

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-225-230>

Поступила 16.01.2024

Поступила после рецензирования 08.05.2024

Принята в печать 15.05.2024

© Дубцова Г. Н., Витол И. С., 2024



<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

Open access

БЕЗГЛЮТЕНОВЫЕ СНЕКИ НА ОСНОВЕ МУЧНОЙ КОМПОЗИТНОЙ СМЕСИ, ОБОГАЩЕННЫЕ ПРЯНОСТЬЮ АСАФЕТИДА (*Ferula assa-foetida*)

Дубцова Г. Н.¹, Витол И. С.^{2*}

¹ Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

мука рисовая,
гороховая, нутовая,
мучные композитные
смеси, пряность
асафетида,
безглютеновые снеки

С целью расширения ассортимента мучной снековой продукции, относящейся к категории специализированных продуктов, была разработана и научно обоснована рецептура снеков на основе мучных композитных смесей. Данные снеки предназначены для потребителей, придерживающихся принципов здорового питания, но, в первую очередь, для пациентов с целиакией. В рецептуре используются безглютеновые виды муки, обогащенные пряностью асафетида. Предварительные исследования показали, что из шести вариантов мучных смесей наибольшую биологическую ценность имеет состав с соотношением 60% рисовой муки, 20% гороховой муки и 20% нутовой муки. В составе пряности асафетида методом масс-спектрометрии выявлен широкий спектр душистых веществ, относящихся к различным классам органических соединений: алифатические спирты, оксосоединения, алифатические и ароматические карбоновые кислоты, сложные эфиры, терпены, производные фенола, гетероциклические ароматические соединения (производные фурана и тиафена). Они обладают широким спектром действия — определяют вкус, аромат, проявляют антиоксидантные свойства, предупреждают прогоркание жиров. Исследования показали, что добавление 0,2% асафетиды к мучной смеси не только увеличивает окислительную стабильность снеков (индукционный период возрастает в 1,5 раза), но и снижает содержание липидов. Это достигается за счет уменьшения абсорбции жира при жарке во фритюре (примерно в 1,5 раза). В результате калорийность продукта снижается на 6,8% по сравнению с контролем, замедляются процессы окисления и увеличивается срок годности снеков. Результаты органолептической оценки показали, что безглютеновые снеки с добавлением асафетиды значительно превосходят контрольный образец. Суммарная балльная оценка составила 24 балла для снеков с асафетидой против 19 баллов для контрольного образца. Они имели наиболее гармоничный внешний вид, цвет, вкус, запах по данным профилограммы органолептических показателей среди таких изделий как безглютеновые снеки на основе мучных композитных смесей без добавок (контроль), с добавкой пищевых волокон, с добавлением пряности асафетиды и пищевых волокон.

Received 16.01.2024

Accepted in revised 05.08.2024

Accepted for publication 15.08.2024

© Dubtsova G. N., Vitol I. S., 2024

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

Open access

GLUTEN-FREE SNACKS BASED ON FLOUR COMPOSITE MIXTURE, FORTIFIED WITH ASAFOETIDA SPICE (*Ferula assa-foetida*)

Galina N. Dubtsova¹, Irina S. Vitol^{2*}

¹ Russian Biotechnological University, Moscow, Russia

² All-Russian Scientific and Research Institute for Grain and Products of its Processing, Moscow, Russia

KEY WORDS:

rice flour, pea flour,
chickpea flour, flour
composite mixtures,
asafoetida spice,
gluten-free snacks

ABSTRACT

A recipe of snacks based on flour composite mixtures has been developed and scientifically substantiated with the aim of extending an assortment of flour snack products belonging to the category of specialized products. These snacks are intended for consumers adhering to the health nutrition principles and, first of all, for patients with celiac disease. Gluten-free types of flour fortified with the asafoetida spice are used in the recipe. Preliminary studies demonstrated that the formulation with a ratio of 60% rice flour, 20% pea flour and 20% chickpea flour had the highest biological value among six variants of flour mixtures. Using the mass-spectrometry method, a wide spectrum of aromatic substances belonging to different classes of organic compounds was revealed in the composition of the asafoetida spice, including aliphatic alcohols, oxo-compounds, aliphatic and aromatic carboxylic acids, esters, terpenes, phenol derivatives, heterocyclic aromatic compounds (derivatives of furan and thiophene). They have a wide spectrum of action: determine taste and aroma, show the antioxidant properties, and prevent fat rancidification. The investigations showed that addition of 0.2% of asafoetida to the flour mixture not only increased the oxidative stability of snacks (induction period increased by 1.5 times), but also reduced the content of lipids. This was achieved due to a decrease in fat absorption during deep-fat frying (approximately by 1.5 times). As a result, the caloric content of the product reduced by 6.8% compared to the control, the oxidation processes were retarded and the shelf-life of snacks was extended. The results of the organoleptic assessment show that gluten-free snacks with the addition of asafoetida are significantly superior to the control sample. The total score of snacks with asafoetida was 24 points compared to 19 points given to the control sample. They had the most harmonious appearance, color, taste, and odor according to the profilogram of organoleptic indicators among products such as gluten-free snacks based on flour composite mixtures without additives (control), with addition of dietary fibers, with addition of the asafoetida spice and dietary fibers.

1. Введение

По темпам прироста сегмента рынка мелкоштучных товаров, которые условно объединяют в категорию «снеки», 2021 год стал для России рекордным. До 70% роста рынка обеспечивали 6 катего-

рий снековой продукции — это сыры, мороженое, мучные изделия, чипсы, кондитерские изделия, охлажденные десерты. По оценкам BusinesStat, «в 2022 году продажи снеков в России снизились на 2,1% к уровню предыдущего года и составили 706 тыс. т.», что связано

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Дубцова, Г. Н., Витол, И. С. (2024). Безглютеновые снеки на основе мучной композитной смеси, обогащенные пряностью асафетида (*Ferula assa-foetida*). *Пищевые системы*, 7(2), 225–230. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-225-230>

FOR CITATION: Dubtsova, G. N., Vitol, I. S. (2024). Gluten-free snacks based on a flour composite mixture, fortified with the Asafoetida spice (*Ferula assa-foetida*). *Food Systems*, 7(2), 225–230. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-225-230>

с различными факторами. Однако, «по прогнозам, в 2023–2027 годах продажи снеков будут восстанавливаться по мере прохождения острой фазы санкционного кризиса. Дефицита снеков не ожидается: зависимость рынка от импорта слабая, а продукция ушедших иностранных производителей будет пополняться аналогами (как российскими, так и зарубежными)» [1,2].

Среди разного рода снековой продукции все большую популярность приобретает специализированная продукция на основе многокомпонентных мучных смесей — это так называемые безглютеновые продукты (или “gluten free”), предназначенные для людей, страдающих целиакией [3]. Целиакия (глютеновая энтеропатия) — атрофия слизистой оболочки тонкой кишки вследствие непереносимости белков злаков (клейковины или глютена). Более точно — непереносимость спирторастворимой белковой фракции — проламинов (глиадин — у клейковины пшеницы) [4,5,6]. В настоящее время безглютеновые мучные изделия пользуются спросом не только среди потребителей, которым необходимо придерживаться специализированной безглютеновой диеты по медицинским показаниям, но и среди сторонников так называемого здорового питания, число которых в России за последнее время значительно выросло [3,7].

В этом сегменте пищевой индустрии мировыми лидерами признаны следующие производители: Kraft Heinz Company, Kellogg's Company, Hain Celestial Group Inc., Bob's Red Mill, ConAgra Brands Inc. (США); Raisio PLC, Provena (Финляндия), Barilla G. E.R., Fratelli S. P.A., Nutri Free, Shar (Италия); Gullon (Испания). В России безглютеновые мучные продукты выпускают компании «МакМастер» (Ивантеевка, Московская область), «Гарнец» (Владимир), АО «Макфа» (Челябинск), ООО «Гермес» (Белебей, Башкортостан), ООО «Di&Di» (Санкт-Петербург), ООО «Компания Монастырский Двор» (Новосибирск), ООО «Диетика», (Всеволожск, Ленинградская область) и другие [8,9]. Потребительский спрос и готовность производителей вырабатывать такую продукцию вызвали повышенный интерес исследователей к разработке высококачественных безглютеновых пищевых продуктов с высокой пищевой ценностью [10–12]. Количество научных исследований фундаментального [13–16] и прикладного [15,17] характера в последние годы значительно возросло. Они позволяют на основе комплексных исследований оценить физико-химические и биохимические особенности состава исходных компонентов безглютеновых мучных смесей [18,19], различного рода добавок и обогащающих ингредиентов [20,21]; а также с помощью методов математического моделирования сбалансировать состав и оптимизировать рецептуру безглютеновых изделий [22,23], выявить их взаимосвязь с функциональными свойствами исходных компонентов [24,25] и с органолептическими показателями готовых изделий [19,23,26]. Это позволит расширить ассортимент снековой продукции для различных групп потребителей — в первую очередь для людей, страдающих целиакией. Однако мнения специалистов о способности безглютеновой продукции снижать массу тела и уменьшать проявления заболеваний алиментарного характера (например, пищевой аллергии) разделились: некоторые ученые считают, что это заключение строится на предположениях и в настоящее время не доказано [9], другие, напротив, поддерживают эту позицию [27].

Следует особо подчеркнуть, что создание безглютеновых изделий требует тщательного изучения каждой партии исходного сырья, поскольку производство данного вида продукции жестко регламентируется ТР ТС 027/2012¹, при этом предусмотрен также вид специализированной пищевой продукции с низким содержанием глютена.

Целью данной работы является разработка безглютеновых снеков на основе трех видов муки, не содержащих клейковину (глютен), обогащенных пряностью асафетида, а также характеристика готовых изделий по физико-химическим, органолептическим и микробиологическим показателям качества.

2. Материалы и методы

В работе использовали сырье, необходимое для создания безглютеновой снековой продукции: безглютеновую муку трех видов: рисовую (ГОСТ 31645–2012²), гороховую и нуттовую

(ТУ 9293–009–89751414–10³); а также ингредиенты: масло сливочное по ГОСТ 32261–2013⁴, соль поваренная по ГОСТ Р 51574–2000⁵, вода питьевая по СанПиН 2.1.4.1074–01, пряность асафетида (ASAFOETIDA, высший сорт, Индия) и препарат апельсиновых пищевых волокон Citri-Fi (Fiberstar Inc., США).

В качестве фритюрного масла использовали масло растительное высокоолеиновое «Премиум», ТУ 9141–012–33356775–2008⁶.

Методы исследования химического состава и физико-химических показателей компонентов мучных смесей и полуфабрикатов: влажность определяли по ГОСТ 13586.5–2015⁷; зольность — по ГОСТ 10847–2019⁸; общее содержание белка — методом Кельдаля (N×6,25) по (ГОСТ 10846–91⁹); липидов — по Сокслету (ГОСТ 29033–91¹⁰); углеводов — по ГОСТ 26176–2019¹¹. Количество растворимых белков определяли по методу Лоури. Фракционный состав растворимых белков определяли по методу Осборна [28]. Жиросвязывающую способность (ЖСС) различных видов муки — как описано в работе [29]. Определение окислительной стабильности липидов осуществляли по ГОСТ 53160–2008 (ISO 6886:2006)¹².

Определение содержания гидроксикоричных кислот, суммы флавоноидов и состава душистых веществ проводили согласно Р4.1.1672–03 «Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище».

Для определения суммы флавоноидов использовали спектрофотометрический метод. Оптическую плотность растворов измеряли при длине волны 415 нм на спектрофотометре СФ-2000 (ООО «ОКБ Спектр», Россия). Определение гидроксикоричных кислот осуществляли хроматографическим методом на хроматографе (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA).

Исследование состава душистых веществ осуществляли на приборе хромато-масс-спектрометр (Agilent Technologies, USA) с автоматической системой обработки данных с использованием «библиотеки масс-спектров» для идентификации отдельных ароматических компонентов.

Методы исследования фритюрного масла включали: метод органолептической оценки фритюрного жира по ГОСТ 5472–50¹³, определение перекисного числа жира (ПЧ) по ГОСТ Р 51487–99¹⁴, кислотного числа жира (КЧ) по ГОСТ Р 52110–2003¹⁵, анидинового числа жира (АЧ) по ГОСТ Р 53099–2009 (ISO 6885:2006)¹⁶.

Методы исследования готовой продукции: органолептическую оценку готовых изделий проводили в соответствии с ГОСТ 53104–2008¹⁷; микробиологические исследования готового изделия осуществляли по следующим методикам: определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов по ГОСТ 10444.15–94¹⁸, определение количества бактерий группы

³ ТУ 9293–009–89751414–10 «Мука гороховая, нуттовая, чечевичная. Технические условия».

⁴ ГОСТ 32261–2013 «Масло сливочное. Технические условия». М.: Стандартинформ. 2014. — 18 с.

⁵ ГОСТ Р 51574–2000 «Соль поваренная пищевая. Технические условия» М.: ГОССТАНДАРТ РОССИИ. 2005. — 12 с.

⁶ ТУ 9141–012–33356775–2008 «Масло подсолнечное высокоолеиновое «Премиум». Технические условия».

⁷ ГОСТ 13586.5–2015 «Зерно. Метод определения влажности». Москва: Стандартинформ, 2019. — 23 с.

⁸ ГОСТ 10847–2019 «Зерно. Метод определения зольности». Москва: Стандартинформ, 2019. — 25 с.

⁹ ГОСТ 10846–91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка». Москва: Стандартинформ, 2009. — 9 с.

¹⁰ ГОСТ 29033–91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира». Москва: ИПК «Издательство стандартов», 2009. — 6 с.

¹¹ ГОСТ 26176–2019 Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов. М.: Стандартинформ. 2019. — 11 с.

¹² ГОСТ 53160–2008 (ISO 6886: 2006). «Жиры и масла животные и растительные. Определение устойчивости к окислению (ускоренное испытание на окисление)». М.: Стандартинформ. 2009. — 13 с.

¹³ ГОСТ 5472–50. «Масла растительные. Определение запаха, цвета и прозрачности». М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. — 12 с.

¹⁴ ГОСТ Р 51487–99. «Масла растительные и животные. Метод определения перекисного числа жира». М.: Стандартинформ. 2008. — 6 с.

¹⁵ ГОСТ Р 52110–2003. «Масла растительные. Методы определения кислотного числа». М.: Стандартинформ. 2008. — 8 с.

¹⁶ ГОСТ Р 53099–2009 (ISO 6885:2006). «Жиры и масла животные и растительные. Определение анидинового числа». М.: Стандартинформ. 2009. — 7 с.

¹⁷ ГОСТ 53104–2008. «Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания». М.: Стандартинформ. 2009. — 12 с.

¹⁸ ГОСТ 10444.15–94. «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов». М.: Стандартинформ. 2010. — 7 с.

¹ ТР ТС 027/2012. Технический регламент таможенного союза «О безопасности отдельных видов специализированной продукции, в том числе диетического, лечебного и диетического профилактического питания». Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 15 июля 2012 г. № 34. — 26 с.

² ГОСТ 31645–2012 «Мука для продуктов детского питания. Технические условия». М.: Стандартинформ. 2013. — 9 с.

кишечных палочек по ГОСТ 31747–2012¹⁹, выявление и подсчет количества дрожжей и плесневых грибов по ГОСТ 10444.12–2013²⁰.

Процесс получения безглютеновых снеков по разработанной рецептуре включал следующие операции: подготовка сырья, приготовление теста — смешивание рисовой, гороховой и нутовой муки с пряностью асафетида предварительно растопленным сливочным маслом и раствором поваренной соли и дальнейший замес теста. Далее — формовка в экструдере и обжаривание во фритюре (5–10 сек). Готовые снеки поступают в аппарат для удаления излишка жира и охлаждения до температуры 15–20 °С, а затем на фасовку и упаковку.

Хранение контрольного и опытного образцов готовых изделий, упакованных в пергаментную бумагу, осуществляли при температуре 18 ± 5 °С и при относительной влажности воздуха не более 75% в течение трех месяцев. Процесс окисления липидов контролировали каждые 30 суток по показателю перекисного числа жира (ПЧ).

Анализ проводили в трех повторностях, представляя результаты как средние арифметические. Расхождения между параллельными определениями не превышали 3% от среднего арифметического значения при доверительной вероятности $P=0,95$ [30].

3. Результаты и их обсуждение

Для создания нового вида безглютеновых снеков на основе комбинированной мучной смеси были выбраны три вида муки, разрешенных для безглютеновой диеты — мука рисовая, гороховая, нутовая [31]. Химический состав образцов муки приведен в работе [7].

Поскольку при приготовлении снеков тестовые заготовки обжариваются во фритюре, жиросвязывающая способность (ЖСС) муки вносит существенный вклад в содержание жира в конечном продукте и в целом в его калорийность (энергетическую ценность). Анализ полученных показателей ЖСС рисовой, гороховой и нутовой муки показал, что рисовая мука обладает наименьшей ЖСС (г/г): 0,68 против 0,93 и 1,15 для гороховой и нутовой муки соответственно. Закономерность полученных результатов связана с тем, что рисовая мука содержит в 3 раза меньше белка (%), чем мука бобовых культур (7,0 против 21,0–22,0), а именно от содержания белка, в первую очередь, зависит способность муки связывать жир. Кроме того, на ЖСС влияет и фракционный состав белков (Рисунок 1). В рисовой муке преобладает фракция глобулинов (щелочерастворимые белки) — 68%, а в гороховой и нутовой муке — альбумино-глобулиновая фракция (водо- и солерастворимые белки) — 82 и 74% соответственно.



Полученные данные необходимо учитывать при составлении мучных комбинированных смесей. В данном случае количество рисовой муки очевидно должно преобладать, поскольку ее ЖСС примерно в 1,5–2,0 раза меньше, чем у гороховой и нутовой муки.

¹⁹ГОСТ 31747–2012. «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)». М.: Стандартинформ. 2013. — 19 с.

²⁰ГОСТ 10444.12–2013. «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов». М.: Стандартинформ. 2014. — 11 с.

Проведенный ранее [7] анализ данных аминокислотного состава исследуемых видов безглютеновой муки показал, что выбранные виды муки могут дополнять друг друга. Так, в рисовой муке содержится меньше лизина, треонина, изолейцина, чем в эталонном белке, бобовые виды муки содержат меньше валина, метионина и цистина, по сравнению с эталонным белком.

С использованием программы Microsoft Office Excel 2007 были составлены мучные комбинированные смеси (МКС) с различным соотношением исходных компонентов (6 вариантов). Они содержали 50, 55 и 60% рисовой муки, содержание гороховой и нутовой муки составляло по 15, 20, 25 от общего количества смеси. С учетом таких показателей, как аминокислотный скор (АС) по незаменимым аминокислотам, лимитирующая аминокислота, коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС) и биологическая ценность (БЦ), для дальнейших исследований была выбрана МКС следующего состава: мука рисовая, гороховая, нутовая в соотношении 60:20:20, имеющая показатель биологической ценности 74,9% [7].

Известно, что включение в состав безглютеновой мучной смеси муки бобовых культур может придавать изделиям ярко выраженный привкус. Для улучшения потребительских свойств изделий исследовали возможность нивелировать привкус бобовых культур и придания изделиям определенных вкусовых и ароматических свойств с использованием пряности асафетида.

Асафетида (*Ferula assa-foetida*) — многолетнее травянистое растение; вид рода Ферула (*Ferula*) семейства Зонтичные (*Apiaceae*). Для получения пряности млечный сок корней асафетида, который при контакте с воздухом образует смолу, высушивают и измельчают [32]. Специя популярна и широко используется в индийской кулинарии, обладает положительным воздействием на организм человека, в том числе помогает процессам переваривания, что особенно важно для изделий, имеющих в своем составе бобовые, содержащие трудноперевариваемые олигосахариды.

Асафетида в сухом виде состоит примерно из 4–20% эфирного масла, содержащего серные вещества, сесквитерпены, терпены (фелландренин и альфа-пинин) и кумарины; 40–60% составляют олеосмолы с высоким содержанием феруловой кислоты (до 60%) и 25% камеди [32,33].

Пряность асафетиду оценивали по основным химическим компонентам: содержание белка, липидов, углеводов составило по 0,1%. Общее содержание флавоноидов (в пересчете на рутин) — 349,83 мг/100 г.

Среди биологически активных веществ пряности асафетида особый интерес представляют полифенольные соединения, разнообразная биологическая активность которых может служить основанием для разработки продуктов профилактического назначения. Выявлено, что фенольные соединения представлены флавоноидами и фенолокислотами, в частности, пряность асафетида в своем составе содержит значительное количество флавоноидов, гидроксикоричных кислот, следовательно, может быть отнесена к фенольным антиоксидантам [33]. Последние, в свою очередь, обладают различным антиокислительным действием и способны предотвращать перекисное окисление липидов путем утилизации химически активных соединений кислорода, липидных пероксильных и алкоксильных радикалов, а также за счет образования хелатных комплексов с ионами переходных металлов. Определение фенолокислот показало, что преобладающими гидроксикоричными кислотами пряности являются хлорогеновая (30,0 мг/кг) и феруловая кислоты (17 мг/кг), кафтаровая кислота содержится в незначительном количестве (1,0 мг/кг) (Рисунок 2).

Методом масс-спектрометрии было установлено, что в состав пряности асафетида входит набор душистых веществ (64 вещества), включающий алифатические спирты, оксосоединения (альдегиды и кетоны — алифатические, ароматические и гетероциклические),

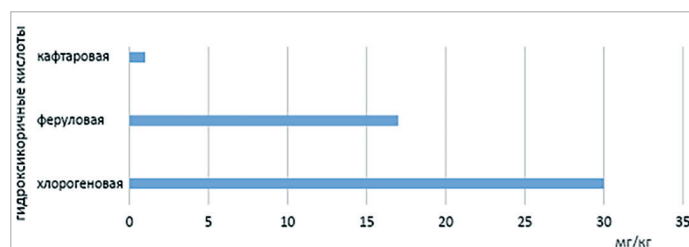


Рисунок 2. Основные гидроксикоричные кислоты пряности асафетида, полученные методом ВЭЖХ
Figure 2. Main hydroxycinnamic acids of the spice asafetida obtained by HPLC

алифатические и ароматические карбоновые кислоты, сложные эфиры, терпены, производные фенола, гетероциклические ароматические соединения (производные фурана и тиафена). Они не только отвечают за вкус и аромат, но и являются биологически активными соединениями широкого спектра действия, в том числе обладают антиокислительными свойствами и предупреждают прогоркание жиров [34,35]. Это приобретает принципиальное значение, когда речь идет об изделиях, заключительной стадией приготовления которых является обжаривание во фритюре.

Для фритюрной обжарки снеков использовали высокоолеиновое подсолнечное масло как наиболее устойчивое к окислительным процессам среди жидких растительных масел [7] со следующими характеристиками: КЧ — 0,3 мг КОН/г, ПЧ — 1,5 мэкв/кг, АЧ — 0,9 усл. ед. Асафетиду вносили в количестве 0 (контроль), 0,02, 0,1 и 0,2%. Образцы масла термостатировали при 120 °С и определяли индукционный период, он составил 5,29; 7,80; 7,98 и 8,22 часа соответственно. Введение пряности асафетида увеличивает индукционный период процесса окисления в 1,5 раза, следовательно, асафетида проявляет антиоксидантные свойства.

На заключительном этапе на основании проведенных исследований была разработана рецептура и технологическая схема производства безглютеновых снеков с добавлением 0,2% пряности асафетида и 0,6% апельсиновых пищевых волокон Citri-Fi (Fiberstar Inc., США) для улучшения структуры изделия и предотвращения отделения влаги в процессе хранения, а также с целью улучшения вкусовых характеристик. Были определены показатели качества (физико-химические, органолептические и микробиологические) и проведен расчет пищевой и энергетической ценности готовых изделий.

Оценка физико-химических показателей готовых изделий показала, что при введении пряности асафетида количество липидов, поглощаемых изделием, уменьшилось на 14,3% (Таблица 1) по сравнению с контрольными образцами изделий (без внесения пряности и пищевых волокон). Добавление пищевых волокон не привело к снижению количества липидов в изделии, что косвенно подтверждает главенствующую роль белков, а не пищевых волокон (некрахмальных полисахаридов) в этом процессе. Полученные экспериментальные данные показали, что введение пряности асафетида позволяет значительно уменьшить содержание жира в изделии, а, следовательно, снизить его калорийность (энергетическую ценность).

При хранении готовых изделий было выявлено (Рисунок 3), что процесс окисления липидов при добавлении пряности асафетида происходит значительно медленнее, особенно после 30 суток хранения; при этом влажность контрольного образца в период хранения уменьшилась на 0,8%, а влажность образца с пряностью асафетида — на 0,6%.

Органолептические показатели готовых изделий оценивали по 5-балльной шкале. Полученные данные приведены в Таблице 2 и на Рисунке 4.

По органолептическим показателям наилучшим был признан образец с добавлением пряности асафетида, имеющий наиболее гармоничный внешний вид, цвет, вкус, запах (Рисунок 4). Его суммарная оценка составила 24 балла, тогда как суммарная оценка контрольного образца — 19 баллов.

Результаты исследования микробиологических показателей разработанных изделий показали их соответствие гигиеническим требованиям: мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы, бактерии группы кишечных палочек (колиформные), а также плесневые грибы в готовых изделиях не были обнаружены.

Показатели пищевой и энергетической ценности для контрольного образца безглютеновых снеков представлены в Таблице 3, а для разработанных безглютеновых снеков с применением пряности асафетида — в Таблице 4.

Таким образом, разработанные снеки обладают на 6,8% меньшей калорийностью по сравнению с контрольным образцом. Это достигается за счет снижения абсорбции жира при жарке во фритюре в 1,47 раза.

Результаты проведенного комплексного исследования безглютеновой мучной смеси, вкусо-ароматической пряности асафетида, готовых безглютеновых снеков показали принципиальную возможность создания специализированной безглютеновой продукции с использованием предложенных компонентов. Полученные данные являются основой для разработки технологических решений и научно-технической документации для производства обогащенных безглютеновых снеков. Они также открывают перспективы для дальнейших исследований различных видов безглютеновых мучных

Таблица 1. Содержание влаги и основных нутриентов в обогащенных готовых изделиях

Table 1. Content of moisture and basic nutrients in fortified finished products

Наименование показателя	Контроль (без добавок)	С добавлением пряности асафетида	С добавлением пищевых волокон	С добавлением пряности асафетида и пищевых волокон
Массовая доля влаги, %	7,6	6,8	4,8	12,0
Массовая доля липидов, %	12,28	10,52	13,08	12,25
Массовая доля белка, %	7,60	7,64	7,53	7,40
Массовая доля общего сахара, %	45,73	45,77	45,2	46,6

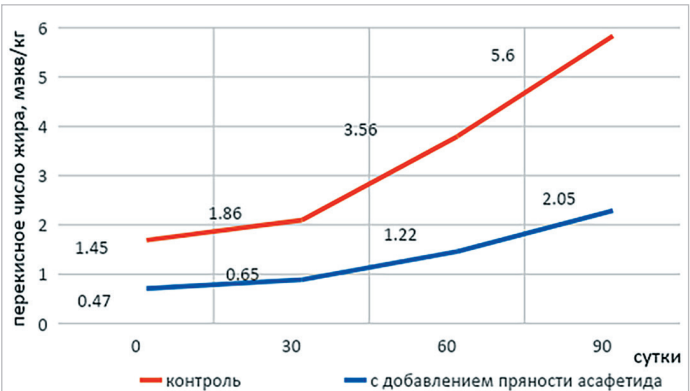


Рисунок 3. Динамика изменения перекисного числа жира при хранении готовых изделий

Figure 3. Dynamics of changes in the peroxide value of fat during storage of finished products

Таблица 2. Органолептическая оценка безглютеновых снеков

Table 2. Organoleptic evaluation of gluten-free snacks

Показатели качества	Контроль (без добавок)	С добавлением пряности асафетида	С добавлением пищевых волокон	С добавлением пряности асафетида и пищевых волокон
внешний вид	5	5	4	5
вкус	4	5	4	4
запах	3	5	4	5
цвет	3	5	3	4
текстура	4	4	4	4

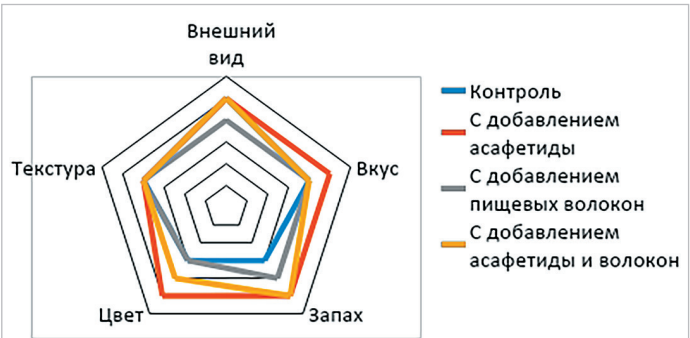


Рисунок 4. Профилограмма органолептических показателей изделий

Figure 4. Profilogram of organoleptic characteristics of products

Таблица 3. Пищевая и энергетическая ценность безглютеновых снеков (контроль)

Table 3. Nutritional and energy value of gluten-free snacks (control)

Пищевая и энергетическая ценность на 100 г					
Наименование изделия: безглютеновые снеки					
Наименование сырья	Вес нетто в г/100 г изделия	Пищевая ценность изделия			
		Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
Мука рисовая	38,5	3,47	2,85	30,88	163,05
Мука нуттовая	12,9	1,41	0,37	8,51	43,01
Мука гороховая	12,9	2,71	0,26	6,32	38,46
Масло сливочное 78% жирности	1,70	0,01	1,33	0,02	12,09
Соль	0,2	0,00	0,00	0,00	0,00
Вода, мл	32,3	0,00	0,00	0,00	0,00
Масло для фритюра	7,83	0,00	7,83	0,00	70,47
ИТОГО без учета потерь при тепловой обработке		7,60	12,28	45,73	327,08

смесей и функциональных ингредиентов с целью расширения ассортимента сбалансированных мелкоштучных мучных изделий категории “gluten free”.

4. Выводы

Разработана и научно обоснована рецептура безглютеновых снеков на основе мучных композитных смесей, состоящих из безглютеновых видов муки, обогащенных пряностью асафетида с целью получения нового вида снеков, и в целом расширения ассортимента специализированной безглютеновой продукции.

Подтверждена возможность и доказана целесообразность использования пряности асафетида как вкусовой добавки и антиоксиданта фенолового типа.

Таблица 4. Пищевая и энергетическая ценность разработанного изделия

Table 4. Nutritional and energy value of the developed product

Пищевая и энергетическая ценность на 100 г					
Наименование изделия: безглютеновые снеки, обогащенные пряностью асафетида					
Наименование сырья	Вес нетто в г/100 г изделия	Пищевая ценность изделия			
		Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
Мука рисовая	38,5	3,47	2,85	30,88	163,05
Мука нуттовая	12,9	1,41	0,37	8,51	43,01
Мука гороховая	12,9	2,71	0,26	6,32	38,46
Масло сливочное 78% жирности	1,70	0,01	1,33	0,02	12,09
Соль	0,2	0,00	0,00	0,00	0,00
Асафетида	0,2	0,02	0,02	0,02	0,34
Вода, мл	32,3	0,00	0,00	0,00	0,00
Масло для фритюра	5,31	0,00	5,31	0,00	47,79
ИТОГО без учета потерь при тепловой обработке		7,64	10,52	45,77	304,74

Установлено, что применение пряности асафетида в количестве 0,2% в производстве безглютеновых снеков способствует снижению содержания липидов в готовом изделии за счет уменьшения абсорбции жира полуфабрикатом при обжаривании примерно в 1,5 раза. Выявлено, что использование асафетиды также приводит к уменьшению калорийности продукта на 6,8% по сравнению с контролем и к замедлению процессов окисления, обеспечивая окислительную стабильность масла и увеличивая срок годности изделия.

Безглютеновые снеки с добавлением пряности асафетида продемонстрировали наиболее гармоничные органолептические показатели: внешний вид, цвет, вкус и запах. Суммарная оценка составила 24 балла, что значительно превышает оценку контрольного образца (19 баллов).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Эксперт вкуса (2018). Мировой рынок снековой продукции: ключевые тенденции. Электронный ресурс: https://www.sell-service.ru/index.php/home/blog/item/mirovoj-rynok-snekovoj-produkcii-klyuchevye-tendencii?category_id=36. Дата обращения: 25.12.2023 [Expert of taste (2018). World market of snack products: Key trends. Retrieved from https://www.sell-service.ru/index.php/home/blog/item/mirovoj-rynok-snekovoj-produkcii-klyuchevye-tendencii?category_id=36. Accessed December 25, 2023 (In Russian)]
2. Foodsmi (2024). Динамика рынка снекинга в России: есть ли потенциал? Электронный ресурс: <https://foodsmi.com/statistika-i-issledovaniya/dinamika-rynka-snekinga-v-rossii-est-li-potentsial/>. Дата обращения: 13.04.2024 [Foodsmi (2024). Dynamics of the snacking market in Russia: Does it have potential? Retrieved from <https://foodsmi.com/statistika-i-issledovaniya/dinamika-rynka-snekinga-v-rossii-est-li-potentsial/>. Accessed April 13, 2024 (In Russian)]
3. Food market news (2017). Развитие рынка безглютеновых хлебопекарных продуктов Электронный ресурс: <https://sfera.fm/articles/hlebopecheniya/razvitie-rynka-bezglutenovykh-khlebopekarnykh-produktov> Дата обращения: 25.12.2023 [Food market new (2017). Development of the market of gluten-free bakery products. Retrieved from <https://sfera.fm/articles/hlebopecheniya/razvitie-rynka-bezglutenovykh-khlebopekarnykh-produktov> Accessed December 25, 2023 (In Russian)]
4. Сковцов, В. В., Горбач, А. Н. (2019). Целиакия — важная проблема современной гастроэнтерологии. *Эффективная фармакотерапия*, 15(18), 60–66. [Skvortsov, V. V., Gorbach, A. N. (2019). Celiac disease is an important problem of modern gastroenterology. *Effective Pharmacotherapy*, 15(18), 60–66 (In Russian)] <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2019-15-18-60-66>
5. Быкова, С. В., Парфенов, А. И., Сабельникова, Е. А. (2018). Эпидемиология целиакии в мире. *Альманах клинической медицины*, 46(1), 23–31. [Bykova, S. V., Parfenov, A. I., Sabelnikova, E. A. (2018). Global epidemiology of celiac disease. *Almanac of Clinical Medicine*, 46(1), 23–31. (In Russian)] <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2018-46-1-23-31>
6. Al-Toma, A., Volta, U., Auricchio, R., Castillejo, G., Sanders, D. S., Cellier, C. et al. (2019). European Society for the Study of Coeliac Disease (EScD) guideline for coeliac disease and other gluten-related disorders. *United European Gastroenterol Journal*, 7(5), 583–613. <https://doi.org/10.1177/2050640619844125>
7. Dubtsova, G. N., Kusova, I. U., Dubtsov, G. G., Vitol, I. V. (2021). Developing a recipe for gluten-free snacks. Chapter in a book: *Frontier Information Technology and Systems Research in Cooperative Economics. Studies in Systems, Decision and Control*, 2021. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57831-2_115
8. Скорнякова, В. В., Гутникова, О. Н. (08 ноября 2022). Особенности продвижения безглютеновой продукции на товарном рынке. *Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы современной науки, достижения и инновации*. Сборник научных статей по материалам IX Международной научно-практической конференции. Уфа, 2022. [Skorniyakova, V. V., Gutnikova, O. N. (November 8, 2022). *Specific features of promoting gluten-free products on the commodity market*. Basic and Applied Scientific Research: Topical Issues of Modern Science, Achievements and Innovations. Collection of the Scientific Papers on Materials of the 9th International Scientific and Practical Conference. Ufa, 2022. (In Russian)]
9. Гутникова, О. Н., Ярош, О. Б., Калькова, Н. Н. (2023). Безглютеновые продукты: восприятие потребителями функциональных свойств и особенностей маркировки. *Управленец*, 14(4), 87–99. [Gutnikova, O. N., Yarosh, O. B., Kalkova, N. N. (2023). Gluten-free products: Consumer perception of the functional properties and peculiarities of labelling. *The Manager*, 14(4), 87–99. (In Russian)] <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2023-14-4-6>
10. El Khoury, D., Balfour-Ducharme, S., Joye, I. J. (2018). A Review on the Gluten-Free Diet: Technological and nutritional challenges. *Nutrients*, 10(10). Article 1410. <https://doi.org/10.3390/nu10101410>
11. Шалтумаев, Т. Ш., Могильный, М. П. (2016). Расширение ассортимента снековой продукции. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 4(352), 37–41. [Shaltumaev, T. Sh., Mogilny, M. P. (2016). Expansion of the range of snack products. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*, 4(352), 37–41. (In Russian)]
12. Padalino, L., Mastromatteo, M., Lecce, L., Spinelli, S., Conte, A., Del Nobile, M. A. (2015). Optimization and characterization of gluten-free spaghetti enriched with chickpea flour. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66(2), 148–58. <https://doi.org/10.3109/09637486.2014.959897>
13. Тырсин, Ю. А., Казанцева, И. Л. (2015). Перспективы использования продуктов переработки нута в безглютеновой диете. *Вопросы детской диетологии*, 13(1), 5–10. [Tyrsin, Yu. A., Kazantseva, I. L. (2015). Potential of using processed chickpea products in a gluten-free diet. *Pediatric Nutrition*, 13(1), 5–10. (In Russian)]
14. Flores-Silva, P. C., Rodriguez-Ambriz, S. L., Bello-Pérez, L. A. (2015). Gluten-free snacks using plantain-chickpea and maize blend: Chemical composition, starch

- digestibility, and predicted glycemic index. *Journal of Food Science*, 80(5), C961–C966. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12865>
15. Arribas, C., Cabellos, B., Sánchez, C., Cuadrado, C., Guillamón E., Pedrosa, M. M. (2017). The impact of extrusion on the nutritional composition, dietary fiber and in vitro digestibility of gluten-free snacks based on rice, pea and carob flour blends. *Food Function*, 8(10), 3654–3665. <https://doi.org/10.1039/c7fo00910k>
 16. Patiño-Rodríguez, O., Agama-Acevedo, E., Pacheco-Vargas, G., Alvarez-Ramirez, J., Bello-Pérez, L.A. (2019). Physicochemical, microstructural and digestibility analysis of gluten-free spaghetti of whole unripe plantain flour. *Food Chemistry*, 298, Article 125085. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125085>
 17. Барсукова, Н. В., Решетников, Д. А., Красильников, В. Н. (2011). Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий. *Процессы и аппараты пищевых производств*, 1, 51–60. [Barsukova, N. V., Reshetnikov, D. A., Krasilnikov, V. N. (2011). Food engineering: Technology of gluten-free baked products. *Processes and Food Production Equipment*, 1, 51–60. (In Russian)]
 18. Huda, N., Lu, S., Jahan, T., Ding, M., Jha, R., Zhang, K. et al. (2021). Treasure from the garden: Bioactive compounds of buckwheat. *Food Chemistry*, 335, Article 127653. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127653>
 19. Sofi, S. A., Ahmed, N., Farooq, A., Rafiq, S., Zargar, S. M., Kamran, F. et al. (2022). Nutritional and bioactive characteristics of buckwheat, and its potential for developing gluten-free products: An updated overview. *Food Science Nutrition*, 11(5), 2256–2276. <https://doi.org/10.1002/fsn.3166>
 20. Музыкин, И. Л., Лаврова, Л. Ю., Ермаков, С. А., Борцова, Е. Л. (2023). Моделирование органолептических показателей качества рецептуры нутевого хлеба с добавлением псиллиума. *Хлебопродукты*, 8, 44–48. [Muzyukin, I. L., Lavrova, L. Yu., Ermakov, S. A., Bortsova, E. L. (2023). Modeling of organoleptic quality indicators recipes for chickpea bread with the addition of psyllium. *Khleboprodukty*, 8, 44–48. (In Russian)]
 21. Резниченко, И. Ю., Бородулин, Д. М., Пикулина, Н. С. (2020). Разработка рецептуры и оценка качества безглютенового мучного изделия. *Ползуновский вестник*, 2, 82–86. [Reznichenko, I. Yu., Borodulin, D. M., Pikulina, N. S. (2020). Development of a recipe and assessment of the quality of a gluten-free flour product. *Polzunovskiy Vestnik*, 2, 82–86. (In Russian)]
 22. Никитин, И. Н., Никитина, М. А., Иванова, Н. Г., Березина, Н. А. (2019). Разработка хлебобулочных изделий на основе композитных смесей для геродиетического питания с учетом предрасположенности к нарушениям косного метаболизма. *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*, 1, 34–43. [Nikitin, I. N., Nikitina, M. A., Ivanova, N. G., Berezina, N. A. (2019). Development of bakery products on the basis of flour composite mixtures for herodietic food with regard to predisposition to disturbances of bone metabolism. *Technology and Merchandising of the Innovative Foodstuff*, 1, 34–43. (In Russian)]
 23. Poshadri, A., Deshpande, H. W., Machewad, G. M., Kshirsagar, R. B., Gadhe, K. S., Kadam, S. D. (2023). Functional properties of selected composite gluten-free pseudocereals flour. *Food and Humanity*, 1, 1200–1205. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.09.015>
 24. Dogruer, I., Coban, B., Baser, F., Gulec, S., Ozen, B. (2023). Techno — functional and in vitro digestibility properties of gluten-free cookies made from raw, pre-cooked, and germinated chickpea flours. *Foods*, 12(15), Article 2829. <https://doi.org/10.3390/foods12152829>
 25. Половцева, А. А., Наумцев, О. Н., Борисова, А. В. (2020). Использование кукурузной, рисовой и амарантовой муки в рецептуре безглютеновых кексов. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 1(373), 48–51. [Polovtseva, A. A., Naumtsev, O. N., Borisova, A. V. (2020). Use of corn, rice and amaranth flour in gluten-free cupcakes recipes. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*, 1(373), 48–51. (In Russian)] <http://doi.org/10.26297/0579-3009.2020.1.13>
 26. Yeşil, S., Levent, H. (2022). The influence of fermented buckwheat, quinoa and amaranth flour on gluten-free bread quality. *LWT-Food Science and Technology*, 160, Article 113301. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113301>
 27. Парахина, О. И., Савкина, О. А., Кузнецова, Л. И., Гаврилова, Т. А. (2024). Разработка и применение смеси мучной безглютеновой в технологии специализированных хлебобулочных изделий для детского питания. *Хлебопродукты*, 1, 26–34. [Parakhina, O. I., Savkina, O. A., Kuznetsova, L. I., Gavrilova, T. A. (2024). Development and application of gluten-free flour mixture in the technology of specialized bakery products for baby food. *Khleboprodukty*, 1, 26–34. (In Russian)] <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2024-33-1-26-34>
 28. Нечаев, А. П., Траубенберг, С. Е., Кочеткова, А. А., Колпакова, В. В., Витол, И. С., Кобелева, И. Б. (2006). Пищевая химия. Лабораторный практикум. СПб: ГИОРД, 2006. [Nechaev, A. P., Trautenberg, S. E., Kochetkova, A. A., Kolpakova, V. V., Vitol I. S., Kobleva I. B. (2006). Food chemistry. Laboratory practice. St. Petersburg: GIORД, 2006. (In Russian)]
 29. Колпакова, В. В., Фан, К. Ч., Чумикина, Л. В., Васильев, А. В., Арапова, Л. И., Топунов, А. Ф. (2013). Функциональные свойства зерновых белков, гидролизированных ферментными препаратами. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 1(331), 47–50. [Kolpakova, V. V., Fan, K. Ch., Chumikina, L. V., Vasiliev, A. V., Arabova, L. I., Topunov, A. F. (2013). Functional properties of hydrolyzed cereal proteins by enzyme preparations *Izvestiya Vuzov. Food Technology*, 1(331), 47–50. (In Russian)]
 30. Гребенникова, И. В. (2015). Методы математической обработки экспериментальных данных. — Екатеринбург: Уральский Федеральный Университет, 2015. [Grebennikova, I. V. (2015). Methods of mathematical processing of experimental data. Ekaterinburg: Ural Federal University, 2015. (In Russian)]
 31. Попов, В. Г., Хайруллина, Н. Г., Садыкова, Х. Н. (2021). Тенденции использования безглютеновых видов муки в производстве продукции функционального назначения. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 83(1), 121–128. [Popov, V. G., Hairullina, N. G., Sadykova, H. N. (2021). Trends in the use of gluten-free flours in the production of functional products. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 83(1), 121–128. (In Russian)] <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-121-128>
 32. Amalraj, A., Gopi, S. (2016). Biological activities and medicinal properties of Asafoetida: A review. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 7(3), 347–359. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.11.004>
 33. Sonigra, P., Meena, M. (2021). Metabolic profile, bioactivities, and variations in the chemical constituents of essential oils of the Ferula Genus (Apiaceae). *Frontiers Pharmacology*, 11, Article 608649. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.608649>
 34. Базарнова, Ю. Г., Поляков, К. Ю. (2009). Исследование антиоксидантной активности природных веществ. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 3, 31–36. [Bazarnova, Yu. G., Polyakov, K. Yu. (2009). Investigation of antioxidative activity of natural substances. *Storage and Processing of Farm Products*, 3, 31–36. (In Russian)]
 35. O'Brien, R. D. (2009). *Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications*, Third Edition. 2009. <https://doi.org/10.1201/9781420061673>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
Дубцова Галина Николаевна — доктор технических наук, профессор, кафедра «Биотехнология и технология продуктов биорганического синтеза», Российский биотехнологический университет 125080, Москва, Волоколамское шоссе, 11 Тел.: +7-915-424-23-82 E-mail: doubtsova@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6520-394X	Galina N. Dubtsova , Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Biotechnology and Technology of Bioorganic Synthesis Products, Russian Biotechnological University 11, Volokolamskoe shosse, 125080, Moscow, Russia Tel.: +7-915-424-23-82 E-mail: doubtsova@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6520-394X
Витол Ирина Сергеевна — кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки 127434, Москва, Дмитровское шоссе, 11 Тел.: +7-926-709-02-07 E-mail: vitolis@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5362-8909 * автор для контактов	Irina S. Vitol , Candidate of Biological Sciences, Docent, Senior Researcher, All-Russian Scientific and Research Institute for Grain and Products of its Processing 11, Dmitrovskoye Shosse, 127434, Moscow, Russia Tel.: +7-926-709-02-07 E-mail: vitolis@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5362-8909 * corresponding author
Критерии авторства	Contribution
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.	The author has the sole responsibility for writing the manuscript and is responsible for plagiarism.
Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.	The authors declare no conflict of interest.