

Разработка компонентного состава сухих композитных смесей для заварных сортов хлеба улучшенной пищевой ценности

Акулич Александр Васильевич

*Белорусский государственный университет
пищевых и химических технологий*

*Адрес: 212027, Беларусь, город Могилев, пр-т Шмидта, 3
E-mail: akulichav57@mail.ru*

Самуйленко Татьяна Дмитриевна

*Белорусский государственный университет
пищевых и химических технологий*

*Адрес: 212027, Беларусь, город Могилев, пр-т Шмидта, 3
E-mail: tatasam@tut.by*

Тимакова Роза Темерьяновна

*Уральский государственный экономический университет
Адрес: 620144, Свердловская обл., Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62/45
E-mail: trt64@mail.ru*

Для улучшения пищевой ценности заварных сортов хлеба предлагается использовать в составе сухих композитных смесей нетрадиционные сырьевые компоненты растительного происхождения, что является актуальным направлением для производства хлеба улучшенной пищевой ценности и имеет научно-практическое значение в существующих условиях импортозамещения в Республике Беларусь и Российской Федерации. Цель исследования заключается в обоснованном выборе сырьевых компонентов для сухих композитных смесей, используемых в качестве единственной основы для производства заварных сортов хлеба ускоренным одностадийным способом, и последующей разработке рецептур с рациональным соотношением ингредиентов по показателям качества готового хлеба. Выбор сырьевых компонентов основывался на особенностях их химического состава по содержанию протеина, клетчатки, минеральных веществ, редуцирующих сахаров и ряде технологических свойств в зависимости от вида сырьевых компонентов (автолитическая активность, экстрактивность, кислотность, подъемная сила). Состав сухих композитных смесей разрабатывали с использованием симплекс оптимизации. Показатели качества заварных сортов хлеба на основе сухих композитных смесей исследовали по органолептической 100-балльной оценке, пористости, формоустойчивости. Установлено, что в составе сухих композитных смесей для производства заварных сортов хлеба целесообразно использовать следующие сырьевые компоненты: муку ржаную сеяную и обдирную; муку пшеничную первого сорта; дрожжи хлебопекарные сухие инстантные; соль пищевую йодированную высшего и первого сорта; муку ржаную экструдированную; солод ржаной ферментированный сухой после 2–3 суток проращивания; сыворотку молочную сухую кислую; плодоовощные порошки из свеклы, моркови, топинамбура и яблок. В соответствии с запросами производства и потребностей рынка разработаны сухие композитные смеси для заварных сортов хлеба улучшенной пищевой ценности с добавлением плодоовощных порошков с наилучшими критериями оценки качества готовых изделий. Использование таких сухих композитных смесей позволяет улучшить пищевую ценность заварных сортов хлеба по содержанию пищевых волокон, минеральных веществ, мобилизовать технологический процесс, стабилизировать потребительские свойства и показатели качества заварных сортов хлеба, производимых по ускоренной технологии, снизить энергетические затраты и затраты, связанные с хранением дополнительных сырьевых компонентов и их подготовкой.

Ключевые слова: сухие композитные смеси; заварные сорта хлеба; плодоовощные порошки; компонентный состав; пищевая ценность

Введение

Трансформация мировой экономики способствует формированию прорывных технологий в от-

раслях пищевой промышленности и усилению продовольственной безопасности на национальном уровне разных стран. Производство пищевой продукции функционального назначения с за-

данными характеристиками качества в результате применения инновационных технологических приемов обогащения ценными нетрадиционными сырьевыми компонентами отвечает принципам здорового питания согласно Стратегии повышения качества и безопасности пищевой продукции в Республике Беларусь до 2030 года и Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года.

На современном этапе развития пищевой промышленности перспективным направлением является разработка пищевых продуктов, которые удовлетворяют индивидуальные потребности организма человека на основе его генетического профиля и с учетом так называемых «генов предрасположенности», связанных с усвоением определенных пищевых нутриентов. Постоянное потребление таких пищевых продуктов способствует формированию полезных пищевых привычек. Пищевые продукты могут разрабатываться как для больших групп населения, так и индивидуально в зависимости от возраста, пола, рода деятельности, состояния здоровья и других факторов (Сарычева и др., 2019).

Производство продуктов мукомольной и хлебопекарной отраслей пищевой промышленности относятся к продуктам повседневного спроса и отличаются высокой устойчивостью экономического роста ($K \geq 0,6$).

При этом состав хлебобулочных изделий является результатом нескольких факторов, включая генотипы разных зерновых культур, агрономические обработки, условия окружающей среды, состав муки и используемую технологию производства и хранение готового продукта (Parentiet et al., 2020).

В последние годы наиболее востребованными среди хлебобулочных изделий являются заварные сорта хлеба из ржаной муки и смеси ржаной и пшеничной муки. Они отличаются высокими потребительскими свойствами, высокой степенью усвоения макро- и микронутриентов, вносимых биологически активных веществ и предназначены для категорий населения с нормальной и пониженной кислотностью желудка, что характерно для генотипа людей, проживающих на территории современной Республики Беларусь, Российской Федерации, Северных регионов Украины и стран Прибалтики. Кроме того, можно отметить более низкий гликемический индекс в хлебе с использованием ржаной

муки (65) в отличие от хлебобулочных изделий с использованием пшеничной муки (до 100), что рационально при формировании пищевого рациона для лиц, страдающих избыточной массой тела или диабетом второго типа. Стоит отметить, что производство заварных сортов хлеба, преимущественно, осуществляется с использованием многостадийных технологий, включающих подготовку сырьевых компонентов, получение непрерывно приготавливаемых полуфабрикатов. Такой технологический процесс является весьма продолжительным и может занимать до 24 ч. При этом использование сухих композитных смесей в качестве единственной основы для производства заварных сортов хлеба является весьма перспективным направлением, особенно для предприятий малой мощности, производственных цехов торговых объектов, объектов общественного питания и в условиях домохозяйств. Дополнительное применение местного нетрадиционного растительного сырья в рецептурном составе заварных сортов хлеба позволяет улучшить его состав по отдельным пищевым веществам (Kiharason et al., 2017; Timakova et al., 2021; Березина и др., 2020; Мустафаева & Загиров, 2021; Прокопец и др., 2014; Хмелева, 2017).

Применение сухих композитных смесей имеет большое количество преимуществ, к которым можно отнести (Диваков, Назаренко, & Кондратенко, 2007; Стабровская и др., 2009; Танирхан и др., 2020; Березина и др., 2020):

- возможность проектирования рецептурного состава по отдельным пищевым веществам в зависимости от направления разрабатываемых сухих композитных смесей;
- длительные сроки их хранения (до 6 месяцев и более);
- расширение ассортимента производимой пищевой продукции на основе сухих композитных смесей;
- уменьшение продолжительности технологического процесса приготовления заварных сортов хлеба на основе сухих композитных смесей;
- снижение себестоимости производимой пищевой продукции на основе сухих композитных смесей за счет исключения затрат, связанных с особенностями хранения, подготовки, транспортирования отдельных видов сырьевых компонентов.

Разработанные на сегодняшний день рецептуры сухих композитных смесей предназначены преимущественно для производства хлебобулочных

изделий из пшеничной муки. В то же время, использование сухих композитных смесей для производства хлебобулочных изделий из ржаной муки весьма ограничено и имеет ряд особенностей. Во-первых, такие смеси не являются единственной основой в технологическом процессе. Во-вторых, при применении некоторым сухих композитных смесей требуется дополнительная корректировка отдельных технологических параметров или технологических стадий, что препятствует интенсификации процесса в целом. Например, в качестве альтернативного решения в этом направлении предлагается моделирование процесса выпечки хлебобулочных изделий (Герасимова и др., 2020).

Не на последнем месте стоит и вопрос о разработке сухих композитных смесей для заварных сортов хлеба улучшенной пищевой ценности. При этом следует учитывать воздействие дополнительных и/или нетрадиционных сырьевых компонентов как на протекание технологического процесса (Кузнецова и др., 2020), так и на безопасность получаемого пищевого продукта для конечного потребителя (Танирхан и др., 2020). Это требует, как правило, осуществление различных видов контроля (Беркетова & Перов, 2018).

В то же время следует отметить, что на современном этапе развития хлебопекарной отрасли отсутствуют сухие композитные смеси для заварных сортов улучшенной пищевой ценности, которые бы использовались в качестве единственной основы в процессе тестоприготовления (Диваков и др., 2007).

Применение отдельных видов сырьевых компонентов в составе сухих композитных смесей и достигаемый технологический эффект в готовом продукте базируется на соотношении этих компонентов, их химическом составе, органолептических показателях, физико-химических, технологических и функциональных свойствах (Стабровская и др., 2009; Токтарканова & Мусатова, 2020).

Использование тех или иных сырьевых компонентов обусловлено назначением разрабатываемого ассортимента. Так, для регулирования гликемического воздействия при употреблении хлебобулочных изделий предлагается внесение в рецептурный состав муки бобовых культур, в частности нута (Bajka et al., 2021), муки топинамбура, амаранта, конопляной муки и шелухи, порошков из яблок с овсяными отрубями (Burnete et al., 2020; Алехина и др., 2021; Шмалько, 2021). Кроме

того, применение некоторых сырьевых компонентов, например, амарантовой муки может дополнительно способствовать улучшению хлебопекарных свойств ржаной муки.

Для повышения содержания в хлебобулочных изделиях пектиновых веществ, отдельных витаминов, минеральных веществ, биофлавоноидов в рецептурный состав вносят продукты переработки плодов и овощей, например, яблочные выжимки (Sardarodiyani & Sani, 2016; Заикина и др., 2021; Ковалева и др., 2020; Тимакова, 2020), пюре свеклы и шпината (Грязина, 2020), морковный, свеколовичный жом и жом из топинамбура (Melini et al., 2020; Shevtsov et al., 2017). С этой же целью используют фитосырье, например, морошку (Нилова и др., 2018).

Исходя из вышесказанного, и в соответствии с запросами производства и потребительского рынка, разработка сухих композитных смесей для заварных сортов хлеба улучшенной пищевой ценности является актуальным направлением в хлебопечении и представляет научный и практический интерес. Разработка инновационного пищевого продукта позволит улучшить его пищевую ценность, мобилизовать технологический процесс, стабилизировать потребительские свойства и показатели качества заварных сортов хлеба, производимых по ускоренной технологии, снизить энергетические затраты и затраты, связанные с хранением дополнительных сырьевых компонентов и их подготовкой.

Целью исследования является обоснование подбора местных нетрадиционных сырьевых компонентов растительного происхождения для сухих композитных смесей, используемых в качестве единственной основы для одностадийной технологии производства заварных сортов хлеба улучшенной пищевой ценности и разработка их рецептурного состава

Материалы и методы исследования

Объекты исследования

В качестве объектов исследования выступили компоненты рецептурного состава сухих композитных смесей для заварных сортов хлеба улучшенной пищевой ценности. Использована мука ржаная (сеяная, обдирная, обойная), мука пшеничная хлебопекарная первого и второго сортов производства ОАО «Минский комбинат хлебопродуктов» (Республика Беларусь), ОАО «Лидяхлебо-

продукт» (Республика Беларусь), группы компаний «Алтайские мельницы» (Российская Федерация), АО «МАКФА» (Российская Федерация). Используются дрожжи хлебопекарные инстантные ОАО «Дрожжевой комбинат» (Республика Беларусь), «Каждый день» ООО «Распак» (Российская Федерация), дрожжи сушеные «Домашняя кухня» ООО «Топпродукт» (Российская Федерация), дрожжи сушеные инстантные «Ракмауа» (Турция), «Невада» Lesaffre (Франция) и «Нефе» (Германия). Используются солод ржаной производства ОАО «Белсолод», соль поваренная пищевая ОАО «Мозырьсоль», сыворожка молочная сухая подсырная, творожная и казеиновая молочнокислотная (молочная кислая) производства ОАО «Бабушкина крынка» и ОАО «Молочные горки» (Республика Беларусь), сухие плодоовощные порошки моркови, топинамбура, свеклы, яблок.

Методы и инструменты

Для оценки особенностей химического состава, показателей качества и свойств сырьевых компонентов использовали следующие методы.

Запах и вкус в муке оценен органолептически, ее массовая доля влаги определена ускоренным методом высушивания с использованием сушильного электрошкафа. Кислотность муки определена методом титрования по болтушке. Автолитическая активность муки установлена стандартным методом путем постепенного прогрева водно-мучной суспензии с последующим измерением количества образовавшихся водорастворимых веществ на рефрактометре. Подъемная сила дрожжей определена ускоренным методом. Экстрактивность солода ржаного ферментированного установлена пикнометрическим определением плотности вытяжки, полученной методом холодного экстрагирования. Кислотность сыворожки сухой определена методом титрования.

Массовая доля протеина в плодоовощных порошках определена по методу Кьельдаля на приборе Kjeltex® 2200, массовая доля клетчатки – по методу Кюшнера и Ганека, массовая доля минеральных веществ – методом озоления, активная кислотность – потенциометрическим методом, массовая доля редуцирующих сахаров – перманганатным методом.

Органолептические показатели заварных сортов хлеба на основе сухих композитных сме-

сей оценены по методике 100-балльной оценки качества хлебобулочных изделий, которая комплексно отражает наиболее важные показатели качества хлебобулочных изделий, определяемые органолептическими методами с учетом значимости каждого показателя. Пористость заварных сортов хлеба установлена методом, заключающимся в определении массы выемок с использованием пробника Журавлева. Формоустойчивость заварных сортов хлеба на основе сухих композитных смесей определена, как соотношение высоты к диаметру подового образца, полученного при пробной лабораторной выпечки.

Процедура исследований

На первом этапе исследования была проведена комплексная оценка рецептурных компонентов для последующего обоснованного выбора по каждому из них. На втором этапе исследования было рассчитано оптимальное соотношение рецептурных компонентов в составе сухих композитных смесей для заварных сортов хлеба методом планирования эксперимента. При этом применили двухфакторный центральный рототабельный композиционный план, на основании которого было выявлено взаимное влияние используемых рецептурных компонентов. На третьем этапе были разработаны рациональные рецептуры сухих композитных смесей для заварных сортов хлеба улучшенной пищевой ценности, получены образцы готовой продукции и оценены ее показатели качества.

Анализ данных

Результаты обработаны методом вариационной статистики. Разработка рецептурного состава сухих композитных смесей осуществлялась с помощью программы Som – Simplex Optimization of Mixtures.

Результаты

Исследованы органолептические, физико-химические и хлебопекарные показатели качества муки ржаной и пшеничной. Мука ржаная (сеяная, обдирная и обойная), вырабатываемая мукомольными предприятиями Республики Беларусь и Российской Федерации, соответствовала требованиям ГОСТ 7045–2017 «Мука ржаная хлебопекарная. Технические условия»¹,

¹ ГОСТ 7045–2017. (2019). *Мука ржаная хлебопекарная. Технические условия*. М.: Стандартинформ.

мука пшеничная – соответственно требованиям ГОСТ 26574–2017 «Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия»². Запах и вкус образцов муки – свойственные ржаной и пшеничной муке соответственно, без посторонних запахов и вкуса.

Существенную роль при оценке качества муки ржаной играет показатель «автолитическая активность», который позволяет прогнозировать возможность ее использования в качестве сырьевого компонента сухих композитных смесей и получения на их основе заварных сортов хлеба со стабильно высокими потребительскими свойствами без дополнительного изменения технологических параметров. Оптимальным значением является величина показателя в диапазоне 41,0 % – 55,0 %. Соответственно наиболее целесообразно использовать муку ржаную сеяную и муку ржаную обдирную.

Пшеничная мука, подвергавшаяся оценке, содержала в своем составе клейковину не ниже II группы качества. Кислотность муки пшеничной первого и второго сорта должна составлять не более 3,5 град. и 4,5 град. соответственно. Для образцов муки второго сорта марок М12–25 и М12–22 показатель кислотности изменялся в пределах от 4,2 до 4,6 град. Для муки пшеничной второго сорта всех исследуемых марок показатель «автолитическая активность» выше рекомендуемых значений (то есть более 30 %). Отклонение этого показателя влияет на технологический процесс производства заварных сортов хлеба. На основании представленных результатов в качестве сырьевых компонентов в составе сухих композитных смесей целесообразно использовать муку пшеничную первого сорта марок М36–30, М36–27 и М36–23.

В качестве разрыхлителей, которые предлагается использовать в составе сухих композитных смесей, были выбраны дрожжи хлебопекарные сушеные, отличающиеся своей способностью равномерного распределения в сухих смесях и длительного сохранения своей ферментативной активности. Для интенсификации технологического процесса целесообразно предпочтение отдавать дрожжам сухим инстантным (быстродействующим) с высокой подъемной силой, характеризующей способность дрожжей разрыхлять тесто и формировать пористость хлеба. В Республике Беларусь рынок дрожжей сушеных представлен разными производителями. Исследование подъ-

емной силы дрожжей сушеных разных производителей показало следующие результаты: дрожжи сушеные инстантные ОАО «Дрожжевой комбинат» (Республика Беларусь) – 48±2 мин, дрожжи сушеные «Каждый день» ООО «Распак» (Российская Федерация) – 74±2 мин, дрожжи сушеные «Домашняя кухня» ООО «Топпродукт» (Российская Федерация) – 78±2 мин, дрожжи сушеные инстантные «Pakmaya» (Турция) – 54±2 мин, дрожжи сушеные инстантные «Невада» Lesaffre (Франция) – 48±2 мин, дрожжи сушеные инстантные «Nefe» (Германия) – 50±2 мин. Выбор дрожжей в условиях импортозамещения был остановлен на дрожжах белорусского производителя ОАО «Дрожжевой комбинат», не уступающих по технологическим характеристикам зарубежным аналогам.

Соль пищевая используется в качестве вкусовой добавки и способствует усилению действия ароматических компонентов хлеба, снижению автолитической и протеолитической активности ферментов муки, что приводит к улучшению реологических свойств полуфабрикатов на основе сухих композитных смесей. В пищевой промышленности на территории Республики Беларусь и Российской Федерации рекомендовано использование соли пищевой йодированной, имеющей профилактическую направленность. Выбор определенного сорта и крупности соли пищевой йодированной обусловлен направлением ее использования. При использовании соли пищевой йодированной в качестве сырьевого компонента сухих композитных смесей для производства заварных сортов хлеба она должна иметь размер частиц близкий к размеру частиц других компонентов для равномерного распределения в составе сухих композитных смесей. Поэтому целесообразно использовать соль пищевую йодированную высшего или первого сорта помола №0.

Выбор дополнительных сырьевых компонентов обусловлен направлением использования сухих композитных смесей для разных пищевых продуктов и технологичностью производственного цикла. Для производства заварных сортов хлеба только на основе сухих композитных смесей в качестве дополнительных компонентов предлагается использовать муку ржаную экструдированную, солод ржаной ферментированный сухой и сыворотку молочную сухую.

Мука ржаная экструдированная (экструзионная) используется для интенсификации технологи-

² ГОСТ 26574–2017. (2018). *Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия*. М.: Стандартинформ.

ческого процесса и исключения трудоемкой и длительной стадии получения заварки, отличается пониженным содержанием жира и влияет на потребительские свойства заварных сортов хлеба, его пористость и микробиологическую стабильность, увеличивая сроки хранения готовой продукции. Мука ржаная экструдированная, производимой пищевыми предприятиями Республики Беларусь, имеет свойственные органолептические показатели, массовую долю влаги ($9,2 \pm 0,4$ %), кислотность ($3,8 \pm 0,2$) град. и повышенной автолитической активностью до 68 ± 2 % по сравнению с ржаной мукой, что позволит использовать этот сырьевой компонент в меньшем количестве в составе сухих композитных смесей.

Солод ржаной ферментированный сухой используется в хлебопечении с целью формирования вкусо-ароматического комплекса за счет высокого содержания специфических экстрактивных веществ. При исследовании образцов солода ржаного ферментированного сухого, производимого предприятиями пищевой отрасли Республики Беларусь с использованием различных технологических приемов, установлено, что показатели качества солода ржаного сухого существенно варьируются в зависимости от продолжительности его проращивания.

Солод после 2 и 3 дней проращивания имеет высокие показатели массовой доли экстракта в сухом веществе солода – (50 ± 2) % и (56 ± 2) % соответственно при нормируемом значении – не менее 42 %, что позволит производить хлеб на основе сухих композитных смесей с более ярко выраженной вкусо-ароматической характеристикой при его меньшем содержании.

Использование сыворотки молочной сухой в качестве сырьевого компонента обусловлено ее свойствами, которые она проявляет в ходе технологического процесса приготовления хлеба ускоренными способами. Технологические свойства сыворотки молочной сухой связаны с ее химическим составом: органические кислоты, повышая начальную кислотность полуфабрикатов, способствуют интенсификации коллоидных и биохимических процессов; аминокислоты, макро- и микроэлементы повышают бродильную активность микроорганизмов. При этом происходит улучшение цвета заварных сортов хлеба за счет усиления реакции Майера, появление приятного молочного привкуса и аромата, увеличение удельного объема и продление сроков хранения хлеба.

В зависимости от используемого молочного сырья преимущественно вырабатывается сыворотка молочная сухая: подсырная, творожная и казеиновая молочнокислотная (молочная кислая). Выбор сыворотки молочной сухой целесообразно осуществлять по показателю кислотности, который для названных ее видов составил ($20,4 \pm 0,2$), ($65,3 \pm 0,3$) и ($82,6 \pm 0,2$) °Т соответственно. Более высокие значения показателя кислотности обеспечивают интенсификацию технологического процесса производства заварных сортов хлеба на основе сухих композитных смесей. Поэтому в качестве сырьевого компонента в этом случае целесообразно использовать сыворотку молочную сухую кислую.

Для улучшения пищевой ценности заварных сортов хлеба предлагается использовать в составе сухих композитных смесей нетрадиционные сырьевые компоненты растительного происхождения, что позволяет производить готовый продукт массового потребления с улучшенной пищевой ценностью. Это позволит сориентировать рынок хлебобулочных изделий в сторону хлеба, максимально отвечающего требованиям рационального питания (Косован & Шапошников, 2016).

Перспективными сырьевыми компонентами, являющиеся источниками незаменимых биологически активных веществ, могут выступать продукты переработки плодов и овощей в сухом виде (выжимки, кусочки, порошки). Наиболее распространенными среди таких продуктов, вырабатываемых как в Республике Беларусь, так и в Российской Федерации являются морковь сушеная, свекла сушеная, топинамбур сушеный и яблоки сушеные в порошкообразном виде. Результаты оценки показателей качества и химического состава плодовоовощных порошков представлены в Таблице 1. Запах и вкус сушеного сырья свойственные виду сырья.

Рассчитано оптимальное соотношение рецептурных компонентов в составе сухих композитных смесей для заварных сортов хлеба методом планирования эксперимента, используя двухфакторный центральный рототабельный композиционный план, на основании которого было выявлено взаимное влияние используемых основных рецептурных компонентов. Основным уровнем и интервалами варьирования управляемых факторов (содержание муки пшеничной 1-го сорта X_1 , содержание сухих дрожжей X_2 , содержание соли поваренной пищевой X_3) определяли с учетом имеющихся в литературных источниках данных по введению в рецептуру заварных сортов

Таблица 1
Показатели качества образцов плодовоовощных порошков

Наименование показателя	Морковь сушеная	Свекла сушеная	Топинамбур сушеный	Яблоки сушеные
Цвет	оранжевый	бордовый разных оттенков	кремовый	желто-коричневый разных оттенков
Массовая доля влаги, %	10,4±0,5	3,7±0,5	5,6±0,5	8,4±0,5
Массовая доля золы, % в пересчете на сухое вещество	6,1±0,5	4,9±0,5	4,6±0,5	1,6±0,5
Массовая доля клетчатки, %	10,4±0,5	14,2±0,5	8,5±0,5	16,8±0,5
Массовая доля белка, %	5,8±0,2	6,5±0,2	5,8±0,2	4,4±0,2
Массовая доля редуцирующих сахаров, %	8,0±0,5	4,2±0,5	5,5±0,5	5,0±0,5
Активная кислотность, ед.	5,1±0,2	5,8±0,2	5,9±0,2	2,3±0,2

хлеба отдельных видов сырья и условий проведения технологического процесса. При статистической обработке экспериментальных данных получены уравнения регрессии стандартизованных переменных, адекватно описывающих зависимость исследуемых показателей качества от выбранных факторов для получения готовой продукции со стабильно высокими потребительскими свойствами (формоустойчивость Y1, пористость Y2, бальная оценка Y3):

$$Y1 = -0,52 + 0,97 \cdot X2 + 0,01 \cdot X1 - 0,27 \cdot X22 - 0,01 \cdot X2 \cdot X1 \quad (1)$$

$$Y2 = -64,67 + 128,83 \cdot X2 + 0,91 \cdot X1 - 35,0 \cdot X22 - 0,43 \cdot X2 \cdot X1 \quad (2)$$

$$Y3 = 6,33 + 66,83 \cdot X2 + 0,42 \cdot X1 - 19,00 \cdot X22 - 0,23 \cdot X2 \cdot X1 \quad (3)$$

В дальнейшем осуществляли выбор дополнительных ингредиентов и вносили их в рецептурный состав взамен ржаной сеяной муки в количестве не более 20,0 %, так как именно такое количество муки из общей ее массы используется при приготовлении традиционных полуфабрикатов. В качестве сырьевых компонентов использовали экструзионную муку (X4), солод ржаной ферментированный (X5) и сухую молочную сыворотку (X6).

При помощи симплексного решетчатого планирования по выходным параметрам построены диаграммы «состав-свойство» (Рисунок 1), с помощью которых установлен наиболее рациональный рецептурный состав с наилучшими критериями

оценки по формоустойчивости (Y1), пористости (Y2), бальной оценки (Y3).

Составлена система уравнений, позволяющая установить рациональные соотношения влияющих факторов (X4, X5, X6) при максимальных критериях оценки (Y1, Y2, Y3).

$$Y1 = 0,3 \cdot X4 + 0,28 \cdot X5 + 0,34 \cdot X6 + 0,6 \cdot X4 \cdot X5 + 0,96 \cdot X4 \cdot X6 + 0,84 \cdot X5 \cdot X6 - 4,1 \cdot X4 \cdot X5 \cdot X6,$$

$$Y2 = 67,5 \cdot X4 + 57,0 \cdot X5 + 53,5 \cdot X6 - 33,0 \cdot X4 \cdot X5 + 24,0 \cdot X4 \cdot X6 + 9,0 \cdot X5 \cdot X6 + 247,5 \cdot X4 \cdot X5 \cdot X6, \quad (4)$$

$$Y3 = 51,0 \cdot X4 + 48,0 \cdot X5 + 53,0 \cdot X6 + 34,0 \cdot X4 \cdot X5 - 4,0 \cdot X4 \cdot X6 + 10,0 \cdot X5 \cdot X6 - 57,0 \cdot X4 \cdot X5 \cdot X6,$$

Рецептуры, рассчитанные с использованием представленной системы уравнений (4) целесообразно применять в дальнейшем при разработке сухих композитных смесей для заварных сортов хлеба.

Изучено, влияние предложенных плодовоовощных порошков в дозировке от 1,0 до 5,0 % от массы сухой композитной смеси на ее свойства, в частности, динамику роста водорастворимых веществ. Установлено, что использование плодовоовощных порошков в количестве от 3,2 до 5,0 % приводит к увеличению водорастворимых веществ на 4,0–8,0 % в зависимости от вида плодовоовощ-

Таблица 2

Рецептуры сухих композитных смесей для заварных сортов хлеба

Наименование сырья	1	2 «Рыжик»	3 «Топик»	4 «Огонек»	5 «Спас»
Мука пшеничная 1-го сорт	38,8	35,0	35,0	35,0	35,0
Мука ржаная сеяная	38,8	-	-	-	-
Мука ржаная обдирная	-	44,2	44,2	44,2	44,2
Соль поваренная	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
пищевая йодированная					
Дрожжи сухие	1,5	1,8	1,8	1,8	1,8
Мука ржаная экструзионная	5,8	4,0	4,0	4,0	4,0
Солод ржаной ферментированный	7,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Сыворотка сухая	6,6	4,0	4,0	4,0	4,0
молочная кислая					
Кислота лимонная	-	0,5	0,5	0,5	0,5
пищевая					
Морковь столовая	-	3,0	-	-	-
сушеная					
Клубни топинамбура	-	-	3,0	-	-
сушеные					
Свекла столовая	-	-	-	3,0	-
сушеная					
Яблоки сушеные	-	-	-	-	3,0

ного порошка. Это будет закономерно ухудшать реологические свойства теста с использованием сухих композитных смесей. Отмечено наличие специфического привкуса плодовоовощного порошка в заварных сортах хлеба, приготовленных на основе сухих композитных смесей, в диапазоне дозировки от 3,2 до 5,0 %. Поэтому рациональным количеством плодовоовощных порошков является не более 3,0 %.

Предложены рецептуры сухих композитных смесей для заварных сортов хлеба улучшенной пищевой ценности (Таблица 2).

По представленным в Таблице 2 рецептурам получены заварные сорта хлеба ускоренным способом и проведена их оценка по показателям качества. Результаты исследований представлены в Таблице 3.

Таблица 3

Результаты исследований образцов заварных сортов хлеба на основе сухих композитных смесей

Наименование показателя	Значение показателя для образцов				
	1	2 «Рыжик»	3 «Топик»	4 «Огонек»	5 «Спас»
Внешний вид	для формового изделия – в зависимости от вида формы, для подового изделия – круглая, состояние корки – без трещин				
Состояние мякиша	равномерно пропеченный без следов непромеса с равномерной пористостью без пустот и уплотнений				

Таблица 3

Наименование показателя	Значение показателя для образцов				
	1	2	3	4	5
		«Рыжик»	«Топик»	«Огонек»	«Спас»
Цвет	светло-коричневый	коричневый	коричневый	коричневый	коричневый
Вкус	Свойственный хлебобулочному изделию из смеси ржаной и пшеничной муки, без посторонних привкусов				
Запах	свойственный хлебобулочному изделию из смеси ржаной и пшеничной муки, без посторонних запахов				
Балльная органолептическая оценка, баллы	68	76	78	72	72
Пористость, %	62	64	66	68	68
Формоустойчивость, ед.	0,35	0,54	0,52	0,50	0,50
Кислотность, град.	6,6±0,2	6,8±0,2	6,8±0,2	6,8±0,2	6,8±0,2

Обсуждение результатов

Вид и рациональное соотношение отдельных сырьевых компонентов в составе сухих композитных смесей для производства заварных сортов хлеба улучшенной пищевой ценности определяют как свойства и качественные характеристики самой смеси, так и готового продукта, полученного на ее основе.

Основными сырьевыми компонентами разработанных сухих композитных смесей являются мука ржаная сеяная, мука ржаная обдирная и мука пшеничная первого сорта. Качественный и количественный выбор этих сырьевых компонентов был обусловлен назначением разрабатываемого ассортимента и технологией его получения. Стоит отметить, что в разработках других авторов и в сухих композитных смесях, выпускаемых действующими производителями, в составе содержится преимущественно мука ржаная обдирная, мука пшеничная первого сорта, а также другие виды и сорта муки зерновых, зернобобовых и масличных культур. При этом требуемые хлебопекарные свойства сухих композитных смесей корректируются путем введения в рецептурный состав клейковины пшеничной сухой, которая имеет ряд ограничений при потреблении отдельными категориями населения (Назаренко, 2012; Белокурова & Дерканосова, 2013).

Химический состав плодовоовощных порошков позволяет улучшить пищевую ценность, как сухих композитных смесей, так и заварных сортов хлеба на их основе, в частности по содержанию минеральных веществ и клетчатки. В составе сухих

композитных смесей плодовоовощные порошки выступают и в качестве технологической добавки, в том время как в других разработках они использовались только в качестве функционального сырьевого компонента и только для изделий на основе пшеничной муки (Росляков и др., 2012). Содержащиеся редуцирующие сахара в плодовоовощных порошках обеспечивают используемый биологический разрыхлитель дополнительными источниками питания. Наличие клетчатки, пищевых волокон в плодовоовощных порошках корректируют реологические свойства теста на основе сухих композитных смесей. Низкая активная кислотность яблочного порошка способствует интенсификации технологического процесса производства заварных сортов хлеба на основе сухих композитных смесей, поддержанию оптимальной кислотности готовых продуктов и формированию мягкого кисловатого привкуса.

Выводы

Осуществлен выбор и обоснование основных, дополнительных и нетрадиционных сырьевых компонентов сухих композитных смесей для заварных сортов хлеба, в том числе и улучшенной пищевой ценности. Эти рецептурные компоненты могут быть включены в состав сухих композитных смесей и обеспечить полноценную реализацию технологического процесса производства пищевых продуктов на их основе. Исследованы показатели качества, технологические свойства и особенности химического состава сырьевых компонентов. Осуществлен расчет рационального рецептурного состава сухих ком-

позитных смесей без добавления и с добавлением плодовоовощных порошков, используя методику симплексного решетчатого планирования.

Литература

- Алехина, Н. Н., Пономарева, Е. И., Жаркова, И. М., & Гребенщиков, А. В. (2021). Оценка функциональных свойств и показателей безопасности зернового хлеба с амарантовой мукой. *Техника и технология пищевых производств*, 2, 323-332. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-2-323-332>
- Белокурова, Е. В., & Дерканосова, А. А. (2013). Пищевые сухие композитные смеси в производстве мучных кулинарных и хлебобулочных изделий функционального назначения. *Вестник ВГУИТ*, 2, 119-124.
- Березина, Н. А., Артемов, А. В., & Никитин, И. А. (2020). Оптимизация состава поликомпонентных мучных смесей для хлебобулочных изделий функционального назначения. *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*, 4, 48-53. <https://doi.org/10.33979/2219-8466-2020-63-4-48-53>
- Беркетова, Л. В., & Перов, В. И. (2018). Применение сенсорного анализа в работе предприятия по производству продуктов питания. *Вестник ВГУИТ*, 1, 146-150. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-1-146-150/>
- Герасимова, Э. О., Лабутина, Н. В., Маклюков, В. И., & Рогозкин, Е. Н. (2020). Построение теплофизической модели процесса выпечки ржано-пшеничного формового хлеба. *Хлебпродукты*, 5, 46-49. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2020-29-5-46-49>
- Грязина, Ф. И. (2020). Необычный пшеничный хлеб с применением свеклы и шпината. *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*, 22, 95-99.
- Диваков, А. В., Назаренко, Е. А., & Кондратенко, Р. Г. (2007). Разработка сухих композитных смесей и на их основе технологии производства заварных сортов хлеба. *Вестник Могилевского государственного университета продовольствия*, 2, 71-77.
- Заикина, М. А., Ковалева, А. Е., Пьяникова, Э. А., Овчинникова, Е. В., Кобченко, С. Н., & Ткачева, Е. Д. (2021). Исследование влияния яблочных выжимок и рисовой муки на качественные показатели хлеба пшеничного. *Вестник ВГУИТ*, 83(1), 233-239. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-233-239>
- Ковалева, А. Е., Пьяникова, Э. А., & Ткачева, Е. Д. (2020). Совершенствование рецептуры и технологии хлеба пшеничного с использованием яблочных выжимок. *Вестник ВГУИТ*, 82(2), 61-66. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-2-61-66>
- Косован, А. П., & Шапошников, И. И. (2016). Состояние и перспективы развития инновационного потенциала хлебопекарной промышленности. *Хлебопечение России*, 6, 14-18.
- Кузнецова, Л. И., Бурыкина, М. С., Парахина, О. И., Нутчина, М. А., & Лаврентьева, Н. С. (2021). Анализ качества муки ржаной обдирной, выработанной мукомольными предприятиями России в 2020 году. *Хлебопечение России*, 2, 36-43. <https://doi.org/10.37443/2073-3569-2021-1-2-36-43>
- Мустафаева, К. К., & Загиров, М. С. (2021). Технологии приготовления функционального хлеба с биологически активными добавками из плодов облепихи. *Теория и практика современной науки*, 5, 165-168.
- Назаренко, Е. А. (2012). Сухие смеси для производства заварных сортов хлеба. *Хлебопек*, 2, 34-36.
- Нилова, Л. П., Малютенкова, С. М., Кайгородцева, М. С., & Евграфов, А. А. (2018). Формирование качества и антиоксидантных свойств хлебобулочных изделий с порошком морозики. *Вестник ВГУИТ*, 2, 138-143. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-2-138-143/>
- Прокопец, Ж. Г., Бойцова, Т. М., & Журавлева, С. В. (2014). Использование свеклы сорта бордо в технологии функциональных продуктов. *Инновации в науке*, 1, 76-81.
- Росляков, Ю. Ф., Вершинина, О. Л., Гончар, В. В. (2012). Использование продуктов переработки клубней топинамбура в хлебопечении. *Хлебопек*, 4, 30-33.
- Сарычева, О. В., Шлыков, С. Н., & Омаров, Р. С. (2019). Научные принципы создания пищевых продуктов для персонализированного питания в соответствии с концепцией развития перспективного рынка «FoodNet». *Пищевая индустрия*, 1, 36-37.
- Стабровская, О. И., Романов, А. С., & Короткова, О. Г. (2009). Многокомпонентные смеси для производства хлебобулочных изделий. *Техника и технология пищевых производств*, 2, 30-33.
- Танирхан, Д., Мусаева, С. Д., & Исмагуллаев, С. Л. (2020). Разработка системы управления безопасностью на основе принципов ХАССП при производстве хлеба из композитной муки. *Интернаука*, 15(1), 91-94.
- Тимакова, Р. Т. (2020). Оценка качества пшеничного хлеба, обогащенного натуральным яблочным сырьем. *Научный журнал НИУ ИТМО*.

- Процессы и аппараты пищевых производств*, 2, 22-28. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2020-10-2-21-28>
- Токтарканова, А. Н., & Мусаева, С. Д. (2020). Использование композитной муки в производстве хлеба. *Интернаука*, 16(2), 35-36.
- Хмелева, Е. В. (2017). Использование заварки в технологии хлеба из целого зерна пшеницы. *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*, 4, 32-36.
- Шмалько, Н. А. (2021). Современные технологии ржано-пшеничного хлеба с использованием амарантовой муки. Известия высших учебных заведений. *Пищевая технология*, 2-3, 6-9. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2021.2-3.1>
- Bajka, B. H., Pinto, A. M., Ahn-Jarvis, J., Ryden, P., Perez-Moral, N., Vander Schoot, A., Stocchi, C., Bland, C., Berry, C. E., & Ellis, P. R. (2021). The impact of replacing wheat flour with cellular legume powder on starch bioaccessibility, glycaemic response and bread roll quality: A double-blind randomised controlled trial in healthy participants. *Food Hydrocolloids*, 144, 106565. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106565>
- Burnete, A. G., Catana, L., Catana, M., Lazar, M. A., Teodorescu, R. L., Asanica, A. C., & Belc, N. (2020). Use of vegetable functional ingredients to achieve hypoglycemic bread with antioxidant potential, for diabetics. *Scientific papers-series B-Horticulture*, 64(2), 367-374.
- Kiharason, J. W., Isutsa, D. K., & Ngoda, P. N. (2017). Nutritive value of bakery products from wheat and pumpkin composite flour. *Global Journal of Bio-science and Biotechnology*, 6(1), 96-102.
- Melini, V., Melini, F., Luziatelli, F., & Ruzzi, M. (2020). Functional ingredients from agri-food waste: effect of inclusion thereof on phenolic compound content and bioaccessibility in bakery products. *Antioxidants*, 9, 1216. <https://doi.org/10.3390/antiox9121216>
- Parenti, O., Guerrini, L., & Zanoni, B. (2020). Techniques and technologies for the breadmaking process with unrefined wheat flours. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 152-166. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.034>
- Sardarodiyani, M., & Sani, A. M. (2016). Natural antioxidants: sources, extraction and application in foods systems. *Nutrition and Food Science*, 46(3), 363-373. <https://doi.org/10.1108/NFS-01-2016-0005>
- Shevtsov, A. A., Drannikov, A. V., Derkanosova, A. A., Muravev, A. S., & Kvasov, A. V. (2017). Experimental and analytical study of the beet pulp drying process by overheated steam in active hydrodynamic conditions. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(1), 5754-5760. <https://doi.org/10.3923/jeasci.2017.5754.5760>
- Timakova, R. T., Akulich, A. V., & Samuylenko, T. D. (2021). The role of biotechnology in ensuring the preservation of dry composite mixtures. *E3S Web of Conferences*, 254, 10018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125410018>

Development of the Component Composition of dry Composite Mixtures for National Types of Bread of Improved Nutritional Value

Alexander V. Akulich

*Belarusian State University of Food and Chemical Technologies
3, Schmidt's Ave., Mogilev, 212027, Belarus
E-mail: akulichav57@mail.ru*

Tatyana D. Samuylenko

*Belarusian State University of Food and Chemical Technologies
3, Schmidt's Ave., Mogilev, 212027, Belarus
E-mail: tatasam@tut.by*

Roza T. Timakova

*Ural State University of Economics
62/45, str. March 8, Yekaterinburg, 620144, Russian Federation
E-mail: trt64@mail.ru*

To increase the nutritional value of custard varieties of rye flour bread, it is proposed to use non-traditional raw materials of vegetable origin as part of dry composite mixtures, which is an urgent direction for the production of functional bread and has scientific and practical significance in the existing conditions of import substitution in the Republic of Belarus and the Russian Federation. The purpose of the study is to make a reasonable choice of raw materials for dry composite mixtures used as the only basis for the production of national types of bread varieties in an accelerated one-step method and the subsequent development of recipes with an optimal ratio of ingredients in terms of the quality of the finished bread. The choice of raw materials was based on the peculiarities of their chemical composition in terms of protein, fiber, minerals, reducing sugars and a number of technological properties depending on the type of raw materials (autolytic activity, extractivity, acidity, lifting force). The composition of dry composite mixtures was developed using simplex optimization. The quality indicators of bread based on dry composite mixtures were studied according to an organoleptic 100-point assessment, porosity, shape stability. It has been established that in the composition of dry composite mixtures for the production of bread, it is advisable to use the following raw components: rye flour; wheat flour of the first grade; dried instant baking yeast; iodized food salt of the highest and first grade; extruded rye flour; fermented rye malt after 2-3 days of germination; sour milk whey; fruit and vegetable powders from beets, carrots, jerusalem artichoke and apples. In accordance with the demands of production and the consumer market, dry composite mixtures for bread of improved nutritional value with the addition of fruit and vegetable powders with the best criteria for evaluating the quality of finished products have been developed. The use of such dry composite mixtures makes it possible to improve the nutritional value of bread in terms of the content of dietary fibers, minerals, mobilize the technological process, stabilize consumer properties and quality indicators of bread produced using accelerated technology, reduce energy costs and costs associated with the storage of additional raw materials and their preparation.

Keywords: dry composite mixes, bread, dry fruit and vegetable powders, component composition; nutritional value

References

- Alekhina, N. N., Ponomareva, E. I., Zharkova, I. M., & Grebenshchikov, A. V. (2021). Otsenka funktsional'nykh svoystv i pokazatelei bezopasnosti zernovogo khleba s amarantovoi mukoi [Evaluation of functional properties and safety indicators of grain bread with amaranth flour]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv [Equipment and Technology of Food Production]*, 2, 323-332. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-2-323-332>
- Belokurova, E. V., & Derkanosova, A. A. (2013). Food dry composite mixtures in the production of flour culinary and bakery products for functional pur-

- poses. *Bulletin of VSUIT [Bulletin of the Voronezh state university of Engineering technologies]*, 2, 119-124.
- Berezina, N. A., Artemov, A. V., & Nikitin, I. A. (2020). Optimizatsiya sostava polikomponentnykh muchnykh smesei dlya khlebobulochnykh izdelii funktsional'nogo naznacheniya [Optimization of the composition of multicomponent flour mixtures for functional bakery products]. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov [Technology and Commodity Science of Innovative Food Products]*, 4, 48-53. <https://doi.org/10.33979/2219-8466-2020-63-4-48-53>
- Berketova, L. V., & Perov, V. I. (2018). Primenenie sensor'nogo analiza v rabote predpriyatiya po proizvodstvu produktov pitaniya [Application of sensory analysis in the work of a food production enterprise]. *Vestnik VGUIT [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies]*, 1, 146-150. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-1-146-150/>
- Divakov, A. V., Nazarenko, E. A., & Kondratenko, R. G. (2007). Razrabotka sukhikh kompozitnykh smesei i na ikh osnove tekhnologii proizvodstva zavarnykh sortov khleba [Development of dry composite mixtures and technologies for the production of custard bread varieties based on them]. *Vestnik Mogilevskogo gosudarstvennogo universiteta prodovol'stviya [Bulletin of the Mogilev State University of Food]*, 2, 71-77.
- Gerasimova, E. O., Labutina, N. V., Maklyukov, V. I., & Rogozkin, E. N. (2020). Postroenie teplofizicheskoi modeli protsessa vypechki rzhano-pshenichnogo formovogo khleb [Construction of a thermophysical model of the baking process of rye-wheat molded bread]. *Khleboprodukty [Bread Products]*, 5, 46-49. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2020-29-5-46-49>
- Gryazina, F. I. (2020). Neobychnyi pshenichnyi khleb s primeneniem svekly i shpinata [Unusual wheat bread with the use of beetroot and spinach]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaistva [Topical Issues of Improving the Technology of Production and Processing of Agricultural Products]*, 22, 95-99.
- Khmeleva, E. V. (2017). Ispol'zovanie zavarki v tekhnologii khleba iz tselogo zerna pshenitsy [The use of welding in the technology of bread from whole wheat grain]. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov [Technology and Commodity Science of Innovative Food Products]*, 4, 32-36.
- Kosovan, A. P., & Shaposhnikov, I. I. (2016). Sostoyanie i perspektivy razvitiya innovatsionnogo potentsiala khlebopekarnoi promyshlennosti [The state and prospects for the development of the innovative potential of the bakery industry]. *Khlebopechenie Rossii [Bakery of Russia]*, 6, 14-18.
- Kovaleva, A. E., P'yankova, E. A., & Tkacheva, E. D. (2020). Sovershenstvovanie retseptury i tekhnologii khleba pshenichnogo s ispol'zovaniem yablochnykh vyzhimok [Improving the recipe and technology of wheat bread using apple pomace]. *Vestnik VGUIT [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies]*, 82(2), 61-66. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-2-61-66>
- Kuznetsova, L. I., Burykina, M. S., Parakhina, O. I., Nutchina, M. A., & Lavrent'eva, N. S. (2021). Analiz kachestva muki rzhanoi obdirnoi, vyrabotannoi mukomol'nymi predpriyatiyami Rossii v 2020 godu [Analysis of the quality of rye floured flour produced by flour milling enterprises of Russia in 2020]. *Khlebopechenie Rossii [Bakery of Russia]*, 2, 36-43. <https://doi.org/10.37443/2073-3569-2021-1-2-36-43>
- Mustafaeva, K. K., & Zagirov, M. S. (2021). Tekhnologii prigotovleniya funktsional'nogo khleba s biologicheski aktivnymi dobavkami iz plodov oblepikhi [Technologies for preparing functional bread with biologically active additives from sea buckthorn fruits]. *Teoriya i praktika sovremennoi nauki [Theory and Practice of Modern Science]*, 5, 165-168.
- Nazarenko, E. A. (2012). Dry mixes for the production of custard bread varieties. *Baker*, 2, 34-36.
- Nilova, L. P., Malyutenkova, S. M., Kaigorodtseva, M. S., & Evgrafov, A. A. (2018). Formirovanie kachestva i antioksidantnykh svoystv khlebobulochnykh izdelii s poroshkom moroshki [Formation of the quality and antioxidant properties of bakery products with cloudberry powder]. *Vestnik VGUIT [Bulletin of the Voronezh state university of Engineering technologies]*, 2, 138-143. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-2-138-143/>
- Prokopets, Zh. G., Boitsova, T. M., & Zhuravleva, S. V. (2014). Ispol'zovanie svekly sorta bordo v tekhnologii funktsional'nykh produktov [The use of Bordeaux beet in the technology of functional products]. *Innovatsii v nauke [Innovations in Science]*, 1, 76-81.
- Roslyakov, Yu. F., Vershinina, O. L., Gonchar, V. V. (2012). The use of jerusalem artichoke tubers processing products in baking. *Baker*, 4, 30-33.
- Sarycheva, O. V., Shlykov, S. N., & Omarov, R. S. (2019). Nauchnye printsipy sozdaniya pishchevykh produktov dlya personalizirovannogo pitaniya v sootvetstvi s kontseptsiei razvitiya perspektivnogo rynka "FoodNet" [Scientific principles of creating food products for personalized nutrition in accordance with the concept of developing a promising market "FoodNet"]. *Pishchevaya industriya [The Food Industry]*, 1, 36-37.

- Shmal'ko, N. A. (2021). Sovremennye tekhnologii rzhanopshenichnogo khleba s ispol'zovaniem amaran-tovoi muki [Modern technologies of rye-wheat bread using amaranth flour]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya* [News of Higher Educational Institutions. Food Technology], 2-3, 6-9. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2021.2-3.1>
- Stabrovskaya, O. I., Romanov, A. S., & Korotkova, O. G. (2009). Mnogokomponentnye smesi dlya proizvodstva khlebobulochnykh izdelii [Multicomponent mixtures for the production of bakery products]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Equipment and Technology of Food Production], 2, 30-33.
- Tanirkhan, D., Musaeva, S. D., & Ismatullaev, S. L. (2020). Razrabotka sistemy upravleniya bezopasnost'yu na osnove printsipov KhASSP pri proizvodstve khleba iz kompozitnoi muki [Development of a safety management system based on the principles of HACCP in the production of bread from composite flour]. *Internauka*, 15(1), 91-94.
- Timakova, R. T. (2020). Otsenka kachestva pshenichnogo khleba, obogashchennogo natural'nyim yablochnym syr'em [Evaluation of the quality of wheat bread enriched with natural apple raw materials]. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Scientific Journal of the National Research University ITMO. Processes and Devices of Food Production], 2, 22-28. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2020-10-2-21-28>
- Toktarkanova, A. N., & Musaeva, S. D. (2020). Ispol'zovanie kompozitnoi muki v proizvodstve khleba [The use of composite flour in bread production]. *Internauka*, 16(2), 35-36.
- Zaikina, M. A., Kovaleva, A. E., P'yanikova, E. A., Ovchinnikova, E. V., Kobchenko, S. N., & Tkacheva, E. D. (2021). Issledovanie vliyaniya yablochnykh vyzhimok i risovoi muki na kachestvennye pokazateli khleba pshenichnogo [Study of the influence of apple pomace and rice flour on the quality indicators of wheat bread]. *Vestnik VGUIT* [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 83(1), 233-239. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-233-239>
- Bajka, B. H., Pinto, A. M., Ahn-Jarvis, J., Ryden, P., Perez-Moral, N., Vander Schoot, A., Stocchi, C., Bland, C., Berry, C. E., & Ellis, P. R. (2021). The impact of replacing wheat flour with cellular legume powder on starch bioaccessibility, glycaemic response and bread roll quality: A double-blind randomised controlled trial in healthy participants. *Food Hydrocolloids*, 144, 106565. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106565>
- Burnete, A. G., Catana, L., Catana, M., Lazar, M. A., Teodorescu, R. L., Asanica, A. C., & Belc, N. (2020). Use of vegetable functional ingredients to achieve hypoglycemic bread with antioxidant potential, for diabetics. *Scientific papers-series B-Horticulture*, 64(2), 367-374.
- Kiharason, J. W., Isutsa, D. K., & Ngoda, P. N. (2017). Nutritive value of bakery products from wheat and pumpkin composite flour. *Global Journal of Bio-science and Biotechnology*, 6(1), 96-102.
- Melini, V., Melini, F., Luziatelli, F., & Ruzzi, M. (2020). Functional ingredients from agri-food waste: effect of inclusion thereof on phenolic compound content and bioaccessibility in bakery products. *Antioxidants*, 9, 1216. <https://doi.org/10.3390/antiox9121216>
- Parenti, O., Guerrini, L., & Zanoni, B. (2020). Techniques and technologies for the breadmaking process with unrefined wheat flours. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 152-166. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.034>
- Sardarodiyani, M., & Sani, A. M. (2016). Natural antioxidants: sources, extraction and application in foods systems. *Nutrition and Food Science*, 46(3), 363-373. <https://doi.org/10.1108/NFS-01-2016-0005>
- Shevtsov, A. A., Drannikov, A. V., Derkanosova, A. A., Muravev, A. S., & Kvasov, A. V. (2017). Experimental and analytical study of the beet pulp drying process by overheated steam in active hydrodynamic conditions. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(1), 5754-5760. <https://doi.org/10.3923/jeasci.2017.5754.5760>
- Timakova, R. T., Akulich, A. V., & Samuylenko, T. D. (2021). The role of biotechnology in ensuring the preservation of dry composite mixtures. *E3S Web of Conferences*, 254, 10018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125410018>