

Разработка технологии хлеба функционального назначения на основе зерновой хлебопекарной смеси

Н. Н. Алёхина

Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж, Россия;
e-mail: nadinat@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3317-9858>

Информация о статье Реферат

Поступила в редакцию
05.07.2021;

получена
после доработки
13.09.2021

Ключевые слова:

биоактивированное
зерно пшеницы,
хлебопекарная смесь,
свойства теста,
качество хлеба,
химический состав,
функциональный
продукт

Одним из приоритетных направлений развития пищевой промышленности является увеличение объемов выработки функциональных пищевых продуктов. При их разработке применяют продукты переработки плодов и ягод, зерновые хлебопекарные смеси. При этом хлебопекарные смеси с применением биоактивированной пшеницы, отличающейся повышенным содержанием макро- и микроэлементов, антиоксидантов, пониженным количеством фитина, отсутствуют. Однако 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. Целью исследований явилась разработка хлебопекарной смеси из биоактивированной пшеницы и функционального зернового хлеба улучшенного качества на ее основе. На первом этапе исследований выбирали состав хлебопекарной смеси на основе биоактивированного зерна пшеницы для получения изделия наилучшего качества, на втором – оценивали химический состав хлеба на основе разработанной хлебопекарной смеси. Изменение свойств теста в процессе брожения, показатели качества хлеба после 20 ч хранения и его химический состав оценивали в соответствии с методиками, указанными в действующих стандартах. Наилучшие свойства теста и качество хлеба наблюдались в образце, полученном на основе хлебопекарной смеси, в 100 г которой 75 % зернопродуктов составляла сухая биоактивированная пшеница, измельченная дезинтеграционно-волновым способом, и 25 % мука пшеничная хлебопекарная первого сорта. В результате оценки химического состава разработанного изделия установлено, что оно относится к функциональным пищевым продуктам. Приготовление зернового хлеба по данной технологии позволит также решить одну из задач государственной политики в области здорового питания, направленной на увеличение выработки изделий функционального назначения.

Для цитирования

Алёхина Н. Н. Разработка технологии хлеба функционального назначения на основе зерновой хлебопекарной смеси. Вестник МГТУ. 2021. Т. 24, № 3. С. 245–258. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2021-24-3-245-258>.

Development of a functional bread technology based on a grain baking mixture

Nadezhda N. Alekhina

Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia;
e-mail: nadinat@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3317-9858>

Article info

Received
05.07.2021;
received
in revised form
13.09.2021

Key words:

bioactivated wheat grain,
baking mixture,
dough properties,
bread quality,
chemical composition,
functional product

Abstract

One of the priority areas for developing the food industry is to increase the production of functional food products. When developing the latter, fruit and berry processing products, grain baking mixes are used. At the same time, there are no baking mixes with the use of bioactivated wheat, characterized by an increased content of macro- and micronutrients, antioxidants, and a reduced amount of phytin. However, the preparation of grain bread based on a baking mixture of bioactivated wheat crushed by the disintegration wave method with a moisture content of 10.0 ± 0.5 % led to the production of products with a sticky, strongly jamming crumb. The aim of the research was to develop a baking mixture of bioactivated wheat and functional grain bread of improved quality based on it. At the first stage of the research, the composition of the baking mixture based on bioactivated wheat grain was selected to obtain the best quality product, at the second stage, the chemical composition of bread was evaluated based on the developed baking mixture. The change in the properties of the dough during fermentation, the quality indicators of bread after 20 hours of storage and its chemical composition were evaluated in accordance with the methods specified in the current standards. The best properties of the dough and the quality of the bread have been observed in a sample obtained on the basis of a baking mixture, in 100 g of which 75 % of the grain products are dry bioactivated wheat crushed by the disintegration-wave method, and 25 % – baking wheat flour of the first grade. As a result of the assessment of the chemical composition of the developed product, it has been found that it belongs to functional food products. The preparation of grain bread using this technology will also allow us to solve one of the tasks of the state policy in the field of healthy nutrition aimed at increasing the production of functional products.

For citation

Alekhina, N. N. 2021. Development of a functional bread technology based on a grain baking mixture. *Vestnik of MSTU*, 24(3), pp. 245–258. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2021-24-3-245-258>.

Введение

Одно из основных направлений стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2030 г. связано с увеличением выработки продуктов, отвечающих современному требованию здорового питания, – развитию производства изделий функционального и специализированного назначения. При этом важнейшей задачей специалистов в области производства продуктов питания является контроль за достаточным поступлением с пищей микронутриентов, удовлетворением в них физиологических потребностей организма человека. Биологическая эффективность использования организмом нутриентов определяется:

- физиологическим состоянием, полом, возрастом человека;
- уровнем сбалансированности рациона по питательным и биологически активным веществам;
- степени их усвояемости;
- взаимодействием их между собой при всасывании, транспорте, экскреции.

При разработке изделий функционального назначения, в том числе хлебобулочных, применяют физиологически функциональные ингредиенты, содержащие пищевые волокна, антиоксиданты, витамины, минеральные вещества и т. д. Оценка обеспеченности организма микронутриентами проводится при изучении пищевого статуса, т. е. состояния здоровья человека, связанного с характером питания. Функциональные пищевые продукты наряду с высокой пищевой ценностью обладают физиологическим эффектом, т. е. повышают физическую, умственную работоспособность, укрепляют иммунитет, улучшают состояние работы желудочно-кишечного тракта (Погожева, 2012; Костюченко, 2012; Ребезов и др., 2012; Алехина и др., 2021; Alekseeva et al., 2021).

Принципы, положенные в основу разработки изделий функционального назначения:

- пищевая безопасность и доступность сырья;
- антиоксидантная активность ингредиентов;
- высокие показатели качества продукта и его биологическая полноценность (Аванесов и др., 2016).

Указанные принципы наилучшим образом соблюдаются при использовании целого зерна злаковых и бобовых культур, плодово-ягодного сырья, в том числе биоактивированного (Казымов и др., 2013; Молчанова и др., 2018; Derkanosova et al., 2020; Khalid et al., 2017).

Одним из основных направлений в совершенствовании технологии хлеба является все более широкое применение при его приготовлении зерновых хлебопекарных смесей (ХПС), направленных на повышение пищевой ценности и функциональности продукта (Невская и др., 2019; Вершинина и др., 2018). Производимые ХПС отличаются большим разнообразием рецептурных компонентов (разные виды муки, вторичные продукты мукомольного производства, овощные порошки, семена масличных культур) и добавлением ингредиентов, необходимых для ускорения процесса получения хлебобулочных изделий. При этом ХПС с применением биоактивированного зерна злаковых культур отсутствуют (Алехина и др., 2019). Применение последних при производстве изделий обусловлено их полезными свойствами: повышенное содержание витаминов, биодоступных минеральных веществ, пищевых волокон, пониженное количество фитина (Nielsen et al., 2013; Зенькова, 2019; Alekhina et al., 2016; Сафронова и др., 2014). Витаминам и минеральным веществам отводится важная роль в поддержании работоспособности, здоровья и активного долголетия человека. Большинство микронутриентов организм не синтезирует. Поэтому многие из них должны поступать в количестве, соответствующим физиологическим потребностям человека. У более половины населения мира наблюдается недостаток в рационе питания микроэлементов, а треть населения мира страдает от анемии и дефицита цинка, особенно в развивающихся странах. Дефицит железа и цинка является основной проблемой здравоохранения во всем мире. Недостаток железа оказывает отрицательное влияние на когнитивное развитие, устойчивость к инфекциям, работоспособность, протекание беременности. Дефицит цинка вызывает нарушение роста, иммунную дисфункцию, повышенную заболеваемость и смертность, неблагоприятные исходы беременности (Gupta et al., 2013). Ограниченная биодоступность минеральных веществ в зернах злаков обусловлена присутствием в них фитина и фитиновой кислоты, обладающей хелатирующими свойствами и связывающей наряду с железом, цинком такие элементы, как кальций, магний. Кроме того, фосфор также встроен в молекулу фитиновой кислоты, что снижает его биодоступность. Фитин уменьшает усвояемость белка за счет изменения его конформации при их взаимодействии. Фитиновая кислота снижает активность пищеварительных ферментов. Из-за отсутствия в желудочно-кишечном тракте человека достаточного уровня активности фермента, разрушающего фитин и фитиновую кислоту, необходимо применять технологические способы, позволяющие предварительно их расщепить до поступления в организм человека продуктов, полученных с добавлением целых зерен злаковых культур. Известно, что последние отличаются высоким количеством указанных антиалиментарных веществ. Эффективным технологическим способом их снижения

является предварительная биоактивация зерна злаковых культур и применение подкислителей на этапе приготовления теста. Указанные технологические приемы позволят повысить пищевую ценность продукта, а следовательно, улучшить пищевой статус населения за счет его употребления. Доклиническими исследованиями на белых инбредных мышах линии BALB/c доказано, что употребление зернового хлеба из биоактивированной пшеницы позволяет повысить биодоступность кальция и антиоксидантную активность плазмы крови в большей степени по сравнению с поеданием хлеба из цельнозерновой пшеницы (*Alekhina et al., 2018*). Известно, что кальций как важнейший компонент системы свертывания крови входит в состав оксипапитата, участвующего в образовании жесткой структуры костной ткани, активизирует работу ряда ферментов и гормонов. К антиоксидантам относятся вещества, предотвращающие или замедляющие повреждение клеток организма за счет нейтрализации свободных радикалов. Организм человека способен синтезировать такие антиоксиданты, как супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза, глутатион. При этом восполнять их недостаток необходимо антиоксидантами натурального происхождения за счет употребления продуктов питания, содержащих витамины С, Е, β-каротин, полифенолы (флавоноиды, танины, антоцианы) (*Moreira et al., 2016; Кайсинова и др., 2011; Лудан и др., 2019; Yadav et al., 2016*). Кроме того, на активность антиоксидантов оказывает влияние наличие в изделии меди, цинка, селена, марганца. Указанные минеральные вещества поддерживают химические реакции с их участием.

Биоактивированное зерно относится к функциональным пищевым ингредиентам, так как в его составе содержатся значимые количества биологически активных веществ: пищевых волокон, магния, фосфора, железа, тиамин, рибофлавин (*Алехина и др., 2018*). Для получения зерновой хлебопекарной смеси необходимо первоначально биоактивированную пшеницу или рожь высушить и измельчить на дезинтеграторе, что также позволит повысить степень ее однородности при перемешивании ингредиентов. Однако по результатам ранее полученных данных выявлено, что приготовление зернового хлеба на основе ХПС 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 амилолитических ферментов. При этом образуется большее количество декстринов, которые придают мякишу зернового хлеба липкость. Кроме того, крахмал в большей степени гидролизуются 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 из биоактивированной пшеницы и функционального зернового хлеба улучшенного качества на ее основе. Для реализации поставленной цели работу проводили в два этапа: на первом – выбирали состав хлебопекарной смеси на основе биоактивированного (пророщенного) зерна пшеницы для получения изделия наилучшего качества, на втором – оценивали химический состав хлеба на основе разработанной хлебопекарной смеси.

Материалы и методы

На первоначальном этапе исследований для получения зернового хлеба улучшенного качества увеличивали содержание в хлебопекарной смеси органических подкислителей, применяли муку пшеничную хлебопекарную первого сорта и определяли влияние сухой пшеничной клейковины, разной дозировки аскорбиновой кислоты, сыворотки сухой молочной и муки пшеничной на свойства теста и качество хлеба. Состав восьми ХПС представлен на рис. 1. Функциональные схемы их получения и производства зернового хлеба представлены на рис. 2 и 3 соответственно. Титруемую кислотность теста определяли при брожении в течение 90 мин, объем выделенного диоксида углерода – на ризографе National в течение 120 мин по методикам из работы (*Пономарева и др., 2014*). Качество хлеба оценивали после 20 ч хранения по органолептическим показателям по ГОСТ 5667-65 и физико-химическим – по ГОСТ 5669-96, 5670-96¹.

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

¹ См. Приложение.

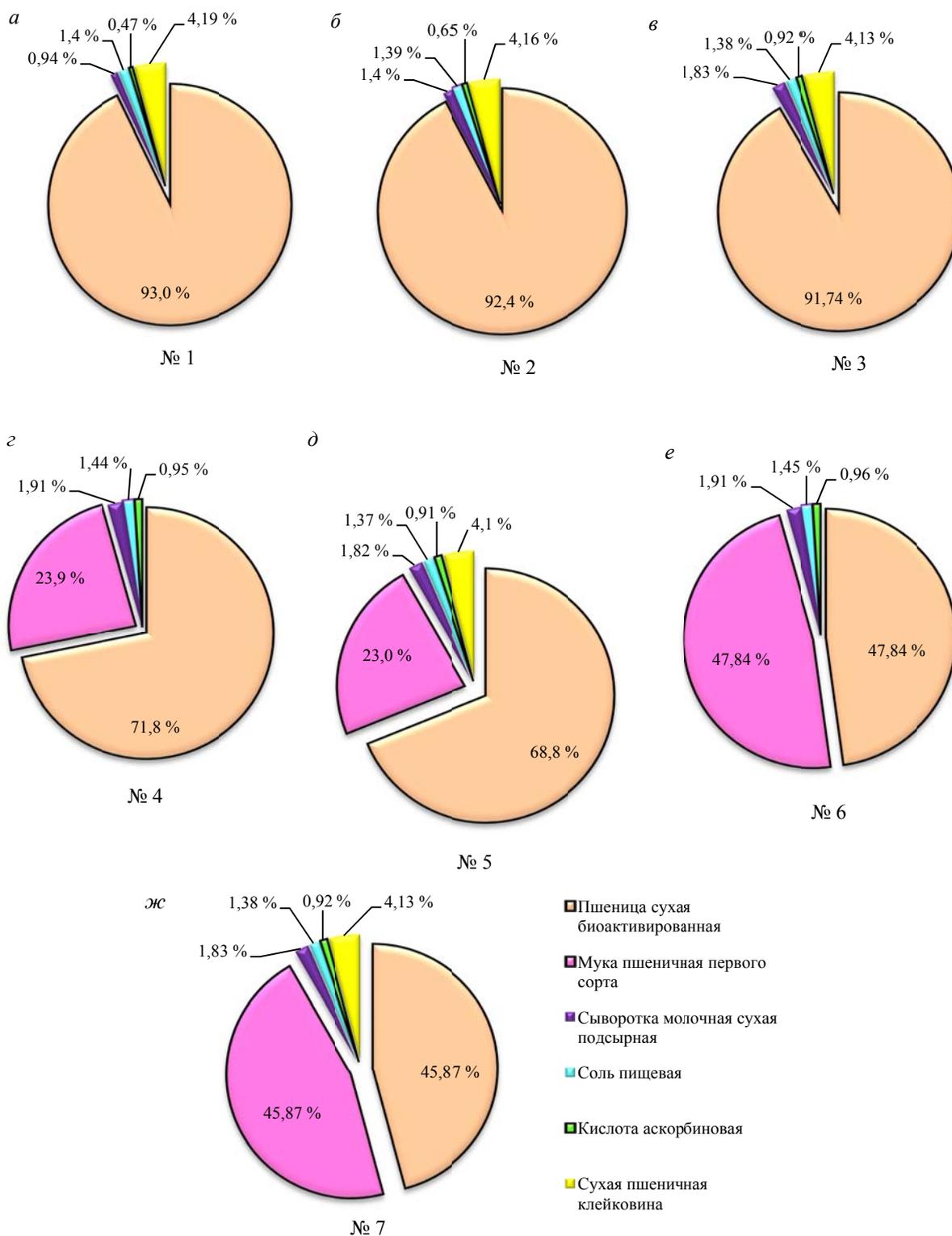


Рис. 1. Содержание компонентов в 100 г хлебопекарной смеси:
 а – № 1 (контроль); б – № 2; в – № 3; г – № 4; д – № 5; е – № 6; ж – № 7
 Fig. 1. The content of the components in 100 g of the baking mixture:
 а – № 1 (control); б – № 2; в – № 3; г – № 4; д – № 5; е – № 6; ж – № 7

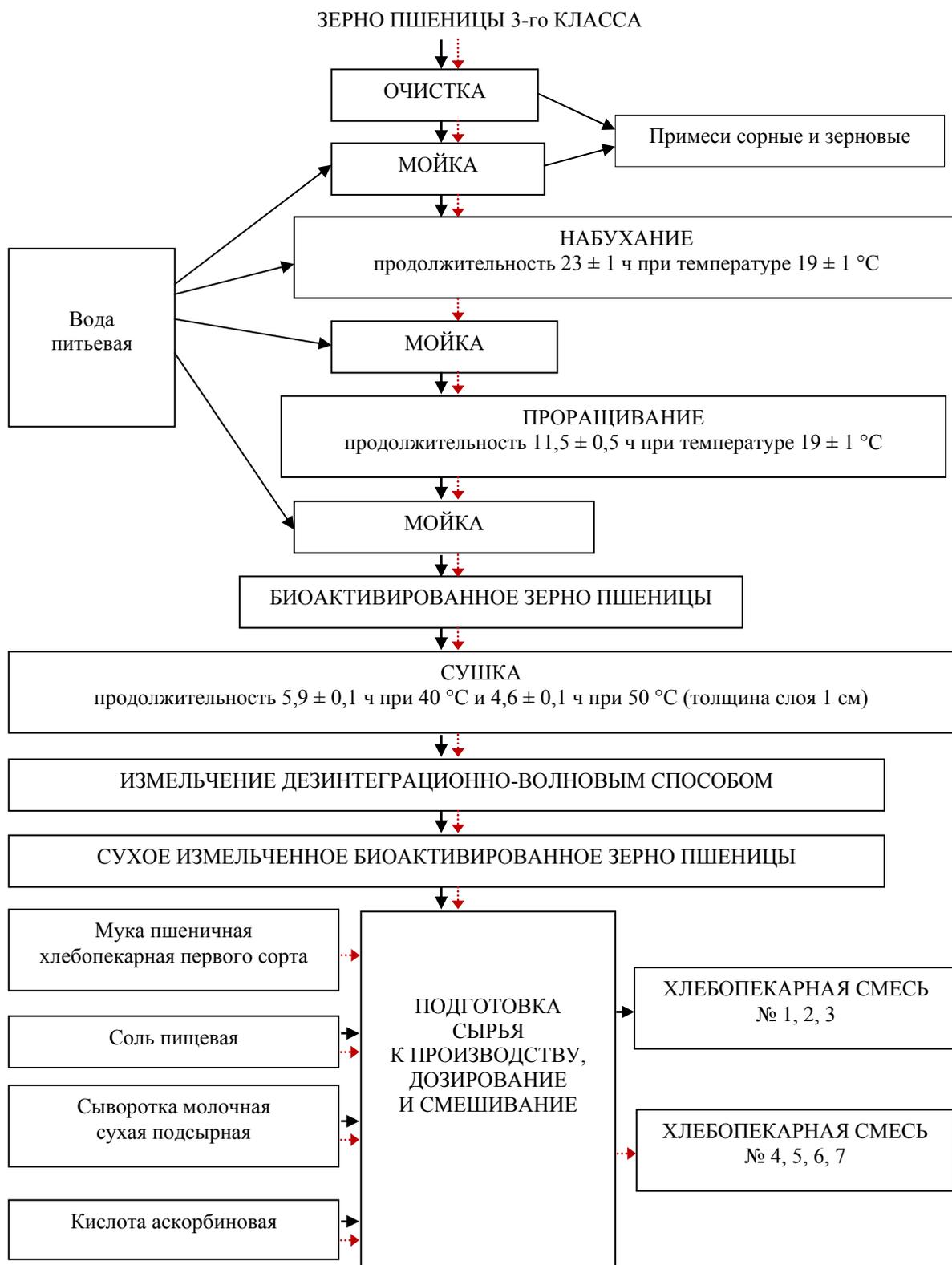


Рис. 2. Функциональная схема получения хлебопекарных смесей
Fig. 2. Functional scheme for obtaining baking mixes

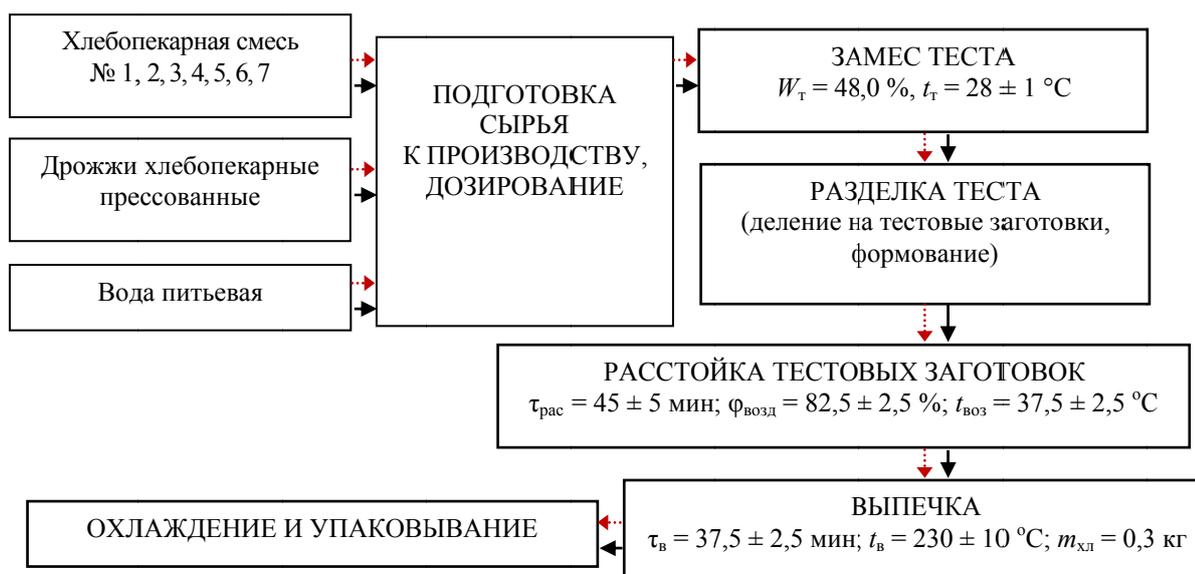


Рис. 3. Функциональная схема получения зернового хлеба
Fig. 3. Functional scheme of obtaining grain bread

Результаты и обсуждение

Выявлено, что через 120 мин брожения теста наибольший объем диоксида углерода наблюдался в образцах на основе ХПС № 3 (72,06 см³ CO₂) и № 4 (72,02 см³ CO₂), наименьший – на основе ХПС № 7 (рис. 4). Остальные образцы по данному показателю занимали промежуточное положение.

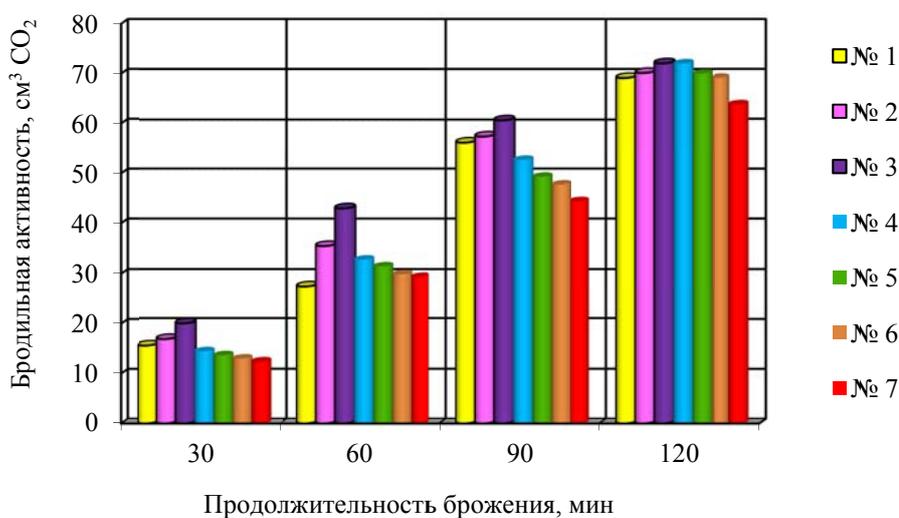


Рис. 4. Изменение объема диоксида углерода при брожении теста на основе хлебопекарной смеси № 1 (контроль); №№ 2–7

Fig. 4. Change in the volume of carbon dioxide during fermentation of dough based on baking mixture № 1 (control); №№ 2–7

В образце № 3 наибольшая бродительная активность дрожжевых клеток обусловлена большим содержанием питательных веществ в 100 г смеси, вносимых с биоактивированным зерном пшеницы и увеличенной дозировкой сыворотки сухой молочной, что создавало благоприятные условия для их жизнедеятельности. В образце № 4 наибольшее значение исследуемого показателя связано с исключением из состава ХПС сухой пшеничной клейковины и внесением муки пшеничной хлебопекарной первого сорта. При этом с мукой больше вносилось питательных веществ, повышающих бродительную активность дрожжевых клеток полуфабриката. Наименьший объем выделившегося объема диоксида углерода в пробе на основе ХПС № 7 обусловлен более низким содержанием биоактивированного зерна пшеницы в 100 г хлебопекарной смеси.

Титруемая кислотность полуфабрикатов с увеличением в 100 г ХПС подкислителей повышалась (рис. 5). При этом титруемая кислотность в образцах с ХПС № 3, 4 сразу после замеса превышала конечную кислотность на 0,2 и 0,6 град соответственно, с ХПС № 5 сразу после замеса достигалась конечная кислотность 5,5 град, с ХПС № 7 – через 30 мин брожения.

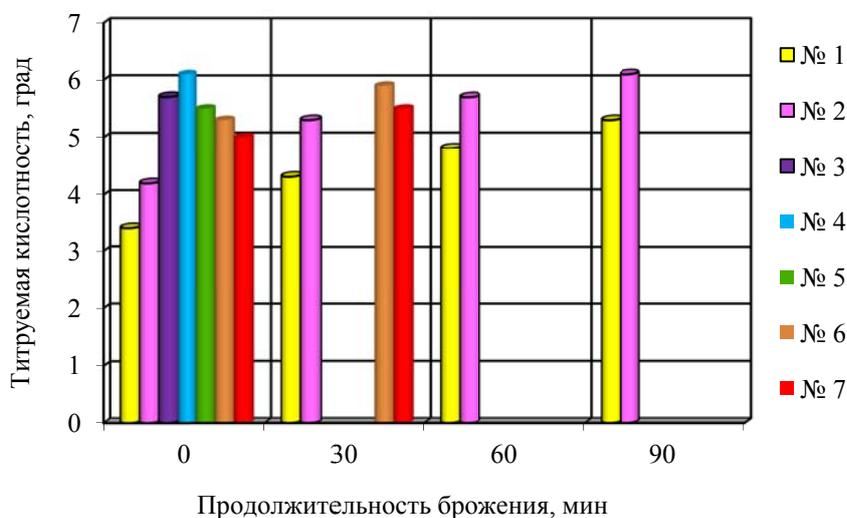


Рис. 5. Изменение титруемой кислотности при брожении теста на основе хлебопекарной смеси № 1 (контроль); №№ 2–7

Fig. 5. Change in titrated acidity during fermentation of the dough based on baking mixture № 1 (control); №№ 2–7

В образцах на основе ХПС № 1, 2, 6 и 7 конечная кислотность 5,5 град достигалась в процессе спиртового брожения за счет сбраживания дрожжевыми клетками питательных веществ, образующихся при гидролизе биополимеров зернопродуктов, и молочнокислого – под действием молочнокислых бактерий, вносимых с сырьем (биоактивированное зерно пшеницы, мука пшеничная первого сорта, молочная сыворотка), на основе которого приготовлены исследуемые образцы ХПС.

В результате оценки органолептических показателей качества исследуемых изделий выявлено, что контрольный образец отличался липким, сильно заминающимся мякишем, образцы на основе ХПС № 2 и 3 – липким, заминающимся мякишем, ХПС № 5, 6 и 7 – менее заминающимся мякишем. Образец № 4 характеризовался не липким, практически не заминающимся мякишем (рис. 6). Установлено, что увеличение содержания подкислителей в составе ХПС позволило получить зерновой хлеб с менее влажным на ощупь мякишем.

Влажность мякиша во всех изделиях составляла $47,0 \pm 0,5$ %. Наибольшие значения титруемой кислотности мякиша (4,7 град), удельного объема ($222 \text{ см}^3/100 \text{ г}$) и пористости (61,5 %) наблюдались в хлебе, полученном на основе ХПС № 4, в 100 г которой 75 % зернопродуктов составляло сухое биоактивированное зерно пшеницы, измельченное дезинтергационно-волновым способом, и 25 % – мука пшеничная хлебопекарная первого сорта (рис. 7).

В результате проведенных исследований разработан зерновой хлеб на основе ХПС № 4, рецептурный состав которой позволит производить изделия наилучшего качества.

Оценка химического состава разработанного изделия на основе ХПС № 4 показала, что употребление 100 г хлеба позволит обеспечить суточную потребность по белку на 11,0 %, пищевым волокнам – на 19,0 %, минеральным веществам – на 7,0–36,5 %, витаминам – на 15,0–30,5 % (рис. 8).

Разработанное хлебобулочное изделие на основе зерновой хлебопекарной смеси относится к функциональным пищевым продуктам, так как степень удовлетворения суточной потребности по пищевым волокнам, магнию, фосфору, железу, тиамину и рибофлавины при употреблении 100 г хлеба составляет не менее 15 %.

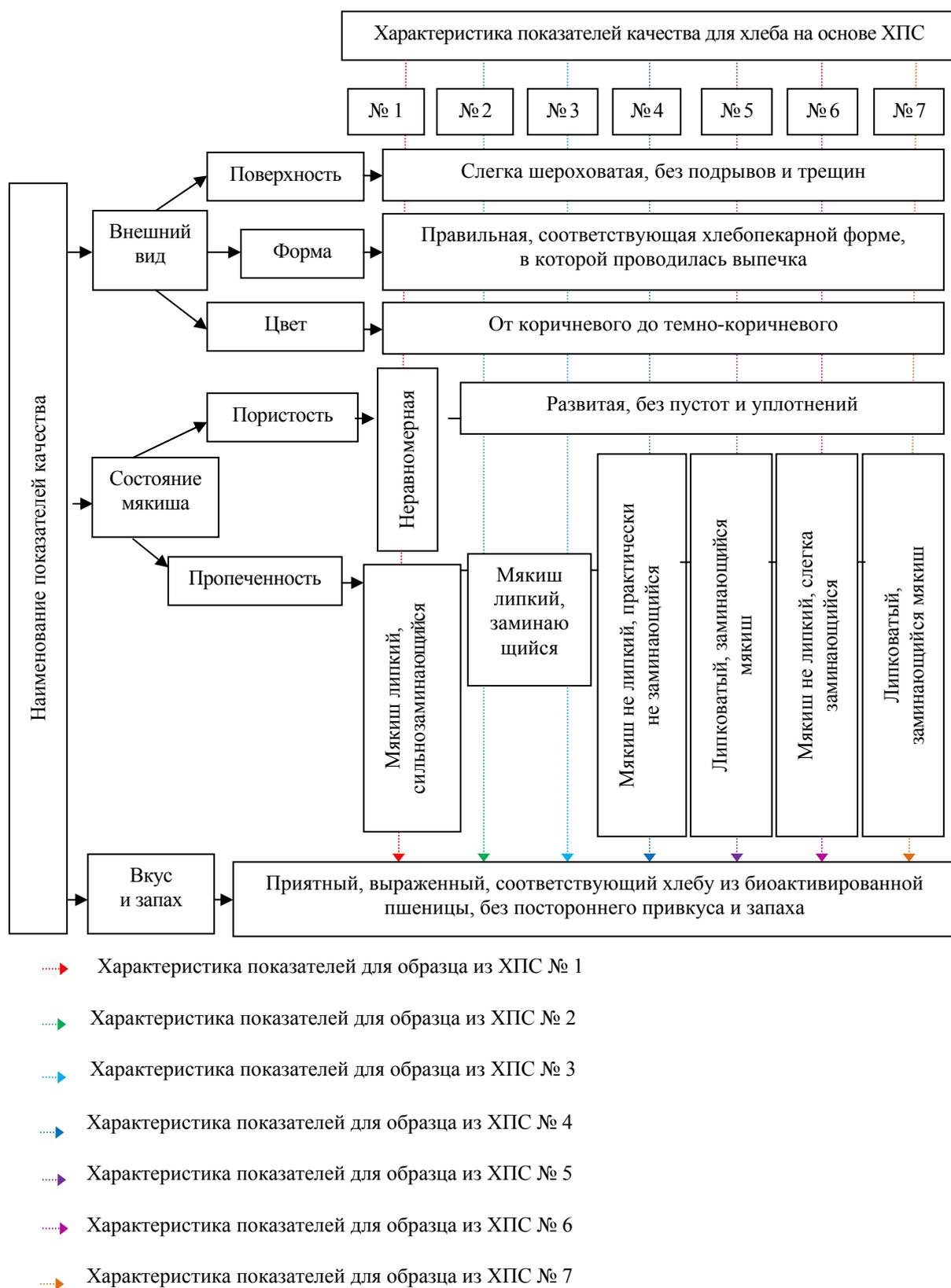


Рис. 6. Органолептические показатели качества хлеба на основе хлебопекарных смесей
 Fig. 6. Organoleptic indicators of bread quality based on baking mixes

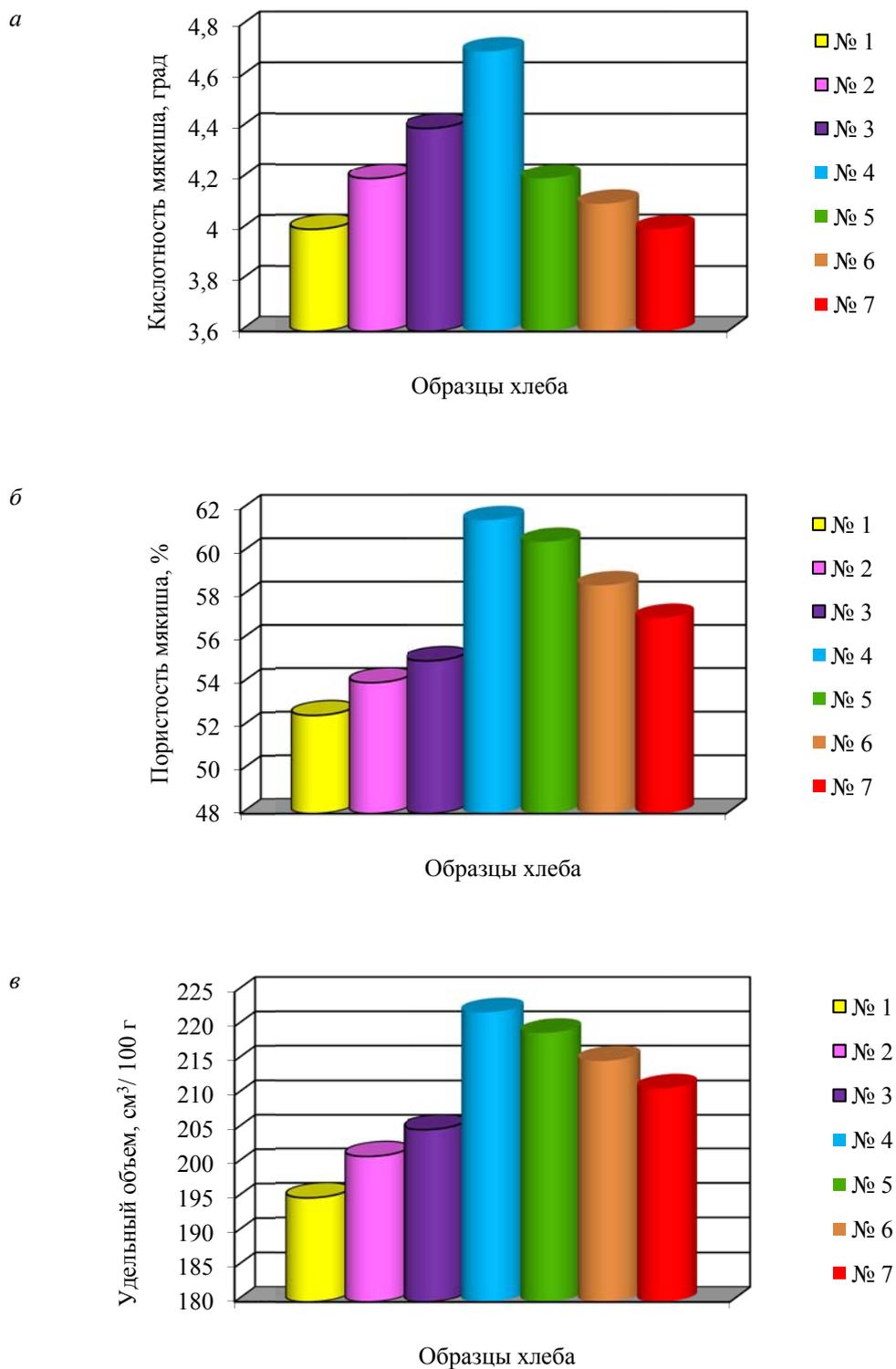


Рис. 7. Кислотность мякиша (а), пористость (б) и удельный объем (в) зернового хлеба на основе хлебопекарной смеси № 1 (контроль); №№ 2–7
Fig. 7. The acidity of the crumb (a), porosity (b) and specific volume (v) of grain bread based on baking mixture № 1 (control); №№ 2–7

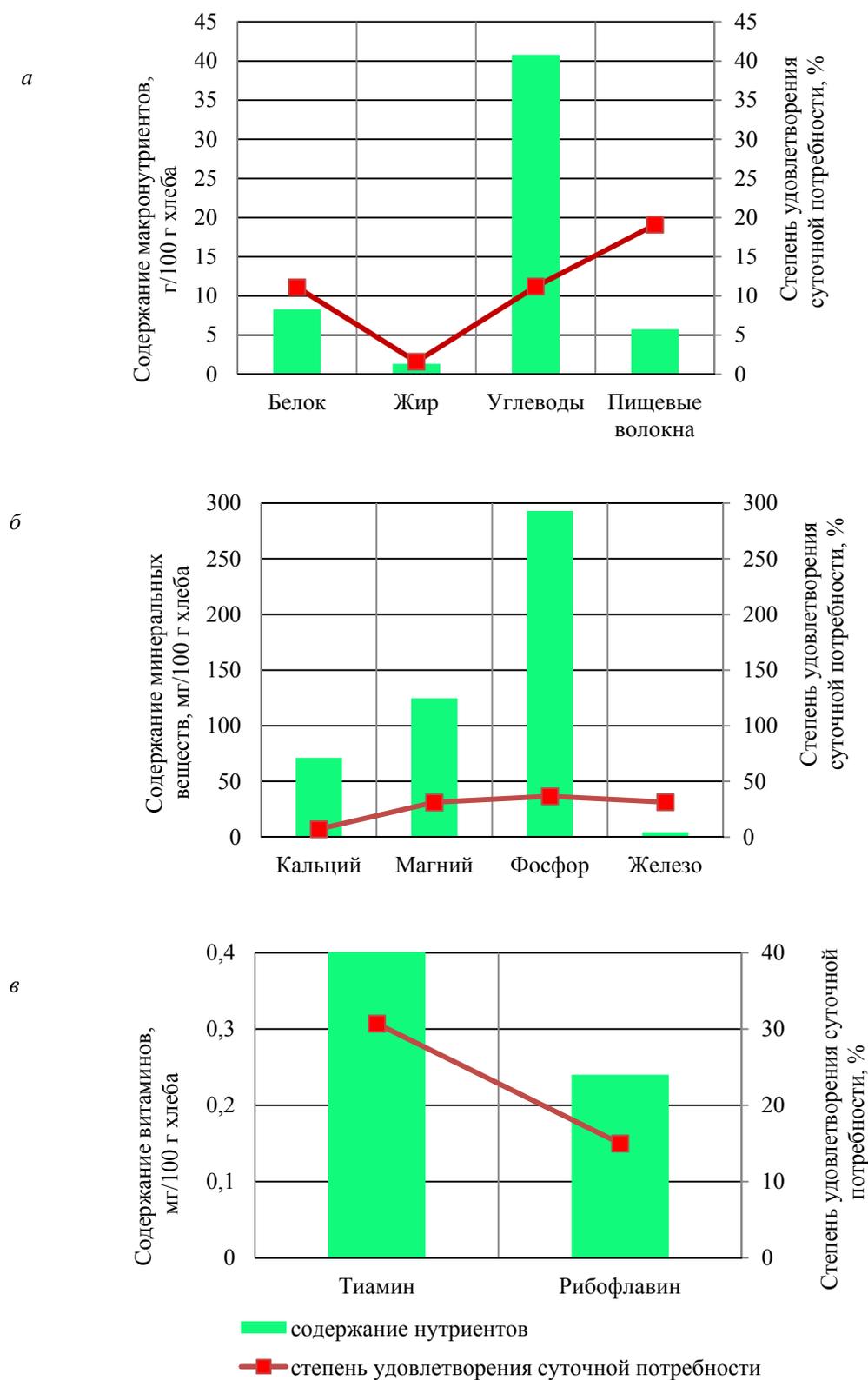


Рис. 8. Содержание нутриентов в хлебе зерновом и степень удовлетворения суточной потребности в:
 а – макронутриентах, б – минеральных веществах, в – витаминах
 Fig. 8. The content of nutrients in grain bread and the degree of satisfaction of the daily need for:
 а – macronutrients, б – minerals, в – vitamins

Заключение

Таким образом, для производства зернового хлеба улучшенного качества рекомендовано в составе хлебопекарной смеси увеличить дозировку аскорбиновой кислоты, молочной сыворотки, при этом 25 % сухого измельченного биоактивированного зерна пшеницы заменить мукой пшеничной первого сорта и исключить из ее состава сухую пшеничную клейковину. Разработанное изделие на основе выбранной хлебопекарной смеси относится к функциональным пищевым продуктам. Применение ее при приготовлении продуктов питания позволит также решить одну из задач государственной политики в области здорового питания, направленной на увеличение выработки изделий функционального назначения.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Аванесов В. М., Плаксин Ю. М., Стрелюхина А. Н., Ларин В. А. Применение растительных экстрактов при производстве напитков функционального назначения // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2016. № 7. С. 28–32.
- Алехина Н. Н. Зерновой хлеб для повышения пищевого статуса населения: биоактивация злаковых культур, ресурсосбережение сырья, разработка технологий и расширение ассортимента продукции : дис. ... д-ра техн. наук. Воронеж, 2020. 442 с.
- Алехина Н. Н., Желтикова А. С., Головина Н. А. Оценка химического состава зернопродуктов // *Проблемы и перспективы развития России: молодежный взгляд в будущее* : сб. науч. ст. Всерос. науч. конф., Курск, 17–18 октября 2018 г. В 4 т. Т. 3. Курск : ЮЗГУ, 2018. С. 110–113.
- Алехина Н. Н., Пономарева Е. И., Головина Н. А. Ассортимент многокомпонентных смесей для производства хлеба // *Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений* : сб. ст. Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 90-летию технол. факультета ВГУИТ. Воронеж, 28 марта 2019 г. Воронеж : ВГУИТ, 2019. С. 18–22.
- Алехина Н. Н., Пономарева Е. И., Жаркова И. М., Гребенщиков А. В. Оценка функциональных свойств и показателей безопасности зернового хлеба с амарантовой мукой // *Техника и технология пищевых производств*. 2021. Т. 51, № 2. С. 323–332. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-2-323-332>.
- Вершинина О. Л., Зернаева Е. А., Бондаренко А. Н. Разработка мучных композитных смесей для производства хлеба повышенной пищевой ценности // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2018. № 1(361). С. 53–56.
- Зенькова М. Л. Исследование минерального и аминокислотного состава пророщенного и консервированного зерна пшеницы // *Техника и технология пищевых производств*. 2019. Т. 49, № 4. С. 513–521. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-513-521>.
- Казымов С. А., Прудникова Т. Н., Кучерявенко И. М. Перспективы использования зернобобовой культуры маш в качестве белкового обогатителя при производстве хлеба // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2013. № 1(331). С. 79–80.
- Кайсинова Р. З., Неелова О. В. Биологическая роль кальция и обнаружение его в кальцийсодержащих лекарственных препаратах // *Успехи современного естествознания*. 2011. № 8. С. 225.
- Костюченко М. Н. Научно-практические аспекты разработки хлебобулочных изделий функционального и специализированного назначения // *Материалы X науч.-практ. конф. "Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты"*, Москва, 20–21 ноября 2012 г. М. : МГУПП, 2012. С. 25–26.
- Лудан В. В., Польская Л. В. Роль антиоксидантов в жизнедеятельности организма // *Таврический медико-биологический вестник*. 2019. Т. 22, № 3. С. 86–92.
- Молчанова Е. Н., Шипарева М. Г., Ли Е. В., Карелина Н. Н. Инновации в применении зернобобовых // *Вопросы питания*. 2018. Т. 87, № S5. С. 230–231. DOI: [10.24411/0042-8833-2018-10340](https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10340).
- Невская Е. В., Тюрина И. А., Тюрина О. Е., Шульбаева М. Т. [и др.]. Разработка хлебопекарных композитных смесей для здорового питания // *Техника и технология пищевых производств*. 2019. Т. 49, № 4. С. 531–544. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544>.
- Погожева А. В. Продукты здорового питания // *Материалы X науч.-практ. конф. "Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты"*, Москва, 20–21 ноября 2012 г. М. : МГУПП, 2012. С. 26–27.
- Пономарева Е. И., Лукина С. И., Алехина Н. Н., Малюткина Т. Н. [и др.]. Технология хлебобулочных изделий : лабораторный практикум. Воронеж : ВГУИТ, 2014. 280 с.
- Ребезов М. Б., Наумова Н. Л., Кофанова М. Ю., Выдрина Н. В. [и др.]. О возможности обогащения хлебобулочных изделий функциональными ингредиентами // *Техника и технология пищевых производств*. 2012. № 1(24). С. 55А–59.
- Сафронова Т. Н., Евтухова О. М. Технологии пищевых продуктов с использованием переработанного пророщенного зерна пшеницы // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2014. № 4. С. 49–52.

- Alekhina N. N., Ponomareva E. I., Lukina S. I., Smirnykh A. A. Grain bread with buckwheat bran flour for a healthy diet // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2016. Vol. 11, Iss. 12. P. 2623–2627.
- Alekhina N. N., Ponomareva E. I., Zharkova I. M., Grebenshchikov A. V. Assessment of the bioavailability of minerals and antioxidant activity of grain bread in the experiment in vivo // *Russian Open Medical Journal*. 2018. Vol. 7, Iss. 4. DOI: <https://doi.org/10.15275/rusomj.2018.0409>.
- Alekseeva T. V., Cheryomushkina I. V., Belokurova E. V., Kalgina Yu. O. [et al.]. Results of preclinical studies to assess the effect of food composition components on reproductive health // *Journal of Research in Medical and Dental Science*. 2021. Vol. 9, Iss. 4. P. 219–228.
- Derkanosova N. M., Stakhurlova A. A., Pshenichnaya I. A., Ponomareva I. N. [et al.]. Amaranth as a bread enriching ingredient // *Foods and Raw Materials*. 2020. Vol. 8, № 2. P. 223–231. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-2-223-231>.
- Gupta R. K., Gangoliya S. S., Singh N. K. Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains // *Journal of Food Science and Technology*. 2013. Vol. 52, Iss. 2. P. 676–684. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0978-y>.
- Khalid K. H., Ohm J.-B., Simsek S. Whole wheat bread: Effect of bran fractions on dough and end-product quality // *Journal of Cereal Science*. 2017. Vol. 78. P. 48–56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.03.011>.
- Moreira L. M., Araujo R. P., Leonel F. P., Machado H. V. N. [et al.]. The biological roles of calcium: Nutrition, diseases and analysis // *Calcium: Chemistry, Analysis, Function and Effects* / ed.: Victor R. Preedy. Published by the Royal Society of Chemistry, 2016. P. 21–29. DOI: <https://doi.org/10.1039/9781782622130-00021>.
- Nielsen A. V. F., Tetens I., Meyer A. S. Potential of phytase-mediated iron release from cereal-based foods: A quantitative view. *Nutrients*. 2013. Vol. 5, Iss. 8. P. 3074–3098. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu5083074>.
- Yadav An., Kumari R., Yadav As., Mishra J. P. [et al.]. Antioxidants and its functions in human body: A Review // *Research in Environment and Life Sciences*. 2016. Vol. 9, Iss. 11. P. 1328–1331.

References

- Avanesov, V. M., Plaksin, Yu. M., Strelyuhina, A. N., Larin, V. A. 2016. The use of plant extracts in the production of functional beverages. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya*, 7, pp. 28–32. (In Russ.)
- Alekhina, N. N. 2020. Grain bread for improving the nutritional status of the population: Bioactivation of cereals, resource conservation of raw materials, development of technologies and expansion of the product range. Ph.D. Thesis. Voronezh. (In Russ.)
- Alekhina, N. N., Zheltikova, A. S., Golovina, N. A. 2018. Assessment of the chemical composition of grain products. Collection of scientific articles of the All-Russian Scientific Conf. *Problems and Perspectives of development of Russia: View of the Youth in the Future*. In 4 v. V. 3. Kursk, pp. 110–113. (In Russ.)
- Alekhina, N. N., Ponomareva, E. I., Golovina, N. A. 2019. The range of multicomponent mixtures for the production of bread. Collection of articles of International Scientific and Technical conf. *New in Technology and Technics of Functional Food Products Based on Medical and Biological Views*. Voronezh, pp. 18–22. (In Russ.)
- 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. *Food Processing: Techniques and Technology*, 51(2), pp. 323–332. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-2-323-332>. (In Russ.)
- Vershinina, O. L., Zernaeva, E. A., Bondarenko, A. N. 2018. Development of flour composite mixtures for the production of bread of increased nutritional value. *Food Technology*, 1(361), pp. 53–56. (In Russ.)
- Zen'kova, M. L. 2019. Research of mineral and amino acid composition of sprouted and canned wheat grain. *Food Processing: Techniques and Technology*, 49(4), pp. 513–521. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-513-521>. (In Russ.)
- Kazimov, S. A., Prudnikova, T. N., Kucheryavenko, I. M. 2013. Prospects for the use of leguminous culture mash as a protein concentrator in the production of bread. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya*, 1(331), pp. 79–80. (In Russ.)
- Kajsinova, R. Z., Neelova, O. V. 2011. The biological role of calcium and its detection in calcium-containing drugs. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 8, p. 225. (In Russ.)
- Kostyuchenko, M. N. 2012. Scientific and practical aspects of the development of functional and specialized bakery products. Proceedings of Intern. conf. *Technologies and products of health nutrition. Functional Food Products*. Moscow, 20–21 November, 2012. Moscow, pp. 25–26. (In Russ.)
- Ludan, V. V., Pol'skaya, L. V. 2019. The role of antioxidants in the vital activity of the body. *Tavrisheskiy Mediko-Biologicheskij Vestnik*, 22(3), pp. 86–92. (In Russ.)
- Molchanova, E. N., Shipareva, M. G., Li, E. V., Karelina, N. N. 2018. Innovations in the use of legumes. *Voprosy pitaniya*, 87(S5), pp. 230–231. DOI: [10.24411/0042-8833-2018-10340](https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10340). (In Russ.)
- Nevskaya, E. V., Tyurina, I. A., Tyurina, O. E., Shulbaeva, M. T. et al. 2019. Development of bakery composite mixes for healthy. *Food Processing: Techniques and Technology*, 49(4), pp. 531–544. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544>. (In Russ.)

- Pogozheva, A. V. 2012. Healthy food products. Proceedings of Intern. conf. *Technologies and products of health nutrition. Functional Food Products*. Moscow, 20–21 November, 2012. Moscow, pp. 26–27. (In Russ.)
- Ponomareva, E. I., Lukina, S. I., Alekhina, N. N., Maljutina, T. N. et al. 2014. Technology of bakery products. Voronezh. (In Russ.)
- Rebezov, M. B., Naumova, N. L., Kofanova, M. Yu., Vydrina, N. V. et al. 2012. On possibility of enriching bakery products with functional ingredients. *Food Processing: Techniques and Technology*, 1(24), pp. 55A–59. (In Russ.)
- Safronova, T. N., Evtukhova, O. M. 2014. Technologies of food products using processed sprouted wheat grain. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya*, 4, pp. 49–52. (In Russ.)
- Alekhina, N. N., Ponomareva, E. I., Lukina, S. I., Smirnykh, A. A. 2016. Grain bread with buckwheat bran flour for a healthy diet. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(12), pp. 2623–2627.
- Alekhina, N. N., Ponomareva, E. I., Zharkova, I. M., Grebenshchikov, A. V. 2018. Assessment of the bioavailability of minerals and antioxidant activity of grain bread in the experiment in vivo. *Russian Open Medical Journal*, 7(4). DOI:<https://doi.org/10.15275/rusomj.2018.0409>.
- Alekseeva, T. V., Cheryomushkina, I. V., Belokurova, E. V., Kalgina, Yu. O. et al. 2021. Results of preclinical studies to assess the effect of food composition components on reproductive health. *Journal of Research in Medical and Dental Science*, 9(4), pp. 219–228.
- Derkanosova, N. M., Stakhurlova, A. A., Pshenichnaya, I. A., Ponomareva, I. N. et al. 2020. Amaranth as a bread enriching ingredient. *Foods and Raw Materials*, 8(2), pp. 223–231. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-2-223-231>.
- Gupta, R. K., Gangoliya, S. S., Singh, N. K. 2013. Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), pp. 676–684. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0978-y>.
- Khalid, K. H., Ohm, J.-B., Simsek, S. 2017. Whole wheat bread: Effect of bran fractions on dough and end-product quality. *Journal of Cereal Science*, 78, pp. 48–56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.03.011>.
- Moreira, L. M., Araujo, R. P., Leonel, F. P., Machado, H. V. N. et al. 2016. The biological roles of calcium: Nutrition, diseases and analysis. In *Calcium: Chemistry, Analysis, Function and Effects*. Ed.: Victor R. Preedy. The Royal Society of Chemistry, pp. 21–29. DOI: <https://doi.org/10.1039/9781782622130-00021>.
- Nielsen, A. V. F., Tetens, I., Meyer, A. S. 2013. Potential of phytase-mediated iron release from cereal-based foods: A quantitative view. *Nutrients*, 5(8), pp. 3074–3098. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu5083074>.
- Yadav, An., Kumari, R., Yadav, As., Mishra, J. P. et al. 2016. Antioxidants and its functions in human body: A Review. *Research in Environment and Life Sciences*, 9(11), pp. 1328–1331.

Сведения об авторе

Алëхина Надежда Николаевна – пр-т Революции, 19, г. Воронеж, Россия, 394036; Воронежский государственный университет инженерных технологий, д-р техн. наук, доцент; e-mail: nadinat@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3317-9858>

Nadezhda N. Alekhina – 19 Revolution Ave., Voronezh, Russia, 394036; Voronezh State University of Engineering Technologies, Dr Sci. (Engineering), Associate Professor; e-mail: nadinat@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3317-9858>

Приложение

Список ГОСТов, используемых в статье

ГОСТ 5667-65	Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий. М., 2016.
ГОСТ 5669-96	Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости. М., 2001.
ГОСТ 5670-96	Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности. М., 2015.
ГОСТ ISO 5983-2-2016	Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина. Часть 2. Метод с использованием блока озоления и перегонки с водяным паром. М., 2020.
ГОСТ 5668-68	Хлеб и хлебобулочные изделия. Методы определения массовой доли жира. М., 2016.
ГОСТ Р 51636-2000	Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Фотометрический с применением 2,4-динитрофенола и перманганатный методы определения массовой доли водорастворимых углеводов. М., 2020.
ГОСТ Р 54014-2010	Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом. М., 2019.
ГОСТ 29138-91	Мука, хлеб и хлебобулочные изделия пшеничные витаминизированные. Метод определения витамина В1 (тиамина). М., 2007.
ГОСТ 29139-91	Мука, хлеб и хлебобулочные изделия пшеничные витаминизированные. Метод определения витамина В2 (рибофлавина). М., 2007.
ГОСТ 32343-2013	Корма, комбикорма. Определение содержания кальция, меди, железа, магния, марганца, калия, натрия и цинка методом атомно-абсорбционной спектроскопии. М., 2020.
ГОСТ 26657-97	Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания фосфора. М., 2002.
ГОСТ 26570-95	Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция. М., 2002.