

Научная статья

УДК 664.663.9

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-18-26

ПРИМЕНЕНИЕ МУКИ ИЗ СЕМЯН ЧЕРНОГО ТМИНА В ИЗГОТОВЛЕНИИ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛЕБА

Беляев Алексей Геннадьевич^{1✉}, *Трубников Владимир Николаевич*²,
*Еськов Дмитрий Иванович*³, *Чуваев Иван Владимирович*⁴,
*Барышникова Анастасия Владимировна*⁵

^{1,4}Юго-Западный государственный университет, Курская область, Курск, Россия

^{2,3}Курский государственный аграрный университет, Курская область, Курск, Россия

⁵Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

¹7631pektin@mail.ru✉

²aja491vn@yandex.ru

³aja491vn@yandex.ru

⁴impost46impost@gmail.com

⁵nastyal81997@icloud.com

Аннотация. Безглютеновый хлеб не обладает достаточной питательной ценностью, что может привести к дефициту важных микроэлементов и биологически активных веществ. В представленной работе рассмотрена возможность использования компонентов муки из семян черного тмина, в качестве обогащающей добавки в изготовлении безглютенового хлеба, проведены исследования влияния обогащения на органолептические и физико-химические характеристики. Для реализации намеченных исследований были изготовлены образцы безглютенового хлеба, с внесением различных концентраций муки из семян черного тмина, в рецептуры. В рецептуре, безглютенового хлеба, содержащего безглютеновую смесь из рисовой, кукурузной и пшеничной муки применена мука из семян черного тмина, контрольным образцом 1, был безглютеновый хлеб, изготовленный без добавок. Для приготовления опытных образцов использовали муку черного тмина, с заменой ею части от общего количества безглютеновой смеси, в образце 2 в количестве 5%, в образце 3 в количестве 10%, в образце 4 в количестве, 15%, муки из семян черного тмина, внесенной от массы безглютеновой смеси. Полученные образцы исследовали по органолептическим показателям, образец 2 был отмечен, как наилучший. Определяли физико-химические показатели кислотности и массовой доли влаги образцов, которые находились в пределах нормативных показателей, регламентируемых государственным стандартом. Результаты проведенных опытов, позволяют сделать вывод о том, что внесение в рецептуры муки из черного тмина, в количестве 5% от общего содержания безглютеновой смеси улучшает органолептические и физико-химические показатели безглютенового хлеба.

Ключевые слова: безглютеновая мука, мука из семян чёрного тмина, физико-химические и органолептические показатели.

Для цитирования: Применение муки из семян черного тмина в изготовлении безглютенового хлеба / А.Г. Беляев, В.Н. Трубников, Д.И. Еськов, И.В. Чуваев, А.В. Барышникова // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 18-26. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-18-26>.

Original article

THE USE OF BLACK CUMIN FLOUR IN THE MANUFACTURE OF GLUTEN-FREE BREAD

Alexey G. Belyaev^{1✉}, *Vladimir N. Trubnikov*², *Dmitry I. Eskov*³, *Ivan V. Chuvaev*⁴,
*Anastasia V. Baryshnikova*⁶

^{1,4}Southwestern State University, Kursk Region, Kursk, Russia

^{2,3}Kursk State Agrarian University, Kursk Region, Kursk, Russia

⁵Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

¹7631pektin@mail.ru[✉]

²aja491vn@yandex.ru

³aja491vn@yandex.ru

⁴impost46impost@gmail.com

⁵nastya181997@icloud.com

Abstract. *Gluten-free bread does not have sufficient nutritional value, which can lead to a deficiency of important microelements and biologically active substances. In the presented work, the possibility of using components of black cumin seed flour as an enriching additive in the manufacture of gluten-free bread is considered, and the effect of enrichment on organoleptic and physicochemical characteristics is studied. To implement the planned studies, gluten-free bread samples were made with the introduction of various concentrations of black cumin seed flour into the recipes. In the recipe of gluten-free bread containing a gluten-free mixture of rice, corn and millet flour, black cumin seed flour was used, control sample 1 was gluten-free bread made without additives. To prepare the experimental samples, black cumin flour was used, replacing part of the total amount of gluten-free mixture, in sample 2 in the amount of 5%, in sample 3 in the amount of 10%, in sample 4 in the amount of 15%, flour from black cumin seeds, introduced from the mass of gluten-free mixture. The obtained samples were examined for organoleptic indicators, sample 2 was noted as the best. Physicochemical indicators of acidity and mass fraction of moisture of the samples were determined, which were within the normative indicators regulated by the state standard. The results of the experiments allow us to conclude that the introduction of black cumin flour into the recipes, in the amount of 5% of the total content of the gluten-free mixture, improves the organoleptic and physicochemical indicators of gluten-free bread.*

Keywords: *gluten-free flour, black cumin seed flour, physicochemical and organoleptic properties.*

For citation: *The use of black cumin flour in the manufacture of gluten-free bread. A.G. Belyaev, V.N. Trubnikov, D. I. Eskov, I.V. Chuvaev, A.V. Baryshnikova. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 3(37), pp. 18-26. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-18-26>.*

Введение

Целиакия является распространенным заболеванием во всем мире, оказывающим значительное влияние на повседневную жизнь [4].

Целиакией страдает 0,5–1% населения земного шара, отмечается неуклонный рост непереносимости глютена [6].

При этом заболевании клейковина повреждает ворсинки тонкой кишки, ответственные за поглощение витаминов и минералов из пищи. Нарушение функции кишечника может привести к различным сопутствующим заболеваниям, начиная от дерматита и заканчивая сахарным диабетом.

Исследователи делают вывод о необходимости проведения дальнейшего изучения с целью улучшения или разработки новых безглютеновых хлебных изделий, богатых питательными веществами, и оценки их эффективности в качестве носителей питательных микроэлементов и биологически активных соединений [8].

Часто безглютеновый хлеб не обладает достаточной питательной ценностью, что может привести к дефициту важных микроэлементов и биологически активных веществ.

Черный тмин известен своими антиоксидантными свойствами и содержанием множества полезных веществ. Добавление муки из семян черного тмина в безглютеновый хлеб позволит повысить его пищевую ценность и сделать его более полезным для людей с целиакией или непереносимостью глютена [1].

Мука семян черного тмина является богатым источником витаминов, минералов и антиоксидантов. В нем содержится большое количество полиненасыщенных жирных кислот, витамина Е и бета-каротина, которые способствуют укреплению иммунной системы, снижению уровня холестерина в крови и улучшению общего состояния организма [1].

Помимо этого, семена черного тмина обладают противовоспалительными и противомикробными свойствами. Вещества входящие в семена, активно борются с болезнетворными микроорганизмами, помогают справиться с инфекциями и воспалительными процессами в

организме. Применение муки из семян черного тмина разнообразно. Она может быть использована в кулинарии, добавляясь в хлебобулочные изделия, тесто, супы, салаты и другие блюда.

В представленной работе изучена возможность применения муки из семян черного тмина, в качестве обогащающей добавки при приготовлении безглютенового хлеба, и её воздействие на некоторые показатели качества полученных образцов. Была проведена органолептическая оценка полученных образцов, исследованы физико-химические показатели кислотности и массовой доли влаги.

Имеются исследования как зарубежных, так и отечественных авторов по применению растительных компонентов в качестве добавок при изготовлении безглютеновых изделий.

Исследователи Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е., Овчинникова Е.В., Колесник Д.В., применяли муку из семян чёрного тмина, и яблочные выжимки в рецептурах печенья, и получили высокие органолептические и физико-химические показатели готовых опытных образцов. Авторы установили, что «для получения печенья с использованием муки из семян черного тмина с высокими показателями качества оптимальным является внесение муки из черного тмина в количестве 7,3% (допускается не более 7,5%) от общего количества всех ингредиентов» [5].

Элс Дебонн с соавторами, в своей статье сравнивали влияние масел из семян черной смородины, семян черного тмина, тимьяна и зародышей пшеницы на технологические качества теста и хлеба, а также их противогрибковую активность. Влияние масел на впитывание воды и свойства замешивания теста, эластичность, и активность дрожжей сравнивали с контрольным образцом без масла и эталонным образцом с пропионатом кальция [9]. Оценивались вес, объём, цвет и структура мякиша. Антигрибковая активность проверялась путём определения срока хранения хлеба. Результаты показали, что в целом добавление масел приводило к снижению консистенции теста. Также известно, что масло семян тмина обладает антиоксидантной активностью. Кроме того, эта широко используемая в кулинарии специя обладает потенциальной противомикробной активностью [9].

Ученые из Турции Элиф Джавдароглу с соавторами провели исследования по сравнению антиоксидантных, технологических и веганские свойства белкового концентрата из жмыха чёрного тмина с аналогичными свойствами коммерческих белков. Результаты исследований белкового концентрата из жмыха чёрного тмина показали более высокий антиоксидантный потенциал, способность связывать железо, чем изолят картофельного белка, но сопоставимый с изолятом соевого белка; антиоксидантный потенциал показал самую высокую эмульгирующую способность при низких концентрациях белка [10].

Э.А. Черниязова, А.А. Ефремова, Н. Л. Наумова, в своей статье отмечают, что «одним из способов повышения пищевой ценности хлеба из ржаной муки является внесение в рецептуру теста нетрадиционных видов растительного сырья», и отмечают, что «применение муки из семян черного тмина позволит существенно повысить в ржаных изделиях содержание пищевых волокон и микроэлементов (железа, меди, кобальта, магния)» [1].

Неваленная, А.А. с соавторами использовали экстракт черного тмина вместе с другими добавками для обогащения рыбо-растительных снеков добавками с низким гликемическим индексом – гречневой мукой, СО₂-экстрактами и шротами растений с антиоксидантными свойствами. Авторы использовали фарш из мяса прудовых рыб, гречневую муку, экстракты перца черного и тмина черного, шроты липидсодержащих растений, а также готовые рыбо-растительные снеки [5].

Е. И. Пономарева с соавторами предложили использование продуктов из семян черного тмина, совместно с другими ингредиентами из пророщенных семян льна с внесением различных обогатителей (амарантовые отруби, тыквенная мука, жмых черного тмина, клетчатка конопляная с морской капустой), в производстве флаксов [2].

Н.С. Родионова с соавторами провели исследования по изучению возможности добавления муки из семян черного тмина в мучные изделия (галеты). В состав галет входили тапиоковый крахмал, куриные яйца, сычужный сыр, растительное масло, вода питьевая. В качестве обогащающих источников биологически активных веществ в состав галет вводили

композицию из частично обезжиренной муки зародышей пшеницы «Витазар» и отрубей пшеничных в соотношении дополнительно в рецептуру вводили порошок из морской капусты изолят соевого белка, изолят горохового белка, частично обезжиренную муку семян черного тмина. Авторы утверждают, что «удовлетворение суточной потребности организма разработанными образцами мучных изделий более чем на 50 % по следующим макро- и микроэлементам: Ca, Mg, Na, P, Co, Cr, I, Mn [3].

При обзоре публикаций зарубежных и отечественных исследователей по обогащающим компонентам, вносимым в состав хлебобулочных изделий, не было найдено данных об исследовании такой добавки при изготовлении безглютенового хлеба, как мука из семян черного тмина.

Впервые представлены получение и исследование образцов безглютенового хлеба с применением муки из семян чёрного тмина.

В работе представлены результаты изучения свойств полученных образцов безглютенового хлеба с применением в рецептурах концентрации муки из семян черного тмина 5, 10 и 15 процентов, внесенной от массы безглютеновой смеси с ее заменой. Найден наиболее приемлемый образец по органолептическим показателям, определены физико-химические показатели образцов, такие как кислотность и влажность

Цель исследования – оценить возможность применения муки из семян черного тмина в качестве обогащающей добавки при изготовлении безглютенового хлеба, и изучить ее влияния на некоторые показатели качества полученных опытных образцов.

В исследовании были определены такие задачи, как подбор компонентов рецептур, для создания новых видов образцов безглютенового хлеба, полученных с внесением различных концентраций муки из семян черного тмина; сравнительная оценка органолептических показателей изготовленных образцов; определение кислотности и массовой доли влаги.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в лабораториях кафедры товароведения технологии и экспертизы товаров Юго-Западного государственного университета в 2023-2025 гг.

Сырьё и рецептура опытных образцов безглютенового хлеба приведены в табл. 1. В основу рецептуры положена рецептура безглютенового хлеба, с применением безглютеновой смеси рисовой, кукурузной, пшеничной муки, применена мука из семян черного тмина, контрольным образцом № 1, был безглютеновый хлеб, изготовленный без добавок.

Добавку вносили в количестве 5; 10; 15% к массе безглюеновой мучной смеси непосредственно при замесе и другие компоненты. По рецептурам, представленным в табл. 1, были изготовлены образцы безглютенового хлеба и исследованы их показатели качества. Контролем был безглютеновой хлеб без добавления муки из семян черного тмина.

Таблица 1. Рецептуры безглютенового хлеба, с добавлением муки из семян черного тмина при замене основного сырья (5%, 10%, 15%)

Наименование компонента рецептуры, г	Образец №1 Контрольный	Образец №2 5% замены	Образец №3 10 % замены	Образец №4 15% замены
Безглютеновая смесь:	400	380	360	340
рисовая мука	150	142	134	126
кукурузная мука	150	142	134	126
пшеничная мука	100	96	92	88
крахмал кукурузный	50	50	50	50
крахмал картофельный	50	50	50	50
дрожжи сухие	3	3	3	3
Разрыхлитель теста	5	5	5	5
Соль	1,5	1,5	1,5	1,5
Вода	430	430	430	430
Мука из семян черного тмина	-	20	40	60

Органолептические и физико-химические показатели определяли после того, как изделие остыло, и применяли ГОСТ 34835-2022 Продукция пищевая специализированная. Изделия хлебобулочные безглютеновые. Общие технические условия. Массовая доля влаги определялась по ГОСТ 21094-75 Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности; кислотность – по ГОСТ 5670-96 Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности.

Результаты исследований и их обсуждение

Внешний вид готовых изделий характеризовался привлекательной формой и ровной поверхностью. Цвет хлеба варьировался от светло-желтого до темно-коричневого оттенка, в зависимости от пропорций исходных ингредиентов. Структура мякиша безглютенового хлеба с мукой из семян черного тмина обладал приятной мягкостью и эластичностью. Плотность мякиша была оптимальной, обеспечивая сбалансированное соотношение между прочностью и легкостью жевания. Пористость хлеба создавала аппетитный внешний вид и обеспечивала хорошую воздушность продукта. Вкус безглютенового хлеба с мукой семян черного тмина являлся насыщенным и нежным. Хлеб имел легкую ореховую нотку. Аромат безглютенового хлеба с мукой из семян черного тмина был приятный и интенсивный, пробуждающий аппетит.

В целом, органолептические показатели безглютенового хлеба с мукой семян черного тмина подчеркивали его высокое качество и привлекательность для любителей здорового и вкусного питания. В табл. 2 представлены органолептические показатели качества безглютенового хлеба с мукой из семян черного тмина.

Таблица 2. Органолептические показатели качества безглютенового хлеба с мукой из семян чёрного тмина

Наименование показателя	Характеристика по ГОСТ 34835-2022	Образец №1 Контрольный	Образец №2 5% замены	Образец № 3 10 % замены	Образец №4 15% замены
Внешний вид: форма и поверхность, цвет	Соответствующие виду изделия От светло-желтого до темно-коричневого	Квадратная в соответствии с формой для выпечки, без притисков, не расплывчатая цвет желтый	Квадратная в соответствии с формой для выпечки, без притисков, не расплывчатая. светло серый	Квадратная в соответствии с формой для выпечки, без притисков, не расплывчатая. цвет серый	Квадратная в соответствии с формой для выпечки, без притисков, не расплывчатая цвет темно серый
Состояние мякиша, пропеченность, промес, пористость	Пропеченный, не влажный на ощупь. Без следов непромеса. Свойственная изделию конкретного наименования, допускается неравномерная, неразвитая, с наличием крупных пор, пустот и уплотнения мякиша. Для изделий, в рецептуру теста с включениями	Пропеченный не влажный на ощупь. Без следов непромеса. Пористость равномерная умерено развитая, с наличием небольших пустот	Пропеченный не влажный на ощупь. Без следов непромеса. Пористость равномерная хорошо развитая, без пустот, и уплотнения мякиша.	Пропеченный не влажный на ощупь. Без следов непромеса. Пористость равномерная хорошо развитая, без пустот, и уплотнения мякиша.	Пропеченный немного влажный на ощупь. Без следов непромеса. Пористость равномерная хорошо развитая, встречаются уплотнения мякиша

	орехов, сушеных фруктов, цукатов и т. п. Для изделий с начинкой может быть увлажнен.				
Вкус	Свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса.	С просяным привкусом	С просяным привкусом, и легким и легким приятным пряным привкусом семян черного тмина	С просяным и умеренным приятным пряным привкусом семян черного тмина, с легким горьким привкусом	С просяным привкусом и выраженным пряным горьким привкусом
Запах	Свойственный данному виду изделий, без постороннего запаха.	Без постороннего запаха, с просяным ароматом	Без постороннего запаха, с просяным ароматом, с легким запахом муки из семян черного тмина	Без постороннего запаха, с просяным ароматом, с умеренным запахом муки из семян черного тмина	Без постороннего запаха, с просяным ароматом, выраженным запахом муки из семян черного тмина
Консистенция замороженных изделий	Твердая	Твердая	Твердая	Твердая	Твердая

Хлеб имел легкую ореховую нотку. Аромат безглютенового хлеба с мукой из семян черного тмина был приятный и интенсивный, пробуждающий аппетит.

В целом, органолептические показатели безглютенового хлеба с мукой семян черного тмина подчеркивали его высокое качество и привлекательность для любителей здорового и вкусного питания.

Из данных табл. 2, безглютеновые изделия, с мукой из семян черного тмина, соответствуют показателям ГОСТ 34835-2022 Образцы полученного безглютенового хлеба с мукой семян черного тмина в разрезе представлены на рис. 1.

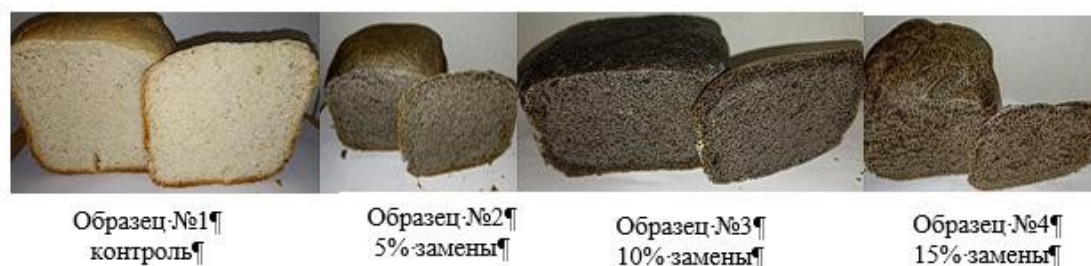


Рисунок 1. Образцы безглютенового хлеба с мукой из семян черного тмина

Из результатов органолептических исследований, отраженных в табл. 2, видно, что полученные образцы безглютенового хлеба с мукой из семян черного тмина соответствуют нормативным органолептическим показателям, но, хлеб, имеющий в своем составе большие концентрации замены на муку черного тмина, имеют худшие органолептические показатели вкуса и аромата по сравнению с образцами меньшей концентрации. Оптимальными по этим

показателям оказались образцы, имеющие в своем составе, 5% замены безглютеновой мучной смеси на муку тмина.

Качество готовых образцов безглютенового хлеба оценивали по следующим физико-химическим показателям – влажность и кислотность, результаты представлены в табл. 3.

В результате полученных данных выяснилось, что увеличение содержания добавки муки черного тмина в рецептуре увеличивает кислотность готового изделия.

Кислотность безглютенового хлеба с мукой черного тмина составила для контроля 0,36 градуса Тернера, для образцов с внесением муки черного тмина 5%, 10%, 15% соответственно 0,5; 0,64; 0,76 градуса Тернера.

В результате исследования определено, что влажность исследуемых образцов изделий увеличивалась с увеличением процента замены безглютеновой мучной смеси на муку черного тмина.

Таблица 3. Результаты исследования физико-химических показателей качества образцов

Наименование показателя	Характеристика по ГОСТ 34835-2022	Образец №1 Контрольный	Образец №2 5% замены	Образец №3 10 % замены	Образец №4 15% замены
Влажность мякиша, %	19,0-65,0	53,6	54,1	54,7	56
Кислотность мякиша, град.	0,2-5,0	0,36	0,5	0,64	0,76

Соответственно с заменой безглютеновой мучной смеси на муку черного тмина 5% влажность составила 54,1; 10% – 54,7%; 15% – 56%. Влажность контрольного образца составила 53,6%. В соответствии с ГОСТ 34835-2022 Продукция пищевая специализированная. Изделия хлебобулочные безглютеновые. Общие технические условия. Норма для влажности мякиша безглютеновых изделий составляет 19,0-65,0%. Необходимо отметить, что изделия соответствовали нормативным показателям, но вносимая добавка черного тмина, увеличивала влажность мякиша пропорционально увеличению количества замены в образцах изделий.

Выводы

1. По результатам проведенных исследований выяснилось, что для получения безглютенового хлеба с использованием муки из семян черного тмина с высокими показателями качества предпочтительным является внесение муки из семян черного тмина в количестве 5% от общего количества безглютеновой смеси из рисовой, кукурузной и просяной муки.

2. Исследование физико-химических показателей полученных образцов безглютенового хлеба с заменой муки из безглютеновой смеси, частью муки из семян черного тмина показало, что массовая доля влаги у образца №1 составила 53,6%, у образца №2 – 54,1%; у образца №3 – 54,1%; у образца №4 – 56%; кислотность у образца №1 - 0,36 град., у образца №2 – 0,5 град., у образца №3 – 0,64 град., у образца №4 – 0,76 град. Полученные данные находятся в пределах, допустимых действующим стандартом для безглютеновых хлебобулочных изделий.

Список источников

1. Альхамова Г.К. и др. Хлебобулочные изделия специального назначения с использованием семян пажитника, чёрного тмина и стевииозидов / Г. К. Альхамова, Н.В. Андросова, Е.А. Акулова, В. И. Боган // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2018. Т. 6. № 4. С. 34-41.

2. Выбор рациональных параметров сушки флаксов с различными обогатителями / Е. И. Пономарева, С. А. Титов, М. Г. Магомедов [и др.] // Пищевая промышленность. 2023. № 7. С. 10-13.
3. Оценка минерального состава мучных изделий функционального назначения / Н. С. Родионова, Е. С. Попов, Д. И. Матвеев [и др.] // Пищевая промышленность. 2019. № 12. С. 76-80.
4. Популяционное исследование распространенности целиакии среди школьников г. Москвы / А. С. Антишин, А. Р. Полищук, М. А. Манина [и др.] // Вопросы детской диетологии. 2023. Т. 21. № 2. С. 13-23.
5. Пьяникова Э.А. и др. Оценка качества печенья из муки семян черного тмина и яблочных выжимок / Э.А. Пьяникова, А.Е. Ковалева, Е.В. Овчинникова, Д.В. Колесник // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 3(33). С. 55-62.
6. Современные представления о патогенетических механизмах целиакии: определяющая роль в клинических вариантах течения /П.В. Шумилов, Ю.Г. Мухина, О.К. Нетребенко [и др.] // Педиатрия. 2016. Т. 95. № 6. С. 110–121.
7. Черниязова А. А. Ефремова Н. Л. Наумова Сравнительный анализ химического состава растительного сырья, применяемого в технологии производства ржаного хлеба // Ползуновский вестник. 2018. № 2. С. 79-84.
8. Belyaev A., Shvets O., Belyaeva I. The use of non-traditional types of flour in the production of gluten-free butter cookies // E3s web of conferences: X International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-X 2024), Termez, Uzbekistan, April 29-30, 2024. Les Ulis: EDP Sciences, 2024. P. 02018.
9. The influence of natural oils of blackcurrant, black cumin seed, thyme and wheat germ on dough and bread technological and microbiological quality / Els Debonne, IngridDe Leyn, Jan Verwaeren [et. all.] // LWT. Vol. 93. 2018. Pp. 212-219.
10. Utilization of black cumin (*Nigella sativa* L.) cake proteins as a sustainable food ingredient: A comparative study with commercial proteins for antioxidant, techno-functional and vegan cheese properties / Elif Çavdaroğlu, Hilal Kayı, Yaren Buse Budak [et. All] // Food Hydrocolloids. Vol. 159. 2025. P. 110712.

References

1. Alhamova G.K. and others. Bakery products for special purposes using fenugreek seeds, black cumin and stevioside. G. K. Alhamova, N.V. Androsova, E.A. Akulova, V. I. Bogan. Bulletin of SUSU. The series «Food and biotechnology», 2018, vol. 6, no. 4. pp. 34-41.
2. The choice of rational parameters for drying vials with various concentrators. E. I. Ponomareva, S. A. Titov, M. G. Magomedov [et al.]. Food industry, 2023, no. 7, pp. 10-13.
3. Evaluation of the mineral composition of functional flour products. N. S. Rodionova, E. S. Popov, D. I. Matveev [et al.]. Food industry, 2019, no. 12, pp. 76-80.
4. Population study of the prevalence of celiac disease among schoolchildren in Moscow. A. S. Antishin, A. R. Polishchuk, M. A. Manina [et al.]. Issues of children's dietetics, 2023, vol. 21, no. 2, pp. 13-23.
5. Pyanikova E.A. and others. Evaluation of the quality of biscuits made from flour of black cumin seeds and apple pomace. E.A. Pyanikova, A.E. Kovaleva, E.V. Ovchinnikova, D.V. Kolesnik. Agroindustrial technologies of Central Russia, 2024, no. 3(33), pp. 55-62.
6. Modern concepts of the pathogenetic mechanisms of celiac disease: a determining role in clinical variants of the course. P.V. Shumilov, Yu.G. Mukhina, O.K. Netrebenko [et al.]. Pediatrics, 2016, vol. 95, no. 6, pp. 110-121.
7. Cherniyazova A. A. Efremova N. L. Naumova Comparative analysis of the chemical composition of vegetable raw materials used in the production technology of rye bread. Polzunovsky bulletin, 2018, no. 2, pp. 79-84.
8. Belyaev A., Shvets O., Belyaeva I. The use of non-traditional types of flour in the production of gluten-free butter cookies. E3s web of conferences: X International Conference on Ad-

vanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-X 2024), Termez, Uzbekistan, April 29-30, 2024. Les Ulis: EDP Sciences, 2024, p. 02018.

9. The influence of natural oils of blackcurrant, black cumin seed, thyme and wheat germ on dough and bread technological and microbiological quality. Els Debonne, IngridDe Leyn, Jan Verwaeren [et. all.]. LWT, vol. 93, 2018, pp. 212-219.

10. Utilization of black cumin (*Nigella sativa* L.) cake proteins as a sustainable food ingredient: A comparative study with commercial proteins for antioxidant, techno-functional and vegan cheese properties. Elif Çavdaroğlu, Hilal Kayı, Yaren Buse Budak [et. All]. Food Hydrocolloids, vol. 159, 2025, p. 110712.

Информация об авторах

А.Г. Беляев – кандидат биологических наук, доцент кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров;

В.Н. Трубников – кандидат технических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой «Процессы и машины в агроинженерии»;

Д.И. Еськов – старший преподаватель кафедры «Процессы и машины в агроинженерии»;

И.В. Чуваев – обучающийся;

А.В. Барышникова – старший преподаватель кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции.

Information about the authors

A.G. Belyaev – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Commodity Science, Technology and Expertise of Goods;

V.N. Trubnikov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Acting Head of the Department «Processes and Machines in Agroengineering»;

D.I. Eskov – Senior lecturer at the Department of «Processes and Machines in Agroengineering»;

I.V. Chuvaev – Student;

A.V. Baryshnikova – Senior lecturer at the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products.