel.: +7 (929) 838 10 94

Поступила в редакцию 20.11.2023; поступила после рецензирования 10.01.2024; принята к публикации 11.01.2024

Received 20.11.2023; Revised 10.01.2024; Accepted 11.01.2024