

Влияние различных способов обработки на микробиологические показатели пророщенных семян овса

О.С. Ходунова, olga.xodunowa@yandex.ru

канд. техн. наук Л.А. Силантьева, ms.silanteva19@mail.ru

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Рассматривали влияние коротковолнового ультрафиолетового облучения, ультразвука, антимикробного препарата и перманганата калия на способность семян овса к прорастанию и такие микробиологические показатели семян овса, как количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), бактерии группы кишечной палочки (БГКП), бактерии рода *Listeria*, количество дрожжей и плесеней. Для оценки степени прорастания из каждого образца обработанных семян отбирали 3 пробы по 100 штук для проращивания. Зерно промывали, замачивали в питьевой воде при температуре 15–23°C в течение 10–12 часов, проращивали при температуре 18–23°C 2–4 суток. Обнаружено, что обработка указанными методами семян овса снижает уровень их контаминации, но отрицательно влияет на степень прорастания (количество проросших семян снижается в среднем на 7,8%). Исследовали влияние указанных методов на микробиологические показатели пророщенных семян овса, которые после четырех суток проращивания сушили в сушильных шкафах при температуре 45°C до содержания влаги 14%. Показано, что обработка ультрафиолетом, ультразвуком и антимикробным препаратом является недостаточно эффективной, так как в образцах сохраняются бактерии группы кишечной палочки и рода *Listeria*. Обеспечение микробиологической безопасности достигается путем обработки пророщенных семян овса 0,05% раствором перманганата калия.

Ключевые слова: пророщенные семена; микробиологические показатели; ультрафиолетовое облучение; ультразвук; антимикробный препарат; перманганат калия.

DOI: 10.17586/2310-1164-2017-10-1-3-8

The effect of different processing methods on the microbiological parameters of germinated oat seeds

Olga S. Khodunova, olga.xodunowa@yandex.ru

Ph.D. Lyudmila A. Silant'eva, ms.silanteva19@mail.ru

ITMO University

9, Lomonosov str., St. Petersburg, 191002, Russia

In this paper the effect of short-wave ultraviolet irradiation, ultrasound, an antimicrobial agent, and potassium permanganate on the ability of oat seeds to germinate and on their microbiological parameters (total aerobic mesophilic and facultative anaerobic count, the count of coliforms and *Listeria* genus bacteria, the content of yeasts and molds) is analyzed. To assess the germination degree three samples of 100 pieces from pre-treated seeds were collected for germination. The grain was washed, soaked in drinking water at the temperature of 15–23°C for 10–12 hours, and grown at 18–23°C for 2–4 days. It was found that the processing methods reduce the level of contamination, but affect the degree of germination (number of germinated seeds is reduced by an average of 7.8%) adversely. The effect of these methods on microbiological parameters of germinated oat seeds was analyzed. The seeds, germinated for four days, were dried in an oven at the temperature of 45°C to the moisture content of 14%. The results show that the treatment of germinated oat seeds with ultraviolet light, ultrasound, and the antimicrobial agent is not effective enough, since coliform bacteria and *Listeria* genus bacteria remained in the samples. Microbiological safety is achieved by treating the germinated oat seeds with 0.05% solution of potassium permanganate.

Keywords: germinated seeds; microbiological parameters; UV irradiation; ultrasound; an antimicrobial agent; potassium permanganate.

Введение

Сегодня в России особое внимание уделяется производству продуктов, обогащающих рацион биологически активными веществами, функциональными ингредиентами, оказывающими благотворное влияние на общее состояние и обмен веществ в организме [1]. Для этих целей активно используются пророщенные семена злаковых и бобовых культур, которые благодаря широкому спектру полезных свойств приобретают все большую популярность среди населения и вводятся в продукты массового потребления [2].

Во многих странах в продаже имеются пророщенные семена различных культур, продукты и блюда, содержащие проростки, а также семена и устройства для их самостоятельного проращивания. Однако, например, пророщенные бобы, по данным Центра по контролю и профилактике заболеваний США, с 1990 года уже 30 раз становились причиной массового отравления людей. Причина в том, что этот популярный в стране продукт выращивается в условиях, способствующих развитию опасных микроорганизмов — в теплой и влажной среде [3].

Зерновые культуры содержат незначительное количество воды (около 14%), что препятствует развитию микроорганизмов, хотя они попадают на зерно во время уборки урожая вместе с пылью и частицами почвы в большом количестве [4]. Низкая влажность зерна обуславливает неактивное состояние находящихся на нем микроорганизмов. Однако в процессе проращивания около 50% из них начинают проявлять активность, увеличивая количество грибов в 2,5–5 раз, дрожжей — в 5–10 раз, бактерий — в 50–100 раз. В связи с этим обеспечение микробиологической безопасности пророщенных семян является важной и актуальной задачей [5], которая осложняется разрушением содержащихся в них биологически активных веществ (витамины, ферменты, антиоксиданты) при большинстве способов обработки. При высокотемпературных режимах обработки неизбежно происходит изменение органолептических свойств и пищевой ценности зерна.

Известно достаточно много способов снижения микробиологической обсемененности зерна: физические (термические и лучевые) и химические (фумиганты, окислители, ингибиторы микотоксинов и ферментов).

Эффективное направление решения проблемы деконтаминации зерна — применение ультрафиолетового (УФ) излучения, которое при длине волны 205–315 нм обладает бактерицидным действием и эффективно инактивирует микроорганизмы различных типов: споры, бактерии, дрожжи и прочее. Ультрафиолетовое излучение, в отличие от ионизирующего, обладает большей проникающей способностью и высокой степенью поглощения практически всеми твердыми веществами. Как правило, при УФ облучении твердых частиц обрабатывается только тончайший слой, а основная масса вещества не подвергается никакому воздействию, и соответственно, не изменяет своих биохимических свойств. В этом и заключается преимущество УФ обработки по сравнению с другими методами обеззараживания [6, 7].

В настоящее время достаточно активно изучается ультразвуковая обработка пищевых сред. Ультразвук представляет собой механические колебания с частотами выше 20 кГц, что находится за пределами восприятия человеческим ухом. Ультразвук может вызвать распад высокомолекулярных соединений, коагуляцию белков, инактивацию ферментов, разрушать микроорганизмы [8].

Воздействие ультразвука на микроорганизмы связано с явлением кавитации — процессом образования в жидкой среде полостей, заполненных парами самой жидкости, которые мгновенно захлопываются. Возникающие при этом импульсы давления способны разрушать многие биообъекты, в том числе и микроорганизмы [8, 9]. Наиболее губителен для микроорганизмов ультразвук с частотой от 20 до 100 кГц при интенсивности 0,5–1,0 Вт/см². При этом эффективность обработки зависит от продолжительности воздействия, химического состава среды, ее вязкости, рН, температуры и исходной степени обсемененности [10, 11].

Преимущество стерилизации пищевых продуктов ультразвуком заключается в том, что продукт не нагревается до высокой температуры и его вкусовые качества остаются высокими [12]. Однако при использовании ультразвуковой обработки необходимо учитывать, что низкая интенсивность воздействия способствует росту колоний микроорганизмов. По-разному влияет ультразвук на витамины в пищевых продуктах: аскорбиновая кислота может окислиться, витамины группы В сохраняются при воздействии низких частот, а витамины А₂ и D₂ более устойчивы при высоких [13].

Химические антисептики получили широкое применение со второй половины XIX века, когда промышленность стала синтезировать разнообразные органические вещества, обладающие консервирующим действием. Однако санитарное законодательство большинства стран строго регламентирует консервирование пищевых продуктов антисептиками, ограничивая их виды, дозы и ассортимент продуктов, в которых они допускаются [14].

Среди зерновых культур особое место занимает овес благодаря большому содержанию белков в семенах (от 9,0 до 19,5%), а также более высокой биологической ценности белков: их аминокислотный состав соответствует стандарту, установленному Food and Agricultural Organisation – продовольственной сельскохозяйственной организацией ООН [15]. Наряду с этим, овес в отличие от пшеницы, ячменя, ржи и ряда других злаковых культур не содержит глютен. Отсутствие аллергенных свойств у продуктов из овса позволяет расширять ассортимент изделий, не имеющих противопоказаний при аглютеновой диете [16].

Целью данной работы является исследование влияния различных способов обработки на микробиологические показатели пророщенных семян овса.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований являются семена овса голозерного для проращивания.

На первом этапе исследований изучали воздействие различных методов обработки на способность семян овса к проращиванию и на уровень его микробиологической контаминации.

Из семян овса отобрали 5 образцов, 4 из которых были подвергнуты соответствующей обработке. Образец 1 – контрольный, без обработки.

Образец 2 – семена овса, размещенные тонким слоем в ламинарном боксе с дезинфекционными лампами TUV (Philips), и подвергавшиеся воздействию коротковолнового УФ излучения с максимумом на длине волны 253,7 нм в течение 2 часов при относительной влажности воздуха 80% и температуре 20–25°C.

Образец 3 – семена овса, подвергавшиеся обработке ультразвуком с частотой 35 кГц в ультразвуковой ванне при температуре 20–25°C в течение 10 минут.

Образец 4 – семена овса, обработанные антимикробным препаратом «Униконс» (НПО «Альтернатива»), обладающим широким спектром бактерицидной, фунгицидной и вирулицидной активностью. Семена погружали в раствор препарата (состав: полиаэзолидинаммоний, 1,2,3-тригидроксипропан, вода) концентрацией 1:30 на 2 минуты, промывали стерильной дистиллированной водой.

Образец 5 – семена овса, обработанные 0,05% раствором перманганата калия.

Во всех образцах согласно общепринятым методикам определяли количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), бактерии группы кишечной палочки (БГКП), бактерии рода *Listeria*, дрожжи, плесени.

Из каждого образца обработанных семян отбирали 3 пробы по 100 штук для проращивания зерна, которое должно быть зрелым, соответствовать ГОСТ 28673-90 «Овес. Требования при заготовках и поставках». Зерно промывали, замачивали в чистой питьевой воде при температуре 15–23°C в течение 10–12 часов, проращивали при температуре окружающей среды 18–23°C и через 2 и 4 суток подсчитывали количество проросших семян и среднюю длину проростка.

На втором этапе исследований изучали влияние различных методов обработки пророщенных по вышеуказанной технологии семян овса на их микробиологические показатели.

С целью увеличения продолжительности безопасного хранения, сохранения качества и улучшения технологических свойств пророщенного овса, конечная влажность которого составляла около 55%, проводили его сушку в сушильных шкафах до содержания влаги 14%.

При сушке пророщенного зерна температура агента сушки не должна превышать 45°C, поскольку ее повышение с целью интенсификации процесса может вызывать ферментативный гидролиз крахмала и белков, резкое снижение содержания антиоксидантов. Сушка при низкой температуре тоже нежелательна, так как замедляет процесс, и в результате интенсивного дыхания увеличиваются потери сухих веществ и развитие микробиологических процессов.

Микробиологические показатели пророщенных семян овса должны соответствовать требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Результаты и их обсуждение

Результаты микробиологических исследований обработанных различными методами семян овса представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Микробиологические показатели семян овса после различных способов обработки в сравнении с контрольным образцом

Микробиологические показатели	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП, в 0,01 г	Бактерии рода <i>Listeria</i> , в 1 г	Дрожжи, КОЕ/г	Плесени, КОЕ/г
Нормируемые показатели по ТР ТС 021/2013	5,0·10 ³	не допускается	не нормируется	не нормируется	5,0·10 ¹
Контрольный образец	2,2·10 ⁴	обнаружено	обнаружено	1,8·10 ¹	1,0·10 ¹
После обработки УФ	2,1·10 ³	обнаружено	обнаружено	7,0·10 ²	не обнаружено
После обработки УЗ	6,2·10 ³	обнаружено	обнаружено	2,1·10 ²	1,0·10 ¹
После обработки антимикробным препаратом	4,0·10 ³	обнаружено	обнаружено	4,6·10 ²	3,0·10 ¹
После обработки перманганатом калия	1,2·10 ¹	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено	1,0·10 ¹

Как видно из таблицы 1, контрольный образец семян овса имеет высокую микробиологическую обсемененность, что требует применения интенсивных методов антисептики. Все использованные в работе способы снижают КМАФАнМ, но соответствие нормативной документации достигается только после обработки раствором перманганата калия.

Влияние обработки семян овса на степень прорастания показано в таблице 2.

Таблица 2 – Степень прорастания семян овса после различных способов обработки в сравнении с контрольным образцом

Образец семян	Через 2 суток проращивания		Через 4 суток проращивания	
	количество проросших семян, %	средняя длина проростка, мм	количество проросших семян, %	средняя длина проростка, мм
Контрольный образец	63,5	3,9	75,5	20,4
После обработки УФ	56,1	2,2	69,1	14,9
После обработки УЗ	52,5	1,8	70,5	18,1
После обработки антимикробным препаратом	59,5	2,5	68,4	14,8
После обработки перманганатом калия	56,0	2,1	70,8	15,5

Как видно из таблицы 2, обработка семян овса указанными методами снижает степень их прорастания. Количество проросших семян уменьшается на 6,2–9,4%, а средняя длина проростка – на 11,3–27,5%. Таким образом, обработка семян указанными методами до проращивания, хотя и снижает общую микробную обсемененность семян, не является целесообразной, так как уменьшает выход пророщенных семян.

Из полученных данных следует, что для обеспечения микробиологической безопасности пророщенных семян их обработку следует проводить непосредственно после проращивания.

В таблице 3 показаны результаты микробиологических исследований пророщенных семян овса после обработки.

Таблица 3 – Микробиологические показатели пророщенных семян овса после различных способов обработки по сравнению с контрольным образцом

Микробиологические показатели	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП, в 0,01 г	Бактерии рода <i>Listeria</i> , в 1 г	Дрожжи, КОЕ/ г	Плесени, КОЕ/ г
Нормируемые показатели по ТР ТС 021/2013	$5,0 \cdot 10^3$	не допускается	не нормируется	не нормируется	$5,0 \cdot 10^1$
Контрольный образец	$4,6 \cdot 10^6$	обнаружено	обнаружено	$6,4 \cdot 10^2$	$5,5 \cdot 10^1$
После обработки УФ	$1,0 \cdot 10^5$	обнаружено	обнаружено	$4,4 \cdot 10^2$	$2,0 \cdot 10^1$
После обработки УЗ	$8,2 \cdot 10^4$	обнаружено	обнаружено	$3,5 \cdot 10^2$	не обнаружено
После обработки антимикробным препаратом	$2,1 \cdot 10^5$	обнаружено	обнаружено	$1,8 \cdot 10^2$	$5,0 \cdot 10^1$
После обработки перманганатом калия	$4,8 \cdot 10^3$	не обнаружено	не обнаружено	$2,0 \cdot 10^1$	5,0

Заключение

Из представленных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Облучение пророщенных семян овса ультрафиолетом не является эффективным. Как известно, УФ фотоны проникают всего на несколько микрон, и вероятно, этого не достаточно для обеспечения микробиологической безопасности пророщенных семян овса.
2. Обработка исследуемого продукта ультразвуком не снижает уровень обсемененности до допустимого. Кроме того, как было указано выше, ультразвук может способствовать разрушению витаминов, и, следовательно, его применение не целесообразно для обработки пророщенных семян овса.
3. Использование антимикробного препарата «Униконс» в указанной концентрации не является эффективным для обеспечения микробиологической безопасности пророщенных семян овса. Обработка продукта антимикробным препаратом более высокой концентрации не рекомендуется производителем.
4. Таким образом, для обеспечения микробиологической безопасности пророщенных семян овса и сохранении максимального выхода готового продукта целесообразно использовать обработку семян после проращивания раствором перманганата калия.

Литература

1. Evdokimov I.A., Volodin D.N., Misyura V.A., Zolotoreva M.S. and Shramko M.I. Functional fermented milk desserts based on acid whey. *Foods and Raw Materials*. 2015, V. 3, no. 2, pp. 40–48.
2. Ходунова О.С., Силантьева Л.А. Разработка состава и технологии мягкого сыра с пророщенными зернами овса // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2016. № 1(27). С. 100–106.
3. В США 63 человека отравились пророщенными бобами из Нью-Йорка // Russia Today. 2014, 25 ноября. URL: <https://russian.rt.com/article/61123> (дата обращения 12.12.2016).
4. Афанасьева О.В. Микробиология хлебопекарного производства. СПб.: Береста, 2003. 220 с.
5. Жарикова Г.Г. Микробиология продовольственных товаров. Санитария и гигиена. М.: Academia, 2005. 296 с.
6. Мейер А., Зейтц Э. Ультрафиолетовое излучение. Получение, измерение и применение в медицине, биологии и технике. М.: Иностранная литература, 1952. 574 с.
7. Лыткина Л.И., Шевцов А.А., Шенцова Е.С., Мочалова А.В., Ситникова А.С. Применение гидротермической обработки для снижения содержания афлатоксинообразующих грибов в зерне // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие, экологически безопасные технологии и оборудование для переработки пищевого сельскохозяйственного сырья, импортозамещение» (Краснодар, 10–12 ноября 2015 г.). Краснодар: Экоинвест, 2015. С. 200–201.
8. Акоюн В.Б., Ершов Ю.А. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами: Ультразвук в медицине, ветеринарии и экспериментальной биологии. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 224 с.
9. Халитова Э.Ш., Манеева Э.Ш., Быков А.В. Нетрадиционные способы обработки плодоовощного сырья // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. Оренбург, 2014. С. 1309–1313.
10. Шляев А.С., Кундас С.П., Стукин А.С. Физические основы применения ультразвука в медицине и экологии: учебно-методическое пособие. Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009. 110 с.

11. Антушева Т.И. Некоторые особенности влияния ультразвука на микроорганизмы [Электронный ресурс] // Живые и биокосные системы. 2013. № 4. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-4/article-11> (дата обращения 24.12.16).
12. Шуляев А.С. Ультразвук в науке, технике и технологии: учеб. пособие для вузов. Гомель: Институт радиологии, 2007. 412 с.
13. Хмелев В.Н., Сливин А.Н., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н., Шалунов А.В. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности. Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. 203 с.
14. Люк Э. Консерванты в пищевой промышленности. М.: Ягер – СПб.: Гиорд, 2000. 255 с.
15. Jan A. Delcour, R. Carl Hosney. *Principles of Cereal Science and Technology*. St. Paul, Minn: AACC International, 2010. 3rd ed. 280 p.
16. Баталова Г.А. Перспективы и результаты селекции голозерного овса // Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. № 2(10). С. 64–69.

References

1. Evdokimov I.A., Volodin D.N., Misyura V.A., Zolotoreva M.S. and Shramko M.I. Functional fermented milk desserts based on acid whey. *Foods and Raw Materials*. 2015, V. 3, no. 2, pp. 40–48.
2. Khodunova O.S., Silant'eva L.A. Razrabotka sostava i tekhnologii myagkogo syra s proroshchennymi zernami ovsya [Development of composition and technology for soft cheese with oat germinated grains]. *Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment*. 2016, no. 1(27), pp. 100–106.
3. In the United States 63 people were poisoned germinated beans from New York. *Russia Today*. 2014. November, 25. URL: <https://russian.rt.com/article/61123> (Accessed 12.12.2016).
4. Afanas'eva O.V. *Mikrobiologiya hlebopekarnogo proizvodstva* [Microbiology of bakery production]. St. Petersburg, Beresta Publ., 2003, 220 p.
5. ZHarikova, G.G. *Mikrobiologiya prodovol'stvennykh tovarov. Sanitariya i gigiena* [Microbiology of food products. Sanitation and hygiene]. Moscow, ACADEMA Publ., 2005, 296 p.
6. Meier A., Zeitts E. *Ul'traioletovoe izluchenie. Poluchenie, izmerenie i primeneniye v meditsine, biologii i tekhnike* [Ultraviolet radiation. Obtainment, measurement and application in medicine, biology and engineering]. Moscow, Inostrannaya literatura Publ., 1952, 574 p.
7. Lytkina L.I., Shevtsov A.A., Shentsova E.S., Mochalova A.V., Sitnikova A.S. Primeneniye gidrotermicheskoi obrabotki dlya snizheniya soderzhaniya aflatoksinobrazuyushchikh gribov v zerne [Application of the hydrothermal treatment for the reduction of aflatoxin-forming fungi in grains]. *Proceeding of the international scientific-practical conference "Sustainable development, ecologically safe technologies and equipment for food processing of agricultural raw materials, import substitution"* (Krasnodar, November, 10–12, 2015). Krasnodar, Ekoinvest, 2015, pp. 200–201.
8. Akopyan V.B., Ershov Yu.A. *Osnovy vzaimodeystviya ul'trazvuka s biologicheskimi ob'ektami: Ul'trazvuk v meditsine, veterinarii i eksperimental'noi biologii* [Basics of ultrasound interaction with biological objects: Ultrasound in medicine, veterinary medicine and experimental biology]. Moscow, MGTU im. N.E. Bauman, 2005, 224 p.
9. Khalitova E.Sh., Maneeva E.Sh., Bykov A.V. Netraditsionnye sposoby obrabotki plodoovoshchnogo syr'ya [Nontraditional methods of processing of fruit and vegetable raw materials]. *University complex as a regional center of education, science and culture: Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference*. Orenburg, 2014, pp. 1309–1313.
10. Shilyaev A.S., Kundas S.P., Stukin A.S. *Fizicheskie osnovy primeneniya ul'trazvuka v meditsine i ekologii: uchebno-metodicheskoe posobie* [The physical basis for the use of ultrasound in medicine and ecology: a teaching aid]. Minsk, MGEU im. A.D. Sakharova, 2009, 110 p.
11. Antusheva T.I. Nekotorye osobennosti vliyaniya ul'trazvuka na mikroorganizmy [Some features of the ultrasonic effect on microorganisms]. *Living and bio-inert system*. 2013, no. 4. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-4/article-11> (Accessed 24.12.16).
12. Shilyaev A.S. *Ul'trazvuk v nauke, tekhnike i tekhnologii: ucheb. posobie dlya vuzov* [Ultrasound in science, engineering and technology: teaching aid for high schools]. Gorn'ye, Institut radiologii, 2007, 412 p.
13. Khmелев В.Н., Сливин А.Н., Барсуков Р.В., Тсыганок С.Н., Шалунов А.В. *Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности* [The use of high-intensity ultrasound in the industry]. Бийск, Алтайский государственный технический университет, 2010, 203 с.
14. Lyuk E. *Konservanty v pishchevoi promyshlennosti* [Preservatives in Food Industry]. Moscow, Yager Publ. St. Petersburg, GIORD Publ., 2000, 255 p.
15. Jan A. Delcour, R. Carl Hosney. *Principles of Cereal Science and Technology*. St. Paul, Minn: AACC International, 2010. 3rd ed. 280 p.
16. Batalova G.A. *Perspektivy i rezul'taty seleksii golozernogo ovsya* [Prospects and results of naked oats breeding]. *Legumes and groats crops*. 2014, no. 2(10), pp. 64–69.

Статья поступила в редакцию 18.01.2017