

Разработка технологии функционального хлеба улучшенного качества на основе хлебопекарной смеси с применением муки из цельносмолотого биоактивированного зерна пшеницы и ржи

Н. Н. Алёхина, Е. И. Пономарева, И. А. Бакаева

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение: В связи с получением новых данных в области метаболических аспектов фармакологии и токсикологии пищи увеличение объемов выработки функциональных продуктов растет с каждым годом и является одним из важных приоритетных направлений развития пищевой промышленности. С целью обогащения хлебобулочных изделий в последнее время широко используется биоактивированное зерно, мука из цельносмолотой пшеницы и ржи, хлебопекарные смеси с использованием данных видов муки. Приготовление зернового хлеба на основе хлебопекарной смеси из измельченной дезинтеграционно-волновым способом биоактивированной пшеницы и ржи приводит к получению изделий с липким, сильно заминающимся мякишем.

Цель: Разработать хлебопекарную смесь с применением муки из цельносмолотого биоактивированного зерна пшеницы и ржи и технологию функционального хлеба улучшенного качества на ее основе.

Материалы и методы: Объектами исследований являлись десять образцов из хлебопекарных смесей с разным рецептурным составом компонентов. В тесте при брожении определяли бродильную активность на ризографе National, кислотность - методом титрования. Качество хлеба после 20 ч хранения и его химический состав оценивали в соответствии с общепринятыми методиками, указанными в действующих стандартах.

Результаты: Наилучшие свойства теста и качество хлеба наблюдались в образце, полученном на основе хлебопекарной смеси без применения сухой пшеничной клейковины, с увеличенной дозировкой аскорбиновой и лимонной кислоты, молочной сыворотки, в 100 г которой в равных частях содержались мука из цельносмолотого биоактивированного зерна ржи и пшеницы, мука ржаная обдирная, мука пшеничная первого сорта (по 23,63 %). В результате оценки химического состава разработанного изделия установлено, что оно относится к функциональным пищевым продуктам за счет значимого содержания магния, фосфора, железа, тиамина и рибофлавина.

Выводы: Обоснован выбор состава хлебопекарной смеси с применением муки из цельносмолотого биоактивированного зерна ржи и пшеницы для получения функционального хлеба с практически не заминающимся мякишем и разработана технология его приготовления, которая позволит интенсифицировать технологический цикл производства изделия за счет исключения стадии брожения теста.

Ключевые слова: биоактивированное зерно; пшеница; рожь; хлебопекарная смесь; свойства теста; качество хлеба; химический состав; функциональный продукт

Корреспонденция:

Пономарева Елена Ивановна,
ФГБОУ ВО «ВГУИТ»
394036, Россия, г. Воронеж,
проспект Революции, д. 19
E-mail: elena6815@yandex.ru

Конфликт интересов:

авторы сообщают
об отсутствии конфликта
интересов.

Поступила: 09.01.2023

Принята: 20.03.2023

Опубликована: 30.09.2023

Copyright: © 2023 Авторы



Для цитирования: Алехина, Н.Н., Пономарева, Е.И., & Бакаева, И.А. (2023). Разработка технологии хлеба функционального назначения на основе хлебопекарной смеси из биоактивированной пшеницы и ржи. *FOOD METAENGINEERING*, 1(2), 41-53. <https://doi.org/10.37442/fme.2023.2.16>

Development of Functional Bread Technology Based on a Baking Mixture of Bioactivated Wheat and Rye

Nadezhda N. Alyokhina, Elena I. Ponomareva, Irina A. Bakaeva

Federal State Budget Educational
Institution of Higher Education
«Voronezh State University of
Engineering Technologies»,
Voronezh, Russia

ABSTRACT

Introduction: In connection with the acquisition of new data in the field of metabolic aspects of food pharmacology and toxicology, the production volume of functional products is growing every year and is one of the important priority directions for the development of the food industry. To enrich bakery products, bioactivated grain, flour from whole wheat and rye, and bakery mixes using these types of flour have been widely used lately. The preparation of grain bread based on a bakery mix made from wheat and rye bioactivated by the disintegration-wave method leads to products with a sticky, highly kneadable crumb.

Purpose: To develop a bakery mix using flour from whole grain bioactivated wheat and rye and a technology for functional bread of improved quality based on it.

Materials and Methods: The objects of research were ten samples from baking mixes with different compounding components. In the fermentation test, the fermentation activity was determined on the National rhizograph, the acidity was determined by titration. The quality of bread after 20 hours of storage and its chemical composition were evaluated in accordance with generally accepted methods specified in current standards.

Results: The best dough properties and bread quality were observed in the sample made based on the bakery mix without the use of dry wheat gluten, with an increased dosage of ascorbic and citric acids, whey, in which 100 grams contained equal parts of flour from whole grain bioactivated rye and wheat, peeled rye flour, and first-grade wheat flour (each at 23.63%). As a result of evaluating the chemical composition of the developed product, it was found that it is classified as a functional food due to its significant content of magnesium, phosphorus, iron, thiamine, and riboflavin.

Conclusion: The choice of a bakery mix composition using flour from whole grain bioactivated rye and wheat has been justified to produce functional bread with a nearly non-kneadable crumb. A preparation technology has been developed, which will intensify the technological cycle of product production by eliminating the dough fermentation stage.

Keywords: bioactivated grain; wheat; rye; baking mixture; dough properties; bread quality; chemical composition; functional product

Correspondence:

Ponomareva Elena Ivanovna,
Federal State Budget Educational
Institution of Higher Education
«Voronezh State University of
Engineering Technologies».
394036, Россия, г. Воронеж,
проспект Революции, д. 19
E-mail: elena6815@yandex.ru

Conflict of interest:

The authors report the absence of a conflict of interest.

Received: 09.01.2023

Accepted: 20.03.2023

Published: 30.09.2023

Copyright: © 2023 The Authors



To cite: Alekhina, N.N., Ponomareva, E.I., & Bakaeva, I.A. Development of Functional Bread Technology Based on a Baking Mixture of Bioactivated Wheat and Rye. *FOOD METAENGINEERING*, 1(2), 41-53. <https://doi.org/10.37442/fme.2023.2.16>

ВВЕДЕНИЕ

Регулярное включение в рацион человека функциональных пищевых продуктов позволяет восполнить организм человека недостающими нутриентами. Перспективными видами продукции для обогащения жизненно необходимыми биологически активными веществами являются хлебобулочные изделия, которые широко потребляются всеми слоями населения, имеют оптимальную стоимость и являются доступным источником энергии и нутриентов. Известно, что трудоспособный гражданин употребляет за год в среднем 126,5 кг хлебопродуктов (Солоница, 2019; Князева, 2021; Вейберов, 2021).

При разработке хлебобулочных изделий функционального назначения применяют физиологически функциональные ингредиенты, чаще всего растительного происхождения, которые содержат в своем составе пищевые волокна, антиоксиданты, витамины, минеральные вещества и т. д. (Пушмина, 2021; Жаркова, 2019; Ребезов, 2012; Погожева, 2012; Amoah, 2022; Whitney, 2020; Amoah, 2019).

Одним из путей повышения пищевой ценности и функциональной направленности хлебобулочных изделий является использование в технологии их приготовления готовых зерновых хлебопекарных смесей. Состав последних может корректироваться в зависимости от требуемых параметров для конечного продукта, что также упрощает ход технологического процесса. Существующие хлебопекарные смеси (ХПС) отличаются входящими в состав рецептурными компонентами (разные виды муки, вторичные продукты мукомольного производства, овощные порошки, семена масличных культур, пряности, лекарственные растения и т. д.) (Алехина, 2021; Алехина, 2020; Вершинина, 2018; Наумова, 2020; Невская, 2019; Day, 2022; Khalek, 2020; Kuznetsova, 2021).

Известна возможность использования в хлебопечении продуктов переработки голозерного овса (цельносмолотого зерна и сеяной муки) в смеси с высококачественной пшеничной мукой при различном количественном соотношении компонентов в смесях (Носкова, 2019; Субботина, 2019). Выявлено, что при использовании продуктов переработки голозерного овса объем и общая хлебопекарная оценка изделий с добавлением овсяной муки выше, чем при внесении цельносмолотого зерна овса. Увеличение доли овсяной муки до 20 % и внесение 10 % цельносмолотого зерна в смесь с пшеничной мукой приводило к небольшому ухудшению ка-

чественных показателей хлебобулочных изделий (Шаболкина, 2019).

Применение 3 % муки из пшеницы и из зерна сорго зернового в составе композитной хлебопекарной смеси с мукой пшеничной хлебопекарной оказывает положительное влияние на активацию дрожжей хлебопекарных и процессы брожения и созревания теста, при этом обеспечивается получение хлеба с высокими потребительскими свойствами (Серебrenикова, 2022).

При всем разнообразии проводимых исследований необходимо продолжать совершенствовать технологии хлеба на основе хлебопекарных смесей, в том числе с применением биоактивированного (набухшего, пророщенного) зерна злаковых культур. При этом процессы, происходящие при биоактивации, начинают протекать на стадии набухания зерен злаковых культур и далее продолжают при их проращивании (Баева, 2021; Наumenко, 2019; Finnie, 2019; Johnston, 2019; Naumenko, 2021; Peñaranda, 2021).

Для получения зерновой хлебопекарной смеси необходимо первоначально высушить и измельчить на дезинтеграторе биоактивированное зерно, что позволит повысить степень ее однородности при перемешивании ингредиентов. Однако по результатам ранее полученных данных было выявлено, что приготовление зернового хлеба на основе хлебопекарной смеси из измельченной дезинтеграционно-волновым способом биоактивированной пшеницы влажностью $(10,0 \pm 0,5) \%$ приводит к получению изделий с липким, сильно заминающимся мякишем (Алехина, 2020). Это обусловлено тем, что зерна крахмала после измельчения биоактивированной пшеницы на дезинтеграторе являются более доступными для действия амилалитических ферментов. При этом образуется большее количество декстринов, которые придают мякишу зернового хлеба липкость. Кроме того, крахмал в большей степени гидролизуеться и за счет неполного связывания влаги приводит к получению изделия с мякишем влажным на ощупь. Поэтому необходима разработка хлебопекарной смеси, которая позволила бы получить зерновой хлеб функционального назначения с улучшенными показателями качества.

Целью исследований явилась разработка хлебопекарной смеси с применением муки из цельносмолотого биоактивированного зерна пшеницы и ржи и технологии функционального хлеба улучшенного качества на ее основе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

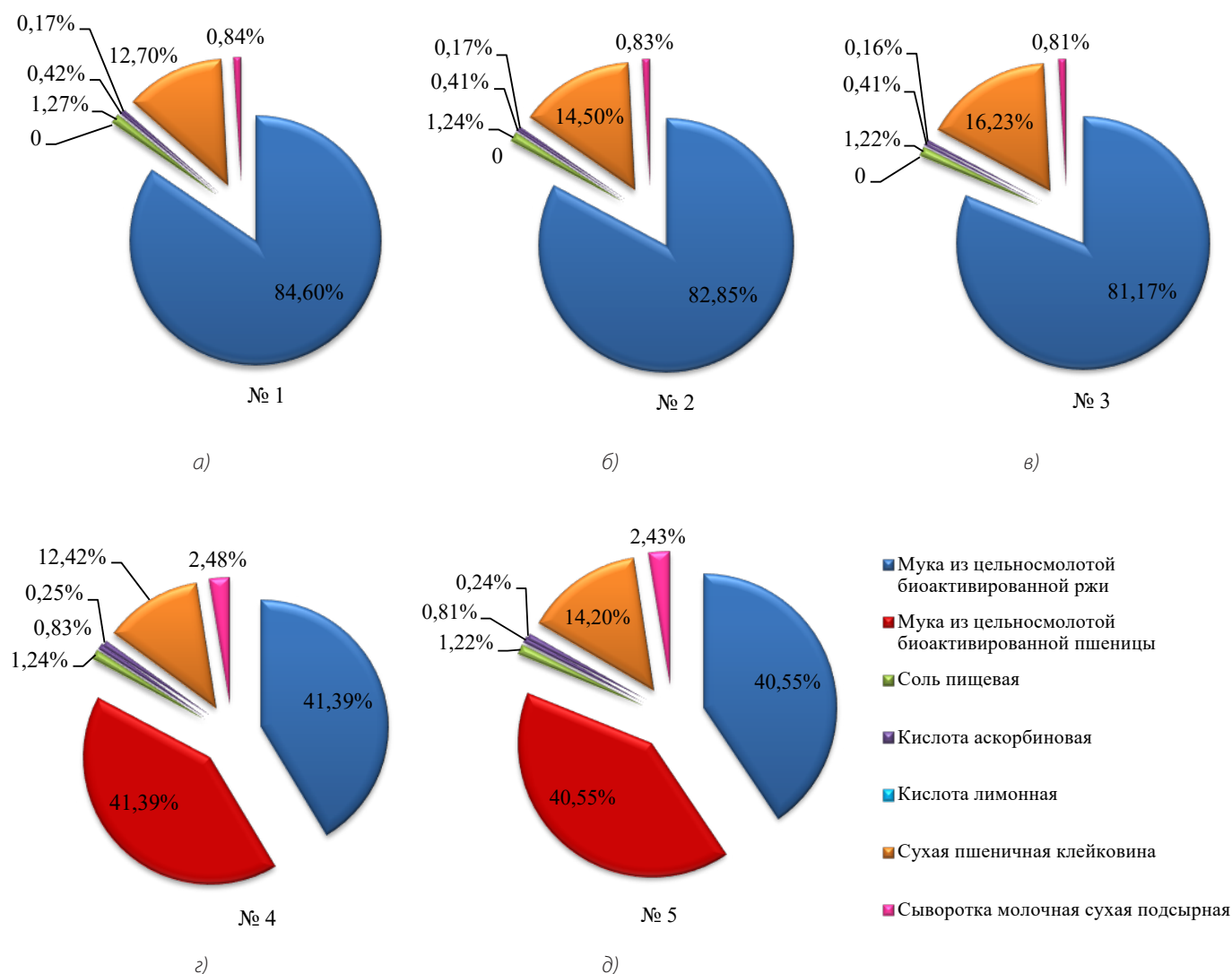
Объектами исследований являлись десять образцов хлебопекарных смесей: № 1–10, состав которых указан на Рисунках 1, 2).

Муку из цельносмолотого биоактивированного зерна получали в соответствии с ТИ 10.61.24–461-02068108–2018 из пшеницы 3-го класса (ГОСТ 9353–2016) и ржи 1-го класса (ГОСТ 16990–2017) с применением дезинтеграционно-волнового способа измельчения.

При приготовлении ХПС разного состава муку из цельносмолотого биоактивированного зерна пшеницы (кроме ХПС № 1, № 2, № 3), муку из цельносмолотого биоактивированного зерна ржи, муку пшеничную хлебопекарную первого сорта (ГОСТ 26574–2017, кроме ХПС № 1–6), муку ржаную хлебопекарную обдирную (ГОСТ 7045–2017, кроме ХПС № 5), сухую пшеничную клейковину (ГОСТ 31934–2012, кроме ХПС № 8), соль пищевую (ГОСТ Р 51574–2018), сыворотку молочную сухую подсырную (ГОСТ 33958–2016), кислоту аскорбиновую (ФС 42-2668-95), кислоту лимонную (ГОСТ 908–2004) дозировали в загрузочное устройство ленточного сме-

Рисунок 1

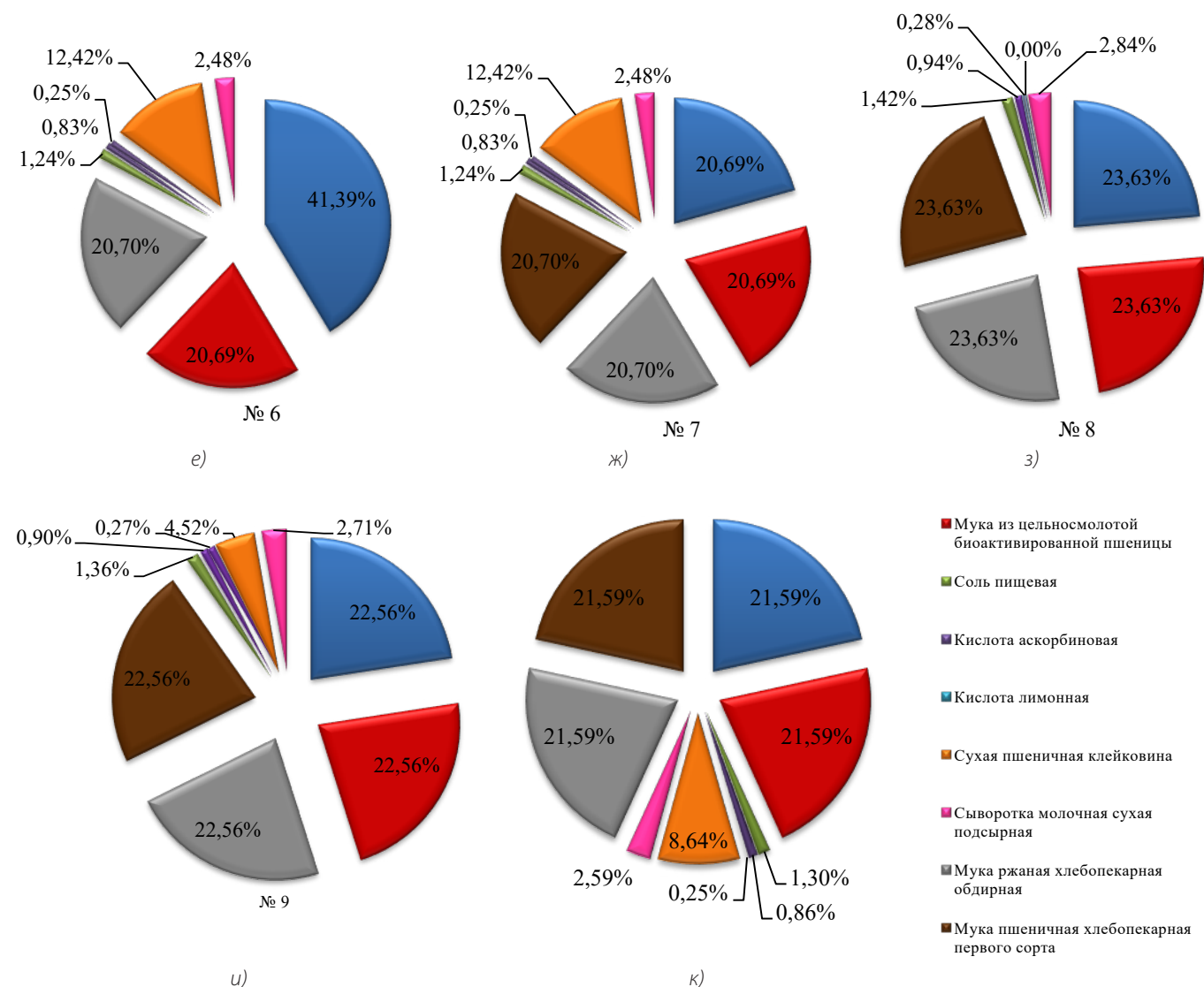
Содержание рецептурных компонентов в 100 г ХПС



а — № 1; б — № 2; в — № 3; г — № 4; д — № 5

Рисунок 2

Содержание рецептурных компонентов в 100 г ХПС



e — № 6; ж — № 7, з — № 8; и — № 9; к — № 10

сителя, в котором рецептурные компоненты перемешивали 10 мин.

Тесто (полуфабрикаты) готовили безопарным способом из хлебопекарных смесей № 1–10 с добавлением питьевой воды (СанПиН 2.1.4.1074–01) и дрожжей прессованных (ГОСТ Р 54731–2011).

Тесто замешивали на лабораторной тестомесильной машине до однородной консистенции, выбраживало оно при $(28 \pm 1)^\circ\text{C}$, далее разделявали его на тестовые заготовки массой 0,35 кг, после чего их укладывали в формы, направляли на 40–50 мин на окончательную расстойку (температура $(38 \pm 2)^\circ\text{C}$, относительная влаж-

ность воздуха $(82,5 \pm 2,5)\%$) и далее на выпечку в печь в течение 35–40 мин при $220\text{--}240^\circ\text{C}$.

Методы

Титруемую кислотность теста определяли при брожении в течение 120 мин до накопления требуемой кислотности $(9,0 \pm 0,5)$ град, объем выделенного диоксида углерода (бродильную активность) — на ризографе National в течение 120 мин (Пономарева, 2022). Качество хлеба оценивали после 20 ч хранения по органолептическим показателям по ГОСТ 5667–65 и физико-химическим — по ГОСТ 5669–96, 5670–96.

Определяли химический состав зернового хлеба: белок — по ГОСТ ISO 5983–2–2016, жир — по ГОСТ 5668–68, водорастворимые углеводы — по ГОСТ Р 51636–2000, пищевые волокна — по ГОСТ Р 54014–2010, витамины — по ГОСТ 29138–91, 29139–91, минеральные вещества — по ГОСТ 32343–2013, 26657–97, 26570–95.

Экспериментальные исследования проводили в трехкратной повторности.

Анализ данных

Статистически обрабатывали данные в среде «Microsoft Excel 2010». Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование нацелено на оптимизацию состава хлебопекарной смеси с использованием муки, полученной из цельносмолотого биоактивированного зерна пшеницы и ржи для достижения наилучшего качества хлеба, с особым акцентом на состояние мякиша.

На первом этапе исследований выбирали состав хлебопекарной смеси на основе муки из цельносмолотого биоактивированного зерна пшеницы и ржи для получения изделия наилучшего качества, прежде всего, по состоянию мякиша. Результаты определения изменения при брожении свойств теста, приготовленного из ХПС разного состава, представлены на Рисунках 3, 4. Результаты определения органолептических, физико-химических показателей качества изделий и их внешний вид, структура пористости на основе ХПС разного состава представлены на Рисунках 5, 6 и 7. Наилучший результат по состоянию мякиша наблюдался в образце на основе ХПС № 8.

На втором этапе исследований оценивали химический состав хлеба на основе выбранной ХПС. На Рисунке 8 представлены результаты по определению содержания в нем нутриентов и расчету степени удовлетворения суточной потребности в них за счет употребления 100 г хлеба.

При исследовании кислотонакопления во всех образцах теста выявлено, что брожение до титруемой кислотности не менее 9,0 град осуществлялось у образцов на основе ХПС № 1–3 через 120 мин, на основе ХПС

№ 4–7, № 9, № 10 в течение 30 мин. Наименьшее значение указанного показателя в образцах на основе ХПС № 1, № 2 и № 3 объясняется меньшим содержанием аскорбиновой и лимонной кислоты, а также сухой молочной сыворотки, в образце из ХПС № 7 — заменой ½ части муки из цельносмолотой биоактивированной ржи мукой ржаной обдирной и ½ части муки из цельносмолотой биоактивированной пшеницы — мукой пшеничной хлебопекарной первого сорта. При этом начальная кислотность теста из ХПС № 8 сразу после замеса составляла 10,5 град, что не требовало осуществления процесса брожения и после деления тестовые заготовки направлялись на расстойку. Это обусловлено большим содержанием в полуфабрикате на основе ХПС № 8 муки из цельносмолотого биоактивированного зерна пшеницы и ржи по 23,63 %, кислоты аскорбиновой (0,94 %) и лимонной (0,28 %), сухой молочной сыворотки (2,84 %) (Рисунок 3).

При исследовании газообразования теста из ХПС № 7–10 выявлено, что образцы с сухой пшеничной клейковиной обладали худшей бродильной активностью, наименьшим значением данного показателя в течение 120 мин брожения характеризовался образец ХПС № 7, наибольшим — полуфабрикат на основе ХПС № 8 (Рисунок 4). Это обусловлено большим количеством в полуфабрикате на основе ХПС № 8 по сравнению с тестом из ХПС № 7, № 9, № 10 муки из цельносмолотого биоактивированного зерна злаковых культур и сухой молочной сыворотки, содержащих аминокислоты, макро- и микроэлементы, используемых дрожжевыми

Рисунок 3

Изменение титруемой кислотности при брожении теста на основе ХПС № 1–10

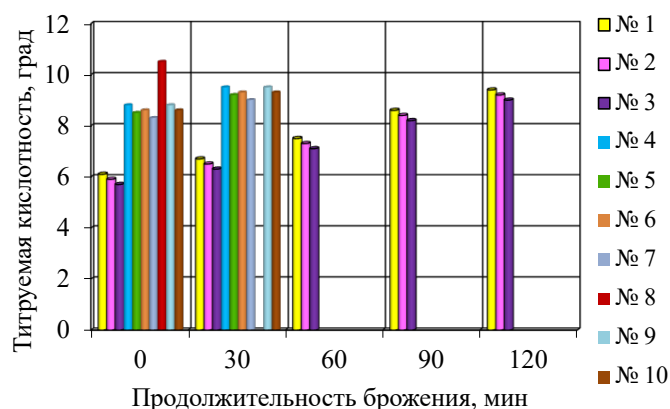
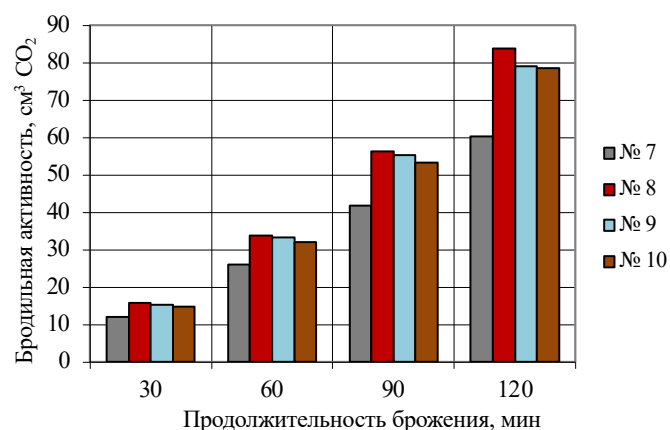


Рисунок 4

Изменение объема диоксида углерода при брожении теста на основе ХПС № 7–10



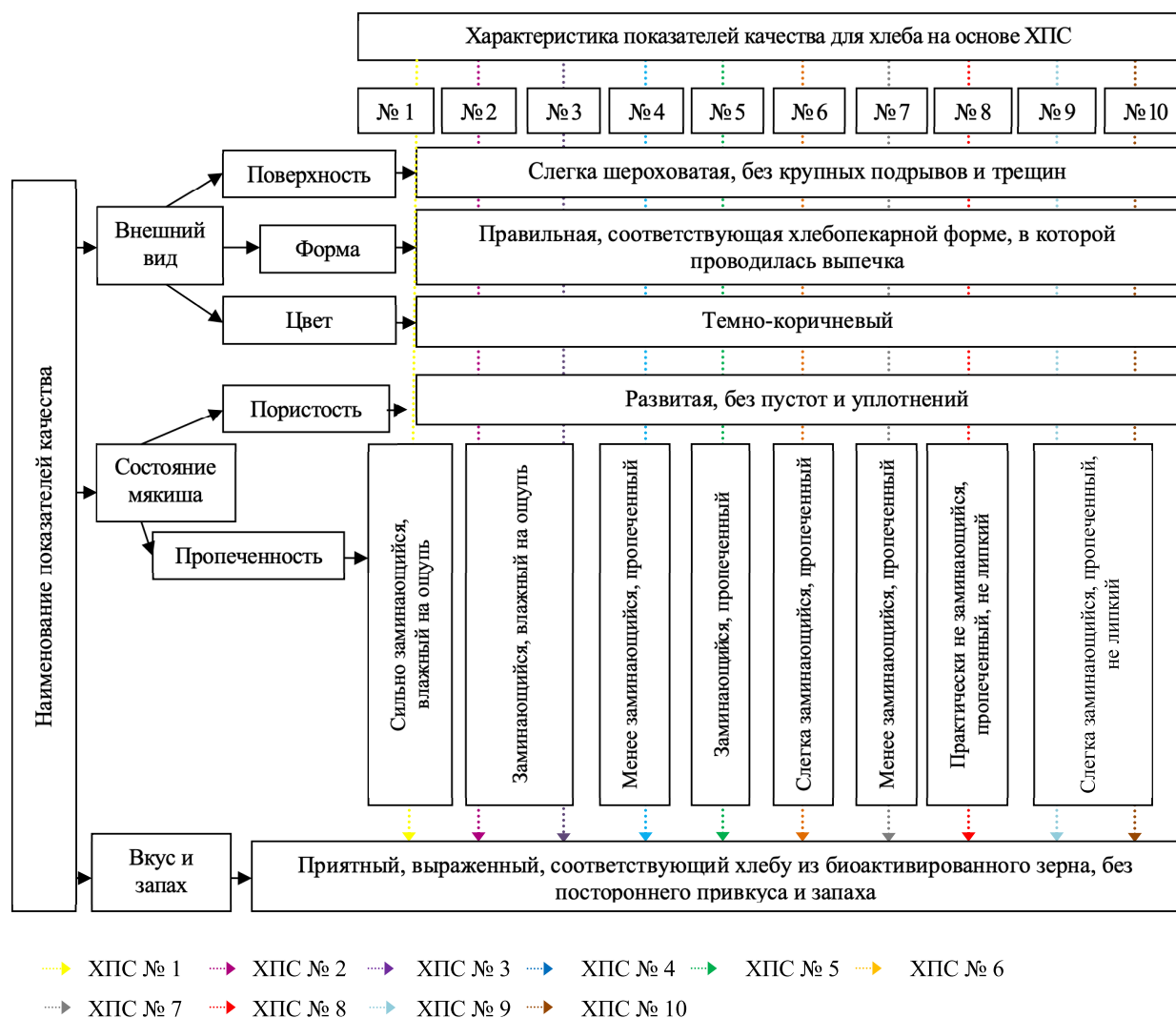
клетками, в результате чего выделяется больше диоксида углерода. Через 120 мин брожения объем диоксида углерода, выделившегося в образце на основе ХПС № 8 (83,94 см³ CO₂), был выше на 32,4%, 11,4% и 12,0% соответственно по сравнению с полуфабрикатами из ХПС № 7, № 9 и № 10.

При оценке влияния состава ХПС на органолептические и физико-химические показатели хлеба выявлено, что влажность мякиша во всех изделиях составляла (47,0 ± 0,5)%, при этом он отличался разной степенью пропеченности (Рисунок 5).

Полученные данные показали, что наилучшие показатели качества зернового хлеба наблюдались на основе ХПС, в состав которой вносили муку пшеничную хлебопекарную первого сорта взамен части муки из цель-

Рисунок 5

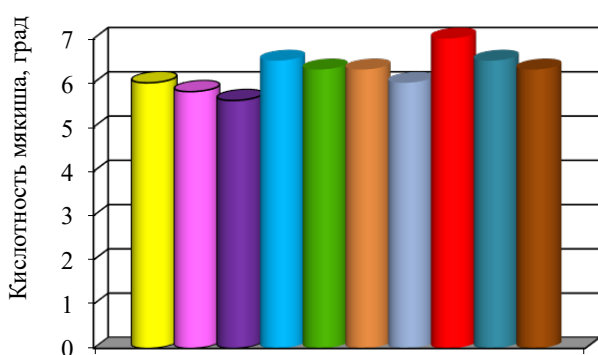
Органолептические показатели качества хлеба на основе ХПС № 1–10



носмолотого биоактивированного зерна пшеницы, муку ржаную обдирную взамен части муки из цельносмолотого биоактивированного зерна ржи. Установлено, что увеличение содержания подкислителей в составе ХПС позволило получить зерновой хлеб с менее влажным на ощупь мякишем.

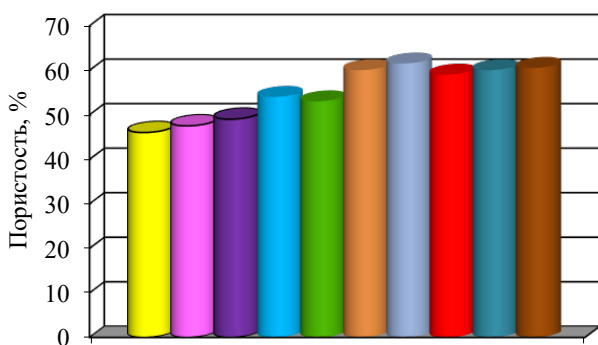
Рисунок 6

Кислотность мякиша (а), пористость (б) и удельный объем (в) зернового хлеба на основе ХПС № 1–10



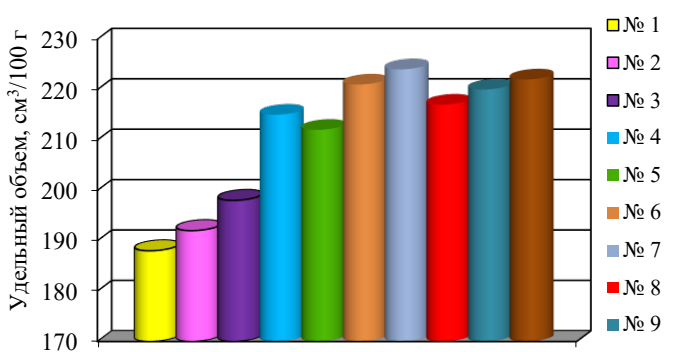
Образцы хлеба на основе ХПС

а)



Образцы хлеба на основе ХПС

б)



Образцы хлеба на основе ХПС

в)

Лучшими показателями по значению пористости (61,5%) и удельному объему (224 см³/100 г) по сравнению с другими образцами отличался хлеб из ХПС № 7, в составе которой ½ часть муки из цельносмолотой биоактивированной ржи была заменена мукой ржаной обдирной и ½ часть муки из цельносмолотой биоактивированной пшеницы — мукой пшеничной хлебопекарной первого сорта (Рисунки 6, 7).

Самым большим значением кислотности мякиша хлеба обладал образец на основе ХПС № 8 ($7,0 \pm 0,1$ град). Несмотря на несколько меньший удельный объем и пористость хлеба из ХПС № 8, по сравнению с образцами на основе ХПС № 6, № 7, № 9, № 10, указанный образец отличался не липким, практически не заминающимся мякишем, что обусловлено приготовлением его на основе

Рисунок 7

Внешний вид (а) и структура пористости мякиша (б) хлеба на основе ХПС (номер соответствует номеру ХПС)



1

2

3

4

5



6

7

8

9

10

а)



1

2

3

4

5



6

7

8

9

10

б)

ХПС, в 100 г которой содержится больше подкислителей, повышающих начальную кислотность полуфабриката, что в большей степени снижает активность амилалитических ферментов биоактивированного зерна пшеницы, ржи, муки ржаной обдирной. При этом меньше образуется декстринов, придающих мякишу липкость, заминаемость.

Установлено, что образцы, приготовленные на основе ХПС с сухой пшеничной клейковиной, незначительно отличались по органолептическим и физико-химическим показателям от хлеба, полученного с ХПС без ее применения.

Следовательно, осуществлять приготовление теста можно без включения в состав ХПС сухой пшеничной клейковины.

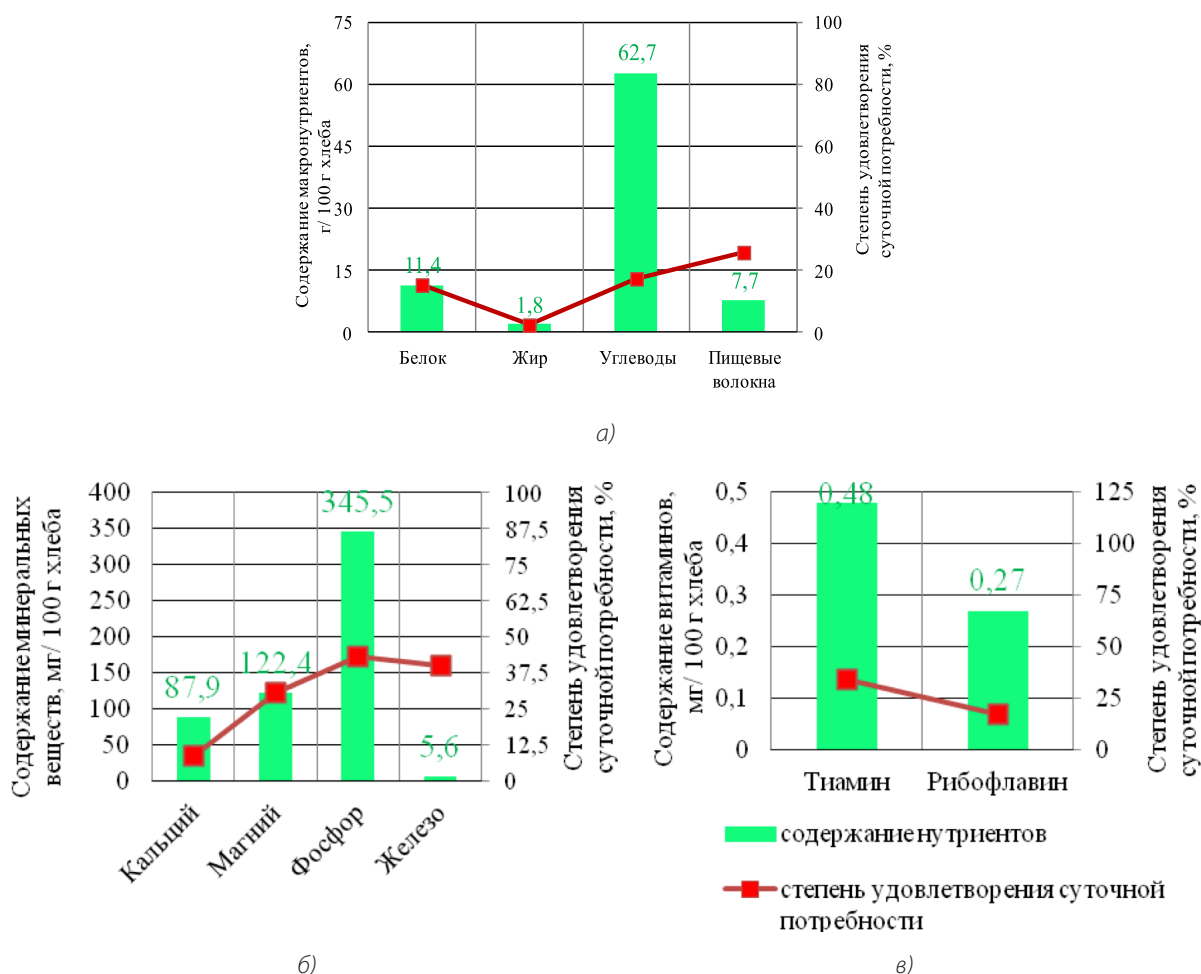
В результате проведенных исследований рекомендовано вырабатывать зерновой хлеб на основе ХПС № 8, рецептурный состав которой позволит производить изделия наилучшего качества с позиции наименьшей заминаемости и липкости мякиша по сравнению с изделиями, приготовленными на основе ХПС № 1–7 и № 9, № 10.

Далее была проведена оценка химического состава разработанного изделия на основе ХПС № 8, которая показала, что употребление 100 г хлеба позволит обеспечить суточную потребность по белку на 15,2 %, пищевым волокнам — на 25,7 %, минеральным веществам — на 8,8–43,2 %, витаминам — на 16,9–34,3 % (Рисунок 8).

Разработанное хлебобулочное изделие на основе зерновой хлебопекарной смеси относится к функциональным пищевым продуктам, т. к. степень удовлетворения

Рисунок 8

Содержание нутриентов в хлебе на основе ХПС № 8 и степень удовлетворения суточной потребности



а — в макронутриентах, б — в минеральных веществах, в — в витаминах

суточной потребности по пищевым волокнам, магнию, фосфору, железу, тиамину и рибофлавины при употреблении 100 г хлеба составляет не менее 15 %.

В ходе исследования был выявлен ряд результатов, которые заслуживают обсуждения:

- (1) Влияние состава ХПС на бродильную активность: образцы хлеба, приготовленные на основе ХПС с сухой пшеничной клейковиной, имели худшую бродильную активность. Этот результат объясняется наличием в составе ХПС муки из цельносмолотого биоактивированного зерна злаковых культур и сухой молочной сыворотки, содержащих аминокислоты, макро- и микроэлементы, которые стимулируют дрожжевые клетки к выделению большего количества диоксида углерода. Это делает хлеб более пористым и «воздушным».
- (2) Влияние состава ХПС на органолептические и физико-химические показатели хлеба: наилучшие показатели качества зернового хлеба наблюдались, когда в составе ХПС вносили муку пшеничную хлебопекарную первого сорта и ржаную обдирную, вместо муки из цельносмолотого биоактивированного зерна. Этот факт отражается в пористости и удельном объеме хлеба. Также стоит отметить, что увеличение содержания подкислителей в составе ХПС приводило к получению хлеба с менее влажным мякишем.
- (3) Важность кислотности для текстуры мякиша: хлеб, приготовленный на основе ХПС с высоким содержанием подкислителей, имеет более низкую начальную кислотность, что снижает активность амилолитических ферментов биоактивированного зерна пшеницы, ржи и муки ржаной обдирной. Это приводит к меньшему образованию декстринов, что, в свою очередь, делает мякиш менее липким и не заминающимся.
- (4) Сравнение с хлебом без применения ХПС с сухой пшеничной клейковиной: образцы хлеба, приготовленные с использованием ХПС с сухой пшеничной клейковиной, незначительно отличались по органолептическим и физико-химическим показателям от хлеба, приготовленного без ее применения. Иными словами, производители хлебобулочных изделий могут рассмотреть возможность снижения использования сухой пшеничной клейковины в составе ХПС без существенной потери качества продукта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе полученных результатов исследований для производства зернового хлеба улучшенного качества рекомендовано в составе ХПС увеличить дозировку аскорбиновой и лимонной кислоты, молочной сыворотки, $\frac{3}{4}$ части муки из цельносмолотого биоактивированного зерна ржи заменить $\frac{1}{4}$ частью муки из цельносмолотого биоактивированного зерна пшеницы (23,63 %), $\frac{1}{4}$ частью муки пшеничной хлебопекарной первого сорта (23,63 %), $\frac{1}{4}$ частью муки ржаной обдирной (23,63 %) и исключить из состава ХПС сухую пшеничную клейковину. Кроме того, приготовление зернового хлеба на основе ХПС № 8 не требует осуществления процесса брожения и тестовые заготовки после деления сразу направляются на расстойку.

В результате оценки химического состава хлеба из ХПС № 8 установлено, что он относится к функциональным пищевым продуктам за счет значимого содержания магния, фосфора, железа, тиамина и рибофлавина.

Применение данной ХПС не только позволит получить хлеб хорошего качества с практически не заминающимся мякишем, данная технология будет способствовать расширению ассортимента функциональных изделий, доступных большому количеству потребителей.

Представленное исследование расширяет существующее знание о влиянии состава ХПС на качество зернового хлеба и предоставляет практические рекомендации для технологий производства функциональных хлебобулочных изделий. Его результаты могут быть полезны как для промышленных производителей, так и для потребителей, и вносят вклад в развитие ассортимента функциональных продуктов на рынке питания.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Алёхина Надежда Николаевна: концептуализация, разработка методологии исследования и его проведение, применение статистических методов для анализа данных исследования, редактирование рукописи.

Пономарева Елена Ивановна: научное руководство исследованием.

Бакаева Ирина Александровна: написание текста рукописи и его редактирование.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Алехина, Н. Н. (2020). *Зерновой хлеб для повышения пищевого статуса населения: биоактивация злаковых культур, ресурсосбережение сырья, разработка технологий и расширение ассортимента продукции* [Дис. канд. техн. наук]. Воронеж.
- Alekhina, N. N. (2020). *Grain bread to improve the nutritional status of the population: Bioactivation of cereal crops, raw material conservation, technology development, and product range expansion* [Ph.D. dissertation in technical sciences]. Voronezh. (In Russ.)
- Алехина, Н. Н., Пономарева, Е. И., Жаркова, И. М. & Гребенщиков, А. В. (2021). Оценка функциональных свойств и показателей безопасности зернового хлеба с амарантовой мукой. *Техника и технология пищевых производств*, 51(2), 323–332. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-2-323-332>
- Alekhina, N. N., Ponomareva, E. I., Zharkova, I. M. & Grebenshchikov, A. V. (2021). Evaluation of functional properties and safety indicators of grain bread with amaranth flour. *Technique and Technology of Food Production*, 51(2), 323–332. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-2-323-332>
- Алехина, Н. Н., Пономарева, Е. И., Жаркова, И. М., & Желтикова, А. С. (2020). Исследование функциональных свойств зернового хлеба на основе хлебопекарных смесей с белковым обогатителем. *Пищевая промышленность*, 5, 8–12. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10046>
- Alekhina, N. N., Ponomareva, E. I., Zharkova, I. M., & Zheltikova, A. S. (2020). Study of the functional properties of grain bread based on baking mixes with protein enricher. *Food Industry*, 5, 8–12. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10046>
- Баева, А. А., Цидаев, А. С., & Тедтов, И. Э. (2021). Разработка способа замачивания зерна пшеницы при проращивании. В *Перспективы науки и общества в условиях инновационного развития* (с. 65–67). ООО «ОМЕГА САЙНС».
- Baeva, A. A., Tsidaev, A. S., & Tedtov, I. E. (2021). Development of a method for soaking wheat grain during germination. In *Prospects of Science and Society in Conditions of Innovative Development* (pp. 65–67). LLC «OMEGA SCIENCE». (In Russ.)
- Вейберов, А. В. (2021). Современное состояние и тренды развития рынка хлеба в Российской Федерации. *Инновации. Наука. Образование*, (32), 1331–1338.
- Veiberov, A. V. (2021). The current state and trends of the bread market development in the Russian Federation. *Innovations. Science. Education*, (32), 1331–1338. (In Russ.)
- Вершинина, О. Л., Зернаева, Е. А. & Бондаренко, А. Н. (2018). Разработка мучных композитных смесей для производства хлеба повышенной пищевой ценности. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 361(1), 53–56. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2018.1.15>
- Vershinina, O. L., Zernaeva, E. A. & Bondarenko, A. N. (2018). Development of flour composite mixtures for the production of bread with increased nutritional value. *News of Higher Educational Institutions. Food Technology*, 361(1), 53–56. (In Russ.) <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2018.1.15>
- Жаркова, И. М., Лавров, С. В., Самохвалов, А. А., Гребенщиков, А. В., & Мирошниченко, Л. А. (2019). Разработка функциональных пищевых продуктов для безглютенового и геродиетического питания, в том числе для профилактики остеопороза. *Хлебопродукты*, (12), 53–55. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2019-28-12-53-55>
- Zharkova, I. M., Lavrov, S. V., Samokhvalov, A. A., Grebenshchikov, A. V., & Miroshnichenko, L. A. (2019). Development of functional food products for gluten-free and gerodietetic nutrition, including for the prevention of osteoporosis. *Bread Products*, (12), 53–55. (In Russ.) <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2019-28-12-53-55>
- Князева, Д. Д. (2021). Потребление хлеба и хлебобулочных изделий в Российской Федерации. *Наука без границ*, 3(55), 67–73.
- Knyazeva, D. D. (2021). The consumption of bread and bakery products in the Russian Federation. *Science Without Borders*, 3(55), 67–73. (In Russ.)
- Науменко, Н. В., Потороко, И. Ю., & Калинина, И. В. (2019). Интенсификация процесса проращивания зерна, используемого для производства хлеба, и его влияние на качество готовых изделий. *Индустрия питания*, 4(1), 47–54. <http://doi.org/47-54.10.29141/2500-1922-2019-4-1-5>
- Naumenko, N. V., Potoroko, I. Y., & Kalinina, I. V. (2019). Intensification of the grain germination process used for bread production and its impact on the quality of finished products. *Food Industry*, 4(1), 47–54. <http://doi.org/47-54.10.29141/2500-1922-2019-4-1-5>
- Наумова, Н. Л., Каменева, К. С., & Щевьева, К. В. (2020). About the possibility of modifying the recipe of «fitness» buckwheat bread by using walnut flour. *Современная наука и инновации*, (2), 66–72. <https://doi.org/10.33236/2307-910X-2020-2-30-61-66>
- Naumova, N. L., Kameneva, K. S., & Schev'eva, K. V. (2020). On the possibility of modifying the recipe of «fitness» buckwheat bread using walnut flour. *Modern Science and Innovations*, (2), 66–72. (In Russ.) <https://doi.org/10.33236/2307-910X-2020-2-30-61-66>

- Невская, Е. В., Тюрина, И. А., Тюрина, О. Е., Шулбаева, М. Т., Потапова, М. Н., & Головачева, Я. С. (2019). Разработка хлебопекарных композитных смесей для здорового питания. *Техника и технология пищевых производств*, 49(4), 531–544. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544>
- Nevskaya, E. V., Tyurina, I. A., Tyurina, O. E., Shulbaeva, M. T., Potapova, M. N., & Golovacheva, Y. S. (2019). Development of baking composite mixes for healthy eating. *Technique and Technology of Food Production*, 49(4), 531–544. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544>
- Носкова, Д. В., & Шевелева, Т. Л. (2019). Разработка рецептур пшеничного хлеба, обогащенного пищевыми волокнами диспергированного зерна. *Мир инноваций*, (4), 34–39.
- Noskova, D. V., & Sheveleva, T. L. (2019). Development of recipes for wheat bread enriched with dietary fibers of dispersed grain. *World of Innovations*, (4), 34–39. (In Russ.)
- Погожева, А. В. (2012). Продукты здорового питания. *Материалы X научно-практической конференции «Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты»* (с. 26–27). МГУПП.
- Pogozheva, A. V. (2012). Healthy nutrition products. *Proceedings of the X Scientific-Practical Conference «Technologies and Products of Healthy Nutrition. Functional Food Products»* (pp. 26–27). MGUPP. (In Russ.)
- Пономарева, Е. И., Лукина, С. И., Алехина, Н. Н., Малютина, Т. Н. & Воропаева, О. Н. (2022). *Практикум по технологии отрасли (технология хлебобулочных изделий)*. Санкт-Петербург: Издательство «Лань».
- Ponomareva, E. I., Lukina, S. I., Alekhina, N. N., Malyutina, T. N., & Voropaeva, O. N. (2022). *Workshop on industry technology (bakery technology)*. St. Petersburg: Lan Publishing House.
- Пушмина, И. Н., Кольман, О. Я., Коюпченко, И. Н., & Кудрявцев, М. Д. (2021). Формирование ассортиментной концепции функционального хлеба массового ассортимента. *Торговля, сервис, индустрия питания*, 1(1), 64–79. <https://doi.org/10.17516/2782-2214-0007>
- Pushmina, I. N., Kolman, O. Y., Koyupchenko, I. N., & Kudryavtsev, M. D. (2021). Formation of the assortment concept of functional bread for mass assortment. *Trade, Service, Food Industry*, 1(1), 64–79. (In Russ.) <https://doi.org/10.17516/2782-2214-0007>
- Ребезов, М. Б., Наумова, Н. Л., Кофанова, М. Ю., Выдрина, Н. В. & Демидов, А. В. (2012) О возможности обогащения хлебобулочных изделий функциональными ингредиентами. *Техника и технология пищевых производств*, 1, 55–59.
- Rebezov, M. B., Naumova, N. L., Kofanova, M. Y., Vydrina, N. V., & Demidov, A. V. (2012). On the possibility of enriching bakery products with functional ingredients. *Technique and Technology of Food Production*, 1, 55–59. (In Russ.)
- Серебренникова, Е. С., Анисимова, Л. В. (2022). Качество муки из зерна сорго и реологические свойства теста из смеси пшеничной и сорговой муки. *Ползуновский вестник*, 3, 71–80. <http://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.010>
- Serebrennikova, E. S., Anisimova, L. V. (2022). Quality of flour from sorghum grain and rheological properties of dough from a mixture of wheat and sorghum flour. *Polzunovsky Vestnik*, 3, 71–80. (In Russ.) <http://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.010>
- Солонина, В. А., Абжуева, А. В. & Терентьева, О. Н. (2019). Сравнительная характеристика потребительской корзины в России и странах Европы. *Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции «Роль инноваций в трансформации современной науки»* (с. 85). OMEGA SCIENCE.
- Solonina, V. A., Abzhueva, A. V., & Terentyeva, O. N. (2019). Comparative characteristics of the consumer basket in Russia and European countries. *Collection of articles of the All-Russian Scientific-Practical Conference «The Role of Innovations in the Transformation of Modern Science»* (p. 85). OMEGA SCIENCE. (In Russ.)
- Субботина, Н. А. (2019). Применение продуктов переработки овса в технологии производства хлебобулочных изделий. *Сборник статей «Научно-техническое обеспечение агропромышленного комплекса в реализации Государственной программы развития сельского хозяйства до 2020 года»* (с. 763–769). КГСА им. Т.С. Мальцева.
- Subbotina, N. A. (2019). The use of oat processing products in the technology of bakery production. *Collection of articles «Scientific and technical support of the agro-industrial complex in the implementation of the State Program for the Development of Agriculture until 2020»* (pp. 763–769). KSA named after T.S. Maltsev. (In Russ.)
- Шаболкина, Е. Н., Анисимкина, Н. В., Шевченко, С. Н., Баталова, Г. А. & Бишарев, А. А. (2019). Использование зерна овса голозерного в хлебопечении. *Достижения науки и техники АПК*, 33(11), 74–77. <http://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-11116>
- Shabolkina, E. N., Anisimkina, N. V., Shevchenko, S. N., Batalova, G. A., & Bisharev, A. A. (2019). The use of naked oat grain in bread baking. *Achievements in Science and Technology of the Agro-Industrial Complex*, 33(11), 74–77. (In Russ.) <http://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-11116>
- Amoah, I., Cairncross, C., Sturny, A., & Rush, E. (2019). Towards improving the nutrition and health of the aged: the role of sprouted grains and encapsulation of bioactive compounds in functional bread-a review. *International*

- Journal of Food Science & Technology*, 54(5), 1435–1447.
<https://doi.org/10.1111/ijfs.13934>
- Day, L., Cakebread, J. A., & Loveday, S. M. (2022). Food proteins from animals and plants: Differences in the nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 119, 428–442. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.020>
- Finnie, S., Brovelli, V., & Nelson, D. (2019). Sprouted grains as a food ingredient. In *Sprouted grains* (pp. 113–142). AACC International Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811525-1.00006-3>
- Johnston, R., Martin, J. M., Vetch, J. M., Byker-Shanks, C., Finnie, S., & Giroux, M. J. (2019). Controlled sprouting in wheat increases quality and consumer acceptability of whole-wheat bread. *Cereal Chemistry*, 96(5), 866–877. <https://doi.org/10.1002/cche.10187>
- Khalek, M. H. A. E. (2020). Production of ready-to-bake whole grain barley cake mix with improved quality. *Asian Food Science Journal*, 18(3), 24–33. <https://doi.org/10.9734/afsj/2020/v18i330219>
- Kuznetsova, E. A., Mordvinkin, S. A., Taranova, E. S., Venetianskij, A. S., Kalmykova, O. V., & Borisova, A. G. (2021, February). Research on possibilities of non-traditional flour types use in baking industry. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 640, № 2, p. 022067). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022067>
- Naumenko, N., Potoroko, I., Kalinina, I., Fatkullin, R., & Ivanisova, E. (2021). The influence of the use of whole grain flour from sprouted wheat grain on the rheological and microstructural properties of dough and bread. *International Journal of Food Science*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/7548759>
- Peñaranda, J. D., Bueno, M., Álvarez, F., Pérez, P. D., & Perezábad, L. (2021). Sprouted grains in product development. Case studies of sprouted wheat for baking flours and fermented beverages. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 25, 100375. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100375>
- Whitney, K., & Simsek, S. (2020). Potato flour as a functional ingredient in bread: evaluation of bread quality and starch characteristics. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(12), 3639–3649. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14698>