2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544
Оригинальная статья
УДК 664.66
http://fptt.ru/

Разработка хлебопекарных композитных смесей для здорового питания

Е. В. Невская[1], И. А. Тюрина[1], О. Е. Тюрина[1], М. Т. Шулбаева[2,*], М. Н. Потапова[2], Я. С. Головачева[2]

[1] ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Большая Черкизовская, 26А

[2] ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

**e-mail: sh-m-t@yandex.ru*

Дата поступления в редакцию: 11.10.2019
Дата принятия в печать: 15.11.2019

© Е. В. Невская, И. А. Тюрина, О. Е. Тюрина, М. Т. Шулбаева, М. Н. Потапова, Я. С. Головачева, 2019

Аннотация.
Введение. Для повышения качества хлебобулочных изделий необходима работа по научному обоснованию рецептур хлебопекарных смесей, что позволит улучшить пищевую и биологическую ценность готового продукта. Повышение качества хлеба позволит улучшить структуру питания населения наиболее рациональным путем. Целью работы является разработка на основе использования отечественного сырья композитных хлебопекарных смесей для здорового питания.
Объекты и методы исследования. Объект исследования – хлебопекарные мучные смеси из следующих компонентов: пшеничная хлебопекарная мука, мука цельнозерновая ячменная, мука чечевичная цельносмолотая, мука чечевичная текстурированная, мука из бурого риса цельносмолотая, мука гречневая, мука пшеничная цельносмолотая, мука ржаная хлебопекарная обдирная, сыворотка молочная подсырная, сыворотка молочная деминерализованная. Использовали общепринятые стандартные методы исследований.
Результаты и их обсуждение. Приготовление теста осуществляли ускоренным способом. Разработано 5 композитных хлебопекарных смесей для здорового питания: смесь 1 – с внесением ячменной цельносмолотой муки; смесь 2 – с гречневой мукой и подсырной сывороткой; смесь 3 – с внесением гречневой муки и деминерализованной сывороткой; смесь 4 – с внесением цельносмолотой муки из чечевицы и муки из бурого риса; смесь 5 – с внесением муки чечевичной текстурированной, муки из бурого риса. Все хлебобулочные изделия, приготовленные из смесей, характеризовались удовлетворительными показателями качества. Подтверждена гипотеза об увеличении содержания белков, пищевых волокон, минеральных веществ в хлебе. Размеры частиц хлебопекарных композитных смесей в пределах 5–600 мкм, содержание частиц в интервале от 10 до 50 мкм составляло 30–35 % от их общего объёма. Смеси близки к однородным, что позволяет прогнозировать равномерное распределение рецептурных компонентов.
Выводы. Такие характеристики смесей позволят легко внедрять их в технологический процесс действующих предприятий с использованием типового оборудования для дозирования и хранения.

Ключевые слова. Мука ячменная, мука гречневая, мука чечевичная, мука из бурого риса, пищевая ценность, однородность, композитная хлебопекарная смесь

Для цитирования: Разработка хлебопекарных композитных смесей для здорового питания / Е. В. Невская, И. А. Тюрина, О. Е. Тюрина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 531–544. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Healthy Bakery Composite Mixes

E.V. Nevskaya[1], I.A. Tyurina[1], O.E. Tyurina[1], M.T. Shulbaeva[2,*], M.N. Potapova[2], Ya.S. Golovacheva[2]

[1] Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, Bol'shaya Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia

[2] Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

Received: October 11, 2019
Accepted: November 15, 2019

*e-mail: sh-m-t@yandex.ru

© E.V. Nevskaya, I.A. Tyurina, O.E. Tyurina, M.T. Shulbaeva, M.N. Potapova, Ya.S. Golovacheva, 2019

Abstract.
Introduction. Bread and bakery are products of mass consumption. However, bread can hardly be considered as a perfectly balanced healthy product. To improve the quality of bread and bakery products, it is necessary to develop new formulations of baking mixes that can improve the nutritional and biological value of the finished product. New varieties of healthier, better quality bread with high nutritional and biological value can improve the diet of the population.
Study objects and methods. The present research featured baking mixes made up of the following components: wheat baking flour, wholemeal barley flour, wholemeal lentil flour, textured lentil flour, brown rice flour, buckwheat flour, wholemeal wheat flour, rye bakery flour, milk whey, and demineralized milk whey. The research employed generally accepted standard methods, as well as the quick dough method.
Results and discussion. The shape stability of the bread was calculated as the ratio of its height to diameter. The research yielded five composite baking mixes: mix 1 – a diabetic mix with barley wholemeal flour; mix 2 – a diabetic mix with buckwheat flour and dry cheese whey; mix 3 – a diabetic mix with buckwheat flour and dry demineralized whey; mix 4 – a mix with lentil wholemeal flour and brown rice wholemeal flour; mix 5 – a mix with textured lentil flour and brown rice wholemeal flour. All five samples demonstrated satisfactory sensory, physical, and chemical quality indicators. The authors also determined nutritional value and percentage from the daily requirements of an adult diet. The results proved that the finished products had a high content of proteins, dietary fibers, and minerals. An analysis of the granulometric composition of the baking composite mixes showed that the particle size varied from 5 to 600 microns. The content of particles in the range from 10 to 50 microns was 30–35% of the total volume. There was no significant difference in the particle size distribution in the samples. The mixes were close to homogeneous, which makes it possible to predict the uniform distribution of prescription components in the storage process and the production of high-quality bakery products.
Conclusions. The obtained characteristics of the developed mixes make it possible to introduce them into the existing technological schemes of bakery production without using special equipment for dosing and storage.

Keywords. Barley flour, buckwheat flour, lentil flour, brown rice flour, nutritional value, uniformity, composite baking mixture

For citation: Nevskaya EV, Tyurina IA, Tyurina OE, Shulbaeva MT, Potapova MN, Golovacheva YaS. Healthy Bakery Composite Mixes. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):531–544. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544.

Введение

Повышение качества питания населения является одним из приоритетов государственной политики в Российской Федерации. Одной из важнейших задач является разработка продуктов здорового питания, конструирование продуктов с добавленной ценностью (как биологической, так и пищевой) за счет обогащения рецептур различными биологически активными веществами, витаминами, микро- и макронутриентами, полиненасыщенными жирными кислотами и другими полезными ингредиентами.

Здоровое питание всесторонне улучшает качество жизни населения, сбалансированные безопасные продукты способствуют профилактике алиментарнозависимых заболеваний, правильному росту и развитию детей, повышению иммунитета, работоспособности взрослого населения и продлению возраста активного долголетия [1]. Одним из наиболее эффективных путей повышения качества питания населения является увеличение на 20–30 % выпуска продуктов массового потребления с высокой пищевой ценностью, в том числе продуктов здорового питания, которые богаты белком, незаменимыми аминокислотами, витаминами, микро- и макронутриентами [2, 3].

Одним из популярных в России и мире продуктов массового потребления является хлеб и различные хлебобулочные изделия. Повышение качества хлеба, разработка новых сортов с повышенной пищевой и биологической ценностью позволит улучшить структуру питания населения наиболее рациональным путем. В хлебе содержатся такие витамины, как тиамин, пиридоксин, токоферол, рибофлавин, фолиевая и никотиновая кислоты. Их содержание в хлебе сбалансировано, поэтому порция хлеба в 100 г позволяет покрыть суточную потребность человека в этих веществах на величину от 18 до 100 % [4]. В рационе питания человека хлебобулочные изделия являются основным источником поступления вышеуказанных витаминов. Также хлеб богат микро- и макроэлементами. За счет высокого содержания углеводов хлеб обладает существенной энергетической ценностью. Углеводы – это основной компонент хлеба, их содержание составляет около половины в химическом составе продукта, из которых основная доля приходится на крахмал, моносахариды и дисахариды [5].

Однако хлеб нельзя признать идеальным сбалансированным продуктом здорового питания. Оптимальное соотношение белков и углеводов составляет 1:4. В хлебе это соотношение составляет примерно 1:6–7. Белки хлеба также не являются сбалансированными, например, у изделий из пшеницы белок усваивается примерно на половину. Лимитирующими аминокислотами для злаков являются метионин, треонин, лизин и триптофан.

Оптимальное соотношение кальций:фосфор составляет 1:1,5, а в минеральном составе хлеба это соотношение далеко от оптимального и составляет 1:5,5. Это значительно снижает усвояемость этих минеральных веществ в составе хлебобулочных изделий. Оптимальное соотношение кальций:магний составляет 1:0,5, а в хлебобулочных изделиях оно также далеко от идеала и составляет 1:2,3.

Для повышения качества хлебобулочных изделий необходима работа над улучшением их биологической ценности за счет разработки рецептур с повышенным содержанием белка, сбалансированного по содержанию незаменимых аминокислот. Анализ доступной научно-технической литературы показал, что для обогащения пшеничной муки белком используют продукты переработки зерновых культур (пшеничные зародышевые хлопья, белок тритикале, белок амаранта), белок бобовых культур (фасоль, горох, соя, нут, люпин, чечевица), белковые концентраты и изоляты масличных культур (подсолнечник, хлопчатник), белковая мука из другого растительного сырья, вторичные продукты переработки молока (сыворотка, пахта, обезжиренное молоко, казеинат, концентрат сывороточного белка и др.) [6, 7].

Огромным потенциалом для использования в качестве обогатителей традиционных хлебобулочных изделий минеральными веществами и другими нутриентами являются продукты мукомольно-крупяного производства. В качестве такого нетрадиционного сырья в хлебопекарном производстве используют муку из риса, овса, ячменя, гречихи, чечевицы и других круп [8].

Одним из перспективных направлений современного хлебопекарного производства является приготовление хлебобулочных изделий на основе использования композитных смесей, способных длительное время храниться без изменения качества. Применение композитных смесей позволяет рационально организовать технологический процесс на хлебопекарных предприятиях и расширить ассортимент выпускаемых хлебобулочных изделий в соответствии с запросами современного потребителя на продукцию здорового питания. Особо эффективно применение таких смесей на предприятиях малой и средней мощности.

Работы в этом направлении активно ведутся как у нас в стране, так и за рубежом.

Например, изучена возможность частичной замены пшеничной муки на картофельный крахмал при изготовлении пшеничного хлеба [9]. Установлено, что замена муки на крахмал в дозировке 80 % приводит к ухудшению хлебопекарных свойств таких композитных смесей и требует дополнительного использования пшеничной клейковины в достаточно больших количествах (более 30 % от массы смеси).

Также исследована возможность использования пшенной муки, полученной путем размола пшенной крупы, для замены части пшеничной муки в рецептуре хлеба [10]. Установлена оптимальная дозировка пшенной муки в рецептуре, которая составила 15 % от массы пшеничной муки. При этом хлебопекарные свойства такой муки, по сравнению с пшеничной, практически не изменились. Более того – такая замена позволила добиться повышения качества композитного хлеба по содержанию макронутриентов (белок, липиды) и минеральных веществ (цинк, селен).

Перспективным направлением является и использование муки из бобовых культур для получения хлебопекарных композитных смесей. Так, добавление гороховой или фасолевой муки в дозировке до 10–15 % к массе пшеничной муки позволяет получать хлеб с приемлемыми органолептическими характеристиками и повышенным содержанием белка [11]. Более высокие дозировки способны скорректировать нутриентный состав хлеба, но приводят к отрицательному влиянию клейковинного комплекса смесей и снижению органолептических показателей соответственно.

Менее изученным направлением является использование гидроколлоидов (камеди водорослей, модифицированной целлюлозы, пектинов, галактоманнаны экзополисахаридов и др.) в рецептуре хлебопекарных смесей [12, 13]. Установлено, что качество теста и хлеба при использовании гидроколлоидов улучшается, растет хранимоспособность хлеба. Использование растительной камеди для получения композитных смесей изучено африканскими исследователями [14]. Ими предложено заменять до 15 % муки пшеничной на муку фасолевую.

В Европе исследована возможность внесения в рецептуру хлеба гречневой, гороховой и ячменной муки [15, 16].

Отечественными учеными разработаны композитные хлебопекарные смеси «Ирекс», включающие солод, злаки и масличные культуры, пшеничные зародышевые хлопья, овсяные хлопья, отруби, а также овощные добавки [17]. Такие смеси удобно использовать в условиях предприятий общественного питания для получения горячей выпечки.

Изучена возможность получения композитных смесей пшеничной муки и овсяной в количестве до 30 % [18]. При добавлении муки из овса клейковина укрепляется, хотя количество клейковины в смеси и снижается. Хлеб с добавлением овсяной муки имеет высокую пористость и удельный объем, а также отличные органолептические показатели, особенно запах и вкус. При этом хлеб обладает повышенной пищевой ценностью, богат пищевыми волокнами, фосфором, железом, витаминами группы В, РР.

В ячменной муке в значительном количестве содержится β-глюкан. Поэтому перспективным

является ее применение и других продуктов, полученных из ячменя (крупки, хлопья и др.), для выработки хлебобулочных изделий специализированного питания (для диабетиков) [19]. Отличительной особенностью ячменной муки является высокое содержание полноценного белка и ряда незаменимых аминокислот, в особенности триптофана и лизина. В отличие от пшеничной муки ячменная хотя и содержит меньше крахмала, но она богата слизеобразующими компонентами, в частности пентозанами (8,0–12,6 %), а также простыми сахарами (раффионоза, сахароза). Больше в ячменной муке клетчатки. Богата ячменная мука и минеральными веществами, причем по содержанию калия, кальция и магния ячменная мука, по сравнению с пшеничной мукой первого сорта, выигрывает практически в полтора-два раза. Ячменная мука богата витаминами группы В и РР: «B_1 – от 3 до 6 мг/кг, B_2 – от 0,8 до 1,2 мг/кг, РР – от 22 до 90 мг/кг» [20]. Углеводы в ячменной муке составляют 80 % от её массы. Основная часть углеводов – крахмал. В чистом виде в хлебопекарном производстве мука из ячменя не используется, т. к. характеризуется низкими хлебопекарными свойствами, делает цвет мякиша излишне темным и имеет специфический привкус. Поэтому ячменную муку смешивают с традиционной пшеничной или ржаной мукой. Но и в этом случае ячменная мука вносится в рецептуру в количестве не более 30 %, иначе такой хлеб будет обладать низкими органолептическими и физико-химическими свойствами.

Гречневая мука может являться неплохим источником белков и растительных липидов, она превосходит по содержанию незаменимых аминокислот пшеничную муку. По данным М. Э. Саитовой, «гречневая мука содержит значительно больше по сравнению с мукой других культур Ca и Fe, а также лецитина» [21, 22]. Более того, внесение гречневой муки в рецептуру теста из пшеничной муки способствует улучшению реологических и физико-химических свойства теста – возрастает водопоглотительная способность теста и возрастает его упругость. Внесение гречневой муки в рецептуру возможно в количестве 10–30 % [23].

Одним из востребованных на рынке специализированного питания новых видов хлебобулочных изделий являются безглиадиновые. Для их получения используют рисовую муку. Она богата цинком и витамином B_7, которые имеют большое значение в правильном питании. Для разработки новых видов безглиадиновых хлебобулочных изделий с повышенной пищевой ценностью рисовую муку рекомендуется вводить в рецептуру в количестве 10–20 %.

Исследованы структурно-механические свойства композитных хлебопекарных смесей из ржаной, пшеничной и амарантовой муки [24]. Частичная замена ржаной муки на амарантовую в рецептуре ржано-пшеничных смесей улучшает реологические свойства мучных суспензий.

Установлено, что для улучшения аминокислотного состава белков и увеличения количества незаменимых аминокислот хлеба перспективным является замена в рецептуре хлеба в количестве 15 % пшеничной муки на хлебопекарную смесь «Фитнес микс овсянка» [25].

Возможности современного программного обеспечения для проектирования рецептур пищевых продуктов повышенной пищевой и биологической ценности и методические подходы к проектированию описаны в работах [26, 27]. Специалистами московского ФГАНУ НИИХП сформулирован инновационный подход к моделированию состава композитных мучных смесей по критерию гликемического индекса. Это позволяет получать хлебобулочные изделия специализированного назначения для профилактического питания [19, 28]. ФГАНУ НИИХП существует с 1932 г. и является ведущим научным центром хлебопекарной и макаронной промышленности России и СНГ.

В Санкт-Петербургском филиале ФГАНУ НИИХП разработаны безглютеновые смеси с рисовой и кукурузной мукой, а также многокомпонентные полизерновые смеси для использования в хлебопекарном производстве [29, 30]. Использование таких смесей позволяет получать в широком ассортименте хлебобулочные изделия повышенной биологической ценности со сбалансированным аминокислотным составом и повышенным содержанием минеральных веществ.

Повышение пищевой и биологической ценности возможно по нескольким направлениям [5]:

– внесение в рецептуру нативных ингредиентов, богатых белками, витаминами, микро- и макроэлементами (плодоовощное сырье, мука из крупяных и бобовых культур, побочные продукты переработки молока, вторичные продукты мукомольной и пивоваренной промышленности);

– подбор режимов выработки муки, позволяющих сохранить в конечном продукте зародыш и алейроновый слой как наиболее ценные с диетической точки зрения компоненты зерновки;

– обогащение рафинированной муки (высший сорт, первый сорт) отрубями в нативном виде или после дополнительной обработки;

– прямое обогащение муки витаминами, минералами, белками и аминокислотами;

– добавление ферментных препаратов микробного синтеза.

Изучение современной российской и зарубежной научно-технической литературы показало, что состав хлебопекарных смесей формируется в первую очередь по органолептическим характеристикам. Во вторую очередь – исходя из технологических свойств

таких смесей. В то же время хлебопекарные смеси – это многокомпонентные системы. Это позволяет проектировать их рецептуры в желаемом направлении и с учетом постулатов здорового питания и запросов потребителей на продукты полезные для здоровья. Для получения смесей сбалансированного состава важнейшим является системный формализованный подход с учетом достижений современной науки и возможностей программного обеспечения для моделирования рецептурного состава пищевой продукции.

Оценка хлебопекарных смесей, представленных на отечественном сырьевом рынке, показала, что предложен ассортимент хлебопекарных смесей для хлебобулочных изделий импортного производства или имеющие в своем составе импортные ингредиенты. Кроме того, отсутствуют композитные смеси для хлебобулочных изделий специализированного назначения, эффективность которых подтверждена в установленном порядке.

Таким образом, повышение качества хлебопекарных композитных смесей является актуальным. Для улучшения качества хлебопекарных композитных смесей необходимо введение в их рецептуру белков, сбалансированных по аминокислотному составу. Перспективным сырьём для решения проблемы повышения пищевой ценности хлеба могут быть зародышевые хлопья пшеницы, бобовые культуры, высокобелковые зерновые культуры, белковая мука, белковые концентраты, белковые изоляты, вторичные продукты молочной промышленности. Внесение в рецептуру хлебопекарных композитных смесей цельнозерновой муки, полученной при размоле зерновых и бобовых культур со всеми анатомическими частями, позволит повысить содержание микро- и макронутриентов в готовой продукции.

Целью работы является разработка на основе использования отечественного сырья композитных хлебопекарных смесей для здорового питания.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – хлебопекарные композитные смеси, составленные из следующих компонентов: пшеничная хлебопекарная мука I сорта (ГОСТ Р 52189-2003), цельнозерновая ячменная мука (ТУ 10.61.20-001-38744625-2016), соль пищевая (ГОСТ Р 51574-2018), клейковина пшеничная сухая (ГОСТ 31934-2012), вода (ГОСТ Р 51232-98, СанПиН 2.1.4.1074–01), дрожжи (ГОСТ Р 54731-2011), мука чечевичная цельносмолотая (СТО 38744625-001-2012), мука чечевичная текстурированная (ТУ 9293-002-91293841-2014), мука из бурого риса цельносмолотая (СТО 38744625-001-2012), сахар белый (ГОСТ 33222-2015), мука гречневая (ТУ 9293-002-43175543-03), мука пшеничная цельносмолотая тонкого помола (СТО 12396977-002-2014), мука ржаная хлебопекарная обдирная (ГОСТ Р 52809-2007), сыворотка молочная подсырная сухая (ГОСТ 33958-2016), сыворотка молочная деминерализованная сухая (ТУ 9229-001-82062396-2012) и другое сырье предусмотренное рецептурой, качество которого соответствовало требованиям нормативной и технической документации.

Лабораторные исследования выполняли в центре технологий, биохимических и микробиологических исследований ФГАНУ НИИХП.

Использовали следующие методы исследований. Влажность муки определяли по методу, описанному в ГОСТ 9404-88, кислотность муки – по ГОСТ 27495-87. Хлебопекарные свойства муки оценивали путем пробной лабораторной выпечки по ГОСТ 27669-88.

Приготовление теста осуществляли ускоренным способом. Замес теста производили в планетарном миксере в течение 2–5 мин. Дрожжи прессованные хлебопекарные вносили в виде дрожжевой суспензии в соотношении 1:3. Температура теста после замеса составляла 26–28 °С. Тесто бродило в термостате в течение одного часа при температуре 33–35 °С и относительной влажности воздуха 75–80 %. Затем тесто вручную разделывали на заготовки по 350 кг для формового хлеба и 150 г для подового хлеба. Заготовки переносили на листы или укладывали в формы для выпечки. Расстойку тестовых заготовок проводили при температуре 36–38 °С и относительной влажности воздуха 75–80 %. По окончании расстойки хлебобулочные изделия выпекали в электропечи при температуре 170–190 °С в течение 25–27 мин (формовой хлеб) или 10–14 мин (подовый хлеб).

Через 14–16 ч после выпечки проводили оценку качества хлеба по следующим показателям: влажность мякиша хлеба по ГОСТ 21094-75; кислотность готовых изделий по ГОСТ 5670-96; формоустойчивость подового хлеба рассчитывали как отношение его высоты к диаметру (H/D); пористость мякиша хлеба по ГОСТ 5669-96; удельный объём по ГОСТ 27669-88. При органолептической оценке (ГОСТ 5667-65) хлеба оценивали внешний вид, цвет корок, эластичность и пропеченность мякиша, состояние пористости, вкус, запах. Микробиологические показатели исследовали по ГОСТ 10444.12-2013, ГОСТ 10444.15-94 и ГОСТ 31747-2012. Показатели цветности композитных смесей определяли с помощью колориметра Konica Minolta серии CR-400. Определение гранулометрического состава композитных смесей проводили при помощи анализатора Mastersizer 3000.

Расчёт пищевой ценности композитных смесей и хлебобулочных изделий, приготовленных из них, проводился по методу, разработанному в НИИ хлебопекарной промышленности. Метод заключается в суммировании массовых долей отдельных пищевых веществ (белка, жира, усвояемых углеводов и др.),

содержащихся в каждом виде сырья, используемом для выработки продукта, с учётом потерь сырья и потерь (или увеличения) пищевых веществ в нем при подготовке сырья к производству и в ходе технологического процесса.

Статистическую обработку осуществляли средствами «MATSTAT» и «STATISTICA 10.0». Для обработки результатов опытов использовался метод композиционно униформ-ротатабельного планирования эксперимента.

Результаты и их обсуждение

При разработке композитных смесей и хлебобулочных изделий, приготовленных из них, важно учитывать из какого сырья они будут вырабатываться. Поэтому на первом этапе исследования занимались обоснованием выбора компонентов хлебопекарных композитных смесей.

Основными требованиями, предъявляемыми к сырью, являются безопасность, технологичность, доступность на рынке и соответствие химического состава специфике питания отдельных групп населения.

При выборе потенциальных ингредиентов композитных смесей предпочтение следует отдавать натуральному сырью, т. к. большинство содержащихся в таком сырье микронутриентов находятся в естественном хелатированном состоянии и лучше усваиваются организмом.

Анализ научно-технической литературы подтвердил, что внесение в рецептуру муки хлебопекарных изделий гречневой, ячменной, чечевичной муки и муки из бурого риса способствует повышению пищевой и биологической ценности готовых изделий. Несмотря на то что данные компоненты являются нетрадиционными в хлебопечении, нельзя не отметить, что они обладают рядом преимуществ.

Мука ячменная цельносмолотая богата белками, β-глюканом, пищевыми волокнами, витаминами группы В, свободными липидами и минеральными веществами, в особенности кремнием.

Отличительной особенностью муки чечевичной является повышенное содержание фосфора, кремния, магния и калия, а также селена. Чечевичная мука богата белками, β-каротином, фитоэстрогенами, а ее аминокислотный состав характеризуется повышенным содержанием валина, лизина, треонина, лейцина по сравнению с пшеничной мукой первого сорта.

Для повышения микробиологической безопасности композитных смесей одним из потенциальных компонентов была выбрана чечевичная мука текстурированная. Технология получения текстурированной муки предусматривает термическую обработку продукта. При этом повышается его пищевая ценность, биоусвояемость пищевых веществ. Благодаря инактивации липазы и снижению активности липоксигеназы повышается срок хранения муки.

Бурый рис получают в результате шелушения зерна риса. В нем сохранена отрубяная оболочка, в которой содержатся пищевые волокна, витамины группы В, цинк, йод, фосфор, медь. В 100 граммах такой муки содержится около 12 % от суточной нормы потребления пищевых волокон. Аминокислотный состав муки из бурого риса характеризуется повышенным содержанием лейцина, валина, фенилаланина, тирозина, триптофана.

Гречневая мука богата белками, полиненасыщенными жирными кислотами, пищевыми волокнами, витаминами и минеральными веществами (калий, фтор, селен, хром, магний, йод, марганец, железо и др.). Гречневая мука отличается высоким содержанием серосодержащих аминокислот. По содержанию лизина превосходит бобовые и злаковые культуры, по содержанию валина приближается к молоку, лейцина – к говядине, фенилаланина – к молоку и говядине. Высокое содержание собственных сахаров в гречневой муки повышает газообразующую способность и ускоряет брожение теста.

Сухая молочная сыворотка характеризуется повышенным содержанием изолейцина, лейцина, лизина, треонина, триптофана, богата витаминами и минеральными веществами и может быть использована для интенсификации процесса тестоприготовления, повышения пищевой ценности хлебных изделий при опарных и ускоренных способах тестоведения и экономии муки.

В экспериментах использовали два вида сыворотки – сыворотку молочную подсырную сухую и сыворотку молочную деминерализованную сухую – для проверки гипотезы о лучшей гомогенности композитной хлебопекарной смеси в процессе хранения за счет снижения комкуемости деминерализованной сыворотки в составе многокомпонентной смеси.

Методом математического моделирования проводили обоснование рецептурного состава композитных хлебопекарных смесей. Оптимизацию количественного состава исследуемых ингредиентов проводили на основании технологических свойств сырья, рекомендуемой суточной нормы потребления хлебобулочных изделий и соотношения основных пищевых веществ. С целью моделирования состава хлебопекарной композитной смеси спланирован эксперимент и проведена серия пробных лабораторных выпечек хлебобулочных изделий.

В результате математической обработки экспериментальных данных были получены регрессионные уравнения в натуральной размерности, адекватно описывающие зависимость оптимальных показателей пищевой ценности и качества хлеба от количества

Таблица 1. Рецептуры композитных смесей для хлебобулочных изделий

Table 1. Formulations of composite baking mixes

Наименование сырья	Расход сырья, г				
	смесь 1	смесь 2	смесь 3	смесь 4	смесь 5
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	245,0	–	–	236,0	223,0
Мука цельносмолотая пшеничная тонкого помола	–	116,0	116,0	–	–
Мука ржаная обдирная	–	110,0	110,0	–	–
Мука ячменная цельносмолотая	44,0	–	–	–	–
Мука гречневая	–	58,0	58,0	–	–
Мука чечевичная цельносмолотая	–	–	–	14,0	–
Мука текстурированная из чечевицы	–	–	–	–	28,0
Мука из бурого риса цельносмолотая	–	–	–	34,0	28,0
Клейковина сухая пшеничная	6,0	5,8	5,8	5,8	11,2
Соль пищевая	5,0	4,4	4,4	4,5	4,2
Сухая молочная подсырная сыворотка	–	5,8	–	–	–
Сухая молочная деминерализованная сыворотка	–	–	5,8	–	–
Сахар белый	–	–	–	5,7	5,6
смесь 1 диабетического назначения с внесением ячменной цельносмолотой муки; смесь 2 диабетического назначения с мукой из гречки, сухой молочной подсырной сыворотки; смесь 3 диабетического назначения с мукой из гречки, сухой молочной деминерализованной сыворотки; смесь 4 с цельносмолотой чечевичной мукой и цельносмолотой мукой из бурого риса; смесь 5 с текстурированной чечевичной мукой и цельносмолотой мукой из бурого риса.					

вносимых рецептурных компонентов, которые имеют следующий вид:

$$y_1 = 9{,}04245+0{,}0944108\cdot x_1–0{,}0822172\cdot x_2 \quad (1)$$

$$y_2 = 33{,}6665+0{,}248744\cdot x_1–0{,}337058\cdot x_2 \quad (2)$$

$$y_3 = 75{,}7285–0{,}391062\cdot x_1 \quad (3)$$

$$y_4 = 2{,}8144–0{,}033\cdot x_1–0{,}0015\cdot x_2 \quad (4)$$

где y_1 – содержание белка, г;

y_2 – содержание магния, г;

y_3 – пористость мякиша хлеба, см^3/г;

y_4 – удельный объём хлеба, см^3/г;

x_1 – количество муки чечевичной цельносмолотой, %;

x_2 – количество муки из бурого риса цельносмолотой, %.

С учётом полученной математической модели подготовлены хлебопекарные композитные смеси с различными соотношениями рецептурных компонентов, содержание которых соответствовало оптимальному значению, определенному по результатам исследований показателей качества хлебобулочных изделий и их пищевой ценности.

С учётом полученных на предварительных этапах исследования результатов подготовлены хлебопекарные композитные смеси с различными соотношениями рецептурных компонентов [31]. В таблице 1 приведено соотношение рецептурных компонентов для 300 г смеси.

Разработанные хлебопекарные композитные смеси – композиции, состоящие из нескольких ингредиентов. Физическое состояние такой композиции определяет слеживаемость, хранимость, возможность дозирования, равномерность распределения теста при замесе. В связи с этим были изучены физико-химические свойства композитных смесей: гранулометрический состав, однородность, влажность, кислотность, массовая доля золы, цветность, белизна и желтизна.

Анализ гранулометрического состава хлебопекарных композитных смесей показал (рис. 1), что размеры частиц исследованных смесей были в пределах 5–600 мкм. Содержание частиц в интервале от 10 до 50 мкм составляло 30–35 % от их общего объёма. Не выявлено существенного отличия гранулометрического состава исследуемых образцов смесей.

Степень однородности композитных смесей является важнейшим фактором для оптимального протекания коллоидных и биохимических процессов при приготовлении хлеба. Однородность образцов составила 1,1–1,3 ед. лазерного дифракционного анализатора размеров частиц. Это позволило характеризовать смеси, как близкие к однородным. Эталон однородности составляет по анализатору размеров частиц 1. Полученные результаты позволяют предположить, что в процессе хранения смеси будут сохранять равномерное распределение рецептурных компонентов и способствовать получению качественных хлебобулочных изделий.

Физико-химические показатели качества композитных смесей представлены в таблице 2. Такие характеристики разработанных смесей позволят легко внедрять их в технологический процесс действующих предприятий, выпускающих хлебобулочные изделия. Внедрение может осуществляться

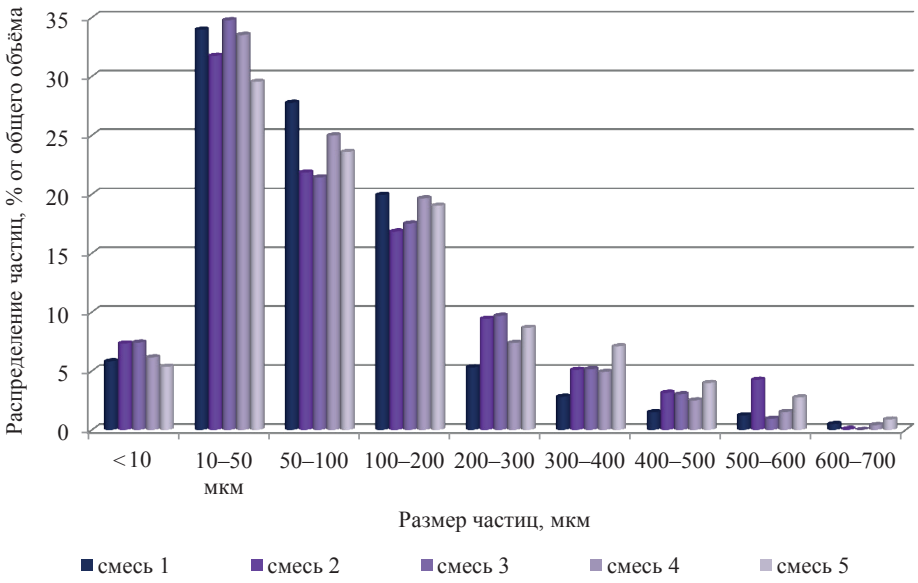

Рисунок 1. Гранулометрический состав хлебопекарных композитных смесей: смесь 1 – с ячменной мукой; смесь 2 – с гречневой мукой с внесением сыворотки молочной подсырной сухой; смесь 3 – с гречневой мукой с внесением сыворотки молочной деминерализованной сухой; смесь 4 – с цельносмолотой мукой чечевичной и из бурого риса; смесь 5 – с чечевичной текстурированной мукой и цельносмолотой из бурого риса

Figure 1. Granulometric composition of composite baking mixes: mix 1 – with barley flour; mix 2 – with buckwheat flour and dry cheese whey; mix 3 – with buckwheat flour and dry demineralized whey; mix 4 – with whole-ground lentil flour and brown rice; mix 5 – with lentil textured flour and whole-wheat brown rice

Таблица 2. Физико-химические показатели хлебопекарных композитных смесей

Table 2. Physical and chemical characteristics of the baking composite mixes

Наименование смесей	Влажность смеси, %	Кислотность смеси, град	Массовая доля золы, %	Цветность смеси	Белизна смеси	Желтизна смеси
Хлебопекарная смесь с ячменной мукой	12,2 ± 0,1	6,0 ± 0,1	1,73 ± 0,07	L – 92,08 a – 0,86 b – 10,91	27,72 ± 0,03	21,65 ± 0,02
Хлебопекарная смесь с гречневой мукой с внесением сыворотки молочной подсырной сухой	10,1 ± 0,1	6,0 ± 0,1	1,52 ± 0,05	L – 88,99 a – 1,55 b – 11,00	23,65 ± 0,07	22,97 ± 0,03
Хлебопекарная смесь с гречневой мукой с внесением сыворотки молочной деминерализованной сухой	10,0 ± 0,1	6,2 ± 0,2	1,55 ± 0,05	L – 89,05 a – 1,50 b – 10,97	23,87 ± 0,06	22,87 ± 0,05
Хлебопекарная смесь с цельносмолотой мукой чечевичной и из бурого риса	11,3 ± 0,2	6,0 ± 0,1	1,20 ± 0,03	L – 91,50 a – 0,63 b – 11,79	23,01 ± 0,04	23,15 ± 0,08
Хлебопекарная смесь с чечевичной текстурированной мукой и цельносмолотой из бурого риса	11,0 ± 0,1	6,0 ± 0,1	1,20 ± 0,01	L – 91,71 a – 0,65 b – 11,92	23,21 ± 0,04	23,32 ± 0,04

с использованием типового оборудования для дозирования и хранения.

Анализ таблица 2 показал, что хлебопекарная смесь с ячменной мукой по показателю белизны имеет высокие показатели. Цвет изделий зависит от цвета основного и дополнительного сырья и условий технологического процесса производства. Изделия, приготовленные из хлебопекарной смеси с гречневой мукой, будут иметь более темный цвет. Белый или слегка кремовый цвет характерен для изделий из хлебопекарной смеси с ячменной мукой. Показатели влажности, кислотности и зольности смесей зависят от входящих в них ингредиентов.

Проведены пробные лабораторные выпечки из разработанных композитных смесей. В таблице 3 представлены результаты этой серии экспериментов.

Анализ качества хлебобулочных изделий, приготовленных из смесей, показал, что все пробы

Таблица 3. Органолептические и физико-химические показатели хлебобулочных изделий, приготовленных из композитных смесей

Table 3. Sensory, physical, and chemical properties of bakery products made from the composite mixes

Показатели качества	Хлебобулочные изделия из композитных смесей				
	смесь 1	смесь 2	смесь 3	смесь 4	смесь 5
Внешний вид: форма	правильная, соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка				
Поверхность корки	гладкая, без пузырей, трещин и подрывов				
Цвет корки	золотистый	коричневый		светло-коричневый	
Состояние мякиша: пропеченность	пропечённый, не липкий, не влажный на ощупь, эластичный				
Промес	без комочков и следов непромеса				
Пористость	средняя, развитая, без пустот и уплотнений, достаточно равномерная				
Цвет мякиша	белый	темный		серый	
Вкус	свойственный хлебу	свойственный хлебу с наличием гречневого привкуса		свойственный хлебу	
Запах	свойственный хлебу	свойственный хлебу с наличием гречневого привкуса		свойственный хлебу	
Удельный объем, $см^3/г$	2,9 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,5 ± 0,1	2,6 ± 0,1
Пористость мякиша, %	78 ± 2	60 ± 1	62 ± 1	72 ± 1	73 ± 1
Кислотность мякиша, град	3,0 ± 0,1	2,8 ± 0,1	2,8 ± 0,1	2,8 ± 0,1	3,4 ± 0,2
Влажность мякиша, %	43,7 ± 0,1	50,9 ± 0,1	51,1 ± 0,1	42,9 ± 0,1	43,7 ± 0,1

Таблица 4. Степень удовлетворения суточной потребности взрослого человека в некоторых пищевых веществах при употреблении 100 г хлебобулочных изделий, приготовленных из композитных смесей

Table 4. Percentage from of the daily requirements of an adult diet in certain food substances when consuming 100 g of bakery products made from the composite mixes

Наименование пищевых веществ	Степень удовлетворения суточной потребности, %				
	смесь 1	смесь 2	смесь 3	смесь 4	смесь 5
Белки	11,0	10,0	10,0	11,5	13,0
Жиры	6,0	1,5	1,5	1,5	1,5
Углеводы	12,5	11,5	11,5	13,5	12,5
Пищевые волокна	13,0	20,0	20,0	20,0	18,5
Калий	5,0	8,5	8,5	6,0	6,5
Кальций	2,5	3,0	3,0	2,0	2,5
Магний	8,0	14,5	14,5	9,5	9,0
Фосфор	12,5	23,0	23,5	13,5	13,5
Железо	13,0/7,0	23,0/13,0	23/13,0	19,0/10,5	23,0/13,0
B_1	13,5	20,0	20,0	13,5	13,5
B_2	4,0	5,5	5,5	4,0	4,0
PP	9,0	4,0	4,0	7,5	7,0
Энергетическая ценность	11,5	9,0	9,0	10,5	10,0

изделий характеризовались удовлетворительными органолептическими и физико-химическими показателями качества.

Произведен расчет содержания основных пищевых веществ в 100 г хлебобулочных изделий, приготовленных из композитных смесей. Степень удовлетворения суточной потребности определяли в соответствии с методическими рекомендациями МР 2.3.1.2432-08. Расчетная степень удовлетворения суточной потребности взрослого человека приведена в таблице 4. При употреблении хлебобулочных изделий, приготовленных из хлебопекарных смесей, степень удовлетворения суточной потребности в пищевых веществах покрывается по белку на 10–13 %, пищевым волокнам – на 13–20 %, магнию – на 8–14,5 %, фосфору – на 12,5–23,5 %, витамину B_1 – на 13,5–20,0 % в зависимости от вида изделий.

Результаты определения пищевой ценности и степени удовлетворения суточной потребности взрослого человека при употреблении хлебобулочных изделий, приготовленных из разработанных композитных смесей, подтвердили эффективность использования пищевых компонентов в их рецептурах, способствующих увеличению содержания белков, пищевых волокон, минеральных веществ.

Выводы

По результатам комплексных исследований разработано 5 композитных хлебопекарных смесей для здорового питания: смесь 1 диабетического назначения с внесением ячменной цельносмолотой муки; смесь 2 диабетического назначения с гречневой мукой и сухой молочной подсырной сывороткой; смесь 3 диабетического назначения с внесением гречневой муки и сухой молочной деминерализованной сывороткой; смесь 4 с внесением цельносмолотой муки из чечевицы и цельносмолотой муки из бурого риса; смесь 5 с внесением муки чечевичной текстурированной, цельносмолотой муки из бурого риса. Все хлебобулочные изделия, приготовленные из смесей, характеризовались удовлетворительными органолептическими и физико-химическими показателями качества. Результаты определения пищевой ценности хлебобулочных изделий, приготовленных из разработанных композитных хлебопекарных смесей, подтвердили эффективность использования пищевых компонентов в их рецептурах, способствующих увеличению содержания белков, пищевых волокон, минеральных веществ.

Анализ гранулометрического состава разработанных композитных хлебопекарных смесей показал, что размеры частиц исследованных смесей были в пределах 5–600 мкм. При этом содержание частиц в интервале от 10 до 50 мкм составляло 30–35 % от их общего объёма. Не выявлено существенного отличия гранулометрического состава исследуемых образцов смесей. Однородность образцов составила 1,1–1,3 ед. лазерного дифракционного анализатора размеров частиц, т. е. смеси близки к однородным, что позволяет прогнозировать равномерное распределение рецептурных компонентов в процессе хранения и получение качественных хлебобулочных изделий. Такие характеристики разработанных смесей позволят легко внедрять их в технологический процесс действующих предприятий, выпускающих хлебобулочные изделия. Внедрение может осуществляться с использованием типового оборудования для дозирования и хранения.

Критерии авторства

Е. В. Невская руководила проектом, разрабатывала концепцию и дизайн исследования. Е. В. Невская, И. А. Тюрина, О. Е. Тюрина, М. Т. Шулбаева, М. Н. Потапова, Я. С. Головачева принимали непосредственное участие в написании статьи, в равных долях занимались получением данных, анализом информации и ее интерпретацией.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

E.V. Nevskaya supervised the project and developed the concept and design of the study. E.V. Nevskaya, I.A. Tyurina, O.E. Tyurina, M.T. Shulbaeva, M.N. Potapova, and Ya.S. Golovacheva wrote the manuscript and were equally involved in obtaining the data, analysis, and interpretation.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Пономарёва, О. И. Решение проблемы здорового питания населения Ленинградской области / О. И. Пономарёва // Хлебопечение России. – 2006. – № 1. – С. 12–14.

2. Кудряшева, А. А. Влияние питания на здоровье человека / А. А. Кудряшева // Пищевая промышленность. – 2004. – № 12. – С. 88–96.

3. Development of integrated technology and assortment of long-life rye-wheat bakery products / E. V. Nevskaya, D. M. Borodulin, V. L. Potekha [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 99–109. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-99-109.

4. Пащенко, Л. П. Рациональное использование растительного белоксодержащего сырья в технологии хлеба / Л. П. Пащенко, И. М. Жаркова. – Воронеж : Воронеж, 2003. – 239 с.

5. Воропаева, О. Н. Разработка технологии хлебобулочных изделий с мучными композитными смесями: дис. … канд. техн. наук: 05.18.01 / Воропаева Ольга Николаевна. – Воронеж, 2008. – 234 с.

6. Письменный, В. Хлебобулочные изделия повышенной пищевой ценности на основе пектиновых смесей / В. Письменный, А. Черкашин, Л. Скибина // Хлебопродукты. – 2006. – № 10. – С. 42–43.

7. Санина, Т. В. Научные основы технологий хлебобулочных и мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности: дис. … канд. техн. наук: 05.18.01 / Санина Татьяна Викторовна. – Воронеж, 2001. – 587 с.

8. Чурилина, Н. С. Нетрадиционное сырьё в хлебопекарном производстве / Н. С. Чурилина, И. М. Матвеева, З. Л. Попова // Хлебопродукты. – 2004. – № 9. – С. 26.

9. Bread quality substituted by potato starch instead of wheat flour / F. Nemar, A. D. Bouras, M. Koiche [et al.] // Italian Journal of Food Science. – 2015. – Vol. 27, № 3. – P. 345–350. DOI: https://doi.org/10.14674/1120-1770/ijfs.v277.

10. О перспективах использования муки из пшена при производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / И. М. Русина, А. Ф. Макарчиков, К. Ю. Чекан [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2014. – Т. 24, № 2. – С. 39–45.

11. О возможности применения муки из фасоли и гороха в хлебопечении / И. М. Русина, А. Ф. Макарчиков, Т. П. Троцкая [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2012. – Т. 18, № 4. – С. 22–27.

12. Ferrero, C. Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review / C. Ferrero // Food Hydrocolloids. – 2017. – Vol. 68. – P. 15–22. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.11.044.

13. Bigne, F. Fibre enrichment of wheat flour with mesquite (*Prosopis* spp.): Effect on breadmaking performance and staling / F. Bigne, M. C. Puppo, C. Ferrero // LWT – Food Science and Technology. – 2016. – Vol. 65. – P. 1008–1016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.028.

14. Awolu, O. O. Optimization of the functional characteristics, pasting and rheological properties of pearl millet-based composite flour / O. O. Awolu // Heliyon. – 2017. – Vol. 3, № 2. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00240.

15. Collar, C. Impact of visco-metric profile of composite dough matrices on starch digestibility and firming and retrogradation kinetics of breads thereof: Additive and interactive effects of non-wheat flours / C. Collar // Journal of Cereal Science. – 2016. – Vol. 69. – P. 32–39. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.006.

16. Microbiological and technological characterization of sourdoughs destined for bread-making with barley flour / E. Zannini, C. Garofalo, L. Aquilanti [et al.] // Food Microbiology. – 2009. – Vol. 26, № 7. – P. 744–753. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.014.

17. Марков, А. С. Разработка комплексных хлебопекарных смесей на основе продукции фирмы «Ирекс» / А. С. Марков, А. С. Романов, А. О. Павлова // Хлебопродукты. – 2013. – № 12. – С. 46–47.

18. Сокол, Н. В. Влияние на хлебопекарные свойства смесей пшеничной муки с продуктами переработки овса / Н. В. Сокол, А. Т. Казарцева, Н. С. Санжаровская // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 49. – С. 162–168.

19. Стабровская, О. И. Комплексный подход к разработке хлебопекарных смесей / О. И. Стабровская, О. А. Гарифуллина // Хлебопечение России. – 2008. – № 2. – С. 17–18.

20. Использование ячменной муки в производстве хлебобулочных изделий / Т. Г. Богатырёва, И. Г. Белявская, И. П. Толмачёва [и др.] // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2015. – Т. 161, № 10. – С. 16–18.

21. Саитова, М. Э. Гречневая мука в диетическом питании / М. Э. Саитова, Г. Г. Дубцов // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2014. – Т. 148, № 3–4. – С. 14–15.

22. Саитова, М. Э. Гречневая мука при производстве мучных и кулинарных изделий / М. Э. Саитова, Г. Г. Дубцов // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2018. – Т. 175, № 3–4. – С. 36–39.

23. Темникова, О. Е. Влияние различных концентраций гречневой муки и способов тестоведения на качество хлеба / О. Е. Темникова, Н. А. Егорцев, А. В. Зимичев // Хлебопечение России. – 2012. – № 1. – С. 14–15.

24. Шмалько, Н. А. Реологические характеристики углеводно-амилазного комплекса хлебопекарных смесей с амарантовой мукой / Н. А. Шмалько, И. А. Чалова, Н. Л. Ромашко // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – Т. 22, № 3. – С. 82–86.

25. Лихачева, Е. И. О повышении качества и пищевой ценности хлеба из пшеничной муки / Е. И. Лихачева, Ю. С. Рыбаков, О. С. Кудрина // Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века : Материалы международной научно-практической конференции / Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2009. – С. 145–147.

26. Мусина, О. Н. Системное моделирование многокомпонентных продуктов питания / О. Н. Мусина, П. А. Лисин // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – Т. 27, № 4. – С. 32–37.

27. Application of modern computer algebra systems in food formulations and development: a case study / O. Musina, P. Putnik, M. Koubaa [et al.] // Trends in Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 64. – P. 48–59. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.011.

28. Стабровская, О. И. Гликемический индекс как критерий оптимизации состава многокомпонентных смесей / О. И. Стабровская, О. Г. Короткова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 1. – С. 34–36.

29. Кузнецова, Л. И. Повышение качества и пищевой ценности безглютенового хлеба / И. Л. Кузнецова, Н. О. Дубровская, О. И. Парахина // Хлебопечение России. – 2015. – № 3. – С. 19–22.

30. Научные основы разработки безглютеновых смесей / Л. И. Кузнецова, Г. В. Мельников, Н. Д. Мельников [и др.] // Хлебопечение России. – 2001. – № 3. – С. 30–31.

31. Разработка рецептур и технологий хлебобулочных изделий специализированного и функционального назначения на основе продуктов переработки крупяных культур / Е. В. Невская, Л. А. Шлеленко, О. Е. Тюрина [и др.] // Хранение и переработка зерна. – 2014. – Т. 180, № 3. – С. 36–38.

References

1. Ponomaryova OI. Reshenie problemy zdorovogo pitaniya naseleniya Leningradskoy oblasti [Solution to the problem of healthy nutrition for the population of Leningrad Region]. Baking in Russia. 2006;(1):12–14. (In Russ.).

2. Kudryasheva AA. Vliyanie pitaniya na zdorov′e cheloveka [Effect of nutrition on human health]. Food Industry. 2004;(12):88–96. (In Russ.).

3. Nevskaya EV, Borodulin DM, Potekha VL, Nevskiy AA, Lobasenko BA, Shulbaeva MT. Development of integrated technology and assortment of long-life rye-wheat bakery products. Foods and Raw Materials. 2018;6(1):99–109. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-99-109.

4. Pashchenko LP, Zharkova IM. Ratsional′noe ispol′zovanie rastitel′nogo beloksoderzhashchego syr′ya v tekhnologii khleba [Rational use of vegetable protein-containing raw materials in bread technology]. Voronezh: Voronezh; 2003. 239 p. (In Russ.).

5. Voropaeva ON. Razrabotka tekhnologii khlebobulochnykh izdeliy s muchnymi kompozitnymi smesyami [New technology for bakery products from composite baking mixes]. Cand. eng. sci. diss. Voronezh: Voronezh State Technological Academy; 2008. 234 p.

6. Pis'menny V, Cherkashin A, Skibina L. Bakery goods with the raised food value on the basis of pectin blends. Bread products. 2006;(10):42–43. (In Russ.).

7. Sanina TV. Nauchnye osnovy tekhnologiy khlebobulochnykh i muchnykh konditerskikh izdeliy povyshennoy pishchevoy tsennosti [Scientific principles of technology of bakery and flour confectionery products of high nutritional value]. Voronezh: Voronezh State Technological Academy; 2001. 587 p.

8. Churilina NS, Matveeva IM, Popova ZL. Netraditsionnoe syr′yo v khlebopekarnom proizvodstve [Unconventional raw materials in baking industry]. Bread products. 2004;(9):26. (In Russ.).

9. Nemar F, Bouras AD, Koiche M, Assal N-E, Mezaini A, Prodhomme J. Bread quality substituted by potato starch instead of wheat flour. Italian Journal of Food Science. 2015;27(3):345–350. DOI: https://doi.org/10.14674/1120-1770/ijfs.v277.

10. Rusina IM, Makarchikov AF, Trotskaya TP, Chekan KYu. Prospects of millet flour use for bread and flour confectionery production. Food Industry: Science and Technology. 2014;24(2):39–45. (In Russ.).

11. Rusina IM, Makarchikov AF, Trotskaya TP, Mistsiuk YV, Kavaleuskaja SS. Possibilities of kidney beans flour and pea flour using for bread production. Food Industry: Science and Technology. 2012;18(4):22–27. (In Russ.).

12. Ferrero C. Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review. Food Hydrocolloids. 2017;68:15–22. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.11.044.

13. Bigne F, Puppo MC, Ferrero C. Fibre enrichment of wheat flour with mesquite (Prosopis spp.): Effect on breadmaking performance and staling. LWT – Food Science and Technology. 2016;65:1008–1016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.028.

14. Awolu OO. Optimization of the functional characteristics, pasting and rheological properties of pearl millet-based composite flour. Heliyon. 2017;3(2). DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00240.

15. Collar C. Impact of visco-metric profile of composite dough matrices on starch digestibility and firming and retrogradation kinetics of breads thereof: Additive and interactive effects of non-wheat flours. Journal of Cereal Science. 2016;69:32–39. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.006.

16. Zannini E, Garofalo C, Aquilanti L, Santarelli S, Silvestri G, Clementi F. Microbiological and technological characterization of sourdoughs destined for bread-making with barley flour. Food Microbiology. 2009;26(7):744–753. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.014.

17. Markov AS, Romanov AS, Pavlova AO. Development of complete baking on the basis of production by firm Ireks. Bread products. 2013;(12):46–47. (In Russ.).

18. Sokol NV, Kazartseva AT, Sanzharovsky NS. Impact on baking properties wheat flour mixes with the products of oat. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2014;(49):162–168. (In Russ.).

19. Stabrovskaya OI, Garifullina OA. Complex approach to development of bakery mixes. Baking in Russia. 2008;(2):17–18. (In Russ.).

20. Bogatyryova TG, Belyavskaya IG, Tolmachyova IP, Berdyshnikova ON, Bykovchenko TV. Ispol′zovanie yachmennoy muki v proizvodstve khlebobulochnykh izdeliy [Barley flour in bakery production]. Confectionery and Baking Industry. 2015;161(10):16–18. (In Russ.).

21. Saitova MEh, Dubtsov GG. Grechnevaya muka v dieticheskom pitanii [Buckwheat flour in dietic nutrition]. Confectionery and Baking Industry. 2014;148(3–4):14–15. (In Russ.).

22. Saitova MEh, Dubtsov GG. Grechnevaya muka pri proizvodstve muchnykh i kulinarnykh izdeliy [Buckwheat flour in the production of flour and culinary products]. Confectionery and Baking Industry. 2018;175(3–4):36–39. (In Russ.).

23. Temnikova OE, Egorcev NA, Zimichev AV. The effect of different concentrations of buckwheat flour and dough process methods on bread qulity. Baking in Russia. 2012;(1):14–15. (In Russ.).

24. Shmalko NA, Chalova IA, Romashko NL. Rheological characteristics of carbohydrate-amylase complex of baking mixes with amaranth flour. Food Processing: Techniques and Technology. 2011;22(3):82–86. (In Russ.).

25. Likhacheva EI, Rybakov YuS, Kudrina OS. O povyshenii kachestva i pishchevoy tsennosti khleba iz pshenichnoy muki [On improving the quality and nutritional value of wheat flour bread]. Khlebobulochnye, konditerskie i makaronnye izdeliya XXI veka: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Bakery, Confectionery, and Pasta of the XXI century: Materials of the international scientific and practical conference]; 2009. Krasnodar. Krasnodar: Kuban State Technological University; 2009. p. 145–147. (In Russ.).

26. Musina ON, Lisin PA. System modeling of multicomponent foods. Food Processing: Techniques and Technology. 2012;27(4):32–37. (In Russ.).

27. Musina O, Putnik P, Koubaa M, Barba FJ, Greiner R, Granato D, et al. Application of modern computer algebra systems in food formulations and development: a case study. Trends in Food Science and Technology. 2017;64:48–59. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.011.

28. Stabrovskaya OI, Korotkov OG. Glychemic index as criterion of optimisation of structure of multicomponent mixes. Storage and Processing of Farm Products. 2010;(1):34–36. (In Russ.).

29. Kuznetsova LI, Dubrovskaya NO, Parakhina OI. Improving the quality and nutritional value of gluten-free bread. Baking in Russia. 2015;(3):19–22. (In Russ.).

30. Kuznetsova LI, Mel′nikov GV, Mel′nikov ND, Sinyakovskaya ND. Nauchnye osnovy razrabotki bezglyutenovykh smesey [Scientific foundations for the development of gluten-free mixes]. Baking in Russia. 2001;(3):30–31. (In Russ.).

31. Nevskaya EV, Shlelenko LA, Tyurina OE, Smirnov SO, Urubkov SA. Razrabotka retseptur i tekhnologiy khlebobulochnykh izdeliy spetsializirovannogo i funktsional′nogo naznacheniya na osnove produktov pererabotki krupyanykh kul′tur [New formulations and technologies for specialized and functional bakery foods based on products of grain processing]. Khranenie i pererabotka zerna [Storage and Processing of Grain]. 2014;180(3):36–38. (In Russ.).

Сведения об авторах

Невская Екатерина Владимировна
канд. техн. наук, руководитель центра технологий, биохимических и микробиологических исследований, ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Большая Черкизовская, 26А, тел.: +7 (495) 025-41-44, e-mail: katerinarose@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-5310-3412

Тюрина Ирина Анатольевна
канд. техн. наук, старший научный сотрудник центра технологий, биохимических и микробиологических исследований, ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Большая Черкизовская, 26А, тел.: +7 (495) 025-41-44, e-mail: minyyc@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4061-8396

Тюрина Ольга Евгеньевна
канд. техн. наук, ученый секретарь, ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Большая Черкизовская, 26А, тел.: +7 (495) 025-41-44, e-mail: minyyc@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-7863-0772

Шулбаева Маргарита Терентьевна
канд. техн. наук, доцент кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: sh-m-t@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0003-4571-5571

Information about the authors

Ekaterina V. Nevskaya
Cand.Sci.(Eng.), Head of the Center for Technology, Biochemical and Microbiological Research, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, Bol′shaya Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia, phone: +7 (495) 025-41-44, e-mail: katerinarose@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-5310-3412

Irina A. Tyurina
Cand.Sci.(Eng.), Senior Researcher of the Center for Technology, Biochemical and Microbiological Research, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, Bol′shaya Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia, phone: +7 (495) 025-41-44, e-mail: minyyc@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4061-8396

Olga E. Tyurina
Cand.Sci.(Eng.), Scientific Secretary, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, Bol′shaya Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia, phone: +7 (495) 025-41-44, e-mail: minyyc@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-7863-0772

Margarita T. Shulbaeva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technological Design of Food Productions, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: sh-m-t@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0003-4571-5571

Потапова Марина Николаевна
канд. техн. наук, доцент кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: potap-1962@list.ru
https://orcid.org/0000-0001-6664-5547

Головачева Яна Сергеевна
магистрант кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: golovacheva-96@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-6521-9308

Marina N. Potapova
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technological Design of Food Productions, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: potap-1962@list.ru
https://orcid.org/0000-0001-6664-5547

Yana S. Golovacheva
Undergraduate of the Department of Technological Design of Food Productions, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: golovacheva-96@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-6521-9308