

УДК 664.769

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ПРОРОЩЕННЫХ ПШЕНИЧНО-ОВСЯНЫХ СМЕСЕЙ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

М. Н. Галдова, Е. Н. Урбанчик

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Технология полизлаковых продуктов на основе пророщенного зерна ресурсозатратна из-за необходимости осуществлять отдельные технологические операции для различных злаковых культур. Гипотеза состоит в поиске интегральных параметров переработки зерна пшеницы и овса голозерного путем изменения условий проращивания, сокращения продолжительности процесса и количества технологических операций, снижая ресурсоемкость технологии, с целью производства пророщенных смесей как функционально-технологического ингредиента для использования в промышленности. Научная задача – обоснование технологии производства пророщенных пшенично-овсяных смесей как функционально-технологического ингредиента.

Материалы и методы. Зерно пшеницы (*Triticum aestivum L.*) и овса голозерного (*Avena sativa*), пророщенное зерно пшеницы и овса голозерного, пророщенные пшенично-овсяные смеси и продукты на их основе. Стандартизированные и общепринятые методы исследований.

Результаты. Разработана технология производства пророщенных пшенично-овсяных смесей, которая включает отдельные операции: очистка зерна от примесей и сортирование; совместные операции: мойка, обеззараживание, проращивание, сушка, измельчение, фасовка и упаковка. Впервые установлены интегральные режимы переработки зерна пшеницы и овса голозерного, обеспечивающие сокращение технологического цикла производства пророщенных смесей на 34 %. Максимальное содержание витаминов (В₁, В₂, В₆, В₉, РР, Е, β-каротин), минеральных веществ (К, Са, Mg, Р, Fe, Zn, Cu, Se) и достаточно высокая биологическая ценность белка достигнуты при совместном проращивании зерна пшеницы и овса голозерного в процентном соотношении 60/40 и 70/30. Синергетический и аллелопатический типы взаимодействия исследуемых культур оказывают влияние на активность роста смесей и продолжительность процесса проращивания. Разработан способ обеззараживания в процессе проращивания зерна пшеницы и овса голозерного с высокой микробной обсемененностью ($1,5 \times 10^6$ и $8,3 \times 10^7$ КОЕ/г соответственно), обеспечивающий снижение показателя общей микробной обсемененности пророщенного зерна в 3,0–3,3 раза. Установлен срок хранения смесей, при котором регламентируемые показатели качества находятся в допустимых пределах – 12 месяцев.

Выводы. Доказана возможность использования пророщенных пшенично-овсяных смесей в качестве функционально-технологического ингредиента высокого качества в промышленности при обоснованных технологических параметрах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: зерно; пшеница; овес голозерный; пророщенные пшенично-овсяные смеси; обеззараживание; химический состав; биологическая ценность; пищевая ценность; проращивание; оптимизация; синергетический тип; аллелопатический тип; функциональный ингредиент.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Галдова, М. Н. Технологические аспекты производства пророщенных пшенично-овсяных смесей и практическое их использование в промышленности // М. Н. Галдова, Е. Н. Урбанчик // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2023. – № 2(35). – С. 17–43.

TECHNOLOGICAL ASPECTS FOR THE PRODUCTION OF SPROUTED WHEAT-OAT MIXTURES AND THEIR PRACTICAL USE IN INDUSTRY

M. M. Haldova, A. M. Ourbantchik

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

ABSTRACT

Introduction. The technology of multi-cereal products based on sprouted grains is resource consuming due to the need to carry out separate technological operations for various cereal crops. The hypothesis is to find integral parameters for the processing of wheat grain and hullless oats by changing sprouting conditions, reducing the duration of the process and the number of technological operations and lowering the resource intensity of the technology in order to produce sprouted mixtures as a functional and technological ingredient for use in industry. The scientific task is to substantiate the production technology of sprouted wheat-oat mixtures as a functional and technological ingredient.

Materials and methods. Wheat grain (*Triticum aestivum L.*) and hullless oats (*Avena sativa*), sprouted grains of wheat and hullless oats, sprouted wheat-oat mixtures and sprouted wheat-oat mixture products. Standardized and generally accepted research methods.

Results. A technology has been developed for the production of sprouted wheat-oat mixtures, which includes separate operations: cleaning grain from impurities and sorting; combined operations: washing, disinfection, germination, drying, grinding, packaging and packing. Integrated processing modes for wheat grain and hullless oats have been first established, ensuring a reduction in the technological cycle for the production of sprouted mixtures by 34 %. The maximum content of vitamins (B₁, B₂, B₆, B₉, PP, E, β-carotene), minerals (K, Ca, Mg, P, Fe, Zn, Cu, Se) and high biological value proteins were obtained with combined germination of wheat grains and hullless oats in a percentage ratio of 60/40 and 70/30. Synergistic and allelopathic types of interaction between the crops under study influence the growth activity of mixtures and duration of germination process. A method has been developed for disinfection during the germination of wheat and hullless oat grains with high microbial contamination ($1,5 \times 10^6$ and $8,3 \times 10^7$ CFU/g, respectively), ensuring a reduction in the total microbial contamination of sprouted grain by 3,0–3,3 times. There has been determined the shelf life of the mixtures, at which the regulated quality indicators are within acceptable limits - 12 months.

Conclusions. The possibility of using sprouted wheat-oat mixtures as a functional-technological ingredient of high quality under technology-based parameters has been proven.

KEY WORDS: grain; wheat; hullless oats; sprouted wheat-oat mixtures; disinfection, chemical composition; biological value; food value; sprouting; optimization; synergetic type; allelopathic type; functional ingredient.

FOR CITATION: Haldova, M. M. Technological aspects for the production of sprouted wheat-oat mixtures and their practical use in industry / M. M. Haldova, A. M. Ourbantchik // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2023. – No. 2(35). – P. 17–43 (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

Согласно Доктрине национальной продовольственной безопасности, разработка и физическая доступность высококачественной продукции с достаточным количеством функциональных полезных веществ заключается в развитии научно-технического потенциала сельского хозяйства за счет комплексной переработки местного сырья в условиях безотходного ресурсосберегающего производства. В Республике Беларусь зерно занимает первое место по объему производства среди сельскохозяйственной продукции и определяет продовольственную безопасность страны¹.

Зерновые продукты из пшеницы и овса являются источником витаминов, незаменимых аминокислот, минеральных веществ и относятся к продуктам массового потребления, доступных для всех слоев населения [1–3]. Однако при производстве различных зерновых продуктов из них удаляются наиболее ценные их компоненты, что обуславливает целесообразность поиска направлений использования цельного зерна [4, 5]. Определённый интерес в этом направлении представляют проростки зерна как источник функциональных

¹О 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: 21.09.2023 г.

пищевых ингредиентов [6–8]. В научных источниках имеются сведения о том, что при проращивании в значительной степени увеличивается содержание отдельных биологически активных веществ¹ [9, 10] и повышается их биодоступность для организма человека [7, 11, 12], что делает его перспективным сырьем для продукции здорового питания [13, 14]. Исследованиями сохранения качества пророщенного зерна и технологических процессов производства и применения его в промышленности занимались многие ученые. В частности, учеными О. В. Бережной, Г. Г. Дубцовым, Л. И. Войно предложено использование проростков пшеницы в хлебопекарной и кулинарной продукции. Авторами разработана технология получения ростков пшеницы, включающая замачивание в течение 2 ч в воде с температурой 25 °С, размещение слоем 30 мм для проращивания при температуре 20 °С в течение 48 ч до образования ростков длиной около 2 мм, периодически увлажняя. Полученные авторами проростки пшеницы характеризовались высокой экстрактивностью, увеличением содержания свободных аминокислот в семь раз, витамина В₆ – более чем в пять раз, витамина В₁ – в 1,5 раза, фолиевой кислоты – в четыре раза, витамина В₂ – в 13,5 раза, а также обнаружено около 16 мг / 100 г аскорбиновой кислоты по сравнению с исходным зерном [15]. Исследователями М. Л. Микулинич, Н. А. Гузиковой предложено использование пророщенного зерна в заливке экстракта солодового или полисолодового вязкого в консервированной продукции. Авторами предложено солодоращение зерна пшеницы, овса голозерного, включающее замачивание зерна в воде с температурой (14±1) °С длительностью 24–32 ч до влажности 45 % и проращивание при температуре воздуха (14±1) °С в течение 2–3 суток до длины ростка $l = 2/3$ (примерно 3–5 мм) длины зерна по всему объему.

В результате исследованиями разработана консервированная продукция – пророщенный овес голозерный с солодовым экстрактом, пророщенная пшеница с солодовым экстрактом, пророщенная пшеница с полисолодовым экстрактом, которая обладает достаточно высокой биологической ценностью белка – 58–73 % и удовлетворением суточной потребности в витамине В₁ на 19–27 %, В₂ – 11–24 %; цинке – 8–21 %, меди – 45–65 %, железе – 11–69 % [16]. Исследователями Е. Н. Урбанчик и А. Е. Шалюта разработана технология производства хлопьев повышенной пищевой ценности из пророщенного зерна гороха, а также показатель комплексно характеризующий процесс проращивания зерна – Ар (активность роста). Авторами предложено замачивание при температуре 8–10 °С проращивание зерна гороха при температуре воздуха от 10 до 30 °С с длиной ростка не более 3 мм и длительностью проращивания не более 30,4 часа. Разработанные хлопья из пророщенного гороха превосходят контрольный образец гороховых хлопьев по содержанию всех исследуемых витаминов: витамина С в 25,2 раза, витамина В₁ в 1,9 раза, витаминов В₂ и В₆ в 2,6 и 2,75 раза соответственно, витамина РР в 2 раза и витамина Е в 1,4 раза.

Проведенный анализ отечественных и зарубежных источников информации свидетельствует об отсутствии практического применения смесей пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного ввиду нерешенных вопросов совместной технологической переработки и сохранности качества смесей в условиях безотходного ресурсосберегающего производства.

Известно, что на проращивание зерна влияют влага, температура воздуха, доступ кислорода. Микроклимат производственных помещений, в частности температура воздуха, меняющаяся в зависимости от времени года, оказывает наибольшее влияние на длительность процесса проращивания. Подбор оптимального сочетания параметров проращивания с учетом различной температуры воздуха в производственных условиях позволит оперативно корректировать технологические режимы и рационально использовать ресурсоемкость

¹Урбанчик, Е. Н. Технология производства хлопьев повышенной пищевой ценности из пророщенного зерна гороха / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта. – Могилев: МГУП, 2019. – 158 с.

предприятия, обеспечивая максимальный выход пророщенного зерна.

Экономия ресурсов предприятия и как следствие снижение себестоимости продукции из пророщенных смесей обуславливает актуальность поиска интегральных технологических режимов проращивания для зерна пшеницы и овса голозерного, а также изучение физико-химических свойств зерна и смесей – водопоглощения, массы и объема зерновых смесей в зависимости от времени замачивания, которые необходимо учитывать при выборе замочных емкостей и степени заполнения их зерном и водой. Показатель водопоглощения позволяет установить рациональное количество воды, необходимое для замачивания зерна и смесей.

В настоящее время возрастает интерес потребителей к продуктам, содержащим функциональные компоненты, благоприятно влияющим на физиологические функции организма. Оперативная корректировка технологических параметров обеспечивает получение пророщенного зерна с заданными функционально-технологическими свойствами. Востребованными для промышленности являются задачи управления и моделирования содержания полезных нутриентов, меняющихся в зависимости от заданных режимов на всем цикле появления ростка.

Известны исследования, направленные на повышение эффективности процесса проращивания путем смешивания зерновых культур и сидератов. Исследователями отмечены синергетический (усиливающий) и аллелопатический (угнетающий) типы их взаимодействия, влияющие на метаболические процессы зерновых культур и интенсификацию процесса их совместного проращивания¹ [16, 17]. В литературе отсутствуют данные проращивания зерна пшеницы и овса голозерного в составе смесей.

В качестве зернового сырья в работе использовали зерно пшеницы и овса, поскольку продукты их переработки относятся к продуктам ежедневного потребления. Химический состав продуктов является основным показателем их ценности. Исследуемые культуры и их проростки имеют различный химический состав [9]. Например, высокое содержание в зерне голозерных сортов белка, растительного жира, а также отсутствие пленок делает его ценным сырьем для комплексной переработки с пшеницей. Растворимая клетчатка овса частично усваивается организмом и способствует лучшему обмену веществ, предотвращает колебания уровня сахара в крови и оказывает тонизирующее воздействие, а нерастворимая клетчатка пшеницы относится к балластным веществам и усиливает перистальтику кишечника, способствуя пищеварению [18]. Комплексная переработка пшеницы и овса голозерного позволит создать новый зерновой продукт, обладающий большой популярностью и высокой функциональной ценностью.

Проращивание зерна происходит в условиях, благоприятных для размножения микроорганизмов, что вызывает его порчу и кратковременное хранение ввиду высокой влажности. Например, плесневение из-за роста грибов родов *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Geotrichum* [19–22]. Последствиями развития патогенных микроорганизмов являются желудочно-кишечные инфекции, часто связанные с *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Aeromonas hydrophilia*, простейшими, крайне редко – с *Listeria monocytogenes*, а также вспышки эпидемий, обусловленные *Escherichia coli* или бактериями рода *Salmonella* [23–25].

Согласно официальным рекомендациям, обеззараживание семян, зерна и проростков проводят препаратами растительного происхождения бактериофунгостатического действия [15], этанолом или его 70 %-ным раствором в течение не более 1 мин², настоями лекарственных трав и чеснока [26], раствором гипохлорита натрия [27], который лишь снижает уровень микробного поражения семян. Среди других реагентов эффективными

¹Rashidova, S. Synergetics of agricultural seeds capsulation / S. Rashidova, B. Oksengendler, N. Turaeva // FAN Tashkent. – 2013. – 96 p.

²Дитченко, Т. И. Культуры эукариотических клеток (электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине) / Дитченко Т. И. – Минск, 2016. – 75 с.

дезинфектантами являются диоксид хлора, пероксикислоты, каприлово-каприновая и молочная кислоты, глицерол монолаурат [28], уксусная кислота [29], соли хлорофиллина и их комплексы с хитозаном [30, 31]. Известен способ деконтаминации пророщенного зерна высокотемпературной обработкой, например, в Японии проводили бланширование в течение 30 секунд в кипящей воде при 98 °С, однако данный способ снижает жизнеспособность зерна [32]. Следует отметить, что применяемые методы дезинфекции либо дорогостоящие, либо не всегда определено их влияние на процесс прорастания зерна и свойства проростков. Поэтому при постоянно растущем спросе на пророщенное зерно, микробиологическая безопасность проростков обеспечивается постоянным совершенствованием существующих и разработкой новых способов обеззараживания.

Важнейшей технологической операцией по приведению пророщенного зерна в устойчивое при хранении состояние является сушка. Удаление избыточной влаги в пророщенном зерне и доведение его до сухого состояния (влажность должна быть ниже критической), позволит сохранить его в течение длительного времени. Согласно официальным данным известны разные типы зерносушилок, которые различаются способами сушки – конвективный, кондуктивный; сорбционная, радиационная, механическая сушка; вакуум-сушка; сушка с помощью токов разной частоты; комбинированная и сушка инфракрасным излучением [33, 34]. Из известных способов сушки зерна на предприятиях зерноперерабатывающей промышленности чаще всего используют конвективную сушку как наиболее распространенную и не требующую финансовой модернизации производственных линий. Поэтому подбор режимов сушки является актуальной задачей сохранения качества пророщенных смесей и потребительских свойств продукции на их основе. При длительном хранении зернопродуктов жир расщепляется на глицерин и жирные кислоты, следствием которого является повышение кислотности и появление неприятного запаха и прогорклого вкуса¹. Поэтому актуальной задачей является изучение сроков хранения пророщенных смесей.

В связи с вышеизложенным разработка современной технологии производства пророщенных пшенично-овсяных смесей как функционально-технологического ингредиента является перспективным направлением в зерноперерабатывающей промышленности.

Цель исследования – проектирование производства пшенично-овсяных смесей в качестве функционально-технологического ингредиента и практическое их использование в промышленности.

Научная задача – обоснование технологии производства пророщенных пшенично-овсяных смесей как функционально-технологического ингредиента.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами экспериментальных исследований явились зерно пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и овса голозерного (*Avena sativa* L.) (2014–2021 гг. урожаяев, Могилев), пророщенное зерно пшеницы, пророщенное зерно овса голозерного, а также пророщенные смеси исследуемых культур; пшенично-овсяные смеси «BioMix» и «BioGrain» и продукты на их основе – коктейль зерновой «AquaGrain», маска косметическая «Zerno», маска косметическая «BioMixGrain», напиток шипучий растворимый сухой «LARI».

При исследовании свойств зерна пшеницы и овса голозерного, а также пророщенных пшенично-овсяных смесей и продуктов на их основе 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

¹Казаков, Е. Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е. Д. Казаков. – М: Агропромиздат, 1989. – 368 с.

помощью программного приложения Statgraphics Plus.

Отбор проб зерна пшеницы и овса голозерного осуществляли в соответствии с ГОСТ 13586.3, проб пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – по ГОСТ 27668, проб коктейля зернового «AquaGrain», напитка шипучего растворимого сухого «LARI» – по ГОСТ 6687.0, проб маски косметической «Zerno» и маски косметической «BioMixGrain» – по ГОСТ 29188.0. Влажность зерна проводили по – ГОСТ 13586.5; пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – по ГОСТ 9404; коктейля зернового «AquaGrain», напитка шипучего растворимого сухого «LARI» – по ГОСТ Р 54642; изменение объема, массы, водопоглощения в процессе проращивания – 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, температуры зерна и смесей в процессе исследования контролировали с помощью анализатора влажности зерна Aqua TR II и влагомера Wile; белка, жира, крахмала, клетчатки – с помощью инфракрасного анализатора Infraneo. Ферментативную активность α -амилазы и β -амилазы зерна и смесей определяли по методу SKB, протеолитическую активность – по скорости реакции гидролиза субстрата при температуре 50 °С и pH 5,5 до низкомолекулярных продуктов, количественное содержание определяли методом Кьельдаля.

Микробиологические показатели пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» определяли по ГОСТ 26972, ГОСТ 10444.12, ГОСТ 10444.15, ГОСТ 30518, ГОСТ 30519, ГОСТ 31747; коктейля зернового «AquaGrain», напитка шипучего растворимого сухого «LARI» – по ГОСТ 30712, ГОСТ 31659, ГОСТ 30519, ГОСТ 31747, ГОСТ 26670; маски косметической «Zerno», маски косметической «BioMixGrain» – по ГОСТ ISO 21148, ГОСТ ISO 21149, ГОСТ ISO 18416, ГОСТ ISO 22717, ГОСТ ISO 22718, ГОСТ ISO 21150, ГОСТ ISO 16212, ГОСТ ISO 18415, ГОСТ ISO 17516. Кислотность пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» определяли по ГОСТ 27493, коктейля зернового «AquaGrain», напитка шипучего растворимого сухого «LARI» – по ГОСТ 6687.4; водородный показатель pH маски косметической «Zerno», маски косметической «BioMixGrain» – по ГОСТ 29188.2, пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» с помощью лабораторного настольного pH-метра HI 5221-02; крупность пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain», коктейля зернового «AquaGrain», напитка шипучего растворимого сухого «LARI», маски косметической «Zerno», маски косметической «BioMixGrain» – по ГОСТ 27560; металломагнитной примеси пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – по ГОСТ 20239; зараженности и загрязненности вредителями пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – по ГОСТ.27559; органолептические показатели пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – по ГОСТ 27558; коктейля зернового «AquaGrain», напитка шипучего растворимого сухого «LARI» – по ГОСТ 6687.5; маски косметической «Zerno», маски косметической «BioMixGrain» – по ГОСТ 29188.0. Токсикологические показатели безопасности: общетоксическое действие, кожно-раздражающее действие, действие на слизистые маски косметической «Zerno», маски косметической «BioMixGrain» определяли по ГОСТ 32893 и по инструкции № 004-612. Клинические (клинико-лабораторные) показатели: раздражающее действие, сенсibiliзирующее действие маски косметической «Zerno», маски косметической «BioMixGrain» определяли по ГОСТ 33483 и по инструкции № 004-612.

Содержание токсичных элементов маски косметической «Zerpo», маски косметической «BioMixGrain»: ртуть, мышьяк, свинец определяли по ГОСТ 26927, ГОСТ 26930, ГОСТ 30178, ГОСТ 31676. Содержание токсичных элементов пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain»: свинец, кадмий, ртуть, мышьяк определяли по МУК 4.1.986-00, ГОСТ Р 53183, ГОСТ 31707; радионуклидов пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – по ГОСТ 32161, МВИ 70-94, пестицидов пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – по МУ 2142-80, МУ 1541-76; микотоксинов пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – по ГОСТ 30711, МУК 4.1.2204-07, МВИ МН 2479, МВИ МН 2480, МВИ МН 2559.

Процесс проращивания исследуемых культур проводили водно-воздушным способом, принцип которого заключался в чередовании водных и воздушных пауз. Для замачивания зерна использовали водопроводную воду с температурой $(10 \pm 2)^\circ\text{C}$. 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. Для оптимизации процесса проращивания планировали эксперимент с использованием двух факторов: длительность водной паузы, длительность воздушной паузы. Выходной параметр – активность роста (A_p) определяли по формуле (1):

$$A_p = \frac{k_n}{\tau_n}, \quad (1)$$

где k_n – количество проросших зерен с длинной ростка не более 2 мм, %;

τ_n – время проращивания зерна (в момент подсчета количества проросших зерен), ч.

Отбор проб, методы определения витаминов осуществляли в соответствии с ГОСТ 7047–55. Содержание витамина B_1 и B_2 определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии согласно МВИ.МН 2052 и МВИ.МН 2147, витамина B_6 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 оценивали по аминокислотному составу при сравнении его с аминокислотным составом «идеального» белка. В качестве «идеального» белка применяли аминокислотную шкалу Комитета ФАО/ВОЗ. Для определения биологической ценности белков использовали метод Х. Митчела и Р. Блока¹, согласно которому рассчитывается показатель аминокислотного сора (АС). Лимитирующую кислоту в исследуемом белке устанавливали по наименьшему скору. Скор представляет собой отношение содержания незаменимой аминокислоты (АК) в исследуемом белке к ее количеству в эталонном белке и выражается либо в процентах, либо безразмерной величиной.

Аминокислотный скор можно рассчитать по формуле (2):

$$AC = \frac{AK_6}{AK_3}, \quad (2)$$

где AK_6 – содержание незаменимой АК в 100 г исследуемого белка, г;

AK_3 – содержание незаменимой АК в 100 г эталонного белка, г.

¹Нечаев, А. П. Пищевая химия / А. П. Нечаев [и др.], СПб.: ГИОРД, 2001. – 672 с.

Принято считать, что если аминокислотный скор имеет значение меньше 100, то физиологические потребности организма человека не в полной мере удовлетворяются по рассчитываемой аминокислоте. Если скор больше или равен 100, то продукт содержит достаточное количество данной аминокислоты.

Другой метод определения биологической ценности белков заключался в определении индекса незаменимых аминокислот (ИНАК). При записи формулы (3) применяется сокращенное название аминокислот по первым трем буквам. Метод представляет собой модификацию метода химического сора и позволяет учитывать количество всех незаменимых аминокислот. Расчет индекса может быть выполнен по формуле (3):

$$\text{ИНАК} = \sqrt[n]{\frac{\text{Лиз}_б}{\text{Лиз}_э} \times \frac{\text{Три}_б}{\text{Три}_э} \times \dots \times \frac{\text{Гис}_б}{\text{Гис}_э}}, \quad (3)$$

где n – общее число аминокислот, шт.;

нижние индексы $б$ и $э$ относятся к содержанию аминокислоты в изучаемом и эталонном белках соответственно, г.

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.

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.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для установления возможности комплексной переработки зерна пшеницы и овса голозерного проводили исследование процесса проращивания. Для определения технологических режимов, обеспечивающих максимальный выход пророщенного зерна, применяли способ оптимизации процесса проращивания зерна на основании математического моделирования водно-воздушного способа замачивания.

С учетом меняющейся температуры производственных помещений в течение года оптимизация процесса проращивания зерна пшеницы и овса голозерного проведена в диапазоне температур от 5 до 30 °С с интервалом 5 °С. В ходе предварительного эксперимента установлено, что проращивание зерна пшеницы и овса голозерного при температуре менее 5 °С превышает 5 дней, что приводит к увеличению ресурсоемкости технологии.

Ежегодно на протяжении 7-летнего цикла наблюдений в различное время года планировалось 24 матрицы эксперимента для 6 температурных режимов первого и 6 температурных режимов второго этапов проращивания сортового и продовольственного зерна пшеницы и овса голозерного. На основании анализа контурных графиков поверхности отклика установили максимальную и минимальную длительность водных и воздушных пауз каждого температурного режима для зерна пшеницы и овса голозерного, в которых значения активности роста (A_p) являются максимальными. Результаты определения рациональных режимов представлены (рис. 1–4) на примере температуры воздуха (20±1) °С – среднее значение в теплый и холодный период года производственных помещений в соответствии с нормативной документацией¹.

¹Санитарные нормы и правила «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях»: СанПиН от 30.04.2013 № 33. – Введ. 27.05.2013. – Минск. – Режим доступа: <https://energodoc.by/document/view?id=2285>. – Дата доступа: 16.10.2023.

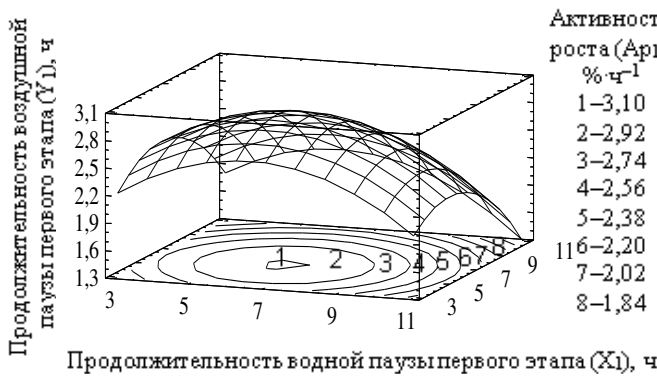


Рис. 1. График определения первого этапа проращивания зерна пшеницы

Fig. 1. Fig. 1. Schedule for the first stage of wheat germination

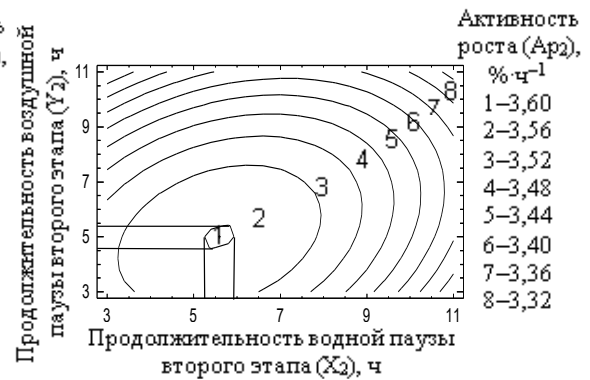


Рис. 2. График определения второго этапа проращивания пшеницы

Fig. 2. Fig. 2. Schedule for the second stage of wheat germination

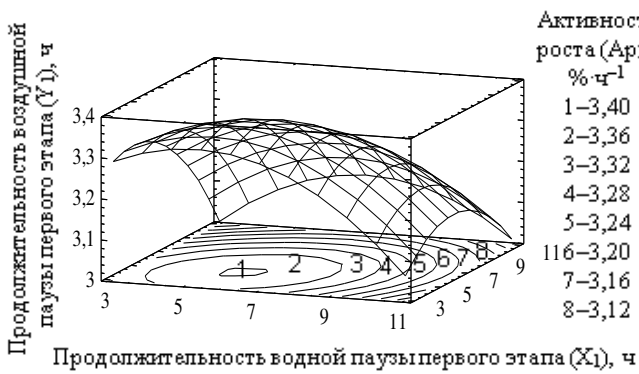


Рис. 3. График определения первого этапа проращивания зерна овса голозерного

Fig. 3. Schedule for the first stage of hulless oats germination



Рис. 4. График определения второго этапа проращивания овса голозерного

Fig. 4. Schedule for the second stage of hulless oats germination

Проращивание при температуре свыше 25 °С ведет к снижению активности роста и появлению постороннего запаха, не свойственного зерну, а при 30 °С происходит инактивация процесса. Следовательно, температурный диапазон 26–30 °С был исключен из дальнейших исследований.

Впервые получены данные о значениях активности роста на каждом этапе проращивания зерна в зависимости от температуры воздуха 5–25 °С: для зерна пшеницы первого этапа – от 2,40 до 3,25 %·ч⁻¹, второго этапа – от 2,90 до 3,76 %·ч⁻¹; для зерна овса голозерного первого этапа – от 2,06 до 3,40 %·ч⁻¹, второго этапа – от 2,3 до 3,95 %·ч⁻¹.

На основании полученных оптимальных режимов проращивания построены графики для определения длительности воздушно-водяных пауз проращивания зерна пшеницы и овса голозерного при температурных режимах 5–25 °С (рис. 5, 6).

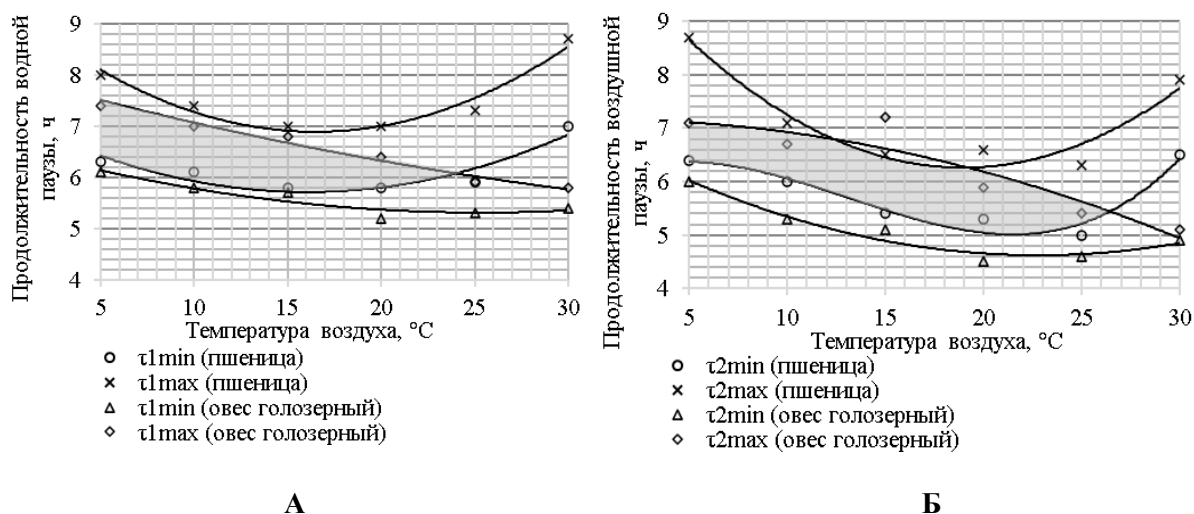


Рис. 5. Номограмма определения продолжительности водной (А) и воздушной (Б) пауз первого этапа проращивания зерна пшеницы и овса голозерного

Fig. 5. Chart for determining the duration of water (A) and air (B) pauses of the first stage of germination of wheat and hulless oats

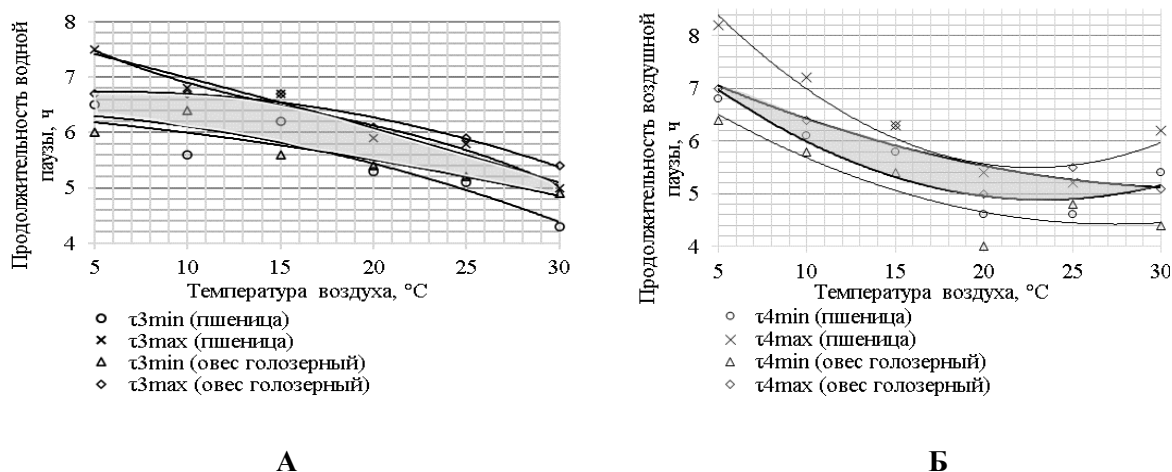


Рис. 6. Номограмма определения продолжительности водной (В) и воздушной (Г) пауз второго этапа проращивания зерна пшеницы и овса голозерного

Fig. 6. Chart for determining the duration of water (A) and air (B) pauses of the second stage of germination of wheat and hulless oats

Впервые установлены интегральные режимы проращивания зерна, представленные на рис. 5 и 6, в диапазоне температур 5–25 °С с интервалом 5 °С, которые находятся в серой зоне перекрытия и свидетельствуют о возможности совместного проращивания пшеницы и овса голозерного в составе смесей.

На основании проведенных исследований впервые получены данные минимальной и максимальной длительности водно-воздушных пауз первого и второго этапов проращивания зерна пшеницы и овса голозерного в составе смесей, которые позволяют оперативно скорректировать режимы без потерь выхода пророщенного зерна и их смесей в зависимости от температуры воздуха на производстве.

С целью моделирования содержания нутриентов в зависимости от выбранных режимов изучено влияние времени проращивания на химический состав зерна пшеницы и овса голозерного, пророщенных по отдельной технологии.

Проведенные исследования позволили получить данные по изменению химического состава, ферментативной активности белково-протеиназного и углеводно-амилазного комплексов зерна пшеницы и овса голозерного в зависимости от времени проращивания (от 0 до 25 ч с интервалом 5 ч) при разработанных режимах оптимизации. Обработка экспериментальных данных позволила получить уравнения регрессии линейного вида (табл. 1), описывающие изменения химического состава и ферментативной активности зерна пшеницы и овса голозерного при проращивании, которые могут быть использованы для оперативного управления процессом проращивания. Значения коэффициентов корреляции линейной регрессии находятся в пределах от 0,77 до 0,98 и характеризует высокую степень согласия уравнений с фактическими величинами.

Табл. 1. Зависимости, описывающие изменения химического состава, ферментативной активности зерна в зависимости от времени проращивания

Table. 1. Dependencies describing changes in the chemical composition and enzymatic activity of grain depending on germination time

Показатели	Зависимости вида $y=kx+b$	Показатели	Зависимости вида $y=kx+b$
Крахмал пшеницы	$y = -0,28x + 69,13$	Крахмал овса голозерного	$y = -0,24x + 65,23$
Белок пшеницы	$y = -0,02x + 15,36$	Белок овса голозерного	$y = -0,05x + 20,54$
Клетчатка пшеницы	$y = 0,11x + 10,49$	Клетчатка овса голозерного	$y = 0,03x + 3,28$
Сахара пшеницы	$y = 0,16x + 0,46$	Сахара овса голозерного	$y = 0,25x + 2,05$
Жир пшеницы	$y = -0,01x + 1,71$	Жир овса голозерного	$y = -0,02x + 6,66$
α -амилаза пшеницы	$y = 0,14x - 0,26$	α -амилаза овса голозерного	$y = 0,07x - 0,09$
β -амилаза пшеницы	$y = 5,34x + 77,70$	β -амилаза овса голозерного	$y = 0,86x - 0,96$
Протеолитическая активность пшеницы	$y = 0,02x + 0,18$	Протеолитическая активность овса голозерного	$y = 0,04x + 0,03$

Согласно полученным данным содержание крахмала, белка, жира снижается, в то время как содержание клетчатки, сахаров и витаминов увеличивается, значительные изменения ферментативной активности в зерне овса голозерного происходят с 10 часов, пшеницы – с 15 часов проращивания, общее содержание незаменимых аминокислот зерна пшеницы и овса голозерного увеличивается на 13,2–17,2 % соответственно, что согласуется с данными других ученых¹.

Установлено, что для зерна овса голозерного и пшеницы содержание В₁ увеличивается в 1,3–1,6 раз; В₉ в 1,5–1,6 раз; β -каротин в 1,4 раза; В₆ в 1,2 раза, Е в 1,2–1,4 раза соответственно.

Изменения содержания микро- и макроэлементов до 4,0 % обусловлены переходом в зерно химических веществ воды согласно литературным данным^{2,3}, причем кальций увеличивается на 3,8–4,0 %, магний на 2,4–3,4 %, железо на 1,7–1,9 %, калий, фосфор, медь, цинк, селен практически не изменяются.

Анализ экспериментальных данных показал, что пророщенное при разработанных режимах

¹Дубина, 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.

²Урбанчик, Е. Н. Технология производства хлопьев повышенной пищевой ценности из пророщенного зерна гороха / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта. – Могилев: МГУП, 2019. – 158 с.

³Мячикова, Н. И. Пророщенные семена как источник пищевых и биологически активных веществ для организма человека / Н. И. Мячикова [и др.] / Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5; [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=7007> – Дата доступа: 29.10.2023.

зерно пшеницы и овса голозерного имеет высокий биотехнологический потенциал ввиду содержания белка, пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ и аминокислот.

На следующем этапе изучено влияние противомикробной обработки на микробную обсемененность зерна пшеницы и овса голозерного. Дезинфекцию зернового сырья проводили растворами перманганата калия, лимонной кислоты и смесью ферментного препарата глюкозооксидаза и глюкоза, а также водно-тепловой обработкой. Результаты представлены в табл. 2.

Табл. 2. Влияние противомикробной обработки на микробную обсемененность зерна пшеницы и овса голозерного

Table. 2. Influence of antimicrobial treatment on microbial contamination of wheat grain and hulless oats

Наименование обработки	Параметры обработки	Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов					
		Пшеница			Овес голозерный		
		КОЕ/г	lg КОЕ/г	% к контролю	КОЕ/г	lg КОЕ/г	% к контролю
Перманганат калия	0,0025 %	8,8×10 ⁴	4,94	80,1	3,85×10 ⁵	5,59	70,6
	0,0025 %	8,4×10 ⁴	4,92	79,7	3,0×10 ⁵	5,48	69,2
Лимонная кислота	0,025 %	7,3×10 ⁴	4,86	78,8	9,1×10 ⁴	4,96	62,6
	0,05 %	1,1×10 ⁴	4,04	65,5	1,3×10 ⁴	4,11	52,0
Водно-тепловая обработка (τ _{min} = 30 сек)	70 °С	8,0×10 ⁵	5,90	95,6	5,1×10 ⁶	6,71	84,7
	80 °С	7,2×10 ⁴	4,86	78,8	8,0×10 ⁵	5,90	74,5
	90 °С	4,3×10 ³	3,63	58,8	8,3×10 ³	3,92	49,5
Глюкозооксидаза + глюкоза	100 ед/мл + 0,05 %	3,2×10 ⁶	6,50	105,3	9,8×10 ⁷	7,99	101,0
Контроль (мойка без дезинфектанта)	0	1,5×10 ⁶	6,17	100	8,3×10 ⁷	7,92	100

Показано, что перманганат калия (KMnO₄), который традиционно используют в качестве дезинфектанта в технологии получения пророщенного зерна, в общепринятой концентрации (0,0025 %, вес/объем) снижал обсемененность пшеницы на 20 %, овса голозерного – 29 %. Сходное влияние на микрофлору зерна в таком же количестве оказывала и лимонная кислота, причем с повышением концентрации обсемененность снижалась в 1,2–1,4 раза в сравнении с действием KMnO₄ (0,0025 %). В результате водно-тепловой обработки (90 °С) по сравнению с традиционным обеззараживанием KMnO₄ (0,0025 %) снижалась в 1,7 раз для пшеницы и в 2 раза для овса голозерного по сравнению с контролем (без обработки дезинфектантом).

Использование ферментативного (глюкозооксидазного) способа дезинфекции, эффективность которого установлена для семян овощных культур¹, не привело к достоверному снижению микробной контаминации зерна. На основании полученных данных выбраны экономически выгодные дезинфектанты – KMnO₄ (с = 0,0025 %) и водно-тепловая обработка (t_{воды} = 90 °С, τ = 30 с).

Следующим этапом исследований являлось обоснование способа обеззараживания зерна пшеницы и овса голозерного с высокой естественной обсемененностью (1,10×10⁶ и 8,3×10⁷ КОЕ/г соответственно). Процесс получения пророщенного зерна с учетом обеззараживания проведен тремя способами. Количество этапов и их последовательность варьирования представлена на рис. 7.

¹Прищепа, Л. И. Применение препаратов глюкозооксидаз для предпосевной обработки семян овощных культур (Методическое пособие) / Л. И. Прищепа [и др.]. – Минск, 2005. – 8 с.

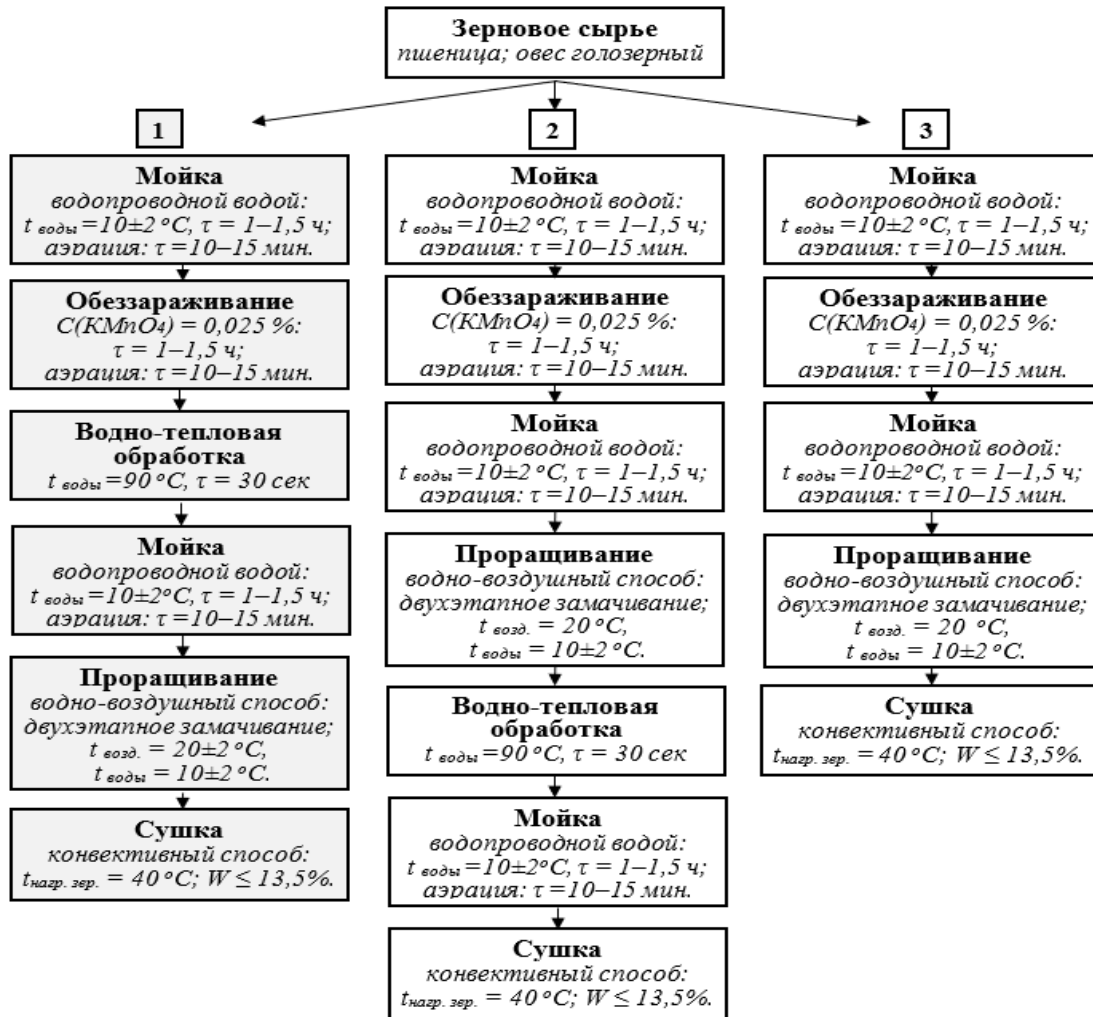


Рис. 7. Способы обеззараживания пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного

Fig. 7. Methods for disinfection of sprouted grains of wheat and hulless oats

Результаты микробной обсемененности пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного представлены на рис. 8.

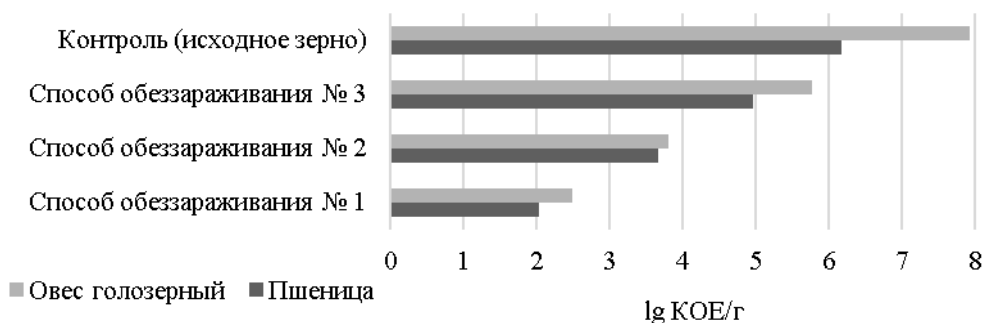


Рис. 8. Динамика общей микробной обсемененности пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного в зависимости от способа обеззараживания

Fig. 8. Dynamics of total microbial contamination of sprouted grains of wheat and hulless oats depending on the method of disinfection

Анализ данных показал, что в результате получения пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного, согласно способу 1, показатель общей микробной обсемененности снижается в 3,0–3,2 раза в сравнении с контролем.

Следующим этапом работы являлось совместное проращивание зерна пшеницы и овса голозерного в диапазоне температур 5–25 °С с интервалом 5 °С. Процесс проращивания смеси производился по значениям установленных интегральных режимов для пшеницы и овса голозерного. Результаты влияния совместного процесса проращивания зерна пшеницы и овса голозерного в соотношении от 10 до 90 % на технологические показатели смесей показаны в табл. 3.

Табл. 3. Влияние совместного проращивания различных соотношений зерна пшеницы и овса голозерного на технологические показатели смесей

Table. 3. Influence of combined germination of different ratios of wheat and hulless oats grains on technological parameters of mixtures

Соотношение сырья в смеси (пшеница/овес голозерный), %	Температура воздуха, °С									
	5		10		15		20		25	
	Ар, %×ч ⁻¹	τ, ч	Ар, %×ч ⁻¹	τ, ч	Ар, %×ч ⁻¹	τ, ч	Ар, %×ч ⁻¹	τ, ч	Ар, %×ч ⁻¹	τ, ч
90/10	2,90	28,5	3,0	27,0	3,20	25,7	3,60	23,6	3,50	22,5
80/20	3,0	27,7	3,10	25,6	3,30	24,5	3,70	23,2	3,60	22,1
70/30	3,30	26,8	3,60	24,8	3,70	23,7	3,90	22,5	3,90	20,6
60/40	3,40	26,0	3,70	24,0	4,0	23,0	4,40	21,0	4,20	20,0
50/50	2,65	27,5	2,90	25,4	3,10	24,3	3,30	22,3	3,20	21,4
40/60	2,70	27,8	3,05	25,7	3,20	24,7	3,40	22,6	3,35	21,6
30/70	2,80	27,9	3,10	25,9	3,25	24,9	3,50	22,8	3,40	21,8
20/80	2,90	28,5	3,15	26,2	3,30	25,0	3,60	23,0	3,45	21,9
10/90	3,0	28,7	3,20	26,6	3,35	25,5	3,70	23,4	3,50	22,3

Показано, что при соотношении 60/40 и 70/30 (пшеница/овес голозерный) наблюдался синергетический (усиливающий) тип, который характеризовался максимальной активностью роста смеси и минимальной продолжительностью процесса проращивания в сравнении с другими модельными образцами смеси. Аллелопатический (угнетающий) тип взаимодействия культур, который характеризовался снижением активности роста смеси и повышением продолжительности процесса проращивания, наблюдался при остальных соотношениях.

Следовательно, с учетом установленных типов взаимодействия компонентов смеси и интенсификации процесса проращивания наиболее выгодным является проращивание в соотношении 60/40, 70/30 (пшеница/овес голозерный). По результатам полученных данных, представленных в табл. 3. для дальнейших исследований выбрана температура воздуха 20 °С, которая соответствует среднему значению в теплый и холодный период года производственных помещений в соответствии с нормативной документацией¹.

Практическую значимость для рационального контроля производственных ресурсов в процессе проращивания зерна и смесей исследуемых культур представляет изучение влияния времени проращивания на физико-химические свойства зерна – объем, масса и водопоглощение.

Для изучения влияния времени проращивания на изменение объема зерна пшеницы, овса голозерного и пшенично-овсяных смесей эксперимент проводили в мерных цилиндрах объемом 0,5 л. Измерения объема, занимаемого зерном и смесью, определяли от 0 до 24 ч с

¹Санитарные нормы и правила «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях»: СанПиН от 30.04.2013 № 33. – Введ. 27.05.2013. – Минск. – Режим доступа: <https://energodoc.by/document/view?id=2285>. – Дата доступа: 16.10.2023.

интервалом в 1 ч. Длительности воздушно-водяных пауз и этапов проращивания при различных температурах воздуха (5–25 °С с интервалом 5 °С) значительно отличаются, однако наблюдается равное приращение объема в конечных точках пауз проращивания. Значения приращения объема зерна и смесей при температуре воздуха 20 °С (рис. 9) соответствует среднему значению объема зерна и смесей при всех исследуемых температурах, поэтому исследования изменений объема проводили при данной температуре.

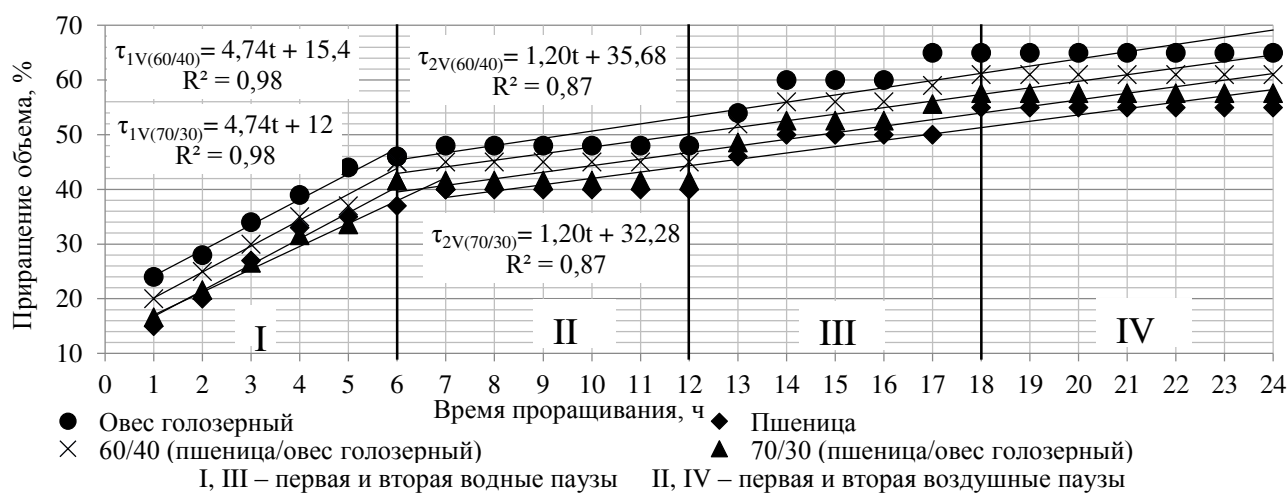


Рис. 9. Изменение объема при проращивании зерна пшеницы, овса голозерного и пшенично-овсяных смесей

Fig. 9. Changes in volume during germination of wheat, hulless oats grains and wheat-oat mixtures

Увеличение объема зерна и смесей в процессе проращивания происходит в водную паузу первого и второго этапов проращивания по отношению к их исходному объему. В воздушные паузы объем смеси не уменьшается, что позволяет сделать вывод об удерживании влаги, необходимой для процесса прорастания. Установлено, что в процессе проращивания в течение 24 ч объем и масса зерна пшеницы увеличивается в 1,4 раза и в 1,5 раз, овса голозерного – в 1,5 и 1,6 раз соответственно. Объем и масса пшенично-овсяных смесей увеличиваются в 1,4 и 1,5 раз. Наибольший объем смеси наблюдается через 18 ч (во вторую водную паузу), однако максимальное значение показателя активности роста (A_p) достигается через 21 ч (во вторую воздушную паузу) проращивания.

Для определения рационального количества воды для проращивания зерна и смеси определяли количество поглощенной воды в водные паузы с интервалом в 1 ч и влажность зерна и смесей в конечных точках эксперимента. Полученные результаты представлены на рис. 10.

Определена степень водопоглощения, которая составляет (113±4) % к начальной массе зерна пшеницы и (120±4) % к начальной массе зерна овса голозерного. Влажность зерна влияет на технологические процессы переработки и составляет: для зерна пшеницы в конечной точке проращивания составила (44,5±0,4) %, овса голозерного – (45,3±0,3) %. Степень водопоглощения пшенично-овсяных смесей составляет (115±2) % к начальной массе смесей, влажность смесей в конечной точке проращивания (45,7±0,4) %. В результате обработки экспериментальных данных получены линейные уравнения регрессии, позволяющие рассчитать минимальное количество воды, необходимой для замачивания смесей в соотношениях 60/40 и 70/30 (пшеница/овес голозерный) и приращение объема смесей

от времени проращивания, которое необходимо учитывать при выборе замочных емкостей.

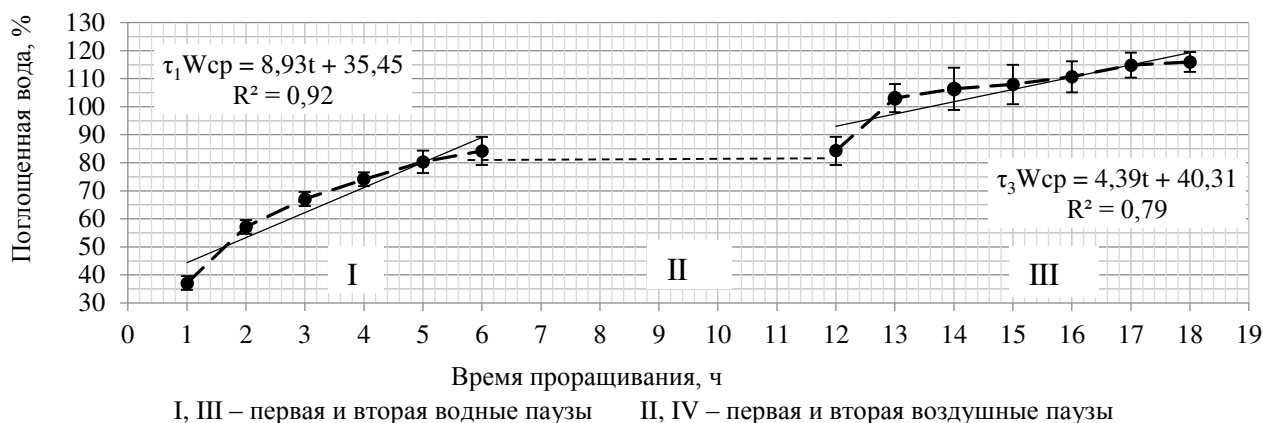


Рис. 10. Водопоглощение пшенично-овсяных смесей при проращивании

Fig. 10. Water absorption of wheat-oat mixtures during germination

Длительное хранение пророщенных пшенично-овсяных смесей возможно только в сухом состоянии. Из известных способов сушки была выбрана конвективная сушка как наиболее распространенная и не требующая финансовой модернизации производственных линий. С целью сохранения качества пророщенных смесей и потребительских свойств продукции на их основе изучены режимы термомеханической обработки, которая включает сушку и измельчение.

Пророщенные смеси подвергали тепловой обработке от 40 до 80 °С с интервалом 10 °С и определяли содержание α-амилазы, β-амилазы, протеолитических ферментов, изменения которых при тепловой обработке могут свидетельствовать о снижении термолабильных витаминов и аминокислот и согласуется с данными других ученых¹. Результаты представлены в табл. 4.

Таб. 4. Влияние температурных режимов конвективного способа сушки на ферментативную активность пророщенных пшенично-овсяных смесей

Table. 4. Influence of temperature conditions of the convective drying method on the enzymatic activity of sprouted wheat-oat mixtures

Температура, °С	Активность α-амилазы				Активность β-амилазы				Протеолитическая активность				Длительность сушки, ч (W≤14,5 %)
	Содержание, ед/г		Снижение, %		Содержание, ед/г		Снижение, %		Содержание, ед/г		Снижение, %		
	60/40*	70/30*	60/40	70/30	60/40	70/30	60/40	70/30	60/40	70/30	60/40	70/30	
40	4,35	4,65	–	–	300,0	315,0	–	–	0,60	0,55	–	–	8
50	4,15	4,45	4,60	4,30	280,0	295,0	6,60	6,30	0,58	0,53	3,30	3,6	7
60	3,80	4,10	12,60	11,80	250,0	265,0	16,7	15,8	0,57	0,52	5,0	5,4	6
70	3,10	3,40	28,70	26,90	190,0	205,0	36,7	34,9	0,49	0,46	18,3	16,4	5
80	2,70	2,90	40,20	37,60	155,0	170,0	48,3	46,0	0,42	0,40	30,0	27,2	4

*Примечание – 60/40 (пшеница/овес голозерный); 70/30 (пшеница/овес голозерный)

Согласно полученным данным, представленным в табл. 4, содержание ферментов

¹Урбанчик, Е. Н. Технология производства хлопьев повышенной пищевой ценности из пророщенного зерна гороха / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта. – Могилев: МГУП, 2019. – 158 с.

уменьшается незначительно до 6,6 % при температуре сушки не более 50 °С и длительность сушки составила 7–8 часов, при данных режимах влажность пророщенных смесей составила 10 %, что соответствует температурному режиму сушки для семенного зерна¹.

Измельчение проводили на электрической жерновой мельнице НК-820 путем пропуска пшенично-овсяной смеси через регулируемый зазор 0,3 мм, который согласно инструкции оборудования соответствует крупности цельносмолотого продукта не более 220 мкм и соответствует крупности муки второго сорта².

На основании проведенных исследований установлены рациональные режимы термомеханической обработки пророщенных пшенично-овсяных смесей: температура сушки 50 °С, длительность сушки 7 ч до влажности не более 10 %, зазор между жерновами – 0,3 мм, крупность частиц цельносмолотого продукта не более 220 мкм.

На основании представленных результатов исследований разработана технологическая схема производства пророщенных пшенично-овсяных смесей, которая включает отдельные операции: очистка зерна от примесей и сортирование; совместные операции: мойка, обеззараживание, проращивание, сушка, измельчение, фасовка и упаковка. В сравнении с традиционной технологией проращивания зерна предлагаемая технология позволяет сократить количество операций с 15 до 10, что позволяет характеризовать разработанную технологию как ресурсосберегающую, за счет объединения технологических операций для двух культур – мойка, обеззараживание, проращивание, сушка, измельчение, фасовка и упаковка. Проведена опытно-промышленная проверка разработанной технологии на Горецком филиале ОАО «Булочно-кондитерская компания «Домочай» Республики Беларусь.

Исследованы показатели качества и безопасности экспериментальных партий пророщенных пшенично-овсяных смесей, которые представлены в табл. 5–8.

Табл. 5. Показатели качества пророщенных пшенично-овсяных смесей

Table. 5. Quality indicators of sprouted wheat-oat mixtures

Показатели	Значение	Показатели	Значение
Внешний вид	Однородная смесь измельченных компонентов, допускается комкование продукта	Зараженность и загрязненность вредителями хлебных запасов	Не обнаружены
Цвет	Серовато-кремовый с вкраплением частиц более темного цвета	Металломагнитная примесь, мг/ кг	Не обнаружено
Запах	Свойственный зерновому продукту, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневелый	Кислотность, град	4,4±0,1
Влажность, %	9,0±1,0	Значение водородного показателя (рН)	5,5±0,5

Проведена оценка качества пророщенных пшенично-овсяных смесей в сравнении с отдельно пророщенными пшеницей и овсом голозерным. Полученные продукты зерновые «BioMix» по содержанию витаминов превосходят образцы пшеницы пророщенной: В₁ в 2,4 раза, В₂ в 1,1 раз, В₆ в 2,5 раза, В₉ в 2,2 раза, Е в 1,2 раза; образцы овса голозерного пророщенного: В₁ в 1,2 раза, В₆ в 1,3 раза, В₉ в 1,5 раза, РР в 4,4 раза, Е в 1,7 раза, β-каротин в 2,6 раз.

¹Шаршунов, В. А. Послеуборочная обработка и хранение зерна и семян: Пособие в 2 частях / В. А. Шаршунов, Е. Н. Урбанчик. Том 1., часть 2. – Минск: Мисанта, 2014. – 848 с.

²Мука пшеничная. Технические условия: СТБ 1666-2006. – Переиздан 01.12.2013. – Минск: Гос. Комитет по стандартизации Республики Беларусь: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2013. – 15 с.

Табл. 6. Показатели безопасности пророщенных пшенично-овсяных смесей

Table. 6. Safety indicators of sprouted wheat-oat mixtures

Показатели	Допустимые уровни, не более		Содержание	
			«BioMix»	«BioGrain»
Токсичные элементы, мг/кг	Свинец	0,5	0,17	0,31
	Мышьяк	0,2	0,01	<0,05
	Кадмий	0,1		0,01
	Ртуть	0,03	Не обнаружено	<0,005
	Афлотоксин В1	0,005		<0,001
	Т-2 токсин	0,1		<0,05
Микотоксины, мг/кг	Охратоксин	0,05	<0,005	–
	Охратоксин А	0,005	–	<0,005
	Пестициды, мг/кг	ГХЦГ (α, β, γ-изомеры)	0,5	Не обнаружено
	ДДТ и его метаболиты	0,02		
	2,4-Д кислота	Не допускается		
Удельная активность радионуклидов, Бк/кг	Цезий-137	90	<30,0	–
		60	–	<5,7

Табл. 7. Микробиологические показатели безопасности пшенично-овсяных смесей

Table. 7. Microbiological indicators of wheat-oat mixtures safety

Показатели	Допустимые уровни	Содержание	
		«BioMix»	«BioGrain»
Общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в 1,0 г (мл) продукта, КОЕ, не более <i>Candida albicans</i> в 0,1 г или 0,1 мл <i>Escherichia coli</i> в 0,1 г или 0,1 мл <i>Staphylococcus aureus</i> в 0,1 г (0,1 мл) <i>Pseudomonas aeruginosa</i> в 0,1 г (0,1 мл) Бактерии группы кишечной палочки (колиформы) в 0,1 г продукта Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, в 25 г продукта Плесени в 1,0 г продукта, КОЕ, не более Дрожжи в 1,0 г продукта, КОЕ	1,0×10 ³	3,75×10 ²	3,0×10 ²
	не допускается	не обнаружены	
		не обнаружены	
	100 не регламентируется	не обнаружены не обнаружены	

Табл. 8. Химический состав пророщенных пшенично-овсяных смесей

Table. 8. Chemical composition of sprouted wheat-oat mixtures

Показатели	Содержание на СВ, %		Показатели	Содержание, мг/кг	
	«BioMix»	«BioGrain»		«BioMix»	«BioGrain»
Белок	17,0	16,2	Fe	49,0	47,6
Крахмал	60,2	60,8	Zn	20,6	19,9
Жир	3,4	2,7	Cu	1,8	1,7
Клетчатка	11,7	10,8	Se	0,3	0,29
Сахара	5,0	4,6	Витамины	Содержание, мг/100 г	
Энергетическая ценность, ккал/кДж	406/6905	405/6877	В ₁	0,55	0,43
			В ₂	0,12	0,11
Минеральные элементы	Содержание, мг/кг		В ₆	0,30	0,23
			В ₉	0,60	0,40
К	5810,2	4988,8	PP	7,47	7,25
Ca	448,3	467,7	Е	1,30	1,10
Mg	1558,5	1503,7	β-каротин	0,26	0,24
P	4789,6	4689,6			

Полученная смесь зерновая «BioGrain» по содержанию витаминов превосходит образцы пшеницы пророщенной: В₁ и В₆ в 1,9 раза, В₉ в 1,5 раз; образцы овса голозерного пророщенного: РР в 4,3 раза, Е в 1,4 раза, β-каротин в 2,4 раза.

Следующим этапом исследований являлось изучение аминокислотного состава сырья и пророщенных пшенично-овсяных смесей (табл. 9). В качестве сравнительной характеристики аминокислот разработанных смесей с продовольственным зерном пшеницы и овса голозерного, а также с пророщенным по отдельной технологии произведен расчет аминокислотного сора и индекса незаменимых аминокислот.

Табл. 9. Анализ аминокислотного состава сырья и пророщенных пшенично-овсяных смесей

Table. 9. Analysis of the amino acid composition of raw materials and sprouted wheat-oat mixtures

Наименование аминокислоты	Эталонный белок по данным ФАО/ВОЗ (2013 г)	Аминокислотный сор, %					
		Пшеница	Овес голозерный	Пшеница пророщенная	Овес голозерный пророщенный	«BioMix»	«BioGrain»
Валин	4	73	74	105	99	110	108
Гистидин	1,6	159	172	188	245	220	215
Изолейцин	3,0	131	121	177	163	168	173
Лейцин	6,1	108	106	127	129	135	129
Лизин	4,8	57	45	90	78	85	89
Метионин+ цистеин	2,3	99	91	133	106	130	116
Треонин	2,5	86	92	196	174	180	189
Триптофан	0,66	92	125	132	147	142	145
Фенилаланин+ тирозин	4,1	178	179	218	232	238	236
Индекс незаменимых аминокислот ИНАК		0,98	0,97	1,39	1,35	1,42	1,42

Анализ экспериментальных данных показал, что разработанные пророщенные пшенично-овсяные смеси превосходят продовольственное зерно пшеницы и овса голозерного по индексу незаменимых аминокислот в 1,5 раза, а пророщенное зерно пшеницы и овса голозерного на 2,1 и 4,9 % соответственно. Лимитирующей аминокислотой является лизин, что согласуется с данными ученых, изучавших пророщенное зерно пшеницы и овса голозерного белорусской селекции [16].

Согласно нормативной документации^{1, 2}, разработанные смеси могут быть отнесены к функциональным продуктам при содержании в них белка, пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ более 15 % от суточной физиологической потребности человека. Поэтому следующим этапом работы произведен расчет суточной потребности для населения от 18 до 59 лет. Установлено, что 100 г пророщенной пшенично-овсяной смеси «BioMix» удовлетворяет суточную потребность для взрослых от 18 до 59 лет в белках на 22,7 %, в пищевых волокнах – на 39,0 %, в витамине В₁ – на 36,7 %, В₂ – на 6,7 %, в витамине В₆ – на 15,0 %, в витамине В₉ – на 15,0 %, в витамине РР – на 37,4 %; в витамине Е – на 8,7 %; в витамине β-каротин – на 5,2 %, в макроэлементе К – на 23,2 %, в макроэлементе Са – на 4,5 %, в макроэлементе Mg – на 38,9 %, в макроэлементе Р – на 59,9 %, в микроэлементе Fe – на 35,0 %, в микроэлементе Zn – на 17,2 %, в

¹Санитарные 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.

²Технический 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 переиздания. 2019. – 18 с.

микроэлементе Cu – на 18,0 %, в микроэлементе Se – на 48,0 %; 100 г разработанной пророщенной пшенично-овсяной смеси «BioGrain» – в белках на 22,0 %, в пищевых волокнах – на 36,0 %, в витамине В₁ – на 28,7 %, В₂ – на 6,1 %, в витамине В₆ – на 1,5 %, в витамине В₉ – на 9,9 %, в витамине РР – на 36,3 %; в витамине Е – на 7,0 %; в витамине β-каротин – на 4,8 %, в макроэлементе К – на 20,0 %, в макроэлементе Са – на 4,7 %, в макроэлементе Mg – на 37,6 %, в макроэлементе Р – на 58,6 %, в микроэлементе Fe – на 34,0 %, в микроэлементе Zn – на 16,6 %, в микроэлементе Cu – на 17,0 %, в микроэлементе Se – на 46,4 %.

Следовательно, разработанная пшенично-овсяная смесь «BioMix» по содержанию белка, пищевых волокон, витаминов В₁, РР, макроэлементов К, Mg, Р, микроэлементов Fe, Zn, Cu, Se более чем на 15 %, может быть отнесена к функциональным изделиям. Следует отметить, что невысокое содержание витамина В₂ улучшает усвоение Fe и усиливает действие Zn на организм, витамина Е – улучшает биодоступность Se для организма, β-каротин – является провитамином А и усиливает антиоксидантное действие, макроэлемент Са положительно взаимодействует с витамином D и К [35]. Разработанная пшенично-овсяная смесь «BioGrain» по содержанию белка, пищевых волокон, витаминов В₁, РР, макроэлементов К, Mg, Р, микроэлементов Fe, Zn, Cu, Se более чем на 15 %, может быть отнесена к функциональным изделиям. Наличие витамина В₆ улучшает усвоение К и Mg, витамина В₉ – усиливает эффективность использования В₆ и В₁₂.

Таким образом, разработанные смеси содержат в своем составе физиологически функциональные ингредиенты, обладающие доказанной эффективностью и свойствами при употреблении в пищу и применении в дерматологии. Поэтому рационально использовать пророщенные смеси и полезные вещества, находящиеся в них, не только в пищевой, но и для косметической продукции взамен импортного растительного сырья.

Задача перерабатывающей промышленности – предоставить широкий ассортимент разнообразной продукции и сырья высокого качества, максимально сохранив в нем полезные вещества. Исследования по изучению сроков хранения разработанных смесей проводили на основании изменения кислотности (рис. 11) и органолептической характеристики смесей, так как при хранении жир расщепляется на глицерин и жирные кислоты, в результате чего происходит образование свободных жирных кислот и повышение кислотности продукта, а также появление неприятного запаха и прогорклого вкуса.

Обработка экспериментальных данных позволила получить уравнения регрессии, описывающие изменения кислотности смесей в процессе хранения с достоверностью 93 и 94 %. Согласно проведенной органолептической оценке, разработанные смеси, хранящиеся от 1 до 12 месяцев, обладали запахом, свойственным используемому сырью, без затхлого, плесневелого и других посторонних запахов; цвет смесей оставался серовато-кремовым с вкраплением частиц более темного цвета. Проведенные исследования позволяют заключить, что при соблюдении установленных режимов хранения показатели качества остаются неизменными в течение 12 месяцев.

Популяризация здорового образа жизни обуславливает повышение потребительского спроса на продукцию правильного питания и натуральных косметических средств на основе растительных ингредиентов отечественного производства. Поэтому разработка ассортимента новой пищевой и косметической продукции на основе пшенично-овсяных смесей имеет значимый социально-экономический эффект.

Впервые разработан и зарегистрирован ассортимент пищевой и косметической продукции: рецептура коктейля зернового «AquaGrain» (РЦ ВУ 700036606.280) и рецептура маски косметической «Zerno» (РЦ ВУ 700036606.235) на основе продукта зернового «BioMix»; рецептура маски косметической «BioMixGrain» (РЦ ВУ 700036606.279) и технические условия «Напиток шипучий растворимый сухой «LARI» (ТУ ВУ 791156149.002) на основе смеси зерновой «BioGrain».

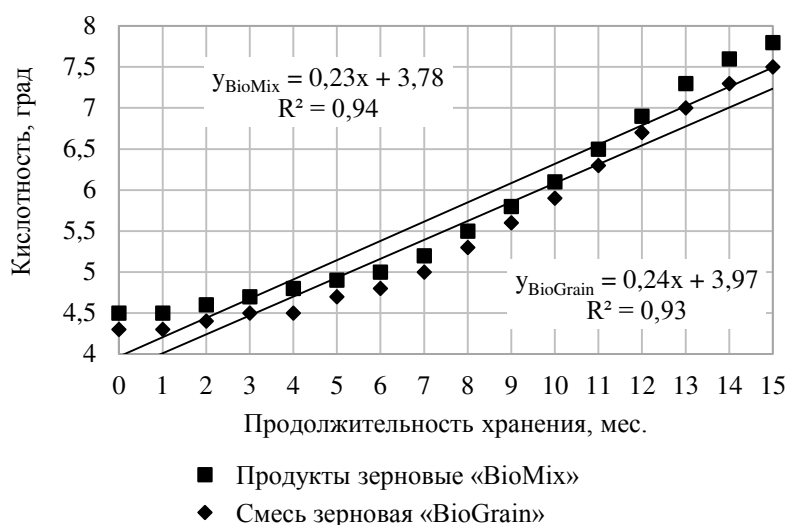


Рис. 11. Изменение кислотности пророщенных пшенично-овсяных смесей в процессе хранения

Fig. 11. Changes in the acidity of sprouted wheat-oat mixtures during storage

Проведены опытно-промышленные испытания по производству пищевой и косметической продукции в производственных условиях НТЦ «Техностарт», ООО «Свитджой» в г. Могилеве (Республика Беларусь) и на экспериментальной линии ИП Румянцев в г. Санкт-Петербурге (Российская Федерация). Изготовлены опытные партии и определены показатели качества и безопасности пищевой и косметической продукции, представленные в табл. 10, 11.

Табл. 10. Показатели качества и безопасности пищевой продукции

Table. 10. Indicators of quality and safety of food products

Показатели	Коктейль зерновой «AquaGrain»	Напиток шипучий растворимый сухой «LARI»
Внешний вид	Сыпучий порошок без комков, без посторонних включений. Допускаются неплотные комочки	
Цвет	Свойственный включенным в состав продукции компонентам смеси, белый с желтым оттенком	
Запах	Свойственный включенным в состав продукции компонентам, без постороннего запаха	
Кислотность (после разведения водой в 200 мл)	Не более 7,0	Не более 10,0
Влажность, не более %	10,0	5,0
Крупность, % – проход через сито 220 мкм	Допускается изменение по согласованию производителя, не менее 90,0	
Посторонние примеси	Не допускаются	
КМАФАнМ, не более	1×10^4 КОЕ/г	
Дрожжи и плесени, не более	10 КОЕ/г	
Escherichia coli	Не допускаются в 1,0 г	
Патогенные микроорганизмы в т.ч. сальмонеллы в 25 г	Не допускаются	

Проведена оценка показателей качества и безопасности пищевой продукции, которая подтверждает их соответствие требованиям, установленным в нормативной документации¹.

¹Технический 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.

Табл. 11. Показатели качества и безопасности косметической продукции

Table. 11. Indicators of quality and safety of cosmetic products

Показатели	Значение показателей по ТС ТР 009/2011	Значение показателей маски косметической	
		«Zerno»	«BioMixGrain»
Физико-химические показатели продукции			
Водородный показатель (рН)	3,0–9,0	6,0	5,3±0,2
Токсичные элементы			
Ртуть	Не более 1,0 мг/кг	Менее 0,03	0,0781±0,0122
Мышьяк	Не более 5,0 мг/кг	Менее 0,5	0,3371±0,0403
Свинец		Менее 0,1	0,7852±0,1104
Токсикологические показатели безопасности продукции			
Общетоксическое действие, определяемое альтернативным методом <i>in vitro</i> (индекс токсичности – люминесцентный бактериальный тест)	Отсутствие	–	Отсутствие
Кожно-раздражающее действие Действие на слизистые	0 баллов (отсутствует)	0 баллов (отсутствует)	
Клинические (клинико-лабораторные) показатели продукции			
Раздражающее действие	0 баллов (отсутствует)	0 баллов (отсутствует)	0 баллов (отсутствует)
Сенсибилизирующее действие	0 баллов (отсутствует)	0 баллов (отсутствует)	0 баллов (отсутствует)
Микробиологические показатели безопасности продукции			
КМАФАнМ	Не более 1×10^3 КОЕ/г	Менее $1,0 \times 10$	Менее 10
Candida albicans	Не допускается в 0,1 г или в 0,1 мл	Не обнаружено в 0,1 г	Не обнаружено в 0,1 мл
Escherichia coli			
Staphylococcus aureus			
Pseudomonas aeruginosa			

Проведена оценка показателей качества и безопасности косметической продукции, которая подтверждает их соответствие требованиям нормативной документации¹.

Получены декларации о соответствии напитка шипучего растворимого сухого «LARI» (регистрационный номер декларации о соответствии ЕАЭС № ВУ/112 11.01. ТР 021 008 05787, дата регистрации декларации о соответствии 08.09.2020), маски косметической «Zerno» (регистрационный номер декларации о соответствии:

№ ТС ВУ/112 11.01. ТР 009 008 01532, дата регистрации декларации о соответствии 09.10.2015) и маски косметической «BioMixGrain» (регистрационный номер декларации о соответствии: ЕАЭС N RU Д ВУ.НВ42.В.12418/20, дата регистрации декларации о соответствии 16.11.2020) требованиям технических регламентов Таможенного союза². Получен патент на изобретение «Сухая косметическая маска и способ ее производства» (ВУ 21666 С1 2018.02.28).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые разработана, апробирована и внедрена в производство технология производства пророщенных пшенично-овсяных смесей для использования в качестве функционально-технологического ингредиента высокого качества при производстве пищевой и

¹Технический регламент Таможенного союза «О безопасности парфюмерно-косметической продукции»: ТР.ТС.009/2011. – Введ. 23.09.2011 – Минск: Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, переиздание 2012. – 257 с.

²Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011. – Введ. 01.07.2013 – Минск: Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, переиздание 2020. – 143 с.

косметической продукции. Показано, что разработанная технология позволяет сократить технологический цикл на 34 % в сравнении с технологией полизлаковых продуктов из пророщенного зерна, что обеспечит снижение себестоимости продукции на их основе ввиду импортозамещения дорогостоящего сырья, повысит эффективность использования отечественного сырья и минимизирует зависимость белорусских производителей от повышения цен и изменения ситуации на внешних рынках.

Исследован процесс проращивания зерна пшеницы и овса голозерного. Впервые получены новые данные о значениях активности роста зерна пшеницы и овса голозерного на различных этапах проращивания в диапазоне температур воздуха 5–25 °С, характеризующие максимальный выход пророщенного зерна за минимальное время. Установлены математические зависимости химического состава, ферментативной активности и физико-химических свойств зерна пшеницы и овса голозерного от времени проращивания, позволяющие моделировать содержание сложных органических веществ, микро- и макронутриентов пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного и продуктов на их основе.

Впервые установлены интегральные режимы проращивания зерна. Доказана возможность проращивания пшеницы и овса голозерного в составе смесей. Показано, что при соотношении 60/40 и 70/30 (пшеница/овес голозерный) наблюдался синергетический (усиливающий) тип взаимодействия исследуемых культур, который определялся повышенным содержанием витаминного и аминокислотного состава разработанных смесей, а также высокой активностью роста при минимальной продолжительности процесса проращивания в сравнении с образцами исследуемых культур, пророщенных отдельно. Установлены уравнения регрессии, позволяющие рассчитать количество воды, необходимой для проращивания смесей и объемы замочных емкостей.

Исследовано влияние противомикробной обработки на микробную обсемененность зерна пшеницы и овса голозерного. Разработан способ обеззараживания в процессе проращивания зерна пшеницы и овса голозерного с высокой микробной обсемененностью ($1,5 \times 10^6$ КОЕ/г и $8,3 \times 10^7$ КОЕ/г соответственно), обеспечивающий снижение показателя общей микробной обсемененности пророщенного зерна в 3,0–3,3 раза в сравнении с контролем и его соответствие допустимым уровням микробиологической безопасности для пищевой (5×10^4 КОЕ/г) и косметической продукции (1×10^3 КОЕ/г).

Исследовано влияние термической обработки на динамику ферментативной активности пророщенных пшенично-овсяных смесей. Установлено, что содержание α -амилазы, β -амилазы, протеолитических ферментов уменьшается незначительно (до 6,6 %) при температуре сушки до 50 °С, что косвенно свидетельствует о снижении термолабильных витаминов и аминокислот, при этом длительность сушки составила не более 8 часов до влажности 10 %.

Разработана и зарегистрирована нормативно-техническая документация на пророщенные смеси в процентном соотношении 60/40 и 70/30 (пшеница/овес голозерный): продукты зерновая «BioMix» (ТУ ВУ 700036606.115) и смесь зерновая «BioGrain» (ТУ ВУ 700036606.128). Проведена оценка качества пророщенных пшенично-овсяных смесей в сравнении с отдельно пророщенными пшеницей и овсом голозерным.

Рассчитана степень удовлетворения суточной потребности для населения от 18 до 59 лет. Показано, что при употреблении 100 г пророщенных пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – в белках на 22,0–22,7 %, в пищевых волокнах на 36,0–39,0 %, в витамине В₁ на 28,7–36,7 %, В₂ на 6,1–6,7 %, в витамине В₆ на 11,5–15,0 %, в витамине В₉ на 9,9–15,0 %, в витамине РР на 36,3–37,4 %, в витамине Е на 7,0–8,7 %, в витамине β -каротин на 4,8–5,2 %, в макроэлементе К на 20,0–23,2 %, в макроэлементе Са на 4,5–4,7 %, в макроэлементе Mg на 37,6–38,9 %, в макроэлементе Р на 58,6–59,9 %, в микроэлементе Fe на 34,0–35,0 %, в микроэлементе Zn на 16,6–17,2 %, в микроэлементе Cu на 17,0–18,0 %, в микроэлементе Se на

46,4–48,0 %. Разработанные продукты обладают достаточно высокой биологической ценностью, в сравнении с продовольственным и пророщенным по отдельности зерном пшеницы и овса голозерного, который характеризовался индексом незаменимых аминокислот и составил 1,42.

Исследован процесс хранения смесей. Установлено, что срок хранения смесей, при котором регламентируемые показатели качества находятся в допустимых пределах, составляет 12 месяцев в фольгированной упаковке.

На основании анализа отечественных и зарубежных источников информации о применении пророщенного зерна в промышленности выявлена необходимость практического использования полученных пророщенных пшенично-овсяных смесей не только при производстве пищевой, но и косметической продукции на их основе. В результате исследования показателей качества и безопасности смесей установлено их соответствие требованиям, предъявляемым к продовольственному и косметическому сырью. Впервые разработан и зарегистрирован ассортимент пищевой и косметической продукции на основе пророщенных пшенично-овсяных смесей. Разработанная продукция введена в обращение на рынках Республики Беларусь и Российской Федерации.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования, описанные в данной статье, проводились в рамках государственной программы научных исследований «Фундаментальные основы биотехнологий» подпрограммы «Новые биотехнологии» по теме «Разработка научных основ получения из зерна пшеницы и гороха пищевых продуктов с улучшенными потребительскими свойствами» (номер госрегистрации 20141456), государственной программы научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства» подпрограммы «Продовольственная безопасность» по теме «Формирование научно-практических основ получения функциональных косметических средств антивозрастной направленности на основе местного растительного сырья» (номер госрегистрации 20162270), государственной программы научных исследований «Биотехнологии» подпрограммы «Микробные биотехнологии» по теме «Обоснование эффективности ферментативного получения из злаковых, зернобобовых и масличных культур биологически активного сырья для косметических целей» (номер госрегистрации 20162139); в рамках гранта магистранта «Разработка технологии получения биологически активной зерновой композиции на основе цельнозернового овса голозерного для производства сухих косметических смесей» (номер госрегистрации 2015734), гранта аспиранта «Разработка технологии получения смесей биоактивированного зерна и многокомпонентных порошковых продуктов на их основе» (номер госрегистрации 20180823), государственной программы научных исследований «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность», подпрограммы «Продовольственная безопасность» по теме «Научное обоснование создания сухих концентратов детоксикационного действия с использованием пектиносодержащих фитокомпозиций» (номер госрегистрации 20211976) при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь; а также гранта Белорусского инновационного фонда на коммерциализацию результатов инновационного проекта «Косметическая экспресс-маска антивозрастной направленности на основе биологически активного растительного сырья» (номер договора № 8-КО от 04.03.2019).

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бастриков, Д. Н. Функциональные зернопродукты как путь развития отрасли / Д. Н. Бастриков // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. – 2018. – № 10(10). – С. 34–41.
- 2 Павелзик, Е. Характеристика овса голозерного и возможности его переработки в пищевых целях / Е. Павелзик // Mlunsko-Pekarensku prumusi. – 1987. – № 2. – С. 166–168.
- 3 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 года. Том III. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2018. – С. 102–106.
- 4 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.
- 5 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.
- 6 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 года / Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий». – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. – С. 265–268.
- 7 Peñas, E. Advances in Production, Properties and Applications of Sprouted Seeds/ E. Peñas, C. Martínez-Villaluenga // Foods (Basel, Switzerland). – 2020. – vol. 9 (6): 790.
- 8 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.
- 9 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.
- 10 Benincasa, P. Sprouted Grains: A Comprehensive Review / P. Benincasa, [et al.]. Galieni Sprouted Grains: // Nutrients. – 2019. – vol. 11(2):421.
- 11 Yu-Wei, Luo Effects of germination on iron, zinc, calcium, manganese, and copper availability from cereals and legumes/ Yu-Wei Luo, Wei-Hua Xie, Xiao-Xiao Jin, Qian Wang & Yi-Jian He (2014). – CyTA – Journal of Food – 12:1. – P. 22–26.
- 12 Карачевцева, Е. С. Употребление ростков пшеницы в рационе питания: польза и свойства / Е. С. Карачевцева // Юность и знания – гарантия успеха – 2021: Сборник научных трудов 8-й Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Курск, 16–17 сентября 2021 года. Том 2. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 211–213.
- 13 Самбуров, А. М. Пророщенное зерно как растительное сырье для продукции здорового питания / А. М. Самбуров, Е. В. Крюкова // Пища. Экология. Качество: труды XVII Международной научно-практической конференции, Новосибирск, 18–19 ноября 2020 года. – Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2020. – С. 576–580.
- 14 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.
- 15 Бережная, О. В. Проростки пшеницы – ингредиент для продуктов питания / О. В. Бережная, Г. Г. Дубцов, Л. И. Войно // Пищевая промышленность. – 2015. – № 5. – С. 26–29.
- 16 Микулинич, М. Л. Технологические аспекты получения и потребительская оценка консервированного продукта с использованием пророщенного зерна и экстракта солодового / М. Л. Микулинич, Н. А. Гузикова // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2022. – № 1(32). – С. 74–91.

- 17 Орлова, Н. А. Метаболические изменения при совместном проращивании культурных растений и сидератов / Н. А. Орлова [и др.] // *The Scientific Heritage*. – 2021. – № 75–4(75). – С. 15–20.
- 18 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 года* / Редколлегия: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: Витебский государственный университет им. П. М. Машерова, 2020. – С. 56–57.
- 19 Ардатская, М. Д. Роль пищевых волокон в коррекции нарушений микробиоценоза кишечника на фоне антибактериальной терапии / М. Д. Ардатская // *Эффективная фармакотерапия*. – 2021. – Т. 17, № 28. – С. 46–52.
- 20 Robertson, L. J. Microbiological analysis of seed sprouts in Norway / L. J. Robertson [et al.] // *Int. J. Food Microbiol.* – 2002. – Vol. 75, No. 1–2. – P. 119–126.
- 21 Montville, R. Monte Carlo simulation of pathogen behavior during the sprout production process (Review) / R. Montville, D. Schaffner // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2005. – Vol. 71, No. 2. – P. 746–753.
- 22 Olaimat, A. N. Factors influencing the microbial safety of fresh produce: A review / A. N. Olaimat, R. A. Holley // *Food Microbiol.* 2012. Vol. 32. P. 1–19.
- 23 Богатырева, Т. Г. Способы и средства предотвращения плесневения хлеба/ Т. Г. Богатырева [и др.]// *Хлебопечение России*. 1999. – № 3.– С. 16–17.
- 24 Kim, S. A. Changes in microbial contamination levels and prevalence of foodborne patho-gens in alfalfa (*Medicago sativa*) and rapeseed (*Brassica napus*) during sprout production in manu-facturing plants / S. A. Kim, O. M. Kim, M. S. Rhee // *Lett. Appl. Microbiol.* 2013. Vol. 56. P. 30–36.
- 25 Ding, H. Microbial contamination in sprouts: how effective is seed disinfection treatment. / H. Ding, T.-J. Fu, M. A. Smith // *J. Food Sci.* 2013. Vol. 78. P. R495–R501.
- 26 Pierre, P. M. Inactivation of *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella typhimurium* DT104, and *Listeria monocytogenes* on inoculated alfalfa seeds with a fatty acid-based sanitizer / P. M. Pierre, E. T. Ryser // *J. Food Prot.* 2006. Vol. 69. P. 582–590.
- 27 Лазарев, А. М. Подготовка семян овощных культур / А. М. Лазарев // *Защита и карантин растений*. – 2009. – № 1. – С. 43–44.
- 28 Limon, R. I. Role of 421 elicitors on the health-promoting properties of kidney bean sprouts / R. I. Limon [et al.]. // *LWT – Food Sci. Technol.* 2014. Vol. 56. P. 328–334.
- 29 Kumar, M. Inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella* on mung beans, alfalfa, and other seed types destined for sprout production by using an oxychloro-based sanitizer / M. Kumar [et al.] // *J. Food Prot.* 2006. Vol. 69. P. 1571–1578.
- 30 Delaquis, P. J. Disinfection of mung bean seed with gaseous acetic acid / P. J. Delaquis, P. L. Sholberg, K. Stanich // *J. Food Prot.* 1999. Vol. 62. P. 953–957.
- 31 Luksiene, Z. Novel approach to the microbial decontamination of strawberries: chlorophyllin-based photosensitization / Z. Luksiene, E. Paskeviciute // *J. Appl. Microb.* – 2011. – Vol. 110. – P. 1274–1283.
- 32 Buchovec, I. Novel approach to control microbial contamination of germinated wheat sprouts: photoactivated chlorophyllin-chitosan complex / I. Buchovec, Z. Luksiene // *Int. J. Food Proc. Technol.* – 2015. – Vol. 2. – P. 26–30.
- 33 Archana, Reduction of polyphenol and phytic acid content of pearl millet grains by malting and blanching. / Archana, S. Sehgal, A. Kawatra // *Plant Foods Hum. Nutr.*–1999.– Vol. 53.– No 2. P. 93–98.
- 34 Бурова, Н. О. Особенности производства сухих пророщенных зерен пшеницы и ржи/ Н. О. Бурова [и др.]. // *Вестник Марийск. гос. ун-та. Сер. сельскохозяйств. науки, экон. науки*. 2016. – Т. 2, № 3(7). С.10–15.
- 35 Шаршунов, В. А. Оптимизация режимов термомеханической обработки пророщенного зерна гороха / В. А. Шаршунов, Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта // *Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук*. – 2014. – № 4. – С. 109–114.

Поступила в редакцию 18.12.2023 г.

ОБ АВТОРАХ:

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

ABOUT AUTHORS:

Maryna M. Haldova, Postgraduate student, Head of the Center for 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 Retraining, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: urbanchik@mogilev.bgut.by.