

УДК 664.769

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОРАЩИВАНИЯ ПШЕНИЦЫ И ОВСА ГОЛОЗЕРНОГО В СОСТАВЕ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИНГРЕДИЕНТА

М. Н. Галдова, Е. Н. Урбанчик

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Технология полизлаковых продуктов здорового питания на основе пророщенного зерна ресурсозатратна из-за необходимости осуществлять операции по отдельному проращиванию разных злаков. Гипотеза состоит в проращивании зерна в составе смесей с целью сокращения количества технологических операций и ресурсоемкости технологии. Научная задача – обоснование технологии совместного проращивания зерна пшеницы и овса голозерного для получения функционального ингредиента на их основе.

Материалы и методы. Образцы сортового и продовольственного зерна пшеницы и овса голозерного, образцы пророщенных смесей на их основе. Стандартизированные и общепринятые методы исследований.

Результаты. Впервые установлены интегральные диапазоны водной и воздушной пауз процесса проращивания зерна пшеницы и овса голозерного при температуре воздуха 5...25 °С, свидетельствующие о возможности совместного проращивания данных культур. Соотношение зерна, пророщенного в составе смесей, влияет на биологическую, пищевую и энергетическую ценность полизлаковых продуктов здорового питания. При соотношении зерна 50:50 наблюдался аллелопатический эффект, который характеризовался наименьшей активностью роста смеси (3,3 %×ч⁻¹) и пониженной биологической и пищевой ценностью продукта. Синергетический эффект взаимодействия наблюдался при совместном проращивании сырья 60:40 (пшеница/овес голозерный) и характеризовался минимальной продолжительностью процесса проращивания (21 ч) и максимальной активностью роста смеси (4,4 %×ч⁻¹), а также высокой биологической и пищевой ценностью смеси. Пророщенное при данном соотношении зерно характеризуется высокой пищевой ценностью, например, интегральный скор по белку составляет 22,7 %, пищевым волокнам – 39,0 %.

Выводы. Рекомендуется осуществлять совместное проращивание зерна пшеницы и овса голозерного в соотношении 60:40, что позволяет получить функциональный ингредиент для пищевой и косметической промышленности высокого качества в условиях ресурсосберегающей технологии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *зерно; пшеница; овес голозерный; зерновая смесь; технологические свойства; химический состав; биологическая ценность; пищевая ценность; проращивание; оптимизация; синергетический эффект; аллелопатический эффект; эссенциальные вещества; функциональный ингредиент.*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Галдова, М. Н. Обоснование технологии проращивания пшеницы и овса голозерного в составе зерновой смеси для получения функционального ингредиента // М. Н. Галдова, Е. Н. Урбанчик // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2023. – № 1 (34). – С. 41–61.

SUBSTANTIATION OF GERMINATION TECHNOLOGY OF WHEAT AND HULLES OATS IN A GRAIN MIXTURE FOR FUNCTIONAL INGREDIENT PRODUCTION

M. M. Haldova, A. M. Ourbantchik

Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. The technology of polymalt healthy food products based on germinated grain is a resource consuming one due to the need to carry out operations for separate germination of different cereals. The hy-

pothesis consists in the germination of grain as a part of a mixture in order to reduce the number of technological operations and the resource intensity of the technology. The scientific task is to substantiate the technology of germination of two cereal species together (wheat and hulles oats) to obtain a cereal-based functional ingredient.

Materials and methods. Samples of high quality and food grains of wheat and hulles oats, samples of germinated wheat and hulles oats based mixtures. Standardized and generally accepted research methods.

Results. Integration ranges of water and air rest of the germination process of wheat and hulles oats at an air temperature of 5...25 °C were established for the first time, thus indicating the possibility of germinating two crops together. The ratio of grain germinated in the composition of mixtures affects the biological, nutritional and energy values of polymalt healthy food products. At a grain ratio of 50:50, an allelopathic effect was observed, which was characterized by the lowest growth activity of the mixture (3,3 %×h⁻¹) and a low biological and nutritional value of the product. The synergistic effect of interaction was revealed in germinating two kinds of cereals together 60:40 (wheat / hulles oats) and was characterized by the minimum time of the germination process (21 h) and the maximum growth activity of the mixture (4,4 %×h⁻¹), as well as high biological and nutritional value of the mixture. The grain germinated at this ratio has high nutritional value, for example, the integral score for protein and dietary fiber being 22,7 % and 39,0 % respectively.

Conclusions. It is recommended to carry out germination of wheat and hulles oats mixture in a ratio of 60:40, which makes it possible to obtain a high quality functional ingredient for the food and cosmetic industries using resource-saving technology.

KEY WORDS: *grain; wheat; hulles oats; grain mixture; technological properties; chemical composition; biological value; nutritional value; germination; optimization; synergistic effect; allelopathic effect; essential substances; functional ingredient.*

FOR CITATION: Haldova, M. M. Substantiation of germination technology of wheat and hulles oats in a grain mixture for functional ingredient production / M. M. Haldova, A. M. Ourbantchik // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2023. – № 1(34). – P. 41–61 (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема несбалансированного питания населения остается актуальной не только в Республике Беларусь, но и за рубежом. Клиническим проявлением неправильного питания являются алиментарно-зависимые заболевания, большинство из которых относятся к управляемым патологиям. Данные заболевания вызваны недостаточностью питания, избытком массы тела и дефицитом эссенциальных веществ [1–8].

Одним из основных условий, влияющих на здоровый образ жизни населения, является разработка высококачественных продовольственных продуктов функционального назначения. Под функциональным назначением подразумеваются продукты, состоящие из веществ естественного происхождения, которые при систематическом употреблении оказывают регулирующее действие как на отдельные органы и системы, так и на организм в целом^{1, 2}. Данные продукты должны приниматься как часть ежедневного рациона и оказывать положительное влияние, например, на иммунную систему³ [9]. Поэтому проблема обеспеченности всех слоев населения безопасными продовольственными продуктами повышенной пищевой и биологической ценности вышла на государственный уровень.

Решение данной задачи лежит на ведущих отраслях пищевой промышленности. Разработанная до 2030 года Доктрина национальной продовольственной безопасности направлена на повышение уровня жизни и качества питания населения путем развития научно-технического потенциала сельского хозяйства и налаживания безотходного ресурсосбере-

¹ Бакуменко, О. Е. Разработка технологии продуктов функционального питания на зерновой основе для учащейся молодежи : автореф. дис. канд... техн. наук: 05.18.01 / О. Е. Бакуменко. – Московский государственный университет пищевых производств. – Москва, 2004. – 27 с.

² Тихомирова, Н. А. Технология продуктов функционального питания / Н. А. Тихомирова. – М.: ООО «Франтэра», 2002 – 212 с.

³ Брэгг, П. Система питания / П. Брэгг. – М.: ЭКСМО-Пресс, 2001. – 46 с.

гающего производства¹.

Зерно является стратегическим продуктом, определяющим продовольственную безопасность страны. Наиболее популярной зерновой культурой среди потребителей является пшеница² и продукты на ее основе, а наиболее полезными свойствами известны продукты переработки овса³ [10–14].

Менее энергозатратной является технология переработки овса голозерного. По сравнению с пленчатым овсом у его зерновок отсутствуют цветковые пленки. В связи с этим технологический процесс переработки сокращается, выход готовой продукции увеличивается и снижаются энергозатраты^{4,5}. Комплексное использование пшеницы и овса голозерного позволит создать новый универсальный продукт, обладающий большой популярностью и высокой пищевой ценностью.

Важным условием производства высококачественных продуктов является проведение контроля качества сырья, который характеризуется обширным перечнем показателей^{6,7}. В частности, химический состав и физико-химические свойства зерна являются базой, определяющей технологические особенности переработки зернового сырья и пищевую, биологическую и энергетическую ценность продуктов, получаемых на их основе⁸. Анализ отечественных и зарубежных научных источников показал, что качественный потенциал зерна исследуемых культур находится в широких пределах варьирования. Например, содержание белка в зерне овса голозерного колеблется от 10 до 21 %, пшеницы – от 8 до 22 % [15, 16].

На сегодняшний день в литературе отсутствует единая база данных физико-химических показателей и химического состава сортового и продовольственного зерна пшеницы и овса голозерного отечественной селекции. Для более полного отражения качества зерна исследуемых культур необходим сравнительный анализ физико-химических свойств и химического состава сортового и продовольственного зерна пшеницы и овса голозерного, выращиваемого на территории Республики Беларусь, с приведенными в литературе среднестатистическими данными⁹ [15–20]. Следует отметить, что физико-химические свойства и химический состав зерна не постоянен и меняется в зависимости от почвенно-климатических условий произрастания, поэтому полученные данные могут дополнить пределы вариации показателей, приведённых в отечественных и зарубежных научных источниках [21].

Зернопродукты относятся к продуктам ежедневного массового потребления и являются доступными для всех слоев населения. Однако при переработке зерна удаляются его ценные

¹ О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года. [Электронный ресурс]: Постановление Совета Министров Республики Беларусь, 15.12.2017 г., № 962. – Режим доступа: <http://www.government.by/ru/solutions/3060>. – Дата доступа: 21.03.2023 г.

² Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник за 2018–2022 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/ef1/usnojhfbr2tzg01ifptb823d3rd783ql.pdf>. – Дата доступа: 09.05.2023.

³ Сергеева, С. С. Функционально-технологические свойства зерна голозерного овса отечественной селекции и технология мучных кондитерских изделий на его основе: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07 / С. С. Сергеева. – ФГАОУВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий». – Санкт-Петербург, 2018. – 15 с.

⁴ Дубина, Т. А. Технология производства муки из овса голозерного: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Т. А. Дубина. – Могилевский государственный университет продовольствия. – Могилёв, 2013. – 233 с.

⁵ Баитова, С. Н. Технология крупы и хлопьев из овса голозерного: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / С. Н. Баитова. – Могилевский государственный университет продовольствия. – Могилёв, 2012. – 198 с.

⁶ Казаков, Е. Д. Основные сведения о зерне: научное издание / Е. Д. Казаков. – М.: Зерновой союз, 1997. – 144 с.

⁷ Егоров, Г. А. Управление технологическими свойствами зерна: уч. пособие / Г. А. Егоров. – 2-е изд. – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2005. – 292 с.

⁸ Казаков, Е. Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов / Е. Д. Казаков, Г. П. Карпиленко. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 512 с.

⁹ Скурихин, И. М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: справочник / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 276 с.

компоненты: зародыш, алейроновый слой, многослойные оболочки, богатые витаминами и другими эссенциальными веществами, которые не синтезируются организмом человека и должны систематически поступать с пищей [22, 23]. Поэтому традиционные продукты переработки зерна характеризуются пониженным содержанием пищевых волокон. Пищевые волокна представляют особый интерес в связи с тем, что относятся к физиологически функциональным пищевым ингредиентам и являются эссенциальным (незаменимым) компонентом пищи. Систематическое потребление 10–50 % данного нутриента от суточной потребности положительно влияет на физиологические функции организма человека¹. Например, клетчатка пшеницы является не растворимой, относится к балластным веществам и способствует пищеварению, усиливая перистальтику кишечника. Растворимая клетчатка овса голозерного частично усваивается организмом, предотвращает колебания уровня сахара в крови и способствует лучшему обмену веществ [18, 24]. Ввиду различной ценности нутриентов исследуемых культур, комплексное их использование позволит получить зерновые смеси с последующим их применением в производстве продовольственных продуктов для придания им функциональных свойств за счет пищевых волокон.

Согласно нормативной документации к функциональным ингредиентам относятся белки, пищевые волокна, витамины и минеральные вещества. Так, например, фосфор обеспечивает рост костной и зубной ткани, способствует их укреплению в течение всей жизни человека; селен показан для профилактики развития возможных раковых опухолей и сердечно-сосудистых заболеваний; железо применяют для профилактики анемии; калий и магний являются основополагающими в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний; цинк используют при поддержании иммунитета и для профилактики вирусных заболеваний; медь является основным синергистом железа и применяется для профилактики остеопороза. Для поддержания здоровья кожи, волос и ногтей используют комплекс минеральных элементов – цинк, селен, медь. Немаловажное значение имеет витаминный состав зерновых продуктов даже в небольшом количестве. Например, наличие витамина В₂ улучшает усвоение железа и увеличивает эффективность действия цинка на организм; витамин Е обладает синергетическим эффектом усиления антиоксидантной защиты клеток в присутствии селена и улучшает его биодоступность для организма; β-каротин является провитамином А и действует как антиоксидант² [25, 26]. Содержание обширного витаминно-минерального комплекса в составе зерновых культур делает его ценным ингредиентом для пищевых продуктов [27].

В последние годы перспективным способом увеличения содержания функциональных ингредиентов в зерновых продуктах является проращивание зерна. Учеными всего мира доказано повышение пищевой и биологической ценности при его проращивании [24, 28–34].

Актуальность применения пророщенных смесей зерна пшеницы и овса голозерного основывается на том, что проращивание зерен изменяет их биохимический профиль и увеличивает содержание биологически активных веществ. Использование смесей пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного способно снизить количество ненужных добавок в готовом продукте, что важно для людей, страдающих аллергией или непереносимостью различных компонентов. Данный процесс естественным образом запускает ферментные системы зерна, под действием которых происходит расщепление сложных биополимеров зерна до легко усваиваемых организмом человека³. Для промышленности особый интерес представляет изучение динамики химического состава зернового сырья в процессе проращивания для своевременной корректировки технологических процессов и получения продуктов с заданными

¹ Пищевые продукты функциональные. Термины и определения: СТБ1818–2007. – Введ. 01.07.2008. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2008. – 3 с.

² Колодязная, В. С. Пищевая химия : учеб. пособие / В. С. Колодязная. – СПб.: СПбГАХПТ, 1999. – 140 с.

³ Драгомирецкий, Ю. А. Живая сила проростков / Ю. А. Драгомирецкий. – СПб.: Изд-во «Невский проспект», 1999. – 117 с.

функциональными свойствами.

Уникальность создания новых полизлаковых продуктов заключается в инновационном способе повышения содержания его физиологически функциональных ингредиентов. Технология полизлаковых продуктов здорового питания на основе пророщенного зерна ресурсозатратна из-за необходимости осуществлять операции по отдельному проращиванию разных злаков и последующем смешивании компонентов. Одним из способов сокращения ресурсоемкости технологии является совместное проращивание зерна пшеницы и овса голозерного.

На сегодняшний день актуальными являются исследования, направленные на совместную переработку культур. В научной литературе приведены сведения о совместных посевах различных культур, о совместном гидропонном проращивании семян культурных растений и сидератов, о получении бинарных смесей культур, о совместном измельчении пшеницы и семян льна для получения двухкомпонентных смесей и другие [35–38]. Исследователями отмечены как положительные, так и отрицательные изменения ферментативной активности, биохимических и метаболических изменений в зерне в процессе прорастания.

При смешанном проращивании установлено взаимное влияние зерновых культур друг на друга. Ввиду выделения растениями физиологически активных веществ при прорастании эффект биологического взаимодействия между биополимерами может быть как аллелопатическим (угнетающим), так и синергетическим (усиливающим) [36–41]. Известно, что при прорастании растения выделяют в почву ряд химических веществ – ферменты, фитонциды, гормоны. Отрицательный тип взаимодействия определен как аллелопатический. В исследованиях 1978 года Э. Райс установил данную форму взаимодействия между организмами, под действием химического соединения, «аллелохимикалием» или аллелопатически активным соединением – алкалоиды, стероиды, терпеноиды. Данные вещества в разной мере влияют на процесс прорастания семян и развитие ростков произрастающих рядом культур – задерживают или ускоряют развитие семян, изменяют состояние их покоя, воздействуют на скорость прорастания семян и формирование органов проростка [39]. Наряду с отрицательным типом взаимодействия между растениями наблюдается и положительный эффект взаимодействия, а именно «синергизм» (Г. Хакен, 1980 г.) в действии веществ [40]. Синергетический эффект заключается в том, что комбинированное взаимодействие компонентов превышает действие оказываемое каждым из них по отдельности [41].

Однако процесс проращивания злаков в составе смеси и влияние их взаимодействия на биологическую, пищевую и энергетическую ценность зерновых продуктов малоизучен. Получение высококачественных продуктов в рамках ресурсосберегающей технологии совместного проращивания злаковых культур требует оптимизации процесса проращивания зерна пшеницы и овса голозерного и установления интеграции режимов двух культур.

Наряду с пищевой промышленностью в последние годы динамично развивается косметическая отрасль Республики Беларусь. Она является одним из молодых сегментов промышленности, однако за короткий срок получила долю не только на отечественном рынке (30–35 %), но и за рубежом.

В результате анализа статистических данных учеными были выявлены особенности рынка косметических товаров Республики Беларусь. Среди них отмечено, что многие белорусские предприятия косметической отрасли работают на импортном сырье из Германии, Италии, Франции, что приводит к зависимости от повышения цен и изменения ситуации на внешних рынках.

Благодаря импортным ингредиентам удается поддерживать стабильно высокий уровень

качества продукции внутри которой присутствует острая конкуренция¹ [42].

Вместе с тем косметическая отрасль Беларуси является быстро развивающейся экономической средой, которая обуславливает не только развитие производства, постоянное обновление ассортимента, но и поиск сырьевых компонентов надлежащего качества местного происхождения. Актуальным направлением исследований является разработка научных и практических основ технологии производства и применения косметической продукции с использованием злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и другого растительного сырья Республики Беларусь².

Известно, что злаки в качестве косметических средств широко использовались человечеством на протяжении многих лет. При этом в каждом регионе планеты людьми использовались местные злаки как дикорастущие, так и культурные. В Европе (Юго-Западной, Южной и Центральной) – рожь, пшеница, ячмень, овес, гречиха и др. Древняя злаковая косметология развивалась на протяжении многих столетий как составная часть народной медицины, использовавшей многие растения, включая злаки, в лечебных целях. В отличие от синтетических косметических средств, изготовленных с различными химическими добавками, они не раздражают и не травмируют кожу, легко удаляются с ее поверхности^{3,4}.

Большинство рекомендаций по применению пророщенного зерна включает употребление его в пищу человека и на корм животным в определенных количествах [31–33, 43]. Применения пророщенного зерна в косметической отрасли недостаточно изучено⁵ [44–49]. Учитываемый энергетический потенциал пророщенных зерен актуальным является изучение его применения в косметических целях. Пророщенное зерно пшеницы и овса голозерного содержит в своем составе биологически активные вещества, применяемые в дерматологии. К ним относятся витамины и минеральные вещества. Например, витамин В₁ применяется при лечении фурункулеза, вульгарных угрей, красных угрей, герпеса, гипертиреоза, акрицианоза, дрожжевых поражениях кожи; витамин В₂ – стимулирует производство энергии в клетках кожи, помогает в «транспортировке» кислорода, регулирует метаболизм жирных кислот, является главным фактором роста клеток и помогает предотвратить угревую сыпь, дерматит, артрит и экзему, ускоряет заживление поврежденных тканей; витамин В₆ – способствует питанию и увлажнению кожи, защищает кожу от вредного воздействия окружающей среды и солнечных лучей; витамин РР – способствует регенерации тканей и регулирует липидный обмен в тканях; β-каротин – ускоряет регенерацию кожи при ожогах, ранах и язвах; витамин Е – оказывает антиоксидантный эффект, защищая клетки эпидермиса и структурные белки (коллаген и эластин) от разрушения свободными радикалами, стимулирует процессы регенерации кожи, улучшает кровоснабжение и глубоко увлажняет ее, обладает ранозаживляющими свойствами, облегчает состояние при солнечных и термических ожогах, защищает от фотостарения,

¹ Кришеник, Е. Как косметическая индустрия Беларуси преобразуется сама и преобразует других/ SB&BY. Беларусь сегодня. [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – <https://www.belta.by/society/view/reportazh-kak-kosmeticheskaja-industrija-belarusi-preobrazhaetsja-sama-i-preobrazhaet-drugih-363698-2019/>. – Дата доступа: 01.04.2023.

² Паспорт специальности 05.18.01 – технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства/ Приказ Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 2 июня 2016 г. № 150 [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – <https://vak.gov.by/node/1818>. – Дата доступа: 01.04.2023.

³ Алексеев, В. С., Лечебные злаки и ваша внешность / В. С. Алексеев, Д. Царюк // Нетрадиционная медицина. – СПб.: изд-во: Т8, 2004. – 130 с.

⁴ Изотова, М. А. Большая энциклопедия народной медицины / М. А. Изотова, Н. А. Сарафанова // Нетрадиционная медицина. – М.: изд-во: ОлмаМедиаГрупп/Просвещение, 2011. – 1040 с.

⁵ Вендин, С. В. Технология и оборудование для получения и подготовки пророщенного зерна на корм животным / С. В. Вендин, Ю. В. Саенко, К. В. Казаков [и др.]. – М.; Белгород: Общество с ограниченной ответственностью «Издательско-книготорговый центр «Колос-с», 2021. – 204 с.

снижает риск меланомы и других разновидностей рака кожи, предотвращает появление пигментных пятен и веснушек [50–53].

Минеральные вещества в косметических средствах чаще применяются в виде комплексов и играют важную роль в лечении дерматитов, пигментации кожи и алопеции. Например, железо, селен, цинк воздействует на процессы регенерации, питания и оздоровления кожи и организма [54–57]. Магний способствует более равномерному распределению меланина в коже [58]. Цинк – способствует быстрому заживлению ран, играет незаменимую роль в процессах регенерации кожи (принимает участие в синтезе и стабилизации ДНК и РНК), роста волос и ногтей; медь – участвует в тканевом дыхании и в синтезе меланина, поэтому отвечает за процессы пигментации, а также имеет большое значение для поддержания эластичной структуры кожи; селен – стимулирует процессы обмена веществ, участвует в построении антиоксидантных соединений, защищая организм от вредных веществ, образующихся при распаде токсинов; оказывает лечебный эффект при заболеваниях кожи (акне, фотодерматит), играет большую роль при профилактике злокачественных новообразований [59].

В связи с вышеизложенным получение полизлаковых продуктов путём совместного проращивания зерна пшеницы и овса голозерного в качестве функционального ингредиента для пищевой и косметической отраслей промышленности Республики Беларусь имеет большое социально-экономическое значение.

Цель исследования – сокращение ресурсоёмкости технологии получения функциональных продуктов из пророщенного зерна.

Научная задача – обоснование технологии совместного проращивания зерна пшеницы и овса голозерного для получения функционального ингредиента на их основе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами экспериментальных исследований явились зерно пшеницы (*Triticum aestivum L.*) разных сортов (Сударыня, Ласка, Уздым) и овса голозерного (*Avena sativa L.*) сортов (Гоша, Королёк, Вандроуник), выращенных на сортоиспытательных участках РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», продовольственное зерно исследуемых культур, заготовляемого на ЧПТУП «Горецкий элеватор» Могилевской области (2014–2018 гг. урожая), пророщенное зерно пшеницы, пророщенное зерно овса голозерного на их основе, а также смеси из зерна пшеницы и овса голозерного совместно пророщенных в соотношении (от 10 до 90 %) в научной отраслевой лаборатории зерновых продуктов учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий».

При исследовании свойств зерна пшеницы и овса голозерного, а также пророщенных зерновых смесей применялись общепринятые и специальные в промышленности, научных учреждениях республики и за рубежом методы исследований. Расчеты, построение графиков и диаграмм осуществляли с помощью приложений Microsoft Office. При планировании эксперимента и обработке полученных результатов процесса проращивания применяли метод статистической обработки данных с помощью программного приложения Statgraphics Plus.

Отбор проб осуществляли в соответствии с ГОСТ 13586.3. Влажность зерна и зерновых смесей проводили воздушно-тепловым методом по ГОСТ 13586.5 и ГОСТ 9404, определение натурности зерна – по ГОСТ 10840, массы 1000 зерен – по ГОСТ 10842, плотности зерна и среднего объема одной зерновки – специальными методами оценки зерна в научных учреждениях. Содержание белка определяли по ГОСТ 26889 и по ГОСТ 10846, жира – экстракционно-весовым методом по ГОСТ 29033, крахмала – поляриметрическим методом по ГОСТ 10845, клетчатки – по ГОСТ 13496.2, сахара – согласно МВИ.МН 4475.

Экспресс-анализ влажности, натурности, температуры зерна и зерновых смесей в процессе исследования контролировали с помощью анализатора влажности зерна Aqua TR II и влаго-мера Wile; белка, жира, крахмала, клетчатки – с помощью инфракрасного анализатора Infraneo.

Расчет энергетической ценности производился путем умножения значений удельной энергетической ценности белков, жиров и углеводов на их содержание в продуктах: из расчета 4, 4 и 9 ккал и 17, 17 и 37 кДж соответственно на 1 г углеводов, белка и жира.

Процесс проращивания исследуемых культур проводили способом водно-воздушного замачивания. Для замачивания зерна использовали водопроводную воду с температурой 9 ± 1 °С. Проращивание осуществляли в суховоздушном термостате марки IPP 55 Memmert, в котором поддерживалась постоянная температура согласно эксперименту и относительная влажность воздуха 85 % в течение 30 ч. Процесс проращивания контролировали визуально и завершали при содержании в образцах не менее 75 % зерен пшеницы и овса голозерного с длиной ростков, не превышающей 2,0 мм. При длине ростка, превышающей 2,0 мм, биологическая ценность пророщенного зерна снижается ввиду потери сухих веществ, которые расходуются на развитие зародыша. При длине ростка, не превышающей 0,5 мм, не происходит необходимого расщепления химических веществ и увеличения биологической ценности зерна [31]. Исходя из этих сведений определяли продолжительность проращивания зерна, при которой длина ростка у не менее 75 % зерен составит 0,5–2,0 мм.

Энергию прорастания зерна и зерновых смесей определяли по ГОСТ 10968, жизнеспособность – по ГОСТ 12039. Экспресс-анализ жизнеспособности зерна контролировали с помощью аппарата для определения прорастания зерна Germ Pro.

Отбор проб, методы определения витаминов осуществляли в соответствии с ГОСТ 7047–55. Содержание витамина В₁ и В₂ определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии согласно МВИ.МН 2052 и МВИ.МН 2147, витамина В₆ и фолиевой кислоты в зерне и зерновых смесях – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии согласно ГОСТ EN 14663 и МВИ.МН 2146, β-каротина – спектрофотометрическим методом по МВИ.МН 3239, витамина РР – колориметрическим методом по ГОСТ 29140, витамина Е – колориметрическим методом по ГОСТ 30627.3.

Содержание аминокислот определяли с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии – МВИ.МН 1363. Биологическую ценность белка по аминокислотному составу оценивали при сравнении его с аминокислотным составом «идеального» белка. В качестве «идеального» белка применяли аминокислотную шкалу Комитета ФАО/ВОЗ. Лимитирующую кислоту в исследуемом белке устанавливали по наименьшему скору.

Подготовку проб минеральных элементов проводили по инструкции 4.1.10-14-5 методом автоклавной пробоподготовки, а также минерализацией по ГОСТ 26929. Содержание магния определяли атомно-абсорбционным методом по ГОСТ 30502, селена – флуориметрической методикой согласно инструкции 4.1.10-15-12; меди, цинка и железа – атомно-абсорбционным методом по ГОСТ 30178, калия – по ГОСТ 30504, фосфора и кальция – по МВИ.МН 1792 с помощью спектрометра А RL 3410+.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования представлены в пересчете на сухое вещество. Проведен комплексный анализ качества сортов пшеницы Сударыня, Ласка, Уздым и продовольственного зерна, районированных в Республике Беларусь. Получены данные показателей физико-химических свойств: натура 656–785 г/л, масса 1000 зерен 30,5–47,1 г, плотность 30,5–1,40 г/см³, объем зерновки 30–40 мм³; химического состава: белок 11,5–14,3 %, крахмал 55,7–61,8 %, сахара 1,0–3,5 %, клетчатка 7,3–10,2 %, жир 1,0–2,5 %. Высокими показателями физико-химических свойств характеризовались сорта пшеницы Ласка и Сударыня.

Проанализировано качество сортов овса голозерного Гоша, Вандроўнік, Королек и продовольственного зерна, выращиваемых на территории Республики Беларусь. Получены данные показателей физико-химических свойств и химического состава: натура 650–700 г/л, масса 1000 зерен 21,0–31,6 г, плотность 1,28–1,51 г/см³, объем зерновки 19–21 мм³; белок

15,1–17,5 %, крахмал 54,7–59,0 %, сахара 2,1–3,0 %, клетчатка 2,2–3,0 %, жир 4,1–5,2 %. Высокими показателями физико-химических свойств характеризовались сорта овса голозерного Вандроўнік и Королек. Полученные результаты показателей зерна овса голозерного согласуются с данными авторов Касьяновой, Баитовой и Дубиной для сортов (Гоша и Вандроўнік) 2007–2011 гг. урожая^{1,2}.

Полученные диапазоны вариаций исследуемых показателей для зерна пшеницы и овса голозерного находятся на уровне среднестатистических данных отечественных и зарубежных источников [26–29]. На данном этапе работы выяснили, что пшеница и овес голозерный имеют ценный нутриентный состав, однако ввиду серьезных отличий физико-химических свойств при переработке требуются отдельные технологические операции: очистка от примесей и сортирование.

На следующем этапе проводили отдельное проращивание зерна пшеницы и овса голозерного в диапазоне температур 5...30 °С по полученным ранее оптимальным режимам. В соответствии с нормативной документацией, средней температурой в теплый и холодный периоды года на рабочих местах производственных помещений является 20 °С, поэтому результаты исследований в статье представлены на примере данной температуры. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Табл. 1. Оптимальные режимы проращивания зерна пшеницы и овса голозерного (температура воздуха (20±1) °С)

Table 1. Optimal modes of germination of wheat and hulles oats (air temperature (20±1) °С)

Показатели	Первый этап проращивания		Второй этап проращивания		Продолжительность проращивания, ч
	Водная пауза, ч	Воздушная пауза, ч	Водная пауза, ч	Воздушная пауза, ч	
Пшеница	5,8–7,0	5,3–6,6	5,3–5,9	4,6–5,4	21,0–24,9
Овес голозерный	5,2–6,4	4,5–5,9	5,4–6,1	4,0–5,0	19,1–23,4
Интегральный диапазон, ч	5,8–6,4	5,3–5,9	5,4–5,9	4,6–5,0	21,1–23,2

Анализ экспериментальных данных, представленных в табл. 1, показал, что установленные оптимальные режимы проращивания исследуемых культур позволяют определить длительность водно-воздушных пауз первого и второго этапов проращивания зерна (с жизнеспособностью не менее 75 %) и обеспечить максимальный выход пророщенного зерна с длиной ростка, не превышающей требуемого технологией значения (от 0,5 до 2 мм), за минимальное время (от 19,1 до 24,9 ч) при температуре воздуха (20±1) °С. Активность роста зерна по окончании процесса проращивания при данных режимах является максимальной и составляет 3,6 %×ч⁻¹ для пшеницы и 3,95 %×ч⁻¹ для овса голозерного.

Изменение влажности зерна в процессе проращивания в конечных точках пауз представлено в табл. 2

¹ Дубина, Т. А. Технология производства муки из овса голозерного: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Т. А. Дубина. – Могилевский государственный университет продовольствия. – Могилёв, 2013. – 233 с.

² Баитова, С. Н. Технология крупы и хлопьев из овса голозерного: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / С. Н. Баитова. – Могилевский государственный университет продовольствия. – Могилёв, 2012. – 198 с.

Табл. 2. Влажность зерна пшеницы и овса голозерного в процессе проращивания (температура воздуха (20±1) °С)

Table 2 Humidity of wheat grain and hulles oats during germination (air temperature (20±1) °C)

Наименование паузы	Влажность зерна, %			
	Первая водная пауза, ч	Первая воздушная пауза, ч	Вторая водная пауза, ч	Вторая воздушная пауза, ч
Пшеница	38,5±0,5	37,7±0,7	45,3±0,3	44,5±0,4
Овес голозерный	40,5±0,4	39,3±0,6	46,3±0,3	45,3±0,3

Анализ данных показал, что при температуре 20±1 °С существует общий диапазон режимов процесса проращивания двух культур. Следовательно, можно сделать вывод о возможности совместного проращивания исследуемых культур. Также были проведены исследования процесса проращивания при температуре воздуха 5–30 °С, в ходе которых установлена интеграция режимов проращивания пшеницы и овса голозерного и общий диапазон значений. Однако ввиду интенсивного дыхания и, как следствие, «закисания» овса голозерного при 30 °С данный температурный режим был исключен из дальнейших исследований.

Полученные данные свидетельствуют о том, что совместное проращивание исследуемых культур возможно при температуре воздуха 5–25 °С. В результате изучения влияния времени проращивания (от 0 до 25 ч) на химический состав пророщенного зерна исследуемых культур установлено, что значительные изменения для овса голозерного происходят начиная с 10 ч проращивания, для зерна пшеницы с 15 ч проращивания включительно.

Проведена сравнительная характеристика химического состава нативного зерна (0 ч) и пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного (25 ч). В процессе биохимических превращений происходит расщепление сложных органических веществ зерна в среднем на 32 % у пшеницы и на 24 % у овса голозерного, увеличивается суммарное содержание витаминов В₁, В₂, В₆, В₉, РР, Е, β-каротин в 1,4 раза у пшеницы и 1,5 раза у овса голозерного, увеличивается суммарное содержание незаменимых аминокислот на 25,4 % в 100 г белка пшеницы, на 37,3 % в 100 г белка овса голозерного.

Исследование свойств сырья облегчает определение требуемых технологических режимов и делает возможным максимальное использование производственного оборудования, снижая потери в ходе производства и улучшая качество вырабатываемой продукции. Поэтому на следующем этапе изучили химический состав и проанализировали содержание нутриентов пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Из данных, представленных в табл. 3, следует, что овес голозерный пророщенный характеризуется высоким содержанием массовой доли белка, превышающий данный показатель пшеницы пророщенной на 4,5 %. Наблюдаются различия по содержанию крахмала между исследуемыми культурами.

Овес голозерный пророщенный характеризуется наименьшим содержанием крахмала по сравнению с пшеницей пророщенной на 2,7 %. Значительное различие между исследуемыми показателями имеет массовая доля клетчатки. Установлено, что содержание клетчатки в пророщенной пшенице на 13 % выше, чем у овса голозерного. Содержание массовой доли сахаров и жира овса голозерного пророщенного превышает содержание данных показателей пророщенной пшеницы на 4,5 и 4,8 % соответственно. Выяснили, что овес голозерный пророщенный отличается высокой энергетической ценностью и характеризуется более высоким содержанием массовой доли белка, сахаров и жира, в то время как пшеница пророщенная имеет высокие показатели массовой доли крахмала и пищевых волокон.

Табл. 3. Химический состав и энергетическая ценность пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного (в пересчете на сухое вещество)

Table 3. Chemical composition and energy value of germinated wheat and hulles oats (in terms of dry matter)

Показатели	Пшеница пророщенная	Овес голозерный пророщенный
Массовая доля белка, %	14,8	19,3
Массовая доля крахмала, %	61,6	58,9
Массовая доля клетчатки, %	16,9	3,9
Массовая доля жира, %	1,5	6,3
Массовая доля сахаров, %	3,3	7,8
Энергетическая ценность, кДж	6798	7077
Энергетическая ценность, ккал	400	416

Важной характеристикой перерабатываемого зерна является оценка содержания витаминов и аминокислот с целью дальнейшего сохранения их при переработке. В процессе раздельного проращивания был исследован витаминный и аминокислотный состав пророщенной пшеницы и овса голозерного. Результаты представлены в табл. 4.

Табл. 4. Содержание витаминов и аминокислот (мг/100 г продукта)

Table 4. The content of vitamins and amino acids (mg / 100 g of the product)

Показатели	Пшеница пророщенная	Овес голозерный пророщенный	Показатели	Пшеница пророщенная	Овес голозерный пророщенный
Витамины:			Треонин	723,7	840,2
В ₁	0,23	0,45	Фенилаланин	771,9	1219,2
В ₂	0,11	0,12	Незаменимые	4698,4	6059,5
В ₆	0,12	0,23	Аспарагиновая	745,3	1352,6
В ₉	0,27	0,40	Глютаминовая	5158	4098,1
РР	7,86	1,68	Серин	710,8	891,6
β -каротин	0,28	0,10	Глицин	739,2	818,1
Е	1,08	0,76	Аланин	722,2	1169,1
Аминокислоты:			Аргинин	649,7	551,1
Валин	622,6	766,1	Пролин	1141,1	1451,8
Изолейцин	786,5	944,2	Цистеин	258,5	276,5
Лейцин	1146,8	1519,3	Гистидин	444,5	755,2
Лизин	636,9	720,5	Тирозин	551,5	615,2
Метионин	Более 10	Более 50	Заменимые	11120,8	11979,3

Анализ полученных данных в табл. 4 показал, что пророщенное зерно овса голозерного характеризуется более богатым содержанием витаминов В₁, В₂, В₆, В₉ и аминокислот: содержание витамина В₂ больше в 1,1 раза, В₉ – в 1,5 раза, В₆ – в 1,9 раза, В₁ в 2 раза. Пророщенное зерно пшеницы содержит в 1,4 раза, 2,8 раза и в 4,7 раза больше витамина Е, β -каротина и РР соответственно. Зерно пророщенного овса голозерного в 1,3 раза превосходит пророщенное зерно пшеницы по суммарному количеству незаменимых аминокислот. По содержанию заменимых аминокислот пророщенное зерно овса голозерного превосходит пророщенную пшеницу: серина, пролина, аланина, гистидина больше в 1,2–1,7 раза, аспарагиновой кислоты – в 1,8 раза.

Известно, что пищевая ценность продуктов обусловлена не только содержанием макро- и микронутриентов (белки, жиры, углеводы, макроэлементы) и микронутриентов (витамины, ферменты и микроэлементы), но и способностью удовлетворять потребность организма человека

в энергии, необходимой для обеспечения полноценного здоровья¹. Данные по удовлетворению суточной потребности человека в основных нутриентах исследуемых образцов приведены на рис. 1.

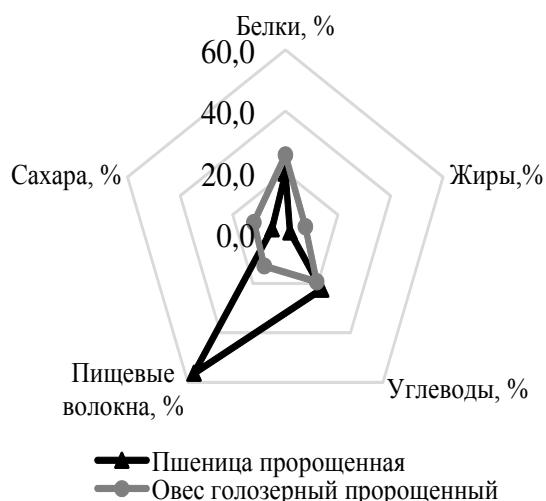


Рис. 1. Степень удовлетворения суточной потребности человека в основных нутриентах, содержащихся в 100 г пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного

Fig. 1. The degree of a person's daily need meeting for basic nutrients contained in 100 g of germinated wheat and hulled oats grain

Анализ экспериментальных данных, представленных на рис. 1, позволил установить, что степень удовлетворения суточного потребления белка исследуемых культур колеблется в пределах от 19,7 до 25,7 %, удовлетворенность суточной потребности в углеводах варьируется от 19,3 до 22,4 %, сахара от 5,1 до 12,0 %, жира от 1,8 до 7,6 %. Степень удовлетворения суточного потребления пищевых волокон исследуемых культур составляет от 13,0 до 56,3 %.

Исследован процесс проращивания семян в смеси при различном процентном соотношении и эффект их взаимодействия. В литературе нет сведений о совместном проращивании пшеницы и овса голозерного белорусской селекции и о влиянии их биополимеров друг на друга. Процесс проращивания смеси производился при температуре воздуха (20±1) °С по значениям интегрального диапазона (первый этап: водная пауза составила 5,8–6,4 ч; воздушная пауза 5,3–5,9 ч; второй этап: водная пауза составила 5,4–5,9 ч; воздушная пауза 4,6–5,0 ч). Процесс контролировали как и при раздельном проращивании, визуально, и завершали при содержании в образцах не менее 75 % зерен смеси с длиной ростков, не превышающей 2 мм. Влажность смесей по окончании эксперимента варьировалась в диапазоне от 43 до 45 %. Результаты совместного процесса проращивания зерна пшеницы и овса голозерного в процентном соотношении от 10 до 90 приведены на рис. 2.

В результате анализа данных, представленных на рис. 2, выяснили, что при внесении к основной массе зерна пшеницы семян овса голозерного прослеживается тенденция снижения длительности проращивания и увеличения активности роста смеси, а при внесении к основной массе зерна овса голозерного семян пшеницы – снижение активности роста и продолжительности процесса проращивания. Установлено, что все исследуемые образцы смеси содержат не менее 75 % проросших зерен в диапазоне от 0,5 до 2 мм, продолжительность проращивания смеси находится в пределах интегрального диапазона и составляет 21,0–23,6 ч. Выявлены изменения активности роста смесей, в сравнении с раздельным проращиванием диа-

¹ Колодязная, В. С. Пищевая химия: учеб. пособие/ В. С. Колодязная. – СПб.: СПбГАХПТ, 1999. – 140 с.

пазон значений совместного проращивания расширился на 9–12 % и составил (3,3–4,4 $\% \times \text{ч}^{-1}$). Показано, что при проращивании процентного соотношения 50:50 наблюдался аллелопатический эффект, который характеризовался наименьшей активностью роста (3,3 $\% \times \text{ч}^{-1}$).

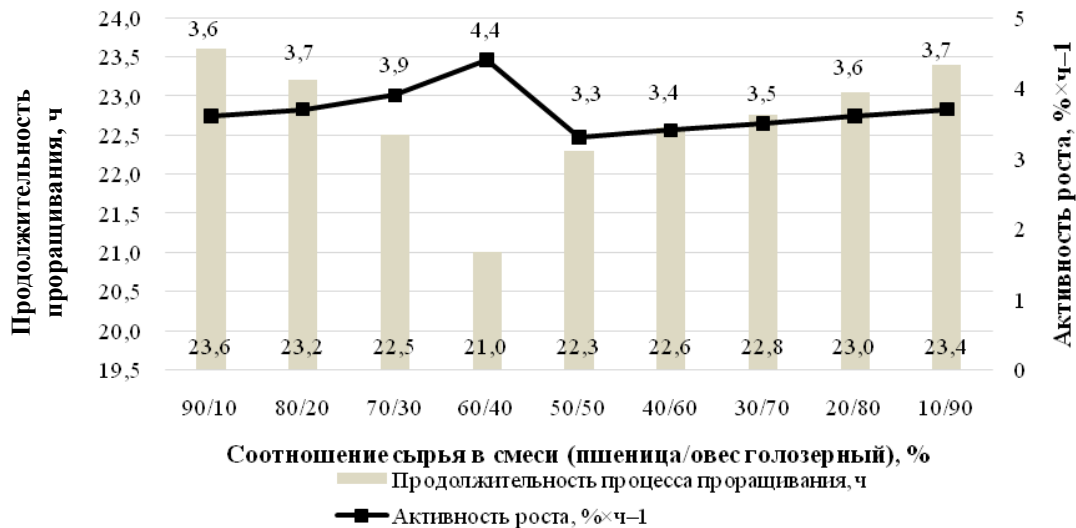


Рис. 2. Влияние совместного проращивания соотношений зерна пшеницы и овса голозерного на продолжительность проращивания и активность роста смесей на их основе

Fig. 2. The effect of combined germination of wheat and hulles oat grain ratios on the duration of germination and growth activity of their mixtures

Синергетический эффект взаимодействия наблюдался при проращивании смеси 60:40 (пшеница/овес голозерный) и характеризовался минимальным временем проращивания (21 ч) и максимальной активностью роста (4,4 $\% \times \text{ч}^{-1}$). Следовательно, совместное проращивания овса голозерного и пшеницы возможно при любом процентном соотношении, так как все исследуемые образцы имеют 75 % и более пророщенных зерен в смеси. Однако стоит учитывать эффекты взаимодействия количественного соотношения компонентов смеси. С учетом установленных эффектов взаимодействия компонентов смеси и ресурсосбережения процесса проращивания наиболее выгодным является проращивание в соотношении 60 % пшеницы и 40 % овса голозерного. На втором месте технологически выгодным является проращивание смеси 70 % пшеницы и 30 % овса голозерного (активность роста составила 3,9 $\% \times \text{ч}^{-1}$).

На данном этапе исследования предполагаем, что содержание нутриентов в совместно пророщенных смесях будет варьироваться в пределах установленных значений при отдельном проращивании данных культур. Данная гипотеза подкреплена опубликованными результатами ученых Всероссийского научно-исследовательского института зерна и продуктов его переработки – о линейной зависимости содержания основного нутриента, в частности жира, от процентного содержания семян льна при получении двухкомпонентных смесей пшеницы и льна [32, 33]. В научной литературе также приведены сведения о совместном и отдельном проращивании семян пшеницы и люпина в чашках Петри на подложке из фильтровальной бумаги. Авторами отмечено, что аллелопатическое взаимодействие прорастающих семян не меняет исследуемые показатели люпина, но проявляется в увеличении ферментативной активности пшеницы в 2,2 раза и увеличении длины ростков [37]. Однако в литературе нет

сведений о влиянии аллелопатического и синергетического типов взаимодействия, при совместном проращивании различного процентного соотношения компонентов смеси, на содержание витаминного, минерального и аминокислотного состав. Поэтому следующим этапом работы являлось изучение содержания нутриентов исследуемых культур, совместно пророщенных в соотношении от 10 до 90 % и степени удовлетворения суточной потребности организма человека в витаминах, микро- и макроэлементах полученных смесей для создания продуктов функционального назначения. Результаты представлены в пересчете на сухое вещество.

В суточном рационе человека важное значение имеет количественное и качественное соотношение витаминов, провитаминов и витаминоподобных веществ. Они не обладают энергетической ценностью, но являются катализаторами обменных процессов клеток и тканей организма человека, а также регулируют его защитные функции. Витамины обладают высокой биологической активностью и требуются организму в небольшом количестве. Однако некоторые из них легко разрушаются при технологической переработке сырья¹. В связи с этим был изучен витаминный состав полученных смесей и определена степень удовлетворения суточной потребности для организма человека (табл. 5).

Табл. 5. Влияние совместного проращивания различного соотношения зерна пшеницы и овса голозерного на витаминный состав смесей (в 100 г продукта)

Table 5. The effect of combined germination of different ratios of wheat and hulls oats grain on the vitamin composition of mixtures (per 100 g of product)

Соотношение сырья в смеси, %	Степень удовлетворения суточной потребности человека в витаминах, %						
	B ₁	B ₂	B ₆	B ₉	PP	E	β-каротин
Суточная потребность, мг	Нормы физиологических потребностей в витаминах для мужчин и женщин 18–59 лет ²						
	1,5	1,8	2,0	0,4	20,0	15,0	5,0
90/10	16,7	6,1	7,5	7,0	34,0	5,7	4,4
80/20	20,7	6,2	8,5	7,3	35,5	6,0	4,6
70/30	28,7	6,1	11,5	9,9	36,3	7,0	4,8
60/40	36,7	6,7	15,0	15,0	37,4	8,7	5,2
50/50	9,3	5,6	8,0	6,7	7,3	3,5	1,6
40/60	13,3	6,1	9,5	8,7	20,0	4,1	3,4
30/70	18,0	6,1	10,0	9,0	15,5	4,7	3,1
20/80	24,7	6,1	10,5	9,4	12,0	5,1	2,7
10/90	26,7	6,1	11,0	9,7	7,8	5,3	2,4

Исходя из данных, представленных в табл. 5, показано, что все исследуемые образцы содержат различные витамины, необходимые для поддержания жизненно важных функций организма. Выяснили, что смесь 50:50 (пшеница/овес голозерный) характеризуется наименьшей степенью удовлетворения суточной потребности организма человека в витаминах: β-каротин – 1,6 %; E – 3,5 %; B₂ – 5,6 %; B₉ – 6,7 %; PP – 7,3 %; B₆ – 8,0 %; B₁ – 9,3 %. Согласно нормативной документации² степень удовлетворения суточной потребности в перечисленных витаминах при потреблении данной смеси незначительная. Однако в соответствии со статьей 7 «Общие требования безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011³ известно, что «содержание каждого пищевого или биологически активного вещества, ис-

¹ Колодязная, В. С. Пищевая химия: учеб. пособие/ В. С. Колодязная. – СПб.: СПбГАХПТ, 1999. – 140 с.

² Санитарные нормы и правила. Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь: СанПиН № 180 от 20.11.2019. – Введ. 01.07.2013, Минск: Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2012. – 21 с.

³ Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011. – Введ. 01.07.2013 – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, переиздание 2020. – 143 с.

пользованного для обогащения, должно быть доведено до уровня употребления в 100 мл или 100 г, или разовой порции такой продукции не менее 5 процентов уровня суточного потребления». Следовательно, 100 г смеси 50:50 пророщенной пшеницы и овса голозерного возможно использовать в качестве обогащения пищевых продуктов по витаминам: В₁, В₂, В₆, В₉, РР. Пророщенная смесь 60:40 (пшеница/овес голозерный) характеризуется наибольшей степенью удовлетворения суточной потребности организма в витаминах: β-каротин – 5,2 %; В₂ – 6,7 %; Е – 8,7 %; В₉ – 15,0 %; В₆ – 15,0 %; В₁ – 36,7 %; РР – 37,4 %. 100 г разработанной смеси (60:40 пшеница/овес голозерный) по содержанию витамина В₁, В₆, В₉, РР удовлетворяет суточную потребность в витаминах более чем на 15 % и может быть использована для получения продуктов функционального питания на ее основе.

Для определения биологической ценности белков по аминокислотному составу изучаемых смесей оценивали при сравнении его с аминокислотным составом «идеального» белка Комитета ФАО/ВОЗ. В «идеальном» белке аминокислотный скор каждой незаменимой аминокислоты принят за 100 %. Результаты представлены в табл. 6.

Табл. 6. Расчеты аминокислотного сора незаменимых аминокислот зерновых смесей, полученных путем совместного проращивания пшеницы и овса голозерного в различном соотношении

Table 6. Calculation of the amino acid score of essential amino acids of grain mixtures obtained by combined germination of wheat and hulles oats in different ratios

Соотношение сырья в смеси, %	Аминокислотный скор, %						
	Валин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин + цистеин	Треонин	Фенилаланин + тирозин
	«Идеальный» белок ФАО/ВОЗ, г/100 г белка						
	5,0	4,0	7,0	5,5	3,5	4,0	6,0
90/10	86	139	119	79	54	113	160
80/20	88	138	119	81	55	113	160
70/30	90	136	120	82	57	113	162
60/40	97	135	123	85	65	113	167
50/50	63	113	110	48	55	71	140
40/60	84	130	115	74	51	110	159
30/70	83	128	114	73	51	110	159
20/80	82	126	114	71	50	109	159
10/90	80	124	113	69	49	109	159

Примечание – триптофан не определялся.

Анализ полученных данных в табл. 6 показал, что наибольшей биологической ценностью обладает пророщенная смесь 60:40 (пшеница/овес голозерный). Высоким содержанием во всех исследуемых соотношениях смеси являются «фенилаланин+тирозин», изолейцин и лейцин. Лимитирующими аминокислотами для всех исследуемых образцов являются валин, лизин, метионин и цистеин. В соответствии с вышеизложенным, оценка качества смесей из пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного свидетельствует о том, что полученные смеси являются источником функциональных ингредиентов – витаминов и растительного белка натурального происхождения¹.

Наряду с витаминами и аминокислотами, важное значение для организма человека имеют минеральные элементы. Известно, что минеральные вещества не обладают энергетической ценностью, однако имеют важное значение при нейтрализации кислот и предотвращении «защелачивания» организма, поэтому должны поступать с пищей в соответствии с физиологиче-

¹ Технический регламент Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» ТР ТС 022/2011. – Введ. 01.07.2013 – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, издание в режиме правки и переиздание 2019. – 18 с.

ской потребностью. Биологическая их ценность определяется содержанием и соотношением между собой в продуктах, а также действием на обменные процессы в организме человека. Минеральный состав смесей и удовлетворение суточной потребности в нем для организма человека представлен в табл. 7.

Табл. 7. Влияние совместного проращивания различного соотношения зерна пшеницы и овса голозерного на минеральный состав смесей (в 100 г продукта)

Table 7. The effect of combined germination of different ratios of wheat and naked oats grain on the mineral composition of mixtures (per 100 g of product)

Соотношение сырья в смеси, %	Степень удовлетворения суточной потребности человека в минеральных веществах, %							
	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu	Se
Суточная потребность, мг	Нормы физиологических потребностей в минеральных веществах для мужчин и женщин 18–59 лет ¹							
	2500,0	1000,0	400,0	800,0	14,0*	12,0	1,0	0,0625*
90/10	16,6	5,8	32,0	47,6	46,8	16,1	32,3	46,3
80/20	17,1	5,9	33,3	48,1	48,2	16,6	33,6	45,9
70/30	20,0	6,7	34,6	48,6	49,0	18,6	34,6	45,5
60/40	26,2	7,5	35,9	49,9	50,0	19,2	38,0	49,9
50/50	17,1	4,9	37,3	51,4	28,4	0,0	21,0	34,0
40/60	17,8	6,2	38,5	47,9	38,2	15,1	28,8	39,4
30/70	18,3	6,3	39,8	47,9	36,0	16,4	28,1	40,6
20/80	20,0	6,8	41,1	48,0	33,8	16,8	27,4	41,8
10/90	20,4	6,9	42,4	48,3	31,7	18,1	26,7	43,3

*Примечание – суточная потребность определена как усредненное значение нормы физиологической потребности в железе и селене для мужчин и женщин.

Из результатов, представленных в табл. 7, следует, что минеральный состав пророщенных смесей характеризуется наличием P, Se, Fe, Mg, Cu, K, Zn, Ca. Количественный анализ минеральных элементов варьируется в пределах от 0 до 51,4 % и зависит от соотношения зерна пшеницы и овса голозерного, пророщенного в составе смесей. Выяснили, что исследуемые смеси характеризуются низким содержанием кальция и удовлетворение в нем суточной потребности колеблется в пределах от 4,9 до 7,5 %, а также отсутствием содержания цинка в смеси 50:50 (пшеница/овес голозерный).). Количественный и качественный анализ удовлетворения суточной потребности в минеральных элементах показал, что смесь 60:40 (пшеница/овес голозерный) является источником P, Se, Fe, Mg, Cu, K, Zn, которые при ежедневном употреблении (от 10 до 50 % суточной потребности) положительно влияют на физиологические функции организма человека²: рост и развитие костей, мышц, нервной системы, кроветворения, выработки гормонов и ферментов, поддержания иммунитета, ускорении регенерации и оздоровления кожи, поддержания ее эластичности и упругости.

Сопоставив результаты динамики витаминного, минерального и аминокислотного составов при раздельном и совместном проращивании зерна пшеницы и овса голозерного было установлено, что синергетическое и аллопатическое взаимодействие процентного соотношения компонентов смеси при проращивании влияет на количественное и качественное распределение витаминов, минеральных веществ и аминокислот в смеси. При соотношении зерна

¹ Санитарные нормы и правила. Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь: СанПиН № 180 от 20.11.2019. – Введ. 01.07.2013, Минск: Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2012. – 21 с.

² Технический регламент Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» ТР ТС 022/2011. – Введ. 01.07.2013 – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, издание в режиме правки и переиздание 2019. – 18 с.

50:50 наблюдался аллелопатический эффект, который характеризовался наименьшей степенью удовлетворения суточной потребности организма человека в витаминах, минеральных веществах, а также наименьшим содержанием аминокислот. Синергетический эффект взаимодействия наблюдался при совместном проращивании смеси 60:40 (пшеница/овес голозерный) и характеризовался высокой пищевой и биологической ценностью готового продукта.

В данном исследовании гипотеза линейной зависимости нутриентов от соотношения компонентов в смеси не работает. Следовательно, определение содержания данных нутриентов расчетным методом при совместном проращивании семян на практике не подтвердилось ввиду наличия биохимических и метаболических изменений в процессе взаимодействия культур при проращивании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований получены данные о химическом составе и физико-химических свойствах продовольственного и сортового зерна пшеницы и овса голозерного белорусской селекции и установлены пределы их вариации. Выяснили, что физико-химические свойства зерна пшеницы и овса голозерного имеют существенные различия, поэтому при совместной переработке требуют таких отдельных технологических операций, как очистка от примесей и сортирование.

Исследован отдельный процесс проращивания пшеницы и овса голозерного при температуре воздуха от 5 до 30 °С. Впервые установлены интегральные диапазоны водной и воздушной пауз для температуры воздуха 5–25 °С, которые свидетельствуют о возможности совместного проращивания пшеницы и овса голозерного. Сокращение температурного режима связано с интенсификацией процесса дыхания зерна и изменениями его химического состава в зависимости от времени проращивания: для овса голозерного значительные изменения происходят начиная с 10 ч проращивания, а для зерна пшеницы – с 15 ч проращивания. Получены данные биохимических превращений при отдельном проращивании: расщепление сложных органических веществ зерна на 32 % у пшеницы и на 24 % у овса голозерного.

В процессе проращивания активно синтезируются витамины: суммарное содержание витаминов В₁, В₂, В₆, В₉, РР, Е, β-каротин увеличивается в 1,4 раза у пшеницы и в 1,5 раза у овса голозерного. Увеличивается суммарное содержание незаменимых аминокислот на 25,4 % в 100 г белка пшеницы, на 37,3 % в 100 г белка овса голозерного.

Исследован совместный процесс проращивания зерна пшеницы и овса голозерного в процентном соотношении от 10 до 90 % по значениям интегрального диапазона. Процесс проращивания зерна в составе смеси при различном процентном соотношении зависит от типа его взаимодействия. В сравнении с отдельным проращиванием диапазон значений активности роста смеси расширился на 9–12 %. При проращивании процентного соотношения 50:50 наблюдался аллелопатический эффект, который характеризовался наименьшей активностью роста смеси ($3,3 \% \times \text{ч}^{-1}$). Синергетический эффект взаимодействия проявился при проращивании смеси 60:40 (пшеница/овес голозерный) и характеризовался минимальной продолжительностью проращивания (21 ч) и максимальной активностью роста ($4,4 \% \times \text{ч}^{-1}$). С учетом выявленных эффектов взаимодействия компонентов смеси и ресурсосбережения процесса проращивания наиболее выгодным для технологии является проращивание смеси в соотношении 60 % пшеницы и 40 % овса голозерного.

Исследован витаминный, минеральный и аминокислотный состав смесей пророщенных совместно семян пшеницы и овса голозерного в соотношении от 10 до 90 %. Впервые получены результаты, подтверждающие влияние аллелопатического и синергетического взаимодействия на содержание витаминного, минерального и аминокислотного составов. Выяснили, что все исследуемые образцы содержат витамины, минералы и аминокислоты, необходимые для поддержания жизненно важных функций организма и здоровья кожи, волос и ног-

тей. Рекомендуется осуществлять совместное проращивание зерна пшеницы и овса голозерного в соотношении 60:40, что позволяет получить функциональный ингредиент для пищевой и косметической промышленности высокого качества в условиях ресурсосберегающей технологии (100 г продукта удовлетворяет суточную потребность в белке на 22,7 %, в пищевых волокнах – на 39,0 %, в В₉ – на 15 %, в В₆ – на 15 %, в В₁ – на 36,7 %, в РР – на 37,4 %, в Fe – на 50,0 %, в Р – на 49,9 %, в Se – на 49,9 %, в Cu – на 38,0 %, в Mg – на 35,9 %, в К – на 26,2 %, в Zn – на 19,2 %).

На основании проведенных исследований была разработана технология получения и применения функциональных зерновых смесей из зерна овса голозерного и пшеницы, с использованием совместного процесса проращивания зернового сырья. Разработаны и зарегистрированы технические условия «Продукты зерновые «BioMix»» (ТУ ВУ 700036606.115) и смесь зерновая «BioGrain» (ТУ ВУ 700036606.128). Полученные продукты использованы в качестве функционального ингредиента в рецептурах: маска косметическая «Zerno» (РЦ ВУ 700036606.235), коктейль зерновой «AquaGrain» (РЦ ВУ 700036606.280) и маска косметическая «BioMixGrain» (РЦ ВУ 700036606.279).

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования, описанные в данной статье, проводились в рамках гранта аспиранта «Разработка технологии получения смесей биоактивированного зерна и многокомпонентных порошковых продуктов на их основе» (номер госрегистрации 20180823), а также государственной программы научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства» по теме «Формирование научно-практических основ получения функциональных косметических средств антивозрастной направленности на основе местного растительного сырья» (номер госрегистрации 20162270) и государственной программы научных исследований «Биотехнологии» по теме «Обоснование эффективности ферментативного получения из злаковых, зернобобовых и масличных культур биологически активного сырья для косметических целей» (номер госрегистрации 20162139) при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Соломахина, Т. Р. Проблемы нерационального питания современного человека / Т. Р. Соломахина // Региональный вестник. – 2020. – № 12(51). – С. 46–47.
- 2 Третьяков, А. А. Зависимость экономических потерь от нездорового питания (краткий обзор литературы с 2000 по 2016 гг.) / А. А. Третьяков, К. Ю. Китанина, А. А. Хадарцев // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2018. – № 5. – С. 128–134.
- 3 Неповинных, Л. А. Диагностика сформированности знаний о здоровом питании у взрослого населения / Л. А. Неповинных // E-Scio. – 2022. – № 10(73). – С. 106–111.
- 4 Измайлова, О. В. Алиментарно-зависимые факторы риска артериальной гипертензии и технологии их коррекции / О. В. Измайлова, А. В. Калинина, Р. А. Еганян; под ред. О. В. Измайловой. – Профилактическая медицина, 2011. – С. 19–28.
- 5 Драпкина, О. М. Алиментарно-зависимые факторы риска хронических неинфекционных заболеваний и привычки питания: диетологическая коррекция в рамках профилактического консультирования. Методические рекомендации / О. М. Драпкина [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2021. – Т. 20. – № 5. – С. 273–334.
- 6 Tao, Meng-Hua Trends in Diet Quality by Race / Ethnicity among Adults in the United States for 2011-2018/ Tao, Meng-Hua & Liu, Jia-Liang & Nguyen, Uyen-sa // Nutrients. – 2022. – Vol. 14(19):4178. – P. 1–12.
- 7 Zuława, G. Ocena sposobu zywienia uczennic szkoły baletowej fundacji artystycznej w Krakowie/ G. Zuława, W. Pilch // Rocznik Państw Zakł Hig. – 2012. – Vol. 63 (1). – P. 105–110.
- 8 Benjelloun, S. Nutrition transition in Morocco/ Benjelloun S. // Public Health Nutr. – 2002. – Vol. 5 (1A). – P. 135–140.
- 9 Рогов, И. А. Медико-технологические аспекты разработки и производства функциональных пищевых продуктов / И. А. Рогов, Е. Н. Орешкин, В. Н. Сергеев // Пищевая промышленность. – 2017. – № 1. – С. 33–35.
- 10 Токарева, А. Новые разработки по применению пшеницы в функциональных продуктах / А. Токарева,

- И. А. Сорокина, Е. В. Панина // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 69-й студенческой научной конференции, Воронеж, 01 марта 2018 г. Том III. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2018. – С. 102–106.
- 11 Патент № 2652384 С2 Российская Федерация, МПК А21D 13/02, А21D 13/047, А21D 13/06. Новые функциональные зерна, их получение и применение: № 2015148008: заявл. 11.04.2014: опубл. 26.04.2018.
- 12 Шарипов, И. Н. Анализ динамической зависимости между состоянием рынка пшеницы и ценами на продукты ее переработки в США / И. Н. Шарипов // Экономика сельского хозяйства. Реферативный журнал. – 2004. – № 1. – С. 236.
- 13 Магомедов, М. Д. Факторы и резервы увеличения экспорта пшеницы и продуктов ее переработки из Российской Федерации / М. Д. Магомедов [и др.] // Экономические системы. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 160–169.
- 14 Павелзик, Е. Характеристика овса голозерного и возможности его переработки в пищевых целях / Е. Павелзик // Mlunsko-Pekarensku prumusi. – 1987. – № 2. – С. 166–168.
- 15 Аbugалиева, А. И. Изучение голозерного овса из коллекции ВИР на качественные показатели в условиях Казахстана / А. И. Аbugалиева [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2021. – Т. 182, № 1. – С. 9–21.
- 16 Кошак, Ж. В. Химический состав зерна твердых сортов пшеницы, районированных в Республике Беларусь / Ж. В. Кошак [и др.] // Агропанорама. – 2014. – № 2 (102). – С. 19–23.
- 17 Исачкова, О. А. Биохимические показатели качества зерна голозерного овса / О. А. Исачкова, Б. Л. Ганичев // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2012. – № 4(25). – С. 12–17.
- 18 Сумина, А. В. Пищевая ценность голозерного овса, выращенного в условиях Енисейской Сибири / А. В. Сумина, В. И. Полонский // Актуальные вопросы переработки и формирование качества продукции АПК: Материалы международной научной конференции, Красноярск, 24 ноября 2021 года. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2021. – С. 61–64.
- 19 Икоева, Л. П. Влияние норм и способов посева на урожайность голозерного овса при возделывании в предгорной зоне РСО-Алания / Л. П. Икоева, О. Э. Хаева, Т. М. Бацазова // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 54, № 2. – С. 116–121.
- 20 Лемеш, В. А. Генотипирование пшеницы по генам, ассоциированным с признаком «масса 1000 зерен», с использованием технологии KASP / В. А. Лемеш [и др.] // Стратегия, приоритеты и достижения в развитии земледелия и селекции сельскохозяйственных растений в Беларуси: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию, Жодино, 07–08 июля 2022 года. – Жодино: УП «ИВЦ Минфина», 2022. – С. 177–179.
- 21 Будько, А. С. Изменчивость продуктивности озимой мягкой пшеницы в зависимости от агрометеорологических условий / А. С. Будько // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2022. – № 58. – С. 337–344.
- 22 Леонова, С. А. Взаимосвязь технологических и биохимических свойств различных сортов пшеницы и их изменения в процессе переработки / С. А. Леонова // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2007. – № 9. – С. 14–16.
- 23 Кандроков, Р. Х. Роль шелушения зерна в технологии переработки твердой пшеницы / Р. Х. Кандроков, Г. Н. Панкратов // Научно-инновационные аспекты хранения и переработки зерна: к 85-летию ГНУ ВНИИЗ Россельхозакадемии : под редакцией Мелешкиной Е. П. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки, 2014. – С. 76–80.
- 24 Алехина, Н. Н. Биоактивированное зерно пшеницы как источник функциональных пищевых ингредиентов / Н. Н. Алехина, Е. И. Пономарева, К. С. Пожидаева // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: Материалы VI Международной научно-технической конференции, Воронеж, 11–12 декабря 2017 г. / Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий». – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. – С. 265–268.
- 25 Shrimpton, D. H. Микронутриенты и их взаимодействие / D. H. Shrimpton // РМЖ. – 2008. – Т. 16, № 7. – С. 453–456.
- 26 Папазян, Т. Т. Взаимодействие между витамином Е и селеном: новый взгляд на старую проблему / Т. Т. Папазян, В. И. Фисинин, П. Ф. Сурай // Птица и птицепродукты. – 2009. – № 2. – С. 21–24.
- 27 Алехина, Н. Н. Сравнительная оценка антиоксидантной активности функциональных пищевых ингредиентов / Н. Н. Алехина, Е. И. Пономарева, А. С. Желтикова // Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки в технологиях продуктов питания и парфюмерно-косметических средств: сборник материалов конференции. – Москва, 28 января 2019 года. – М.: Московский государственный университет пищевых производств. – 2019. – С. 11–13.
- 28 Benincasa, P. Sprouted Grains: A Comprehensive Review / P. Benincasa, B. Falcinelli, S. Lutts, F. Stagnari, A. Ga-

- lieni Sprouted Grains: // *Nutrients*. – 2019. – vol. 11(2):421. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11020421>.
- 29 Nemzer, B. Analysis of Fatty Acid Composition in Sprouted Grains/ B. Nemzer, F. Al-TaHER // *Foods* (Basel, Switzerland). – 2023. – vol. 12(9):1853. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12091853>.
- 30 Peñas, E. Advances in Production, Properties and Applications of Sprouted Seeds/ Elena Peñas, Cristina Martínez-Villaluenga // *Foods* (Basel, Switzerland). – 2020. – vol. 9 (6): 790. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9060790>.
- 31 Зенькова, М. Л. Влияние процесса проращивания зерен злаковых культур на их пищевую ценность / М. Л. Зенькова, А. В. Акулич // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2021. – № 3. – С. 26–53.
- 32 Гайда, В. К. Проросшее зерно как источник природных антиоксидантов / В. К. Гайда, В. В. Верхотуров, О. С. Бахарева // *Кормопроизводство*. – 2011. – № 8. – С. 31–32.
- 33 Белоусова, С. В. Разработка технологии функциональных продуктов на основе пророщенного зерна / С. В. Белоусова, М. А. Захаренко // *Агропромышленному комплексу – новые идеи и решения: Материалы XXI Внутривузовской научно-практической конференции, Кемерово, 04 февраля 2022 года / Редколлегия: Е.А. Ижмулкина [и др.]*. – Кемерово: Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт, 2022. – С. 108–114.
- 34 Биотехнологические приемы повышения эффективности использования зерновых ресурсов Беларуси / В. А. Шаршунов [и др.] // *Вести Национальной академии наук Беларуси. Сер. Аграр. наук*. – 2008. – № 1. – С. 101–106.
- 35 Панкратов, Г. Н. Особенности продуктов переработки двухкомпонентных смесей пшеницы и льна / Г. Н. Панкратов [и др.] // *Хлебопродукты*. – 2018. – № 12. – С. 42–46.
- 36 Мелешкина, Е. П. Новые функциональные продукты из двухкомпонентной зерновой смеси пшеницы и льна / Е. П. Мелешкина [и др.] // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. – 2019. – № 2. – С. 54–58.
- 37 Коржов, С. И. Бинарные посева как фактор оптимизации плодородия почвы / С. И. Коржов, Т. А. Трофимова, Г. В. Котов // *Коньяевские чтения: сборник научных трудов VI Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 13–15 декабря 2017 года*. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2018. – С. 274–277.
- 38 Кечкин, И. А. Размол бинарных зерновых смесей для получения композитных видов муки / И. А. Кечкин // *Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: сборник материалов VIII международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию создания Совета молодых ученых при СО ВАСХНИЛ, р.п. Краснообск, 24 марта 2021 года / Сост.: Н.С. Чуликова [и др.], под редакцией Н. Г. Власенко, К.С. Голохваста [и др.]*. – Новосибирск: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, 2021. – С. 325–329.
- 39 Метаболические изменения при совместном проращивании культурных растений и сидератов / Н. А. Орлова, Н. А. Степанова, Т. А. Толкачева, И. А. Конюшко // *The Scientific Heritage*. – 2021. – № 75–4(75). – С. 15–20.
- 40 Генджаева, Д. Ш. Физиолого-биохимические показатели семян пшеницы и люпина при совместном проращивании / Д. Ш. Генджаева // *Молодость. Интеллект. Инициатива: Материалы VIII Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, Витебск, 22 апреля 2020 г. / Редколлегия: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]*. – Витебск: Витебский государственный университет им. П.М. Машерова, 2020. – С. 56–57.
- 41 Rashidova, S. Synergetics of agricultural seeds capsulation / S. Rashidova, B. Oksengendler, N. Turaeva // *FAN Tashkent*. – 2013. – 96 p. – DOI: https://www.researchgate.net/publication/314186525_Synergetics_of_agricultural_seeds_capsulation.
- 42 Зоткина, А. Н. Особенности белорусского рынка парфюмерных товаров / А. Н. Зоткина // *Социально-экономические и правовые аспекты развития России в XXI веке: риски и стратегии: материалы II Международной научно-практической конференции, Воронеж-Орел, 26 марта 2021 года / ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» (Орловский филиал), АНОО ВО «Воронежский экономико-правовой институт», УО «Белорусский государственный экономический университет»*. – Орел: Общество с ограниченной ответственностью полиграфическая фирма «Картуш», 2021. – С. 296–301.
- 43 Курков, Ю. Б. Технологические возможности использования пророщенного зерна при приготовлении кормов для сельскохозяйственных животных / Ю. Б. Курков, В. З. Ременев // *Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве: сборник научных трудов. Выпуск 14*. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2007. – С. 96–102.
- 44 Золотарева, А. М. Способ получения биоактивированных семян облепихи / А. М. Золотарева, А. В. Щербинина, А. Н. Вторушина // *Химия растительного сырья*. – 2021. – № 1. – С. 267–275.
- 45 Урбанчик, Е. Н. Использование пророщенного зерна при производстве косметической продукции / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта, М. Н. Галдова // *Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов IX Международной научной конференции студентов и аспирантов, г. Могилёв, 24–25 апреля 2014 г. / Могилёвский государственный университет продовольствия; редкол.: А. В. Акулич [и др.]*. – Могилёв, 2014. – С. 166.
- 46 Урбанчик, Е. Н. Оценка микробиологических показателей зернового сырья для использования в косметических целях / Е. Н. Урбанчик, М. Н. Галдова, А. И. Малашенко // *Современные аспекты производства и перера-*

- ботки сельскохозяйственной продукции: сб. статей по материалам IV научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Краснодар, 23 марта 2018 г. / Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Гурбулина; редкол.: А. В. Степанов [и др.]. – Краснодар, 2018. – С. 365–369.
- 47 Урбанчик, Е. Н. Методические рекомендации по апробации косметических продуктов на основе растительного сырья / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта, М. Н. Галдова // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сборник тезисов докладов III Международной научно-практической конференции, г. Минск, 23–24 марта 2017 г. / БГАТУ – Минск, 2017. – С. 326–327.
- 48 Урбанчик, Е. Н. Сухие концентраты из пророщенного зерна и семян для приготовления витаминно-минеральных напитков и косметических средств / Е. Н. Урбанчик, М. Н. Галдова, А. И. Малашенко // Сотрудничество – катализатор инновационного роста: сб. мат. 3-го Белорусско-Прибалтийского форума, Минск, 19–20 октября 2017 г. / БНТУ. – Минск, 2017. – С. 41–42.
- 49 Урбанчик, Е. Н. Изучение возможности переработки овса голозерного для получения порошкового продукта как основного компонента косметических средств / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта, М. Н. Галдова // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов X Международной научно-технической конференции, г. Могилёв, 23 – 24 апреля 2015 г. / Могилёвский государственный университет продовольствия; редкол.: А. В. Акулич [и др.]. – Могилёв, 2015. – С. 75.
- 50 Петрова, О. Ю. Барьерная функция кожи и роль жирорастворимых витаминов в коррекции ее нарушений / О. Ю. Петрова, В. И. Альбанова // Вестник дерматологии и венерологии. – 2022. – Т. 98, № 3. – С. 24–33.
- 51 Матяс, М. А. Витамины для кожи / М. А. Матяс // Новая аптека. Аптечный ассортимент. – 2008. – № 2. – С. 42–44.
- 52 Рябкова, М. В. Витамины в клинической трихологии и дерматологии / М. В. Рябкова, В. Н. Терещенко, И. Н. Сормолотова // Забайкальский медицинский журнал. – 2016. – № 1. – С. 29–34.
- 53 Кутасевич, Я. Ф. Значение витаминотерапии в лечении хронических дерматозов / Я. Ф. Кутасевич, И. А. Олейник, И. А. Маштакова // Украинский журнал дерматологии, венерологии, косметологии. – 2011. – № 4 (43). – С. 46–50.
- 54 Патент № 2458680 С1 Российская Федерация, МПК А61К 8/92, А61К 8/24, А61К 8/27. Косметический гомеопатический лекарственный препарат (варианты) и способ создания этого препарата (варианты): № 2011104606/15: заявл. 10.02.2011: опубл. 20.08.2012.
- 55 Рябкова, М. В. Микроэлементы в клинической трихологии / М. В. Рябкова [и др.] // Забайкальский медицинский журнал. – 2015. – № 4. – С. 38–41.
- 56 Кардашова, Д. З. Комплексный подход – основа эффективного лечения алопеции / Д. З. Кардашова, [и др.] // Экспериментальная и клиническая дерматокосметология. – 2012. – № 1. – С. 58–62.
- 57 Евсеева, С. Б. Фито- и минеральные компоненты для коррекции возрастных изменений кожи / С. Б. Евсеева, Б. Б. Сысоев // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 12–9.
- 58 Торшин, И. Ю. Систематический анализ молекулярных механизмов участия магния в регуляции пигментобразования кожи / И. Ю. Торшин, О. А. Громова // РМЖ. – 2012. – Т. 20, № 22. – С. 1142–1149.
- 59 Павлова, Е. В. Биологическая роль микронутриентов (минералов) в формировании здоровья человека: дерматологические аспекты. Часть I / Е. В. Павлова, Ю. Э. Русак, Е. Н. Ефанова // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». – 2020. – Т. 22, № 8. – С. 11–16.

Поступила в редакцию 12.05.2023 г.

ОБ АВТОРАХ:

Галдова Марина Николаевна, начальник центра дистанционного обучения Института повышения и переподготовки кадров, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: galdova@mogilev.bgut.by.

Елена Николаевна Урбанчик, кандидат технических наук, доцент, директор Института повышения и переподготовки кадров, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: urbanchik@mogilev.bgut.by.

ABOUT AUTHORS:

Maryna M. Haldova, postgraduate student, Head of the Center Distance Learning, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: galdova@mogilev.bgut.by.

Alena M. Ourbantchik, Ph. D. (Engineering), Associate Professor, Director of the Institute of Advanced Studies and Specialists Re-training, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: urbanchik@mogilev.bgut.by.