ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-795-804

Оригинальная статья
http://fptt.ru

Микробиологическая оценка процесса проращивания зерна пшеницы и гречихи

М. Л. Зенькова*, Л. А. Мельникова

Белорусский государственный экономический университет, Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию: 31.08.2021

Принята после рецензирования: 09.11.2021
Принята в печать: 01.12.2021

**e-mail: mariya_lz@mail.ru*
© М. Л. Зенькова, Л. А. Мельникова, 2021

Аннотация.
Введение. Оценка потенциальных рисков возникновения пищевых отравлений при употреблении пророщенного зерна является актуальной, т. к. условия проращивания могут способствовать росту микроорганизмов, которые присутствуют на поверхности зерна, в том числе болезнетворных. Целью исследования является изучение влияния противомикробных средств и условий проращивания на микрофлору зерна пшеницы и гречихи.
Объекты и методы исследования. Действие противомикробных средств и условий проращивания зерна на контаминацию конечного продукта изучалось в процессе проращивания при температурах от 10 до 30 °С в течение 90 ч при орошении зерна дистиллированной водой, раствором перманганата калия ($KMnO_4$), настоем календулы и настоем чистотела. КМАФАнМ, количество плесеней и дрожжей определяли стандартными методами. Качественный анализ микрофлоры пророщенного зерна проводили по морфологическим и культуральным характеристикам.
Результаты и их обсуждения. Развитие микрофлоры в процессе проращивания зерна пшеницы и гречихи можно контролировать путем выбора соответствующих условий процесса и способов обработки зерна. Использование для проращивания настоев лекарственных трав позволило снизить общую микробную обсемененность зерна в процессе проращивания на 52–68 %; обработка зерен пшеницы и гречихи настоем календулы снизила их контаминацию плесневыми грибами на 47–51 %, дрожжами – на 100 %. Рассчитано общее микробное число, количество колоний плесеней и дрожжей, находящихся в сухом пророщенном зерне. Установлена оптимальная температура проращивания пшеницы и гречихи (20 ± 2 °С) в настое лекарственных трав, позволяющая минимизировать микрофлору пророщенного зерна и сократить продолжительность проращивания до 46 ч.
Выводы. Для снижения микробиологического загрязнения пророщенного зерна можно использовать настой календулы, а также учитывать начальную обсемененность продукта для расчета режима тепловой обработки при проектировании продуктов длительного хранения.

Ключевые слова. Зерно, микрофлора, плесневые грибы, дрожжи, проращивание, календула, чистотел

Для цитирования: Зенькова М. Л., Мельникова Л. А. Микробиологическая оценка процесса проращивания зерна пшеницы и гречихи // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 4. С. 795–804. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-795-804.

Original article

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

Microbiological Assessment of Wheat and Buckwheat Sprouting Process

Mariya L. Zenkova*, Ludmila A. Melnikova

Belarus State Economic University, Minsk, Republic of Belarus

Received: August 31, 2021

Accepted in revised form: November 09, 2021
Accepted for publication: December 01, 2021

**e-mail: mariya_lz@mail.ru*
© M.L. Zenkova, L.A. Melnikova, 2021

Abstract.
Introduction. Sprouted grain can cause food poisoning, since inappropriate conditions can promote the growth of pathogenic

microorganisms on the grain surface. As a result, products of long-term storage use thermally-treated sprouted grain, the parameters of which depend on the initial bacteria content. There are different ways to reduce bacterial contamination of sprouted grain, each of which has its own advantages and disadvantages. Natural substances with antimicrobial properties, such as medicinal herbs, can serve as decontaminators. However, no scientific research has been performed so far to determine the exact temperature of grain sprouting to minimize its microbiological contamination. The research objective was to investigate the effect of antimicrobial agents and sprouting conditions on the microflora of wheat and buckwheat grain.
Study objects and methods. The study featured wheat grain and green buckwheat grain. A set of experiments was performed to define the effect of antimicrobial agents and sprouting conditions on the quantity of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (QMAFAnM), molds, and yeasts. During sprouting at 10–30°C for 90 h, the grain was irrigated with distilled water, potassium permanganate solution ($KMnO_4$), calendula infusion, and celandine infusion. QMAFAnM and the count of molds and yeasts were determined by standard methods; the qualitative analysis of the microflora was based on their morphological and cultural characteristics.
Results and discussion. Microflora development during sprouting of wheat and buckwheat grains was controlled by selecting appropriate conditions and grain treatment methods. The herbal infusions for sprouting reduced the total microbial insemination of grain during sprouting by 52–68%; the calendula infusion reduced the contamination with molds by 47–51%, yeasts – by 100%.
Conclusion. The research revealed the total microbial count and the count of mold and yeast colonies in dry sprouted grain. The optimal temperature of sprouting wheat and buckwheat was 20 ± 2°C in the infusion of medicinal herbs: it minimized the microflora of sprouted grain and reduced the sprouting time to 46 h. Calendula infusion could be recommended for commercial use in order reduce the microbiological contamination of sprouted grain. The initial microbial population of the product was found to affect the mode of heat treatment in long-term storage products.

Keywords. Grain, microflora, molds, yeast, sprouting, calendula, celandine

For citation: Zenkova ML, Melnikova LA. Microbiological Assessment of Wheat and Buckwheat Sprouting Process. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(4):795–804. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-795-804.

Введение

Новым направлением в пищевой промышленности является производство консервов из пророщенного зерна злаковых культур и гречихи методом тепловой обработки. Такой метод обеспечивает безопасность готовых продуктов и позволяет расширить область использования зерновых продуктов, в том числе в сочетании с фруктами и овощами. Возникающий интерес потребителей к пророщенным зернам злаковых культур связан с повышением пищевой ценности, улучшением вкусовых свойств зерна и снижением риска возникновения хронических заболеваний при их употреблении. Учеными проводятся исследования по влиянию процесса проращивания на безопасность пророщенного зерна, пищевую ценность, содержание функциональных ингредиентов, а также на здоровье человека при его систематическом употреблении [1]. Зерновые культуры и гречиха содержат сложную микрофлору, которая активно развивается во время проращивания. Поэтому актуальным является проведение исследований по изучению влияния условий проращивания на изменение микрофлоры как фактора безопасности пищевых продуктов из пророщенного зерна. Учеными разных стран подробно изучено влияние микробной активности на аспекты микробиологической безопасности и качества зерна [2–5]. Микрофлора зерна сосредоточена во внешних слоях зерна и внутри зародыша [6, 7]. Разнообразные микробные колонии существуют на зерне, включая бактерии, дрожжи и плесневые грибы. Процесс замачивания является важным этапом с точки зрения безопасности, поскольку вызывает размножение микроорганизмов, которое продолжается при проращивании зерна. Бактерии и дрожжи быстро растут, развивается плесневой мицелий и в это же время активируются споры. Жизнеспособное количество бактерий и дрожжей достигает максимального количества во время проращивания [2, 8, 9]. Некоторые из микроорганизмов, присутствующие в зерновых культурах, представляют собой потенциальную опасность, особенно плесени видов *Fusarium*. Это связано с продуцирование токсичных для человека микотоксинов [7, 10, 11].

Учеными проводятся эксперименты по снижению уровня микробиологического загрязнения в процессах замачивания и проращивания зерна с 10^5–10^7 до 10^2–10^4 КОЕ/г, т. к. продукты с таким количеством мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (далее КМАФАнМ) считаются безопасными для употребления в пищу человеком [6, 12–14]. Основным аспектом снижения микробиологической обсемененности пророщенного зерна является способ его обработки. Для снижения микрофлоры зерна перед проращиванием проводится гамма-облучение и химическая обработка злаковых культур [2, 15]. Для ограничения роста микроорганизмов поверхность зерна обрабатывается во время первого этапа замачивания или последнего

этапа проращивания растворами неорганических кислот, такими как серная, фосфорная или хлорноватистая [2, 15]. Кроме того, микробная активность во время проращивания может быть ограничена контролем температуры проращивания, т. к. относительно высокая температура проращивания (25 °С и выше) приводит к увеличению КМАФАнМ по сравнению с проращиванием при 15 °С [2, 16]. Из микробиологических параметров при разработке режима тепловой обработки учитывается видовой состав микрофлоры консервируемого продукта и исходная обсемененность продукта микроорганизмами. Так, при повышении температуры замачивания и проращивания количество микроорганизмов в проращиваемом зерне увеличивается. Однако температура, при которой рекомендуется проращивать зерно с целью уменьшения продолжительности проращивания и минимизации микробиологической обсемененности, не установлена. Очевидно, что температурная обработка, в том числе бланширование, может снизить количество микроорганизмов в пророщенных зернах в 10 раз [17]. Поэтому установление условий и продолжительности проращивания зерна злаковых культур и гречихи является важной и актуальной задачей при разработке технологии продуктов длительного хранения из пророщенного зерна.

Целью работы является изучение влияния противомикробных средств и условий проращивания на микрофлору зерен пшеницы и гречихи.

Объекты и методы исследования

Все эксперименты проводили в 2020 и 2021 гг. в Белорусском государственном экономическом университете на кафедре товароведения и экспертизы товаров в лаборатории микробиологии в весенне-летний период (май – июль). Для эксперимента использовали:

– зерно мягкой пшеницы с влажностью 11,4 ± 0,5 % и зерно зеленой гречихи с влажностью 12,0 ± 0,2 %;
– 0,01 % раствор перманганата калия (далее $KMnO_4$), который предварительно взвешивали и растворяли в воде при температуре 40–45 °С;
– настои трав календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.) (далее настой календулы) и чистотела большого (*Chelidonium majus* L.) (далее настой чистотела), которые готовили следующим образом: травы взвешивали, промывали и заливали дистиллированной водой в соотношении на 1 часть соответствующей травы на 50 частей воды с температурой 60–65 °С, а затем настаивали в течение 30 мин. Настои трав кипятили 10 мин, отделяли жидкую часть от твердой при помощи сита и использовали для проведения эксперимента.

Энергию прорастания зерна пшеницы и гречихи определяли по ГОСТ 10968-88.

На первом этапе эксперимента зерно инспектировали, удаляя поврежденные, битые и обесцвеченные зерна, промывали дистиллированной водой и замачивали в предварительно продезинфицированных этиловым спиртом пластиковых контейнерах. Замачивание проводили в течение 6 ч в дистиллированной воде (первый образец, контроль), растворе $KMnO_4$ (второй образец), в настое календулы (третий образец) и в настое чистотела (четвертый образец), после чего жидкую часть сливали с помощью сит.

На втором этапе зерно помещали в контейнеры с перфорированным дном для проращивания и каждые 6 ч орошали соответствующей жидкостью (дистиллированная вода, 0,01 % раствор $KMnO_4$, настои календулы и чистотела) в количестве 1000 мл, одновременно промывая зерно и перемешивая (рис. 1). Зерно проращивали в течение 90 ч в термостатах при температурах 10, 15, 20, 25 и 30 °С.

Рисунок 1. Процесс проращивания зерна

Figure 1. Grain sprouting process

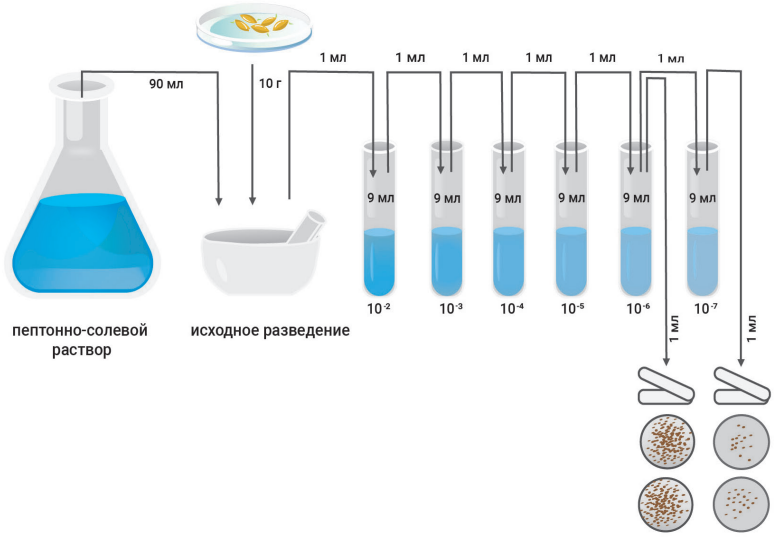


Рисунок 2. Схема приготовления разведений и посевов суспензии микроорганизмов

Figure 2. Dilutions and inoculations of suspension

В процессе проращивания пробы отбирали каждые 3 ч по 50 ± 5 г для определения КМАФАнМ, плесневых грибов и дрожжей в 1 г пророщенного зерна пшеницы и гречихи. Для этого готовили исходную суспензию и десятикратные разведения по ГОСТ 26669-85. Образцы пророщенных зерен по 10 г помещали в стерильную фарфоровую ступку, добавляли 90 мл пептонно-солевого раствора, измельчали стерильным пестиком и использовали для разведения и посева (рис. 2).

Для определения КМАФАнМ конечные разведения параллельно вносили в две чашки Петри, содержащие мясо-пептонный агар (МПА), и инкубировали при 30 ± 1 °С в течение 72 ч в аэробных условиях по ГОСТ 10444.15. Для определения количества дрожжей и плесневых грибов конечные разведения добавляли в чашки Петри, содержащие среду Сабуро, и инкубировали при 25 ± 1 °С в течение пяти дней по ГОСТ 1044.12. По результатам культивирования определяли численные значения МАФАнМ по ГОСТ 26670-91, плесеней и дрожжей по ГОСТ 1044.12. Качественный анализ микрофлоры пророщенного зерна проводили по морфологическим и культуральным характеристикам [18]. Морфологические признаки микроорганизмов (форма бактерий, наличие спор, типы соединения клеток и их размер) изучали при прямой микроскопии фиксированных препаратов, окрашенных по Граму. При характеристике культуральных признаков грибов учитывали окраску и характер мицелия, форму, размеры, профиль, прозрачность, структуру, консистенцию и поверхность грибных колоний, выросших на чашках Петри.

Данные обрабатывали и анализировали с использованием статистического программного обеспечения Statistica от StatSoft.

Результаты и их обсуждение

Пророщенные зерновые культуры обычно употребляются в сыром виде, что требует высокого качества и безопасности продукта. Благодаря оптимальному температурно-влажностному режиму во время проращивания зерно находится в хорошей среде для роста и развития, в том числе микроорганизмов, что может повлиять на микробиологические показатели и безопасность конечного продукта. Промывание водой не удаляет все микроорганизмы с поверхности пророщенных зерен [16]. В работах американского ученого V. H. Tournas указано, что чаще всего из пророщенных зерен выделялись плесневые грибы *Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicillium* и *Phoma* [19].

В исследовании определили КМАФАнМ после 96 ч замачивания и проращивания пшеницы в дистиллированной воде при температурах от 10 до 30 °С с шагом в 5 °С. В процессе проращивания зерна пшеницы при разных температурах установлено, что требуемая длина ростка 2,5 ± 0,5 мм (рис. 3) достигалась при температуре 10 °С через 96 ч, при температуре 15 °С через 72, при температуре 20–25 °С через 38–48 ч, при температуре 30 °С через 32 ч [20]. Энергия прорастания зерна пшеницы и гречихи составила 85–95 %.

Изменение количества микроорганизмов в период проращивания при разных температурных режимах представлено на рисунке 4, где показаны линии уровня поверхности и цветовые метки с

Рисунок 3. Пророщенное зерно пшеницы

Figure 3. Sprouted wheat grain

разной интенсивностью цветов. Оптимальная зона проращивания обозначена в центральном эллипсе. По положению главных осей легко оценить графически оптимальные значения температуры и продолжительности проращивания, которые приводят к наименьшему значению КМАФАнМ. Так, при значении КМАФАнМ не более 10^7 КОЕ/г определены следующие параметры проращивания зерна: температура 11–20 °С, продолжительность 12–46 ч.

Для снижения загрязнения зерновых культур микроорганизмами учеными проводились исследования по удалению оболочек и сушке зерна, использованию химической обработки и органических кислот, по воздействию ионизирующего излучения, озонирования, микроволн, плазмы, импульсного УФ-света, по обработке фильтрованной водой, содержащей 4 % этилового спирта, коллоидными растворами серебра [21–28]. Также учеными использовался экстракт зеленого чая в качестве раствора для замачивания зерна вместо воды. Это оказало влияние на процесс проращивания, в том числе улучшило пищевую ценность пророщенного зерна и повлияло на снижение количества микроорганизмов в пророщенной пшенице [29].

Нами изучено влияние раствора $KMnO_4$, настоя календулы и настоя чистотела на микрофлору пророщенного зерна пшеницы и гречихи при разных параметрах проращивания. Раствор $KMnO_4$ широко используется в медицине как антисептическое и дезинфицирующее средство. Повсеместное распространение многих лекарственных растений, их дешевизна и высокая физиологическая активность комплекса биологически активных веществ делает возможным использование лекарственных трав в пищевой промышленности. Травы, которые используются в медицине, имеют лечебные свойства, в том числе антимикробные [30, 31]. Изменение количества микроорганизмов, в зависимости от вида

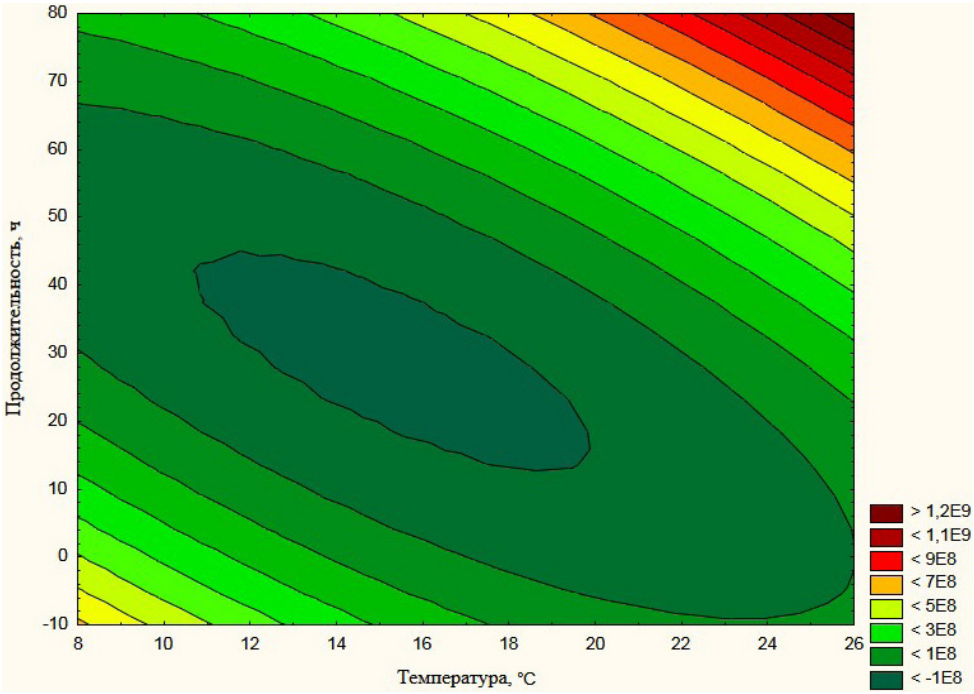


Рисунок 4. Влияние температуры и продолжительности проращивания зерна пшеницы на КМАФАнМ, КОЕ/г

Figure 4. Effect of temperature and germination time of wheat grain on QMAFAnM, CFU/g

Таблица 1. Количественный состав микрофлоры в 1 г зерна пшеницы и гречихи при проращивании в обеззараживающих растворах в течение 46 ч при температуре 20,0 ± 0,5 °С

Table 1. Quantitative composition of microflora in 1 g of wheat and buckwheat grain germinated in disinfecting solutions for 46 h at 20.0 ± 0.5°C

Наименование сырья	КМАФАнМ, КОЕ/г	Плесени, КОЕ/г	Дрожжи, КОЕ/г
Пшеница			
Сухое зерно	$1,8\times10^6$	$2,0\times10^1$	$1,0\times10^1$
Пророщенное зерно:			
– воде	$4,8\times10^7$	$3,0\times10^1$	$5,0\times10^1$
– в растворе $KMnO_4$	$4,9\times10^7$	$3,1\times10^1$	$5,2\times10^1$
– в настое календулы	$1,9\times10^7$	$1,6\times10^1$	не обнаружено
– в настое чистотела	$2,2\times10^7$	$2,0\times10^1$	не обнаружено
Гречиха			
Сухое зерно	$4,0\times10^6$	$3,0\times10^1$	$2,4\times10^2$
Пророщенное зерно:			
– воде	$5,0\times10^7$	$3,9\times10^1$	$3,6\times10^2$
– в растворе $KMnO_4$	$5,3\times10^7$	$3,8\times10^1$	$3,4\times10^2$
– в настое календулы	$1,6\times10^7$	$1,9\times10^1$	не обнаружено
– в настое чистотела	$2,4\times10^7$	$2,7\times10^1$	не обнаружено

обеззараживающего раствора, используемого при проращивании зерна, при температуре 20,0 ± 0,5 °С в течение 46 ч представлено в таблице 1.

Исследование уровня микробной контаминации сухих зерен пшеницы и гречихи показало, что они были сильно обсеменены микроорганизмами – $1,8\times10^6$ и $4,0\times10^6$ КОЕ/г соответственно. Одновременно отмечались признаки как бактериального, так и грибного поражения.

Общее количество микроорганизмов в процессе проращивания зерна пшеницы в воде увеличилось с $1,8\times10^6$ до $4,8\times10^7$ КОЕ/г, в процессе проращивания зерна гречихи в воде – с $4,0\times10^6$ до $5,0\times10^7$ КОЕ/г. Увлажнение зерна пшеницы и гречихи водой способствовало размножению микроорганизмов за счет увеличения численности бактерий.

Орошение образцов пшеницы и гречихи раствором $KMnO_4$ не привело к снижению микроорганизмов в пророщенном зерне по сравнению с орошением водой. Следует предположить, что концентрация раствора $KMnO_4$ была недостаточна для обеззараживания зерна при проращивании.

Использование настоев лекарственных трав для замачивания и проращивания зерна пшеницы и гречихи снизило общую микробную обсемененность зерен на 54–68 %. Замачивание зерна в настоях лекарственных трав проводилось в соотношении на 1 часть зерна 1,5 частей настоя соответствующей травы. Количество плесневых грибов в пшенице и гречихе при замачивании и проращивании в настое календулы, по сравнению с водой, снизилось на 47–51 %, колоний дрожжей на 100 %.

Были проведены дополнительные исследования по анализу состава микрофлоры зерна. Состав микрофлоры зерна пшеницы и гречихи представлен аэробными бактериями, плесневыми грибами и дрожжами. Исследование морфологических и культуральных свойств колоний, выросших на поверхности МПА, показал наличие мелких (от 1 до 2 мм) и средних (от 2 до 4 мм) колоний округлой и овальной форм, белого, бледно-желтого и серого цвета с гладкой и блестящей поверхностью. Присутствовали точечные (менее 1 мм) анаэробные колонии в толще питательной среды (рис. 5). В результате исследований посевов на КМАФАнМ в препаратах обнаружено преобладание единичных грамположительных неспорообразующих палочек, меньше кокковых форм, спорообразующих палочек и единичных клеток дрожжей.

При дополнительном посеве на среду Сабуро были получены колонии дрожжей и мицелиальных грибов. При микроскопировании препаратов клетки дрожжей имели округлую форму, тонкую оболочку и мелкозернистую цитоплазму. Выделенные

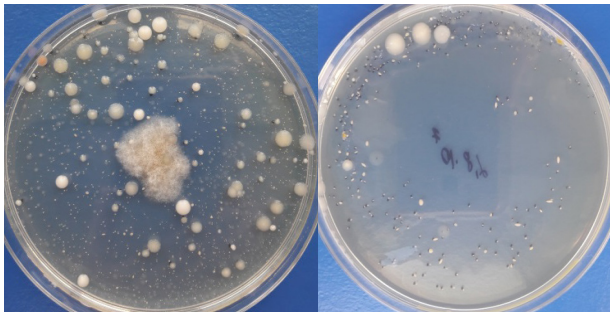
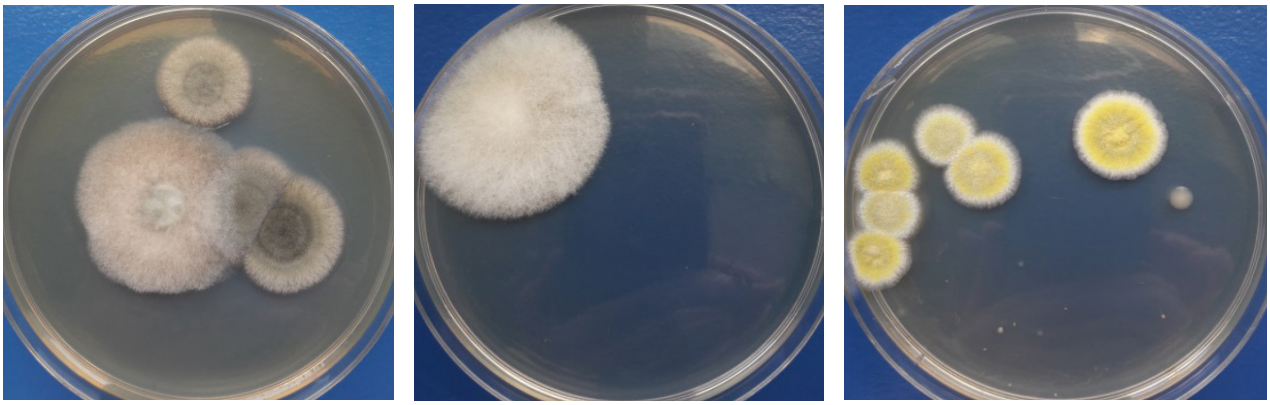


Рисунок 5. Состав микрофлоры зерна пшеницы при проращивании в воде, растущей на МПА

Figure 5. Microflora of wheat grain germinated in water



a b c

Рисунок 6. Состав микрофлоры зерна гречихи и пшеницы растущей на среде Сабуро при проращивании в воде и настое лекарственных трав: a – состав микрофлоры зерна гречихи при проращивании в настое чистотела; b – состав микрофлоры зерна гречихи при проращивании в настое календулы; c – состав микрофлоры зерна пшеницы при проращивании в настое чистотела

Figure 6. Microflora of buckwheat and wheat grain growing on Sabouraud's medium after germinating in water and infusion of medicinal herbs: a – microflora of buckwheat grain germinated in celandine infusion; b – composition of the microflora of buckwheat grain germinated in calendula infusion; c – microflora of wheat grain germinated in celandine infusion

культуры плесневых грибов отличались большим разнообразием. Диаметр колоний колебался от 0,5 до 3,0 см и более. Цветовая гамма колоний была весьма разнообразной: белые, беловато-желтоватые, желтые, оранжевые, зеленоватые, коричневые, черные и сочетание многих оттенков. Встречались колонии грибов то плоские и ровные, то складчатые и бугристые, в некоторых случаях кратерообразные или куполовыпуклые. Консистенция плотная, мягкая, тестообразная или крошковатая. Поверхность колоний у одних грибов гладкая и кожистая, у других пушистая, бархатистая, ватообразная (рис. 6). Одни штаммы глубоко внедрялись в плотную питательную среду, образуя субстратный мицелий и трудно отделялись, другие – наоборот. Такое разнообразие колоний грибов определяется видовым составом грибной микрофлоры зерен и лекарственных растений.

Выводы

Микроорганизмы, присутствующие в злаковых культурах и гречихе, влияют как на безопасность, так и на качество и функциональные свойства зерна. Некоторые плесени могут продуцировать микотоксины и представлять серьезную опасность для здоровья потребителей. Высокая температура и высокая влажность при проращивании влияют на увеличение микрофлоры в процессе проращивания. Следовательно, важно минимизировать контаминацию зерновых культур и гречихи в процессе проращивания, чтобы обеспечить безопасность конечного продукта. С этой целью определены оптимальные режимы проращивания зерна (температура 11–20 °C, продолжительность 12–46 ч) до длины ростка 2,5 ± 0,5 мм, при которых КМАФАнМ не превышает 10^7 КОЕ/г.

Для уменьшения развития микрофлоры в процессе замачивания и проращивания зерна пшеницы и гречихи использовали настои из лекарственных трав календулы и чистотела. Обработка настоями из трав снизила рост общего количества бактерий, дрожжей и плесневых грибов в пророщенном зерна. Календула и чистотел содержат флавоноиды, терпены, алкалоиды и эфирное масло с высокой активностью против широкого спектра микроорганизмов. В результате настои из трав проявляют антимикробный эффект во время проращивания. В связи с этим можно уменьшить развитие микрофлоры зерна во время проращивания и учесть обсемененность продукта для расчета режима тепловой обработки при проектировании продуктов длительного хранения. Использование настоя из календулы является эффективным и недорогим способом снижения микробиологического загрязнения пророщенного зерна.

Критерии авторства

М. Л. Зенькова – аналитический обзор источников информации, разработка концепции эксперимента, описание организации эксперимента, проведение экспериментальных исследований, описание и анализ полученных результатов, корректировка рукописи. Л. А. Мельникова – организация эксперимента, описание методов, проведение экспериментальных исследований, анализ полученных результатов, корректировка рукописи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность А. Л. Кохановской за помощь в оформлении рисунков к статье.

Contribution

M.L. Zenkova performed the analytical review, developed the research concept, described the experiment, performed the experimental research, analyzed the results obtained, and proofread the manuscript. L.A. Melnikova organized the experiment, described the methods, performed the experimental research, analyzed the results, and proofread the manuscript.

Conflict of interest

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

Acknowledgements

The authors would like to express their gratitude to A.L. Kokhanovskaya for the infographics.

Список литературы

1. The magic and challenges of sprouted grains / J. Pagand [et al.] // Cereal Foods World. 2017. Vol. 62. № 5. P. 221–226. https://doi.org/10.1094/cfw-62-5-0221.

2. Noots I., Delcour J. A., Michiels C. W. From field barley to malt: Detection and specification of microbial activity for quality aspects // Critical Reviews in Microbiology. 1999. Vol. 25. № 2. P. 121–153. https://doi.org/10.1080/10408419991299257.

3. Edible plant sprouts: Health benefits, trends, and opportunities for novel exploration / S. O. Aloo [et al.] // Nutrients. 2021. Vol. 13. № 8. https://doi.org/10.3390/nu13082882.

4. Науменко Н. В., Ботвинникова В. В. Исследование рисков контаминации зерновых культур микотоксинами токсигенных плесеней // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2020. Т. 8. № 2. С. 74–81.

5. Оценка микробиологических показателей семян пшеницы и гороха белорусской селекции / Л. И. Сапунова [и др.] // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: сборник научных трудов. Минск, 2017. С. 239–247.

6. Microbiology of wheat and flour milling in Australia / L. K. Berghofer [et al.] // International Journal of Food Microbiology. 2003. Vol. 85. № 1–2. P. 137–149. https://doi.org/10.1016/s0168-1605(02)00507-x.

7. Distribution of microbial contamination within cereal grains / A. Laca [et al.] // Journal of Food Engineering. 2006. Vol. 72. № 4. P. 332–338. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.12.012.

8. Douglas P. E., Flannigan B. A microbiological evaluation of barley malt production // Journal of the Institute of Brewing. 1988. Vol. 94. № 2. P. 85–88. https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1988.tb04562.x.

9. Бережная О. В., Дубцов Г. Г., Войно Л. И. Проростки пшеницы – ингредиент для продуктов питания // Пищевая промышленность. 2015. № 5. С. 26–29.

10. Овсянкина А. В. Фузариозные микотоксины, загрязняющие зерно, и вызывающие болезни животных и человека // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2013. № 14. С. 281–284.

11. Zain M. E. Impact of mycotoxins on humans and animals // Journal of Saudi Chemical Society. 2011. Vol. 15. № 2. P. 129–144. https://doi.org/10.1016/j.jscs.2010.06.006.

12. Бережная О. В., Дубцов Г. Г., Войно Л. И. Повышение микробиологической безопасности пророщенного зерна пшеницы // Пищевая промышленность. 2013. № 6. С. 28–29.

13. Сафронова Т. Н., Казина В. В., Сафронова К. В. Разработка технологических параметров проращивания зерна пшеницы // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 44. № 1. С. 37–43.

14. Microbiota of instant cereals and its change during storage / M. Mardar [et al.] // Food Science and Technology. 2019. Vol. 13. № 1. P. 114–121. https://doi.org/10.15673/fst.v13i1.1336.

15. Ramakrishna N., Lacey J., Smith J. E. Effect of surface sterilization, fumigation and gamma irradiation on the microflora and germination of barley seeds // International Journal of Food Microbiology. 1991. Vol. 13. № 1. P. 47–54. https://doi.org/10.1016/0168-1605(91)90135-c.

16. Development of a germination process for producing high β-glucan, whole grain food ingredients from oat / A. Wilhelmson [et al.] // Cereal Chemistry. 2001. Vol. 78. № 6. P. 715–720. https://doi.org/10.1094/cchem.2001.78.6.715.

17. Выбор способа обеззараживания зернового сырья при получении проростков пшеницы / А. Н. Павлюк [и др.] // Новости науки в АПК. 2019. Т. 12. № 3. С. 59–63. https://doi.org/10.25930/2218-855X/014.3.12.2019.

18. Мельникова Л. А., Заболоцкая Т. А. Основы микробиологии. Минск: БГЭУ, 2017. 91 с.

19. Tournas V. H. Moulds and yeasts in fresh and minimally processed vegetables, and sprouts // International Journal of Food Microbiology. 2005. Vol. 99. № 1. P. 71–77. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.08.009.

20. Исследование нутриентного профиля пророщенного зерна мягкой пшеницы, выращенной в Беларуси / М. Л. Зенькова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. № 3. С. 58–68. https://doi.org/10.36107/spfp.2020.339.

21. Los A., Ziuzina D., Bourke P. Current and future technologies for microbiological decontamination of cereal grains // Journal of Food Science. 2018. Vol. 83. № 6. P. 1484–1493. https://doi.org/10.1111/1750-3841.14181.

22. Park H., Puligundla P., Mok C. Cold plasma decontamination of brown rice: Impact on biochemical and sensory qualities of their corresponding seedlings and aqueous tea infusions // LWT. 2020. Vol. 131. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109508.

23. Воздействия низкотемпературной плазмы на продукты растительного происхождения / С. В. Гомбоева [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 46. № 3. С. 129–134.

24. Khapre A. P., Deshpande H. W., Katke S. D. A review on microbial contamination of Cereal grains // International Journal of Chemical Studies. 2020. Vol. 8. № 3. P. 1829–1832. https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i3y.9474.

25. Reduced microbiological contamination following irrigation of germinated seed for foods / H. Danilčenko [et al.] // Czech Journal of Food Sciences. 2018. Vol. 36. № 2. P. 139–145. https://doi.org/10.17221/267/2017-cjfs.

26. Antibacterial effect of colloidal solutions of silver nanoparticles on microorganisms of cereal crops / O. A. Suvorov [et al.] // Foods and Raw Materials. 2017. Vol. 5. № 1. P. 100–107. https://doi.org/10.21179/2308-4057-2017-1-100-107.

27. Ozone based food preservation: a promising green technology for enhanced food safety / R. Pandiselvam [et al.] // Ozone: Science and Engineering. 2019. Vol. 41. № 1. P. 17–34. https://doi.org/10.1080/01919512.2018.1490636.

28. Lukseviciute V., Luksiene Z. Inactivation of molds on the surface of wheat sprouts by chlorophyllin-chitosan coating in the presence of visible LED-based light // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. 2020. Vol. 202. https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2019.111721.

29. The influence of green tea extract as the steeping solution on nutritional and microbial characteristics of germinated wheat / S. Pakfetrat [et al.] // Food Chemistry. 2020. Vol. 332. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127288.

30. Монографии ВОЗ о лекарственных растениях, широко используемых в Новых независимых государствах (ННГ). Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2010. 453 с.

31. Марьин А. А., Коломиец Н. Э. Лекарственные растения и биологически активные вещества противомикробного действия // Фундаментальная и клиническая медицина. 2017. Т. 2. № 4. С. 45–55. https://doi.org/10.23946/2500-0764-2017-2-4-45-55.

References

1. Pagand J, Heirbaut P, Pierre A, Pareyt B. The magic and challenges of sprouted grains. Cereal Foods World. 2017;62(5):221–226. https://doi.org/10.1094/cfw-62-5-0221.

2. Noots I, Delcour JA, Michiels CW. From field barley to malt: Detection and specification of microbial activity for quality aspects. Critical Reviews in Microbiology. 1999;25(2):121–153. https://doi.org/10.1080/10408419991299257.

3. Aloo SO, Ofosu FK, Kilonzi SM, Shabbir U, Oh DH. Edible plant sprouts: Health benefits, trends, and opportunities for novel exploration. Nutrients. 2021;13(8). https://doi.org/10.3390/nu13082882.

4. Naumenko NV, Botvinnikova VV. Studying the risks of grain contamination with mycotoxins of toxigenic molds. Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2020;8(2):74–81. (In Russ.).

5. Sapunova LI, Tamkovich IA, Kulish SA, Yarkhova LV, Lobanok AG, Ourbanchik EN. Evaluation of microbiological indicators of wheat and pea seeds of Belarusian selection. Mikrobnye biotekhnologii: fundamental′nye i prikladnye aspekty: sbornik nauchnykh trudov [Microbial biotechnology: fundamental and applied aspects: collection of research papers]. Minsk: Belarusian Science; 2017. pp. 239–247. (In Russ.).

6. Berghofer LK, Hocking AD, Miskelly D, Jansson E. Microbiology of wheat and flour milling in Australia. International Journal of Food Microbiology. 2003;85(1–2):137–149. https://doi.org/10.1016/s0168-1605(02)00507-x.

7. Laca A, Mousia Z, Díaz M, Webb C, Pandiella SS. Distribution of microbial contamination within cereal grains. Journal of Food Engineering. 2006;72(4):332–338. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.12.012.

8. Douglas PE, Flannigan B. A microbiological evaluation of barley malt production. Journal of the Institute of Brewing. 1988;94(2):85–88. https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1988.tb04562.x.

9. Berezhnaya OV, Dubtsov GG, Voyno LI. Wheat germ – an ingredient for food products. Food Industry. 2015;(5):26–29. (In Russ.).

10. Ovsyankina AV. Fusarium mycotoxins contaminants grain, and diseases of animals and man. Theory and practice of parasitic disease control. 2013;(14):281–284. (In Russ.).

11. Zain ME. Impact of mycotoxins on humans and animals. Journal of Saudi Chemical Society. 2011;15(2):129–144. https://doi.org/10.1016/j.jscs.2010.06.006.

12. Berezhnaya OV, Dubtsov GG, Voyno LI. Improving the microbiological safety of sprouted wheat grains. Food Industry. 2013;(6):28–29. (In Russ.).

13. Safronova TN, Kazina VV, Safronova KV. Development of technological parameters for wheat grain germination.

Food Processing: Techniques and Technology. 2017;44(1):37–43. (In Russ.).

14. Mardar M, Stateva M, Yegorova A, Evdokimova G, Ustenko I, Masanski S. Microbiota of instant cereals and its change during storage. Food Science and Technology. 2019;13(1):114–121. https://doi.org/10.15673/fst.v13i1.1336.

15. Ramakrishna N, Lacey J, Smith JE. Effect of surface sterilization, fumigation and gamma irradiation on the microflora and germination of barley seeds. International Journal of Food Microbiology. 1991;13(1):47–54. https://doi.org/10.1016/0168-1605(91)90135-c.

16. Wilhelmson A, Oksman-Caldentey KM, Laitila A, Suortti T, Kaukovirta-Norja A, Poutanen K. Development of a germination process for producing high β-glucan, whole grain food ingredients from oat. Cereal Chemistry. 2001;78(6):715–720. https://doi.org/10.1094/cchem.2001.78.6.715.

17. Pauliuk AM, Moroz IV, Sapunova LI, Ourbantchik AM, Haldova MM. The choice of grain decontamination method for wheat seed germination. Novosti nauki v APK [Science news in the agro-industrial complex]. 2019;12(3):59–63. (In Russ.). https://doi.org/10.25930/2218-855X/014.3.12.2019.

18. Mel′nikova LA, Zabolotskaya TA. Osnovy mikrobiologii [Fundamentals of microbiology]. Minsk: Belarus State Economic University; 2017. 91 p. (In Russ.).

19. Tournas VH. Moulds and yeasts in fresh and minimally processed vegetables, and sprouts. International Journal of Food Microbiology. 2005;99(1):71–77. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.08.009.

20. Zenkova ML, Akulich AV, Melnikova LA, Timofeeva VN. Nutrient profile research of sprouted s oft wheat grain grown in Belarus. Storage and Processing of Farm Products. 2020;(3):58–68. (In Russ.). https://doi.org/10.36107/spfp.2020.339.

21. Los A, Ziuzina D, Bourke P. Current and future technologies for microbiological decontamination of cereal grains. Journal of Food Science. 2018;83(6):1484–1493. https://doi.org/10.1111/1750-3841.14181.

22. Park H, Puligundla P, Mok C. Cold plasma decontamination of brown rice: Impact on biochemical and sensory qualities of their corresponding seedlings and aqueous tea infusions. LWT. 2020;131. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109508.

23. Gomboeva SV, Badmaeva II, Baldanov BB, Ranzhurov TV, Nikolaev EO. Effects of low-temperature plasma on plant products. Food Processing: Techniques and Technology. 2017;46(3):129–134. (In Russ.).

24. Khapre AP, Deshpande HW, Katke SD. A review on microbial contamination of Cereal grains. International Journal of Chemical Studies. 2020;8(3):1829–1832. https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i3y.9474.

25. Danilčenko H, Jariene E, Televičiute D, Suproniene S, Kulaitiene J, Tarasevičiene Ž, et al. Reduced microbiological contamination following irrigation of germinated seed for foods. Czech Journal of Food Sciences. 2018;36(2):139–145. https://doi.org/10.17221/267/2017-cjfs.

26. Suvorov OA, Volozhaninova SYu, Balandin GV, Frolova YuV, Kozlovskaya AE, Fokina EN, et al. Antibacterial effect of colloidal solutions of silver nanoparticles on microorganisms of cereal crops. Foods and Raw Materials. 2017;5(1):100–107. https://doi.org/10.21179/2308-4057-2017-1-100-107.

27. Pandiselvam R, Subhashini S, Banuu Priya EP, Kothakota A, Ramesh SV, Shahir S. Ozone based food preservation: a promising green technology for enhanced food safety. Ozone: Science and Engineering. 2019;41(1):17–34. https://doi.org/10.1080/01919512.2018.1490636.

28. Lukseviciute V, Luksiene Z. Inactivation of molds on the surface of wheat sprouts by chlorophyllin-chitosan coating in the presence of visible LED-based light. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. 2020;202. https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2019.111721.

29. Pakfetrat S, Amiri S, Radi M, Abedi E, Torri L. The influence of green tea extract as the steeping solution on nutritional and microbial characteristics of germinated wheat. Food Chemistry. 2020;332. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127288.

30. WHO Monographs on Medicinal Plants Commonly Used in the Newly Independent States (NIS). Geneva: World Health Organization; 2010. 453 p. (In Russ.).

31. Mar'in AA, Kolomiets NE. Medicinal plants and biologically active substances with antifungal properties. Fundamental and Clinical Medicine. 2017;2(4):45–55. (In Russ.). https://doi.org/10.23946/2500-0764-2017-2-4-45-55.