

Научная статья  
 УДК 664.788 / 664.668.9  
 doi:10.35694/YARCX.2024.68.4.013

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ И МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРИТИКАЛЕВОЙ МУКИ (ОБЗОР)

**Анатолий Васильевич Вейберов<sup>1</sup>, Катерина Павловна Кузьмина<sup>2</sup>, Роман Хажсетович Кандроков<sup>3</sup>, Олег Александрович Суворов<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия

<sup>1</sup>veyberov2000@mail.ru, ORCID 0000-0002-4778-5592

<sup>2</sup>katerinakuzmina056@gmail.com

<sup>3</sup>kandrokovrx@mgupp.ru, ORCID 0000-0003-2003-2918

<sup>4</sup>suvorovoa@mgupp.ru, ORCID 0000-0003-2100-0918

**Реферат.** В настоящее время возникла необходимость в разработке новых технологий производства продуктов питания, которые были бы сбалансированы по всем необходимым параметрам и удовлетворяли потребность в необходимых элементах. Зёрна тритикале относятся к нетрадиционным видам возобновляемого растительного сырья, которые являются одними из самых многообещающих для увеличения разнообразия продуктов ежедневного рациона, поскольку они превосходят пшеницу и рожь по своему химическому составу, уровню содержания белков, незаменимых аминокислот, витаминов, макро- и микроэлементов. В представленный обзор были включены статьи баз данных РИНЦ, Web of Science Core Collection и Scopus (1999–2023 гг.), которые распределены по трём тематическим блокам: схемы получения тритикалевой муки, физико-химические свойства зерна тритикале и тритикалевой муки и использование тритикалевой муки в хлебопечении. Рассмотрено использование тритикалевой муки при производстве хлебобулочных изделий с добавлением различных добавок. Изучены физико-химические свойства зерна тритикале, демонстрирующие рациональное использование с другими злаковыми культурами. Разработка сокращённых схем получения разных видов тритикалевой муки демонстрирует перспективность применения тритикале различных сортов для создания разнообразной продукции с уникальными химическими свойствами. Литературный анализ работ многих исследователей, включая иностранных, доказывает актуальность и эффективность использования продуктов переработки зерна тритикале в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

**Ключевые слова:** тритикале, мука, хлебобулочные и мучные кондитерские изделия, пищевая промышленность

## CONFECTIONERY PRODUCTS USING TRITICALE FLOUR (REVIEW)

**Anatoliy V. Veiberov<sup>1</sup>, Katerina P. Kuzmina<sup>2</sup>, Roman Kh. Kandrov<sup>3</sup>, Oleg A. Suvorov<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Russian Biotechnological University, Moscow, Russia

<sup>1</sup>veyberov2000@mail.ru, ORCID 0000-0002-4778-5592

<sup>2</sup>katerinakuzmina056@gmail.com

<sup>3</sup>kandrokovrx@mgupp.ru, ORCID 0000-0003-2003-2918

<sup>4</sup>suvorovoa@mgupp.ru, ORCID 0000-0003-2100-0918

**Abstract.** Currently, there is a need to develop new technologies for the production of food products that would be balanced in all the necessary parameters and satisfy the need for essential elements. Triticale grains are non-traditional types of renewable plant materials, which are one of the most promising for increasing the diversity of daily diet products, since they surpass wheat and rye in their chemical composition, protein content, essential amino acids, vitamins, macro- and microelements. The presented review includes articles from the RSCI, Web of Science Core Collection and Scopus databases (1999–2023), which are divided into three thematic blocks: triticale flour production schemes, physicochemical properties of triticale grain and triticale flour and the use of triticale flour in bakery. The use of triticale flour in the production of bakery products with the addition of various additives is considered. Physical and chemical properties of triticale grains demonstrating rational use with other cereal crops have been studied. The development of shortened schemes for obtaining different types of triticale flour demonstrates the prospects of using triticale of various varieties to create a variety of products with unique chemical properties. A literary analysis of the works of many researchers, including foreign ones, proves the relevance and effectiveness of using triticale grain processing products in the production of bakery and flour confectionery products.

**Keywords:** triticale, flour, bakery and flour confectionery, food industry

**Введение.** Тритикале относится к видам нетрадиционного растительного сырья, является наиболее перспективным для расширения ассортимента продуктов повседневного питания, так как по содержанию белка, незаменимых аминокислот, витаминов, макро- и микроэлементов он превосходит пшеницу и рожь [1–3]. Обычно он выше пшеницы, имеет более толстые, крупные листья и длинные колосья. Растения имеют голубовато-зелёную окраску, которая усиливается перед колошением [4].

Тритикале (*X Triticosecale Wittm.*) представляет собой лабораторный гибрид пшеницы и ржи, полученный путём объединения геномов пшеницы (*Triticum sp.*) и ржи (*Secale sp.*). Эта культура используется для производства продуктов питания для потребления человеком, а также при изготовлении кормов. Его питательная ценность выше, чем у обоих родительских растений [5–7].

Тритикале является однолетним травянистым самоопыляемым растением. Тритикале относится к отряду Magnoliophyta, класса лилиоидов, семейства злаковых (Poaceae), подсемейство Pooideae, триба Triticeae, род *Triticosecale*. Он разделяет с пшеницей и рожью типичные морфологические, вегетативные и репродуктивные признаки подсемейства Pooideae. Интродукция и адаптация линий тритикале (*Triticum secale W.*) из СИММУТ-Мехико к условиям Европейской экономической зоны Эль-Мантаро [8–10].

Муратов А., Тихончук П. и Туаева Е. отмечают, что для получения этого нового вида растений в качестве материнских использовались мягкая пшеница или твёрдая пшеница, а в качестве отцовских – рожь (предоставляющая пыльцу). С другой стороны, те же авторы отмечают, что тритикале впервые был описан в 1870-х годах [11].

Fraś A., Gołębiewska K., Gołębiewski D. et al. [12] отмечают, что фундаментальный прогресс в создании тритикале произошёл в 1937 году, когда было установлено, что химическое вещество под названием колхицин, природный алкалоид, смог дублировать хромосомы формирующихся клеток. Это было использовано для искусственного дублирования хромосом пшеницы и ржи, чтобы мейотический процесс мог протекать с нормальным редуктивным делением. В 1938 году Мюнцинг обработал полученные им гибриды колхицином и обнаружил, что превратил их в растения, дающие жизнеспособные семена [13].

Farokhzadeh S., Shahsavand Hassani H., Mohammadi-Nejad G. et al. указывают, что тритикале представляет собой полиплоидный межродовой гибрид, полученный путём удвоения числа хромосом стерильного гибрида в результате скрещивания мягкой пшеницы или твёрдой пшеницы с рожью [14].

В зависимости от вида пшеницы, использованной при скрещивании с рожью, тритикале можно разделить на несколько видов – экзетроплоидный (6x) или октоплоидный (8x). Первые получены в результате скрещивания твёрдой пшеницы (тетраплоидный вид с 28 хромосомами и геномной формулой AABB) и ржи (диплоидный вид с 14 хромосомами и геномной формулой RR). Геномная формула гексаплоидного тритикале – AABBRR, у него 42 хромосомы, то есть сумма хромосом обоих родителей.

Со своей стороны, октоплоидные тритикале получены в результате скрещивания мягкой пшеницы с 42 хромосомами (гексаплоидные виды с геномной формой AABBDD) и диплоидной ржи с 14 хромосомами и геномной формулой RR. Следовательно, геномная формула октоплоидного тритикале – AABBDDRR и у него 56 хромосом, то есть сумма хромосом обоих родителей [15].

Учитывая количество хромосом ржи, которые тритикале имеют в своём генетическом составе, они сгруппированы в полные тритикале и замещённые тритикале. Полные – это те, которые имеют полный хромосомный набор ржи, то есть её 14 хромосом. Благодаря этому они превосходят заменяемые культуры устойчивостью к стрессам в условиях засухи. Замещённые тритикале – это те, в которых одна или несколько хромосом из генома D мягкой пшеницы заменили R-хромосомы из ржи. Эти зёрна тритикале, как правило, более стабильны, и мука, полученная из таких сортов, имеет лучшее хлебопекарное качество [16].

Тритикале, как новый злак, должен был сочетать в себе качество зерна, в основном уровень белка и аминокислот, и продуктивность, обеспечиваемую пшеницей, с силой ржи, устойчивостью к засухе, низким температурам и почвенным ограничениям.

Согласно исследованиям польских ученых Голубёвска-Палюх и Дыда, в 2022 году общая площадь посева озимых и яровых культур тритикале составила 3 миллиона гектаров с общим урожаем в 11 миллионов тонн. Это соответствует объёму производства ржи за аналогичный период, который достиг 21 миллиона тонн. Учёные также отмечают, что среднегодовой прирост урожайности тритикале в мире с 1985 года составил приблизительно 100 килограммов на гектар в год, что значительно превышает прирост урожая пшеницы, составляющий всего 28 килограммов на гектар в год [17].

Главными производителями зерна тритикале в мире считаются такие страны, как Польша, Германия, Франция и Китай. На сегодняшний день территории, отведённые под посев этого злака, согласно сведениям Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, превысили отметку в 4 миллиона гектаров.

Беспорным лидером среди стран мира по возделыванию зерна тритикале выступает Польша, которая отводит под эту культуру 840 тысяч гектаров земли, что эквивалентно 9,6% от общей площади посева зерновых. При этом средние показатели урожайности достигают примерно 30 центнеров с одного гектара. В Германии засеяно более 500 тыс. га, во Франции, Китае и Австралии – более 300 тыс. га [18].

Среди стран СНГ первое место по занимаемым площадям под посевами зерна тритикале занимает Республика Беларусь, где под данную культуру отведено более чем 350 тысяч гектаров. Что касается нашей страны, то общая площадь, отведённая под зерно тритикале, насчитывает порядка 300 тысяч гектар, причём основные посевы сосредоточены преимущественно в Ростовской и Воронежской областях, Краснодарском крае, Республике Башкортостан и других регионах [19].

Использование тритикалевой муки разных сортов позволяет предприятиям пищевой отрасли расширить линейку продуктов питания на основе зерна. Благо-

даря наличию сортов с пониженным содержанием клейковины, можно производить широкий спектр продукции, включая пряники, печенье, кексы, пирожные, лепёшки и вафли [20].

В целом, по мнению Кандрокова Р., Панкратова Г., Мелешкиной Е. и других [21], тритикале в России считается недостаточно изученной культурой с точки зрения оценки её технологических особенностей и возможностей в создании разнообразных сортов муки и крупы, а также продуктов питания на их основе. Исследование физических и химических свойств зерна тритикале вместе с определением технологических особенностей продуктов его переработки позволит лучше использовать огромный потенциал данной зерновой культуры. Создание и использование в промышленных условиях новых методов производства разных сортов тритикалевой муки и видов крупы – это важная задача как для мукомольного и крупяного сектора, так и для смежных областей пищевой промышленности Российской Федерации, включая хлебопечение, кондитерское дело, макаронное производство и прочие. Сегодня создание продуктов питания с увеличенной биологической ценностью рассматривается как перспективное направление.

Биологическая ценность представляет собой оценку качества белков в пище, основанную на степени соответствия их аминокислотного состава потребностям человеческого организма в аминокислотах для синтеза белка. Организм нуждается в аминокислотах, жирных кислотах, включая полиненасыщенные, а также в ферментах, которые могут быть однокомпонентными, состоящими исключительно из белка, или двухкомпонентными, включающими белок и активный кофермент.

Активные компоненты ферментов – витамины и минеральные вещества выполняют две важнейшие функции: 1) участвуют в ферментативных процессах биосинтеза веществ пластического резерва; 2) обеспечивают физиологическую активность организма путём участия в процессах обмена веществ. Поэтому эти две группы относятся к физиологически активным веществам.

Одним из многообещающих векторов в сфере разработки технологий производства продуктов питания, обогащённых аминокислотами, макро- и микроэлементами и отличающихся отличными потребительскими качествами, является поиск новых возобновляемых растительных ресурсов.

Тритикале, искусственный злак из гибридизации пшеницы и ржи, в основном используется в качестве корма для животных. В последние годы возрос интерес к использованию муки, крупы зерна тритикале, включаемых для производства продуктов питания [22].

Продукты переработки зерна тритикале были предложены для употребления в пищу человеком из-за его ценного питательного состава. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 1364 разработана Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года. Данная стратегия ориентирована на обеспечение полноценного питания, профилактику заболеваний, увеличение продолжительности и повышение качества жизни населения, стимулирование развития производ-

ства и обращение на рынке пищевой продукции надлежащего качества.

Рынок продуктов питания на основе зерна является ключевым сегментом экономики Российской Федерации и требует всестороннего изучения и прогрессивного развития. Исследование текущих научных работ показывает, что расширение производства зерна тритикале, являющегося относительно новым видом хлебных злаков, будет содействовать решению задачи удовлетворения спроса населения на разнообразие качественных продуктов питания [23].

Целью данного обзора является выявление новых и имеющихся сортов тритикалевой муки для использования в хлебопекарной промышленности, особенностей физико-химических свойства зерна тритикале и тритикалевой муки и изучения новых схем для получения тритикалевой муки.

**Материалы и методы.** В результате поиска и анализа отечественных и зарубежных статей за период с 1999 до 2022 годы из баз данных РИНЦ, Web of Science Core Collection и Scopus на первом этапе проведённого систематического обзора было отобрано более 50-ти статей по ключевым словам: *triticale, flour, bakery products, food products*.

На втором этапе были проанализированы статьи на предмет наличия информации о применении тритикалевой муки в хлебопечении, как влияет добавление тритикалевой муки в хлебобулочные изделия на изменения состава готового продукта.

На третьем этапе среди отобранных материалов был проведён отбор статей, содержащих информацию о физико-химических свойствах зерна тритикале и тритикалевой муки.

#### **Результаты и обсуждение.**

*Оценка качества зерна тритикале и продуктов его переработки.*

Тритикале, будучи относительно новой зерновой культурой, продолжает оставаться недостаточно исследованной по сравнению с пшеницей, несмотря на проведение множества исследований по изучению её технологических, физических и химических показателей как зерна, так и продуктов его переработки. Рядом исследователей [24] было установлено влияние факторов окружающей среды на показатели качества самого зерна и хлебобулочных изделий как конечного продукта переработки тритикале.

Исследования [25] обращают внимание на значение погодноклиматических условий на формирование качества зерна тритикале и, как следствие, продуктов его переработки. Так, в 2020 году сформировались благоприятные климатические условия, которые способствовали повышению урожайности и раскрытию потенциала ярового тритикале. Сразу после посева данной культуры температура воздуха снизилась, а количество осадков значительно превысило средние многолетние значения более чем в два раза.

В 2021 году климатические условия периода роста тритикале отличались дефицитом влаги в начальный этап вегетации (до конца июня) и избытком – в период налива и созревания на фоне высоких среднесуточных температур. Это привело к малой продолжительности покоя семян и предуборочному прорастанию в колосе. Достаточное количество тепла способствовало сокра-

щению межфазных периодов и в целом вегетационного периода в среднем до 104 дней.

Важными физическими и физико-химическими параметрами зерновых культур, применяемыми для переработки в муку, являются натура, стекловидность и масса тысячи зёрен. Масса тысячи зёрен тритикале является стабильным показателем, который свидетельствует о процессе формирования полноценных зёрен в колоске в течение вегетационного периода. За последние пять-шесть лет исследований не было зафиксировано существенных аномалий, поэтому масса тысячи зёрен у сортов и сортообразцов ярового тритикале изменялась незначительно.

Стекловидность зерна тритикале демонстрирует расположение и соотношение белковых и углеводных структур, определяющих плотность эндосперма зерна и его мукомольные характеристики. Для мягкой пшеницы высокой считается стекловидность выше 60%. Обычно стекловидность тритикале ниже, чем у пшеницы, однако существуют сорта тритикале с показателями стекловидности более 90%. Климатические условия 2022 года повлияли на снижение стекловидности зерна тритикале, однако даже в этот неблагоприятный год некоторые сорта и сортообразцы показали высокую стекловидность. Это такие сорта и образцы, как Укро, Хлебодар Харьковский, Лана, С95, ПРАГ551, С245.

Исследование физических и физико-химических параметров зерна тритикале указывает на то, что погодные условия 2020 года оказались более подходящими для формирования качественных показателей массы тысячи зёрен и натуры зерна. Анализ содержания белка показал, что в 2021 году в среднем оно составляло 16,2%, колеблясь от 14,6% (сорт Dublet) до 18,7% (линия Л8666). В 2020 году средний уровень белка был равен 12,6%, изменяясь от 10,9% (линия С95) до 13,9% (линия ПРАГ 551).

В 2020 году содержание клейковины в зерне тритикале колебалось от 11,8% (сорт Памяти Мережко) до 19,0% (линия ПРАГ 551), а в 2021 году – от 20,5% (сорт Dublet) до 30,5% (линия Л8666). Отмечается рост данного показателя в 2021 году по сравнению с 2020 годом: от 4,5% – у сорта Укро (16,2% – в 2020 и 20,7% – в 2021) до 14,1% – у линии 131/714 (12,2 и 26,3% соответственно). Важно отметить, что сорта и сортообразцы тритикале Ульяна, Sandro, Лана, 131/7, П2-13-5-2, Л8666, ПРАГ551, С259, 6-35-5, О8844, V17-150, С245 в условиях обоих годов исследования имели содержание клейковины на уровне и выше стандарта. Качество клейковины изучаемых генотипов в 2021 году было на уровне первой и второй групп качества. В 2020 году сортообразец сильно различался по содержанию клейковины. При этом клейковину некоторых сортов и сортообразцов тритикале, таких как Гребешок, Ульяна, Sandro, Dublet, 131/7 и 6-35-5, не удалось отмыть из-за низкого содержания. Также стоит отметить, что в течение двух лет исследований сорт тритикале Памяти Мережко характеризовался первой группой качества клейковины, а линии 131/714, 131/1656, О8844 и Л8666 – второй группой качества (удовлетворительно крепкая) [26; 27].

В нормальном состоянии и непроросшее зерно тритикале включает в эндосперме активные ферменты  $\alpha$ -амилазу и  $\beta$ -амилазу. Следовательно, чрезмерное

увлажнение зерна тритикале перед помолом вызывает активацию ферментов и распад запасённого крахмала амилопектина до низкомолекулярных декстринов и сахаров. Мука из непроросшего зерна тритикале содержит крахмальные зёрна, интенсивно набухающие в горячей воде и обуславливающие высокое число падения. Распад крахмалистых зёрен тритикале ведёт к уменьшению набухания крахмала вплоть до полного исчезновения [28].

В 2020 году климатические условия в период созревания зерна привели к низким значениям числа падения у всех исследуемых сортообразцов ярового тритикале. В следующем 2021 году образцы зерна тритикале также отличались по автолитической активности. Наибольшее число падения было у сорта тритикале Хлебодар Харьковский, которое составило более 200 секунд и находилось на уровне улучшителя (>). Некоторые сортообразцы зерна тритикале, включая Укро, Гребешок, Ульяна, Sandro, Лана, Л8665, 131/1656, П2-13-5-2, ПЛ-13-5-13, имели значение числа падения – в диапазоне 80–140 секунд, что соответствует удовлетворительному качеству. Остальные образцы содержали в своём составе проросшее зерно с низким числом падения [29; 30].

По сравнению с пшеницей, зерно тритикале характеризуется более высоким содержанием белка – в пределах 16,0–17,1%, однако клейковина имеет низкие показатели седиментации (диапазон 32–41 мл) и по качеству уступает пшеничной клейковине, будучи более слабой и хрупкой (значения на приборе ИДК-3М находятся в диапазоне 97–105 ус. ед.). Низкое число падения тритикалевой муки – в пределах 61–82 секунд, определённое методом Хагберга-Пертена, и максимальная вязкость по амилографу в исследованных образцах в диапазоне 110–150 единиц амилографа указывают на повышенную активность амилолитических ферментов. Муку из тритикале с высокой амилолитической активностью следует применять для изготовления мучных кондитерских изделий либо в комбинации с тритикалевой мукой с низким числом падения [31].

Исследованиями, проведёнными оренбургскими учёными, было обнаружено, что наибольшее содержание сырой клейковины имела озимая пшеница сорта Пионерская 32, составлявшее 34,1%. Содержание клейковины у озимой пшеницы сорта Оренбургская 105 было на 0,6% меньше. Значительно отставали по содержанию сырой клейковины сорта озимого тритикале Корнет и Зимогор, отставая на 9,9 и 10,3% соответственно по сравнению с озимой пшеницей сорта Пионерская 32. По результатам анализа качества клейковины все образцы исследуемых озимых культур относились ко второй группе – удовлетворительно слабой. Анализ числа падения исследуемых образцов показал, что наивысшая активность  $\alpha$ -амилазы наблюдалась у озимой пшеницы сорта Оренбургская 105 и составила 386 секунд, а самая низкая – у озимой ржи сорта Розовская 7, составлявшая 123 секунды. Сорта озимого тритикале продемонстрировали результаты, соответствующие ГОСТу на сортовую тритикаловую хлебопекарную муку, и составили 194–196 секунд [32].

Содержание белка в зерне тритикале является важным показателем его пищевой и питательной цен-

ности. Исследования показали, что по содержанию белка и основной незаменимой аминокислоты – лизина в белковом комплексе, зерно тритикале превосходит как пшеницу, так и рожь. Наибольшим содержанием белка отличались линии тритикале 15/4 (17,8%), 45/1 (17,24%), 9491–2/7 (17,06%), сорта Кроха (17,2%), KS88Т (17,09%), Капелла (16,82%). Содержание сырого жира в тритикале исследуемых образцов было на уровне 0,76–1,94%. Повышенное содержание жира отмечалось у сортов Нево (1,94%), Алтайский 5 (1,87%) и Рондо (1,69%). Физико-химические свойства крахмала тритикалевой муки имеют существенное значение для качества выпеченного хлеба, особенно для состояния его мякиша. Содержание крахмала в тритикале исследуемых образцов варьировало от 54,0 до 60,4%. По содержанию крахмала некоторые сорта тритикале были почти на уровне сорта озимой пшеницы Жемчужина Поволжья (60,4%). Наибольшим количеством крахмала в зерне отличались сорта тритикале Алтайский 5 (60,36%) и Башкирская короткостебельная (60,13%) [33].

Одними из ключевых технологических характеристик качества муки из тритикале, характеризующим хлебопекарные свойства сортообразцов, является количество и качество сырой клейковины. Показатели содержания клейковины в зерне тритикале исследованных образцов находились в пределах 11–31%. Из 25 проанализированных образцов тритикале клейковина не отмывалась у трёх. Содержание сырой клейковины у некоторых образцов тритикале было выше, чем у пшеницы сорта Жемчужина Поволжья, но качество клейковины тритикале было существенно ниже, чем у зерна пшеницы. Высокие показатели клейковины (28,2–31,0%) показали образцы тритикале Рунь, 9491 – 2/7, 9409 – 8/4, Капелла, Валентин 90, тогда как стандартный сорт ТИ 17 показал результат в пределах 15,5% [34].

Изучение технологических свойств муки новых сортов тритикале селекции КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко [35] показало, что сорта с преобладанием генома пшеницы (пшенично-ржаные гибриды) характеризуются более высоким количеством клейковины, не уступая по этим показателям контролю, а также более низкой активностью амилолитических ферментов, о чём свидетельствует некоторое увеличение числа падения. Более низкие показатели качества имеют сорта, несущие ржано-пшеничную транслокацию, обусловленную наличием блока глиадинов 1В/1R, характерную для ржи. Анализ данных показал, что мука тритикале обладает более низкой водопоглотительной способностью, быстро протекающим процессом формирования теста и сильным разжижением при замесе, а готовые изделия характеризуются несколько влажным и липким мякишем, что обусловлено присутствием растворимых белков, слизи и повышенной активностью фермента  $\alpha$ -амилазы, связанного с наличием в ядре хромосом ржи. Дополнительные исследования по изучению физических свойств теста из обдирной муки исследуемых сортов тритикале на приборе Альвеограф позволили установить, что наилучшими показателями силы муки (е. а.) обладает тесто из муки сортов Яшкуланка, Красота и Авангард, однако они всё же уступают пшенице сорта Память.

Показатель силы муки у сортов тритикале характерен для слабых пшениц. Все изучаемые сорта имеют повышенную активность амилолитических ферментов и, как следствие, не очень высокую силу муки, что нежелательно для процесса производства хлеба по пшеничной технологии.

Как известно, повышение влажности зерна сопровождается интенсивным нарастанием активности ферментов. Зерно выходит из состояния покоя, в нём получают развитие пусковые механизмы прорастания. Глубина развития этих процессов зависит прежде всего от количества поглощённой воды. Исследованиями Витол было установлено влияние увлажнения и подсушивания зерна тритикале на семенные достоинства и технологические показатели зерна и дальнейших продуктов переработки. В качестве объекта исследования использовали зерно тритикале сорта Тимирязевская 150, урожая 2016, 2017 годов. В ранее проводимых работах по изучению протеолитических ферментов зерна тритикале было показано наличие трёх типов протеиназ – кислые протеиназы с оптимумом рН 3,5; нейтральные – рН 6,5; щелочные – рН 9,5.

Изучение изменения активности нейтральных протеиназ при увлажнении и подсушивании показало, что для целого зерна характерно последовательное нарастание активности нейтральных протеиназ, при влажности 30% она выше исходной на 60–80%.

В зародыше активность ферментов быстро нарастает и при влажности 20% достигает максимума, увеличиваясь 1,5–2,0 раза. Дальнейшее увлажнение приводит к снижению активности нейтральных протеаз в зародыше. В зерновке без зародыша активность нейтральных протеиназ медленно нарастает в период увлажнения до влажности 20%, после которой наблюдается более интенсивный рост протеолитической активности. При влажности 30% протеолитическая активность составляет 118 и 120% соответственно для зерна тритикале урожая 2016 и 2017 гг. Подсушивание увлажнённого зерна сопровождается снижением активности нейтральных протеиназ для всех исследуемых образцов, но остаётся более высокой по сравнению с зерном исходной влажности.

У образцов целого зерна тритикале после увлажнения и подсушивания активность нейтральных протеиназ выше исходной на 15% (урожай 2016 г.) и на 25% (урожай 2017 г.). Активность нейтральных протеаз, извлекаемых из зародыша зерна, после увлажнения и подсушивания на 35% выше, чем у зародыша исходного зерна. В зерновке без зародыша также происходит снижение протеолитической активности, при этом разница между активностью нейтральных протеиназ исходного зерна и прошедшего увлажнение и подсушивание минимальная. У этих образцов она выше исходной на 4–9%.

Показано, что зерно, прошедшее увлажнение и подсушивание, характеризуется более высокой активностью ферментных систем. Активность нейтральных протеаз, липоксигеназы и амилаз в зерне, прошедшем увлажнение и подсушивание, на 15–25% превышает их активность в исходном зерне той же влажности, в зародыше – на 20–45% (протеазы, липоксигеназа) и в 2,0–2,5 раза (амилазы). Полученные данные позволяют направленно воздействовать на биологические систе-

мы зерна, получать зерно с более высоким, по сравнению с исходным, уровнем активности различных ферментных систем (так называемое «биоактивированное зерно») с целью его использования в технологиях переработки зерна (мука, крупа) и получения продуктов с определёнными свойствами. Химический состав и биохимические свойства зерна тритикале – типичные для злаковых культур, но при этом содержание белка превышает в среднем на 2% содержание белка в пшенице и на 4% – содержание белка во ржи и находится на уровне более 12%. По фракционному составу белки тритикале в основном занимают промежуточное положение между белками зерна ржи и пшеницы.

Анализ полученных данных позволил разделить исследования по следующим направлениям:

- схемы получения тритикалевой муки;
- физико-химические свойства зерна тритикале и тритикалевой муки;
- использование тритикалевой муки в хлебопечении.

*Схемы получения тритикалевой муки.*

На качество хлеба и хлебобулочных изделий в основном влияют три ключевых этапа производственной цепочки: помол, замешивание и выпечка.

Подчеркивается важность выбора оптимальной технологии выпечки в зависимости от желаемых характеристик продукта. Обычные печи можно улучшить за счёт сочетания паровой и вакуумной техники. Микроволновые печи могут быть значительно улучшены за счёт гибридизации с другими методами, такими как ИК- и ИК-видимый нагрев, которые сочетают в себе преимуществами инфракрасного подсушивания с преимуществами микроволн, позволяющими экономить время. Обе эти гибридизации сократят время выпечки, потребление энергии и воздействие на окружающую среду [36].

Было установлено, что у изученных сортов и линий выход муки составляет 65,15–70,18%. Проведённый полиномиальный двухфакторный регрессионный анализ показал, что коэффициентом выхода муки является период размягчения зерна продолжительностью 6 часов. Энергия деформации теста полученных образцов муки составила 67–129 ед., число падения (104–155 секунд) свидетельствует о низких хлебопекарных свойствах муки, в связи с чем было предложено изготавливать ломкие и рассыпчатые хлебобулочные изделия в виде хлебцев и хлебных палочек. Численность спорных бактерий *Rope* незначительно увеличивалась в течение срока годности, но не превышала допустимых значений.

В ходе исследования выявлены существенные различия в хлебопекарной способности, времени замешивания, замесе теста, глютене, вязкости амилазы и ретроградации. Наилучшие хлебопекарные свойства проявили муки тритикале Т-70 и Т-80, полученные из центральной части эндосперма, как по упрощённой, так и по усиленной схемам обработки. Однако усовершенствованная схема оказалась наиболее эффективным способом переработки зерна тритикале в муку хлебопекарного сорта [37].

В работе [38] исследуются свойства двух сортов тритикале и трёх селекционных линий, выведенных в Башкортостане. Органолептические показатели типич-

ны для стандартного зерна; все образцы имели высокий уровень содержания белка. Массовая доля клейковины соответствовала генотипу зерна. Число падения исследованных образцов было низким. Оптимизированы режимы гидротермической обработки зерна тритикале перед помолом.

Исследование учёных [39] было сосредоточено на многозерновой муке, состоящей из пшенично-ржано-тритикалевой и пшенично-ржано-овсяной шелухи, полученной с использованием экспериментальной вальцово-мельницы *Buhler* после смешивания злаков на разных уровнях. Для всех исследованных полизерновых смесей выход экстракции первого восстановительного пассажа был ниже по сравнению с пшеницей. Выходы муки на проходах вальцов уменьшались в цепочке: помольные смеси пшеницы с тритикале, пшеница и овёс.

Помол нескольких зёрен привёл к увеличению содержания золы, сырой клетчатки и жира и снижению содержания белка по сравнению с пшеницей. Профиль удерживающей способности растворителя варьировался в зависимости от типа смеси, и были установлены важные корреляции с параметрами *Mixolab*, в основном связанные с клейстеризацией и распадом крахмала. Измерения текстуры, проведённые на хлебе, приготовленном из многозерновой муки, показали повышение твёрдости и снижение показателей упругости при увеличении уровня замещения пшеницы. Эти результаты могут позволить лучше использовать различные злаки за счёт эффективного помола мультизлаковых смесей.

Исследование турецких учёных [40], рассматривающих тритикале по качественным характеристикам, доказали, что максимальная тысячезерновая масса получена от сортов *Tacettinbey* and *Ege Yildizi*; максимальная масса урожая зерна – с *Tatlicak-97*; максимальная масса гектолитра – у сортов *Tatlicak-97*, *Ege Yildizi* и *Mihkam-2002*. Максимальное содержание белка было у сортов *Karma-2000* и *Alperbey*, а максимальное содержание крахмала – у сортов *Umrhanhanim* и *Mihkam-2002*. Проводили оценку [41] продуктивности и питательной ценности сортов пшеницы и тритикале в разное время сбора урожая.

При оценке средних уровней общих перевариваемых питательных веществ сорта пшеницы и тритикале показали в среднем 48,90 и 48,67% в фазе сбора каучука, 42,68 и 49,60% в зерне – в стадии массы и 44,43 и 42,90% – в фазе созревания и уборки урожая. Наибольший выход переваримого сухого вещества отмечен у сортов, убранных в фазе зерна.

Стоит отметить работу учёных, которые смешивали пшеничную муку с тритикалевой мукой и проводили тесты на выпечку. При смешивании 18,3% муки тритикале с пшеничной мукой была получена наибольшая высота хлеба. Мука тритикале была фракционирована на водорастворимые вещества, глютен, первичный крахмал и хвосты путём фракционирования уксусной кислотой (рН 3,5). Результаты выпечки показали, что только водорастворимая фракция показала те же хлебопекарные характеристики, что и исходная мука тритикале.

Муку из нескольких видов тритикале смешивали с пшеничной мукой и сравнивали тесты по выпечке

хлеба и измерение активности амилазы. Результаты выпечки оказались связанными с альфа-амилазной активностью муки тритикале [42].

Озимые зерновые (пшеница, тритикале и рожь) являются наиболее возделываемыми культурами в России, а их урожайность и качество являются результатом сочетания окружающей среды и управления агротехнологическими приёмами выращивания зерна.

Как правило, озимые зерновые имеют гораздо более высокую урожайность, чем яровые, благодаря способности использовать зимнюю влагу для роста. В результате выявлено, что генотипы озимой тритикале (*Triticosecale Wittmack*) и озимой ржи (*Secale L.*) показали улучшенные урожаи по сравнению с озимой пшеницей даже в неблагоприятных экологических условиях Северного Зауралья, Россия.

Содержание хлорофилла в листьях растений использовали как инструмент для скрининга генотипов различных озимых злаков. Скрининг растений с помощью оптического счётчика хлорофилла *SPAD 502 Plus* позволил определить реакцию генотипов на условия теплового и водного стресса.

По содержанию хлорофилла в клетках флагового листа наблюдались внутри- и межвидовые различия. На полях озимых, убранных летом (в конце июля – начале августа), можно выращивать многофункциональные культуры: почвопокровные, кормовые, сидеральные [43].

*Физико-химические свойства зерна тритикале и тритикалевой муки.*

Тритикале отличается высоким содержанием лизина, фенольных соединений, арабиноксианов, бета-глюканов и альфа-амилазной активностью [44]. Стоит отметить, что тритикале рекомендовано к употреблению человеком благодаря своему ценному питательному составу.

Целью исследователей Galoburda R., Straumite E., Sabovics M. et al. [45] была оценка динамики летучих соединений в технологических процессах производства хлеба из тритикале и хлеба из тритикале на закваске, приготовленных с использованием культур на основе *Lactobacillus sanfranciscensis*.

Для приготовления хлеба использовали два вида заквасок: готовую к употреблению закваску и двухступенчатую закваску. В качестве контроля использовали тритикалевый хлеб без закваски. Летучие соединения из свободного пространства мучной смеси, закваски, а также смешанного теста, ферментированного теста, панировочных сухарей и корок извлекали с помощью твердофазной микроэкстракции в сочетании с газовой хроматографией/масс-спектрометрией. Спирты, в основном 1-гексанол, были основными летучими веществами в мучной смеси тритикале, тогда как в свободном пространстве образцов закваски преобладали этилацетат, этанол и уксусная кислота.

Двухступенчатая закваска после 30-минутного брожения показала наибольшую сумму площадей пиков, образованных 14 летучими соединениями, что является субстратом для дальнейшего развития аромата в хлебе. Всего в хлебе выявлено 29 соединений: в мякише преобладали летучие соединения – спирты, кетоны, кислоты, а в корке – спирты, альдегиды, фураны. Использование двухстадийной закваски обеспечи-

ло более разнообразный спектр летучих соединений. Такие летучие соединения, как этанол, 3-метил-1-бутанол, 2-метил-1-пропанол, 2-гидрокси-2-бутанол, 2-метилпропановая кислота, уксусная кислота, были идентифицированы во всех проанализированных образцах на всех стадиях выпекания хлеба [46].

Стоит упомянуть использование проростков в производстве продуктов функционального питания, которое является перспективным направлением применения зерна тритикале. Высокое содержание незаменимых аминокислот и биологически активных веществ в проростках тритикале объясняет их высокую пищевую и биологическую ценность [47].

Содержание лигнана в зерне тритикале варьировало от 392 до 792 мкг/100 г/м (кислотный гидролиз) и от 685 до 1189 мкг/100 г/м (ферментативный гидролиз) в зависимости от сорта. Уровни лигнана в отрубях тритикале были почти в три раза выше, чем в зерне; в муке их было на одну пятую или даже на одну десятую меньше, тогда как в шротах было столько же, сколько в зерне.

После трёх дней проращивания количество лигнанов в зерне тритикале увеличилось на 17–32%. Большее увеличение содержания лигнана (в 1,4 и 2,3 раза) обнаружено в тритикале после экструзионной варки. Ферментация привела к небольшому увеличению концентрации лигнана (2–14%), но затем она уменьшилась в процессе выпечки. Ферментативно гидролизованные экстракты содержали в среднем на 36% больше лигнана, чем образцы, подвергнутые кислотному гидролизу [48].

*Использование тритикалевой муки в хлебопечении.*

В последние несколько лет нехлебные злаки, как богатый источник биоактивных компонентов, играют важную роль в производстве новых более здоровых продуктов питания. Большое количество болезней, связанных с питанием, в обществе требует разработки и регулярного потребления качественных продуктов питания [49].

В последние годы композитный хлеб пользуется всё большим спросом у потребителей благодаря своим функциональным и питательным свойствам.

Мука из зерна тритикале, содержащая большее количество параллельных β-слоёв и тирозин, имела более высокий показатель содержания молочной кислоты и индекс клейковины. В результате испытаний на тритикале с более высокими показателями молочной кислоты и метабисульфита, тесто приобрело более высокую прочность и вязкость [50].

В работе [51] подробно оценивались свойства теста и качество хлеба с добавлением отрубей, полученных из зерна двух отобранных сортов тритикале: Фредро и Пантеон. Результаты показали, что мука этих сортов пригодна для выпечки хлеба. Добавление отрубей в хлебопекарные смеси положительно повлияло на реологические свойства теста и привело к существенному улучшению его консистенции. Хлебобулочные изделия из тестируемых образцов имели одинаковый удельный объём, однако показатель снижался с увеличением % внесения отрубей в смесь. Также было отмечено влияние отрубей на реологические свойства мякиша готовых изделий.

Исследования показали, что использование муки с периферийными частями зерна позволяет получить хлебобулочные изделия высокого качества. Оба изученных сорта тритикале Fredro и Panteon могут быть рассмотрены для хлебопекарных целей. Добавление отрубей в хлебопекарные смеси в соотношении 5 и 10% к массе муки благоприятно сказалось на реологических свойствах теста.

Отмечено значительное улучшение консистенции теста, приготовленного из смесей муки тритикале с отрубями, по сравнению с контрольным образцом (в качестве контроля выступал образец без добавления отрубей). Такой эффект от использования отрубей в смесях заслуживает упоминания, поскольку тесто, изготовленное с использованием тритикалевой муки, чаще всего характеризуется высокой склонностью к консистенции. Полученные результаты показали, что тритикалевая мука, и особенно её мучнисто-отрубные смеси с добавлением 5 и 10% отрубей, позволили получить хлеб хорошего качества.

Органолептическая оценка показала, что 150 г/кг пшеничной муки можно заменить мукой из тритикале для обеспечения хорошего качества хлеба. В заключение следует отметить, что добавление 150 г/кг тритикале и 6 г/кг камеди семян кресс-салата в комбинированные составы муки и хлеба оказало положительное влияние на все свойства, измеренные в обоих типах хлеба [52].

Стоит отметить, что также были разработаны различные продукты питания и напитки из продуктов переработки зерна тритикале, включая хлебобулочные изделия (например, хлеб и печенье), макаронные из-

делия, солод, спирт, йогурт, а также биоразлагаемые и съедобные плёнки [53; 54].

**Выводы.** В данном обзоре были представлены полученные результаты использования тритикалевой муки в хлебопекарной и кондитерской промышленности.

Показано, что использование тритикалевой муки, обладающее повышенными показателями молочной кислоты, повышенным содержанием белка, привело к получению теста с повышенной прочностью и вязкостью.

По физико-химическим свойствам зерна тритикале представляет собой типичный плод злака, характеризующийся высоким содержанием углеводов и белка. Данные показатели меняются в зависимости от района произрастания, и тритикале занимает промежуточное положение между рожью и пшеницей.

Разработанные технологические сокращённые и развитые схемы получения тритикалевой муки подтверждают возможность использования продуктов переработки зерна тритикале для производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий с уникальным химическим составом. Существует потребность в совершенно новых методах выпечки и печача, способных эффективно использовать возобновляемые источники энергии.

Анализ баз данных Web of Science Core Collection и Scopus подтверждает, что пути повышения биологической ценности хлебобулочных и мучных кондитерских изделий с использованием тритикалевой муки имеет актуальное и перспективное развитие в пищевой промышленности.

#### Список источников

1. Абделькави Р. Н. Ф., Турбаев А. Ж., Соловьев А. А. Технологические свойства зерна яровой тритикале в условиях ЦРНЗ // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 5. С. 87–97. EDN IVPBTZ.
2. Arizmendi-Cotero D., Bernal-Estrada M. A., Dominguez-Lopez, A. [et al.] Endogenous enzymes of triticale used as natural sweeteners of wheat-triticale cookies // Cereal Chemistry. 2020. Vol. 97 (5). P. 1075–1083. DOI 10.1002/cche.10330.
3. Hajnal E. J., Babič J., Pezo L. [et al.] Effects of extrusion process on Fusarium and Alternaria mycotoxins in whole grain triticale flour // LWT. 2022. Vol. 155 (2). Art. 112926, P. 1–10. DOI 10.1016/j.lwt.2021.112926.
4. Din A. M. U., Mao H.-T., Khan A. [et al.] Photosystems and antioxidative system of rye, wheat and triticale under Pb stress // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2023. Vol. 249. P. 114356. DOI 10.1016/j.ecoenv.2022.114356.
5. Makowska A., Waśkiewicz A., Chudy S. Lignans in triticale grain and triticale products // Journal of Cereal Science. 2020. Vol. 93. P. 102939. DOI 10.1016/j.jcs.2020.102939.
6. Meng X., Li T., Zhao J. [et al.] Effects of different bran pretreatments on rheological and functional properties of triticale whole-wheat flour // Food and Bioprocess Technology. 2023. Vol. 16 (3). P. 576–588. DOI 10.1007/s11947-022-02959-1.
7. Abd-Elatty S. A. A., Nawar A. I., Salama H. S. A. [et al.] The Production of Dual-Purpose Triticale in Arid Regions: Application of Organic and Inorganic Treatments under Water Deficit Conditions // Agronomy. 2022. Vol. 12, Is. 6. P. 1251.
8. Aprodu I., Parfene G., Andonoiu D. G. [et al.] Technological performance of various flours obtained through multigrain milling // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2019. Vol. 55, Is. 4. P. 27–34. DOI 10.1016/j.ifset.2019.05.011.
9. Babaytseva T. A., Solovyeva M. V., Kolesnikova V. G., Vafina E. F. Efficiency of methods for selecting elite winter triticale plants and evaluating their offspring in a breeding nursery // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2022. Vol. 949, No. 1, P. 012075. DOI 10.1088/1755-1315/949/1/012075.
10. Ayalew H., Anderson J. D., Krom N. [et al.] Genotyping-by-sequencing and genomic selection applications in hexaploid triticale // G3 (Bethesda). 2022. Vol. 12, Is. 2. DOI 10.1093/g3journal/jkab413.
11. Муратов А. А., Тихончук П. В., Туаева Е. В. Влияние густоты стояния растений на структуру урожая яровой тритикале // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (95). С. 60–66. EDN BCEQRB.
12. Fraš A., Gołębiowska K., Gołębiowski D. [et al.] Utilisation of triticale (X Triticosecale Wittmack) and residual oat flour in breadmaking // Czech Journal of Food Sciences. 2021. Vol. 39 (3). P. 226–233. DOI 10.17221/249/2020-CJFS.



13. Bome N. A., Salekh S., Korelev K. P. [et al.] Biological potential of winter cereals in the Northern Trans-Urals, Russia // *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*. 2022. № 54 (4). P. 789–802. DOI <https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.4.10>.
14. Farokhzadeh S., Hassani H. S., Mohammadi-Nejad G., Zinati Z. Evaluation of grain yield stability of tritipyrum as a novel cereal in comparison with triticale lines and bread wheat varieties through univariate and multivariate parametric methods // *PLoS One*. 2022. 17 (9):e0274588. DOI 10.1371/journal.pone.0274588.
15. Chavoushi M., Kadivar M., Arzani A., Sabzalian M. R. Relationships between grain, flour, and dough quality characteristics and solvent retention capacity tests of twelve triticale cultivars and parental species // *Food Chemistry*. 2022. Vol. 371 (1). P. 131283. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131283>.
16. Cappelli A., Lupori, L., Cini, E. Baking technology: A systematic review of machines and plants and their effect on final products, including improvement strategies // *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 115. P. 275–284. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.048>.
17. Golebiowska-Paluch G., Dyda M. The Genome Regions Associated with Abiotic and Biotic Stress Tolerance, as Well as Other Important Breeding Traits in Triticale // *Plants*. 2023. № 12 (3). P. 619. DOI 10.3390/plants12030619.
18. Sirat A., Bahar B., Bahar N. Evaluation of grain quality properties and mineral contents (nutritional values) of triticale (x *Triticosecale wittmack*) cultivars under rainfed agricultural conditions in the eastern Black Sea region of Turkey // *Pakistan Journal of Botany*. 2021. Vol. 54, Is. 3. DOI 10.30848/PJB2022-3(35).
19. Orłowska R., Zebrowski J., Dynkowska W. M. [et al.] Metabolomic Changes as Key Factors of Green Plant Regeneration Efficiency of Triticale In Vitro Anther Culture // *Cells*. 2022. Vol. 12, № 1. P. 163. DOI 10.3390/cells12010163.
20. Gołębiowska G., Stawoska I., Weselucha-Birczyńska A. Cold-modulated leaf compounds in winter triticale DH lines tolerant to freezing and *Microdochium nivale* infection: LC-MS and Raman study // *Functional Plant Biology*. 2022. № 49 (8). P. 725–741.
21. Kandrov R. H., Pankratov G. N., Meleshkina E. P. [et al.] Effective technological scheme for processing triticale (*Triticosecale* L.) grain into graded flour // *Foods and Raw Materials*. 2019. Vol. 7, № 1. P. 107–117. DOI 10.21603/2308-4057-2019-1-107-117.
22. Habib-ur-Rahman M., Raza A., Ahrends H. E. [et al.] Impact of in-field soil heterogeneity on biomass and yield of winter triticale in an intensively cropped hummocky landscape under temperate climate conditions // *Precision Agriculture*. 2022. Vol. 23 (3). P. 912–938. DOI 10.1007/s11119-021-09868-x.
23. Сокол Н. В., Донченко Л. В., Храмова Н. С. [и др.] Хлебопекарные свойства муки из зерна тритикале и перспектива ее использования // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2006. № 1 (290). С. 38–39. EDN KVJZDL.
24. Hao J., Zhao Z., Sun N. [et al.] Wheat dwarf genes Rht12 and Rht-B1b affected the performance of agronomic traits in hexaploid triticale // *Agronomy Journal*. 2022. Vol. 114, Is. 4. P. 2147–2158. DOI 10.1002/agj2.21052.
25. Jung J. S., Ravindran B., Soundharajan I. [et al.] Improved performance and microbial community dynamics in anaerobic fermentation of triticale silages at different stages // *Bioresource Technology*. 2022. Vol. 345. P. 126485. DOI 10.1016/j.biortech.2021.126485.
26. Суханбердина Л. Х., Тулегенова Д. К., Турбаев А. Ж. [и др.] Технологические свойства сортообразцов озимой тритикале // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 2020. № 3 (83). С. 66–70. EDN LSEBDP.
27. Kandrov R. Kh. Effects of triticale flour on the quality of honey cookies // *Foods and Raw Materials*. 2023. Vol. 11, № 2. P. 216–223. DOI 10.21603/2308-4057-2023-2-568.
28. Leonova S. A., Badamshina E., Koshchina E. [et al.] Triticale flour in bakery and rusk products // *Food Science and Technology International*. 2022. Vol. 28, Is. 6. P. 524–534. DOI 10.1177/10820132211023273.
29. Kaszuba J., Jaworska G., Krochmal-Marczak B. [et al.] Effect of bran addition on rheological properties of dough and quality of triticale bread // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020. Vol. 45, Is. 1. DOI .
30. Juzoń-Sikora K., Nowicka A., Plačková L. [et al.] Hormonal homeostasis associated with effective induction of triticale microspore embryogenesis // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2023. Vol. 152. P. 583–604. DOI 10.1007/s11240-022-02433-y.
31. Yu Z.-L., Liu R. Effect of electrolyzed water on enzyme activities of triticale malt during germination // *Journal of Food Science and Technology*. 2019. Vol. 56 (3). P. 1495–1501. DOI 10.1007/s13197-019-03637-5.
32. Яичкин В. Н., Иванова Л. В. Технологические свойства озимых культур, возделываемых в Оренбургской области, и возможность их использования в хлебопечении // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019. № 2 (76). С. 65–66. EDN DRVFOD.
33. Zhukov A. M., Anosova M. V., Popov I. A. [et al.] Triticale. The techniques of cultivation and processing // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 422, Is. 1. P. 012006. DOI 10.1088/1755-1315/422/1/012006.
34. Mehrizi A. A., Tangestaninejad S., Denayer J. F. M. [et al.] The critical impacts of anion and cosolvent on morpholinium ionic liquid pretreatment for efficient renewable energy production from triticale straw // *Renewable Energy*. 2023. Vol. 202. P. 686–698. DOI 10.1016/j.renene.2022.11.104.
35. Шаболкина Е. Н., Горянина Т. А. Селекция озимого тритикале для целей хлебопечения // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2014. Т. 16, № 5-3. С. 1181–1183. EDN ТПЕКД.
36. Pachota K. A., Orłowska R. Effect of copper and silver ions on sequence and DNA methylation changes in triticale regenerants gained via somatic embryogenesis // *Journal of Applied Genetics*. 2022. Vol. 63. P. 663–675. DOI 10.1007/s13353-022-00717-9.
37. Кандроков Р. Х., Панкратов Г. Н. Разработка эффективной технологической схемы переработки зерна тритикале в сортовую хлебопекарную муку // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019. № 1. С. 62–65. DOI 10.31857/S2500-26272019162-65. EDN YYIPHN.

38. Muratov A., Tikhonchuk P., Tuaeve E. The Influence of Mineral Fertilizers on the Productivity of Spring Triticale in the Conditions of the Southern Zone of the Amur Oblast // *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021) : E3S Web Conf.* Springer International Publishing, 2022. Vol. 371. P. 156–163. DOI 10.1007/978-3-030-91402-8\_19.

39. Pachota K. A., Orłowska R., Bednarek P. T. Medium composition affects the tissue culture-induced variation in triticale regenerants // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2022. Vol. 151. P. 35–46. DOI 10.1007/s11240-022-02327-z.

40. Piltz J. W., Rodham C. A. Effect of Sowing Rate and Maturity on the Yield and Nutritive Value of Triticale-Field Pea Forage Crops // *Sustainability*. 2022. Vol. 14 (6). P. 3637. DOI 10.3390/su14063637.

41. Pycia K., Kaszuba J., Posadzka Z., Juszczak L. Influence of the Addition of Vital Wheat Gluten on Thermal and Rheological Properties of Triticale Flour // *Polymers*. 2023. Vol. 15 (8). P. 1870. DOI 10.3390/polym15081870.

42. Rapacz M., Macko-Podgórní A., Jurczyk B., Kuchar L. Modeling wheat and triticale winter hardiness under current and predicted winter scenarios for Central Europe: A focus on deacclimation // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2022. Vol. 313. P. 108739. DOI 10.1016/j.agrformet.2021.108739.

43. Seguchi M., Ishihara C., Yoshino Y. [et al.] Breadmaking Properties of Triticale Flour with Wheat Flour and Relationship to Amylase Activity // *Journal of Food Science*. 1999. Vol. 64, № 4. P. 582–586. DOI 10.1111/j.1365-2621.1999.tb15089.x.

44. Shekholeslami Z., Mahfouzi M., Karimi M. [et al.] Evaluating the traditional bread properties with new formula: Affected by triticale and cress seed gum // *Food Science and Technology International*. 2020. Vol. 27, Is. 5. P. 413–425. DOI 10.1177/1082013220961777.

45. Galoburda R., Straumite E., Sabovics M., Kruma Z. Dynamics of Volatile Compounds in Triticale Bread with Sourdough: From Flour to Bread // *Foods*. 2020. Vol. 9 (12). P. 1837. DOI 10.3390/foods9121837.

46. Spetsov P., Daskalova N. Resistance to pathogens in wheat-rye and triticale genetic stocks // *Journal of Plant Pathology*. 2022. Vol. 104. P. 99–114. DOI 10.1007/s42161-021-01019-5.

47. Sukhanberdina L. Kh., Tulegenova D. K., Kaliyeva L. T. [et al.] Influence of elements of cultivation technology on yield and grain quality of winter triticale in the conditions of the Urals // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2022. Vol. 979, № 1. P. 012057. DOI 10.1088/1755-1315/979/1/012057.

48. Ušević L., Baltrėnaitė-Gedienė E., Feizienė D. The Combined Effect of Biochar and Mineral Fertilizer on Triticale Yield, Soil Properties under Different Tillage Systems // *Plants*. 2022. Vol. 11, Is. 1. P. 111. DOI 10.3390/plants11010111.

49. Vieira E. M., Albuquerque C. J. B., Rigueira J. P. S. [et al.] Production and nutritional value of wheat and triticale cultivars in different harvest times in the Minas Gerais semiarid // *Semina: Ciências Agrárias*. 2022. Vol. 43, № 1. P. 381–396. DOI 10.5433/1679-0359.2022v43n1p381.

50. Watanabe E., Antunes Arruda K. M., Good Kitzberger C. S., Coelho A. R. Physico-chemical properties and milling behavior of modern triticale genotypes // *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2019. Vol. 31, № 10. P. 752–758. DOI 10.9755/ejfa.2019.v31.i10.2015.

51. Xiong M., Zheng S., Bai T. [et al.] The difference among structure, physicochemical and functional properties of dietary fiber extracted from triticale and hull-less barley // *LWT*. 2022. Vol. 154. P. 112771. DOI 10.1016/j.lwt.2021.112771.

52. Yang Y., Liu H., Tian X., Du W. Lodging resistance and feeding quality of triticale and cereal rye lines in an alpine pastoral area of P. R. China // *Agronomy Journal*. 2022. Vol. 114 (2). P. 1284–1297. DOI 10.1002/agj2.21012.

53. Zhu F. Triticale: Nutritional composition and food uses // *Food Chemistry*. 2018. Vol. 241. P. 468–479. DOI 10.1016/j.foodchem.2017.09.009.

54. Malherbe S. J. M., Cripwell R. A., Favaro L. [et al.] Triticale and sorghum as feedstock for bioethanol production via consolidated bioprocessing // *Renewable Energy*. 2023. Vol. 206. P. 498–505. DOI 10.1016/j.renene.2023.02.047.

#### References

1. Abdel'kavi R. N. F., Turbaev A. Zh., Solov'ev A. A. Tekhnologicheskie svoystva zerna yarovoj tritikale v usloviyah CRNZ // *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2020. № 5. S. 87–97. EDN IBPBTZ.

2. Arizmendi-Cotero D., Bernal-Estrada M. A., Dominguez-Lopez, A. [et al.] Endogenous enzymes of triticale used as natural sweeteners of wheat-triticale cookies // *Cereal Chemistry*. 2020. Vol. 97 (5). P. 1075–1083. DOI 10.1002/cche.10330.

3. Hajnal E. J., Babić J., Pezo L. [et al.] Effects of extrusion process on Fusarium and Alternaria mycotoxins in whole grain triticale flour // *LWT*. 2022. Vol. 155 (2). Art. 112926, P. 1–10. DOI 10.1016/j.lwt.2021.112926.

4. Din A. M. U., Mao H.-T., Khan A. [et al.] Photosystems and antioxidative system of rye, wheat and triticale under Pb stress // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2023. Vol. 249. P. 114356. DOI 10.1016/j.ecoenv.2022.114356.

5. Makowska A., Waśkiewicz A., Chudy S. Lignans in triticale grain and triticale products // *Journal of Cereal Science*. 2020. Vol. 93. P. 102939. DOI 10.1016/j.jcs.2020.102939.

6. Meng X., Li T., Zhao J. [et al.] Effects of different bran pretreatments on rheological and functional properties of triticale whole-wheat flour // *Food and Bioprocess Technology*. 2023. Vol. 16 (3). P. 576–588. DOI 10.1007/s11947-022-02959-1.

7. Abd-Elatty S. A. A., Nawar A. I., Salama H. S. A. [et al.] The Production of Dual-Purpose Triticale in Arid Regions: Application of Organic and Inorganic Treatments under Water Deficit Conditions // *Agronomy*. 2022. Vol. 12, Is. 6. P. 1251.

8. Aprodu I., Parfene G., Andonoiu D. G. [et al.] Technological performance of various flours obtained through multigrain milling // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2019. Vol. 55, Is. 4. P. 27–34. DOI 10.1016/j.ifset.2019.05.011.

9. Babaytseva T. A., Solovyeva M. V., Kolesnikova V. G., Vafina E. F. Efficiency of methods for selecting elite winter triticale plants and evaluating their offspring in a breeding nursery // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2022. Vol. 949, No. 1, P. 012075. DOI 10.1088/1755-1315/949/1/012075.

10. Ayalew H., Anderson J. D., Krom N. [et al.] Genotyping-by-sequencing and genomic selection applications in hexaploid triticale // *G3 (Bethesda)*. 2022. Vol. 12, Is. 2. DOI 10.1093/g3journal/jkab413.
11. Muratov A. A., Tikhonchuk P. V., Tuaeava E. V. Vliyanie gustoty stoyaniya rastenij na strukturu urozhaya yarovoj tritikale // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022. № 3 (95). S. 60–66. EDN BCEQRB.
12. Fraš A., Gołębiowska K., Gołębiowski D. [et al.] Utilisation of triticale (X *Triticosecale* Wittmack) and residual oat flour in breadmaking // *Czech Journal of Food Sciences*. 2021. Vol. 39 (3). P. 226–233. DOI 10.17221/249/2020-CJFS.
13. Bome N. A., Salekh S., Korelev K. P. [et al.] Biological potential of winter cereals in the Northern Trans-Urals, Russia // *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*. 2022. № 54 (4). P. 789–802. DOI <https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.4.10>.
14. Farokhzadeh S., Hassani H. S., Mohammadi-Nejad G., Zinati Z. Evaluation of grain yield stability of tritipyrum as a novel cereal in comparison with triticale lines and bread wheat varieties through univariate and multivariate parametric methods // *PLoS One*. 2022. 17 (9):e0274588. DOI 10.1371/journal.pone.0274588.
15. Chavoushi M., Kadivar M., Arzani A., Sabzalian M. R. Relationships between grain, flour, and dough quality characteristics and solvent retention capacity tests of twelve triticale cultivars and parental species // *Food Chemistry*. 2022. Vol. 371 (1). P. 131283. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131283>.
16. Cappelli A., Lupori, L., Cini, E. Baking technology: A systematic review of machines and plants and their effect on final products, including improvement strategies // *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 115. P. 275–284. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.048>.
17. Golebiowska-Paluch G., Dyda M. The Genome Regions Associated with Abiotic and Biotic Stress Tolerance, as Well as Other Important Breeding Traits in Triticale // *Plants*. 2023. № 12 (3). P. 619. DOI 10.3390/plants12030619.
18. Sirat A., Bahar B., Bahar N. Evaluation of grain quality properties and mineral contents (nutritional values) of triticale (x *Triticosecale* wittmack) cultivars under rainfed agricultural conditions in the eastern Black Sea region of Turkey // *Pakistan Journal of Botany*. 2021. Vol. 54, Is. 3. DOI 10.30848/PJB2022-3(35).
19. Orłowska R., Zebrowski J., Dynkowska W. M. [et al.] Metabolomic Changes as Key Factors of Green Plant Regeneration Efficiency of Triticale In Vitro Anther Culture // *Cells*. 2022. Vol. 12, № 1. P. 163. DOI 10.3390/cells12010163.
20. Gołębiowska G., Stawoska I., Wesołucha-Birczyńska A. Cold-modulated leaf compounds in winter triticale DH lines tolerant to freezing and *Microdochium nivale* infection: LC-MS and Raman study // *Functional Plant Biology*. 2022. № 49 (8). P. 725–741.
21. Kandrov R. H., Pankratov G. N., Meleshkina E. P. [et al.] Effective technological scheme for processing triticale (*Triticosecale* L.) grain into graded flour // *Foods and Raw Materials*. 2019. Vol. 7, № 1. P. 107–117. DOI 10.21603/2308-4057-2019-1-107-117.
22. Habib-ur-Rahman M., Raza A., Ahrends H. E. [et al.] Impact of in-field soil heterogeneity on biomass and yield of winter triticale in an intensively cropped hummocky landscape under temperate climate conditions // *Precision Agriculture*. 2022. Vol. 23 (3). P. 912–938. DOI 10.1007/s11119-021-09868-x.
23. Sokol N. V., Donchenko L. V., Khramova N. S. [i dr.] Hlebopekarnye svoystva muki iz zerna tritikale i perspektiva ee ispol'zovaniya // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya*. 2006. № 1 (290). S. 38–39. EDN KVJZDL.
24. Hao J., Zhao Z., Sun N. [et al.] Wheat dwarf genes Rht12 and Rht-B1b affected the performance of agronomic traits in hexaploid triticale // *Agronomy Journal*. 2022. Vol. 114, Is. 4. P. 2147–2158. DOI 10.1002/agj2.21052.
25. Jung J. S., Ravindran B., Soundharrajan I. [et al.] Improved performance and microbial community dynamics in anaerobic fermentation of triticale silages at different stages // *Bioresource Technology*. 2022. Vol. 345. P. 126485. DOI 10.1016/j.biortech.2021.126485.
26. Sukhanberdina L. Kh., Tulegenova D. K., Turbaev A. Zh. [i dr.] Tekhnologicheskie svoystva sortoobrazcov ozimoj tritikale // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020. № 3 (83). S. 66–70. EDN LSEBDP.
27. Kandrov R. Kh. Effects of triticale flour on the quality of honey cookies // *Foods and Raw Materials*. 2023. Vol. 11, № 2. P. 216–223. DOI 10.21603/2308-4057-2023-2-568.
28. Leonova S. A., Badamshina E., Koshchina E. [et al.] Triticale flour in bakery and rusk products // *Food Science and Technology International*. 2022. Vol. 28, Is. 6. P. 524–534. DOI 10.1177/108201322211023273.
29. Kaszuba J., Jaworska G., Krochmal-Marczak B. [et al.] Effect of bran addition on rheological properties of dough and quality of triticale bread // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020. Vol. 45, Is. 1. DOI .
30. Juzoń-Sikora K., Nowicka A., Plačková L. [et al.] Hormonal homeostasis associated with effective induction of triticale microspore embryogenesis // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2023. Vol. 152. P. 583–604. DOI 10.1007/s11240-022-02433-y.
31. Yu Z.-L., Liu R. Effect of electrolyzed water on enzyme activities of triticale malt during germination // *Journal of Food Science and Technology*. 2019. Vol. 56 (3). P. 1495–1501. DOI 10.1007/s13197-019-03637-5.
32. Yaichkin V. N., Ivanova L. V. Tekhnologicheskie svoystva ozimyh kul'tur, vozdeleyvaemyh v Orenburgskoj oblasti, i vozmozhnost' ih ispol'zovaniya v hlebopечeniі // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. № 2 (76). S. 65–66. EDN DRVFOD.
33. Zhukov A. M., Anosova M. V., Popov I. A. [et al.] Triticale. The techniques of cultivation and processing // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 422, Is. 1. P. 012006. DOI 10.1088/1755-1315/422/1/012006.
34. Mehrizi A. A., Tangestaninejad S., Denayer J. F. M. [et al.] The critical impacts of anion and cosolvent on morpholinium ionic liquid pretreatment for efficient renewable energy production from triticale straw // *Renewable Energy*. 2023. Vol. 202. P. 686–698. DOI 10.1016/j.renene.2022.11.104.
35. Shabolkina E. N., Goryanina T. A. Selekcija ozimogo tritikale dlya celej hlebopечeniya // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*. 2014. T. 16, № 5-3. S. 1181–1183. EDN TPIEKD.

36. Pachota K. A., Orłowska R. Effect of copper and silver ions on sequence and DNA methylation changes in triticale regenerants gained via somatic embryogenesis // *Journal of Applied Genetics*. 2022. Vol. 63. P. 663–675. DOI 10.1007/s13353-022-00717-9.

37. Kandrov R. Kh., Pankratov G. N. Razrabotka effektivnoj tekhnologicheskoy skhemy pererabotki zerna tritikale v sortovuyu hlebopekarnuyu muku // *Rossiyskaya sel'skokozyajstvennaya nauka*. 2019. № 1. С. 62–65. DOI 10.31857/S2500-26272019162-65. EDN YYIPHN.

38. Muratov A., Tikhonchuk P., Tuaeve E. The Influence of Mineral Fertilizers on the Productivity of Spring Triticale in the Conditions of the Southern Zone of the Amur Oblast // *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021) : E3S Web Conf.* Springer International Publishing, 2022. Vol. 371. P. 156–163. DOI 10.1007/978-3-030-91402-8\_19.

39. Pachota K. A., Orłowska R., Bednarek P. T. Medium composition affects the tissue culture-induced variation in triticale regenerants // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2022. Vol. 151. P. 35–46. DOI 10.1007/s11240-022-02327-z.

40. Piltz J. W., Rodham C. A. Effect of Sowing Rate and Maturity on the Yield and Nutritive Value of Triticale-Field Pea Forage Crops // *Sustainability*. 2022. Vol. 14 (6). P. 3637. DOI 10.3390/su14063637.

41. Pycia K., Kaszuba J., Posadzka Z., Juszczak L. Influence of the Addition of Vital Wheat Gluten on Thermal and Rheological Properties of Triticale Flour // *Polymers*. 2023. Vol. 15 (8). P. 1870. DOI 10.3390/polym15081870.

42. Rapacz M., Macko-Podgórní A., Jurczyk B., Kuchar L. Modeling wheat and triticale winter hardiness under current and predicted winter scenarios for Central Europe: A focus on deacclimation // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2022. Vol. 313. P. 108739. DOI 10.1016/j.agrformet.2021.108739.

43. Seguchi M., Ishihara C., Yoshino Y. [et al.] Breading Properties of Triticale Flour with Wheat Flour and Relationship to Amylase Activity // *Journal of Food Science*. 1999. Vol. 64, № 4. P. 582–586. DOI 10.1111/j.1365-2621.1999.tb15089.x.

44. Sheikholeslami Z., Mahfouzi M., Karimi M. [et al.] Evaluating the traditional bread properties with new formula: Affected by triticale and cress seed gum // *Food Science and Technology International*. 2020. Vol. 27, Is. 5. P. 413–425. DOI 10.1177/1082013220961777.

45. Galoburda R., Straumite E., Sabovics M., Kruma Z. Dynamics of Volatile Compounds in Triticale Bread with Sour-dough: From Flour to Bread // *Foods*. 2020. Vol. 9 (12). P. 1837. DOI 10.3390/foods9121837.

46. Spetsov P., Daskalova N. Resistance to pathogens in wheat-rye and triticale genetic stocks // *Journal of Plant Pathology*. 2022. Vol. 104. P. 99–114. DOI 10.1007/s42161-021-01019-5.

47. Sukhanberdina L. Kh., Tulegenova D. K., Kaliyeva L. T. [et al.] Influence of elements of cultivation technology on yield and grain quality of winter triticale in the conditions of the Urals // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2022. Vol. 979, № 1. P. 012057. DOI 10.1088/1755-1315/979/1/012057.

48. Usevičiūtė L., Baltrėnaitė-Gedienė E., Feizienė D. The Combined Effect of Biochar and Mineral Fertilizer on Triticale Yield, Soil Properties under Different Tillage Systems // *Plants*. 2022. Vol. 11, Is. 1. P. 111. DOI 10.3390/plants11010111.

49. Vieira E. M., Albuquerque C. J. B., Rigueira J. P. S. [et al.] Production and nutritional value of wheat and triticale cultivars in different harvest times in the Minas Gerais semiarid // *Semina: Ciências Agrárias*. 2022. Vol. 43, № 1. P. 381–396. DOI 10.5433/1679-0359.2022v43n1p381.

50. Watanabe E., Antunes Arruda K. M., Good Kitzberger C. S., Coelho A. R. Physico-chemical properties and milling behavior of modern triticale genotypes // *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2019. Vol. 31, № 10. P. 752–758. DOI 10.9755/ejfa.2019.v31.i10.2015.

51. Xiong M., Zheng S., Bai T. [et al.] The difference among structure, physicochemical and functional properties of dietary fiber extracted from triticale and hull-less barley // *LWT*. 2022. Vol. 154. P. 112771. DOI 10.1016/j.lwt.2021.112771.

52. Yang Y., Liu H., Tian X., Du W. Lodging resistance and feeding quality of triticale and cereal rye lines in an alpine pastoral area of P. R. China // *Agronomy Journal*. 2022. Vol. 114 (2). P. 1284–1297. DOI 10.1002/agj2.21012.

53. Zhu F. Triticale: Nutritional composition and food uses // *Food Chemistry*. 2018. Vol. 241. P. 468–479. DOI 10.1016/j.foodchem.2017.09.009.

54. Malherbe S. J. M., Cripwell R. A., Favaro L. [et al.] Triticale and sorghum as feedstock for bioethanol production via consolidated bioprocessing // *Renewable Energy*. 2023. Vol. 206. P. 498–505. DOI 10.1016/j.renene.2023.02.047.

#### *Сведения об авторах*

**Анатолий Васильевич Вейберов** – аспирант, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», spin-код: 4136-6660.

**Катерина Павловна Кузьмина** – аспирант, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)».

**Роман Хажсетович Кандроков** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», spin-код: 7081-1209.

**Олег Александрович Суворов** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры индустрии питания, гостиничного сервиса и бизнеса, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», spin-код: 8979-2000.

#### *Information about the authors*

**Anatoly V. Veiberov** – Postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian Biotechnological University”, spin-code: 4136-6660.

**Katerina P. Kuzmina** – Postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian Biotechnological University”.

**Roman Kh. Kandrov** – Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Grains, Bakery and Confectionery Technologies, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian Biotechnological University”, spin-code: 7081-1209.

**Oleg A. Suvorov** – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Food Industry, Hotel Service and Business, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian Biotechnological University”, spin-code: 8979-2000.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ ФГБОУ ВО «ЯРОСЛАВСКИЙ ГАУ» В 2024 ГОДУ ВЫШЛА  
М О Н О Г Р А Ф И Я**

**ВЕРА ВИТАЛЬЕВНА ЖОЛУДЕВА**

## **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

В монографии рассмотрены различные методы современной математики, применяемые в сельском хозяйстве при моделировании экономики АПК. Для пояснения особенностей рассмотренных моделей приводятся конкретные примеры.

Монография предназначена для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, студентов сельскохозяйственных и смежных специальностей вузов, а также представителям бизнеса и органам власти, имеющим отношение к агробизнесу.

**УДК 519.87.631; ББК 22.18; ISBN 978-5-98914-277-4; 90 СТР.**

**ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОБРАЩАТЬСЯ ПО АДРЕСУ:**

**150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58, ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ»**

**e-mail: e.bogoslovskaya@yarcx.ru**