

# КОНТРОЛИРУЕМОЕ ПРОРАЩИВАНИЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР – БЕЗОПАСНЫЙ СПОСОБ ТЕХНОЛОГИИ НОВЫХ СЫРЬЕВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ

*Н.В. Науменко, И.Ю. Потороко, А.А. Фильков,  
А.М. Худякова, Е.Е. Науменко*

*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия*

Использование цельного зерна пшеницы, ячменя, овса для получения безопасных сырьевых ингредиентов и последующее включение их в рецептуру пищевых продуктов является одним из приоритетных направлений развития пищевой отрасли. Анализ открытых источников научных и статистических данных в обозначенной области научных исследований позволил выявить, что развитие продовольственного рынка направлено на применение традиционного сырья, получение продуктов, обогащенных полезными сырьевыми ингредиентами. Основные тенденции направлены на использование всех составных частей зерна, на минимизацию потерь и максимальное использование пищевых компонентов зернового сырья, что в свою очередь, подчеркивает целесообразность использования в технологиях новых методов обеззараживания зерновых культур. Целью настоящего исследования являлось получение безопасных сырьевых ингредиентов из пророщенного зерна пшеницы, ячменя и овса и обоснование возможности их встраивания в систему пищевых продуктов. В статье авторами предлагается использование эффективного и безопасного метода обеззараживания поверхности зерновых культур было предложено воздействие холодным плазменным излучением согласно следующим характеристикам: разность потенциалов 10 кВ, частота 50 Гц, плазмообразующее вещество – воздух при нормальных условиях, время обработки 10 минут. Данный способ имеет стабильно положительный результат в технологиях переработки зерновых культур, подразумевающих создание провокационных условий для развития токсигенной микрофлоры, т. е. в процессах замачивания и проращивания зерна пшеницы, ячменя и овса. На основании представленного массива данных удалось доказать безопасность и технологическую пригодность полученных в результате проращивания сырьевых ингредиентов – цельнозерновой муки из пророщенного зерна пшеницы, ячменя и овса.

**Ключевые слова:** зерно пшеницы, зерно овса, зерно ячменя, проращивание зерновых культур, безопасные сырьевые ингредиенты.

## **Введение**

Растущий спрос со стороны потребительского рынка на цельнозерновые сырьевые ингредиенты и высококачественные пищевые продукты послужил стимулом для развития научных исследований и инновационных технологий при создании пищевых продуктов с улучшенными натуральными вкусовыми характеристиками в сочетании с ограниченным количеством применяемых улучшителей и обогатителей различной химической природы [3, 7].

Актуальность научной проблемы обусловлена существующей в настоящее время сложной ситуацией снижения качества зерновых культур и их профицитом, что диктует необходимость системного подхода в разработке технологических приемов и решений, позволяющих получить безопасные сырьевые

ингредиенты с высокой добавленной стоимостью.

Особое внимание в Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. направлено на разработку современных технологий производства пищевых ингредиентов, позволяющих получать продукты нового поколения с заданными характеристиками качества, соответствующие принципам здорового питания.

Среди всех проблем, определяющих безопасность как зернового сырья, так и продуктов их переработки микробиологическое заражение – это одна из основных причин. В настоящее время остро стоит вопрос необходимости обеспечения качества и безопасности пищевых цельнозерновых сырьевых ингредиентов за счет применения эффективных и безопасных технологий обеззараживания.

С целью обеспечения безопасности продовольственного зерна применяются различные методы обеззараживания, конечной целью которых является поддержание безопасности, свежести и пищевых свойств сырьевых ингредиентов и конечных продуктов. Наиболее часто используется и достаточно хорошо описаны микроволновые, радиочастотные, инфракрасные способы воздействия. К числу новых технологий можно отнести методы, не оказывающие термического воздействия, такие как холодное плазменное излучение, озонирование и нанотехнологии, которые стали объектом наших исследований с точки зрения эффективности [1, 2, 4–6, 8–13].

**Целью** настоящего исследования являлось получение безопасных сырьевых ингредиентов из зерна пшеницы, ячменя и овса путем проращивания и обоснование возможности их встраивания в систему пищевых продуктов.

### **Объекты и методы исследований**

– пшеница мягкая яровая (*Triticum aestivum* L.) сорта Любава, ГОСТ 9353-2016 Пшеница. Технические условия;

– зерно ячменя (*Hrdoum*), сорта Челябинец 1, ГОСТ 28672-2019 Ячмень. Технические условия;

– зерно овса (*Avena sativa*), сорта Спринт 2, ГОСТ 28673-2019 Овес. Технические условия.

Все образцы были выращены в степной зоне Брединского муниципального района Челябинской области РФ, которая относится к зоне критического земледелия. Годы проведения исследований (2018–2020 гг.) значительно отличались по метеорологическим условиям, что типично для данного региона. Отбор проб зерна проводили согласно требованиям ГОСТ 13586.3-2015.

Органолептические показатели исследуемых образцов зерновых культур определяли согласно ГОСТ 9353-2016, ГОСТ 28672-2019 и ГОСТ 28673-2019.

Натуру исследуемых образцов зерновых культур определяли согласно ГОСТ 10840-2017.

Микробиологические показатели: КМА-ФанМ, КОЕ/г – по ГОСТ 10444.15-94, БГКП (колиформы) – ГОСТ 31747-2012; Дрожжи, КОЕ/г и Плесени, КОЕ/г – по ГОСТ 10444.12-2013.

Для обеззараживания поверхности зерновых культур использовали воздействие холодным плазменным излучением (далее по тексту ХПИ) согласно следующим условиям: разность

потенциалов 10 кВ, частота 50 Гц, плазмообразующее вещество – воздух при нормальных условиях, время обработки 10 минут.

Проращивание зернового сырья осуществлялось в контролируемых условиях, предварительно проводилось промывание зерновой массы, а затем следующие технологические процессы – замачивание и проращивание отобранных проб зерна пшеницы, ячменя, овса. Общая длительность процесса составляла 16–48 часов, температура воды – 20–22 °С. Окончание процесса фиксировали по длине ростка (длина ростка 1–1,5 мм), после чего зерно высушивали до влажности 12–14 % в условиях принудительной конвекции воздуха при температуре 30–40 °С.

Для установления наличия Афлатоксина В1 применяли методику качественного определения, согласно методу ААСС 45-15.01. Для исследования были получены модельные образцы зерновых культур: исходное зерно выдерживали в заведомо провокационных условиях при температуре ( $26 \pm 2$ ) °С при влажности окружающей среды ( $95 \pm 5$ ) % в течение 24 часов. По истечении времени выдержки влажность образцов зерна достигала ( $20 \pm 2$ ) %, в ходе визуального осмотра видимых изменений (потемнений поверхности зерна, развития мицелия плесеней и др.) отмечено не было.

Опытные образцы цельносомлотого зернового ингредиента получали в лабораторных условиях путем размолва высушенного пророщенного зерна пшеницы, ячменя и овса, который проводился с применением мельницы модели ЛМТ-2. Качество помола оценивали по контролю гранулометрического состава с применением метода лазерного динамического светорассеяния согласно ААСС 55-40.01.

Влажность образцов цельносомлотой муки из пророщенных зерновых культур оценивали согласно ГОСТ 9404-88.

Все измерения проводились в трехкратной параллельной повторности. Статистическая обработка результатов проводилась при вероятности 0,95.

### **Результаты и их обсуждение**

Для оценки эффективности процесса обеззараживания зерновых масс с использованием метода ХПИ на первом этапе работ проводился входной контроль качества по расширенной номенклатуре, результаты которого, включая показатели безопасности исследуемых образцов зерновых культур представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты входного контроля качества и безопасности исследуемых образцов зерновых культур

Наименование показателей	Фактическое значение показателей исследуемых образцов		
	Зерно пшеницы сорта Любава	Зерно ячменя сорта Челябинец 1	Зерно овса сорта Спринт 2
Состояние	В здоровом, не греющемся состоянии		
Цвет	Свойственный здоровому состоянию данной зерновой культуры		
Запах	Свойственный здоровому состоянию данной зерновой культуры		
Натура, г/л	772–799	656–667	789–899
Влажность, %	11,9–13,9	11,8–12,5	11,3–12,9
Сорная примесь, %	0,77–1,16	0,98–1,26	0,54–0,62
КМАФАнМ, КОЕ/г	$2,5 \times 10^3$	$1,9 \times 10^3$	$2,4 \times 10^3$
БГКП (колиформы)	Не обнаружены в 1,0 г		
Дрожжи, КОЕ/г	Менее 10	Менее 10	Менее 10
Плесени, КОЕ/г	45	40	35

На основании полученных результатов оценки качества можно утверждать, что для каждой зерновой массы отмечены свои отклонения.

Так, образцы зерна пшеницы сорта Любава соответствуют требованиям ГОСТ 9353-2016, зерно можно отнести к 4 классу. По микробиологическим показателям зерновая масса соответствует требованиям ТР ТС 021/2011. Вместе с тем, натура зерна пшеницы имеет значительную разнородность, диапазон значений составляет 772–799 г/л, но при этом достаточно высоки, что свидетельствует о хорошей выполненности зерна, отсутствии воздушных прослоек между отдельными структурными элементами и высокой плотности эндосперма.

Образцы зерна ячменя сорта Челябинец 1 согласно входному контролю возможно отнести к первому классу (значения показателя «Натура» находятся в диапазоне 656–667 г/л), по микробиологическим показателям соответствует требованиям ТР ТС 021/2011.

Образцы зерна овса сорта Спринт 2 согласно требованиям ГОСТ 28673-2019 соответствует первому классу (значения показателя «Натура» находятся в диапазоне 789–899 г/л), по микробиологическим показателям не имеет отклонений и соответствует требованиям ТР ТС 021/2011.

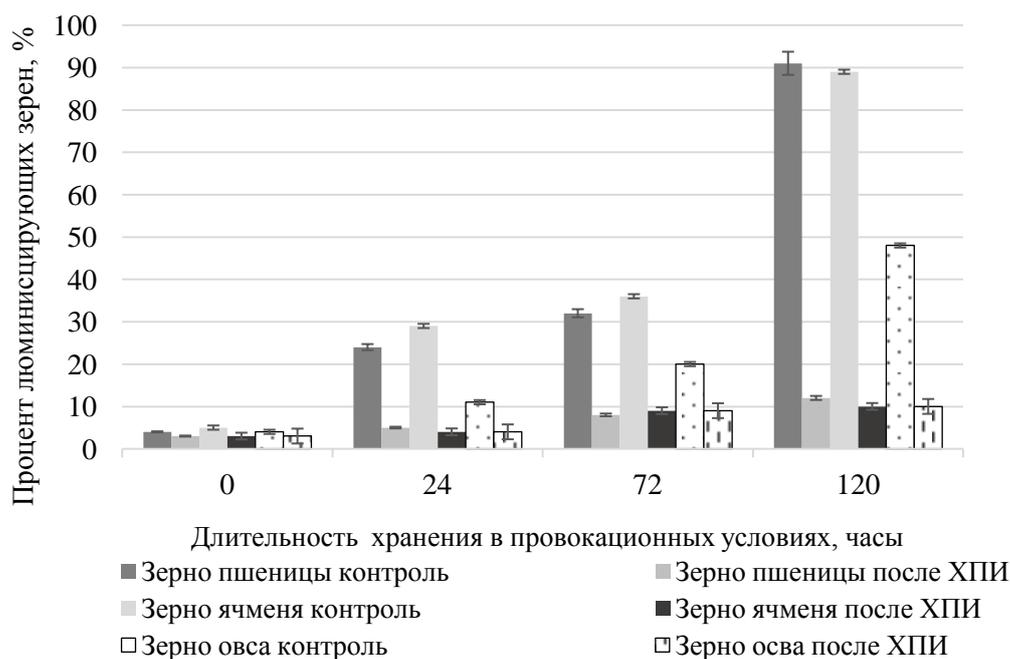
Учитывая, что микробиологическая чистота имеет наиболее важное значение для

оценки безопасности зерновых культур особенно в условиях ведения процессов проращивания, была определена главная линия экспериментальных исследований, направленная на контроль активности токсигенных плесеней потенциальных источников накопления Афлатоксина В1.

Повышенная влажность и температура при проращивании способствуют активации эпифитной микрофлоры зерна и тем самым делают его опасным для использования в качестве сырьевых ингредиентов. Из представленных выше данных видно, что отобранные образцы зерновых культур соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011, что позволяет их использовать в качестве сырья для проращивания. Необходимо отметить, что количество плесневых грибов имеет предельные значения, что может вызвать интенсивный рост плесневых грибов при увлажнении зерновых культур.

Результаты качественного определения наличия плесневых грибов и продуктов их метаболизма (Афлатоксина В1) согласно методу ААСС 45-15.01 до и после воздействия холодного плазменного излучения (ХПИ) представлены на рис. 1.

Визуальное наблюдение интенсивности желто-зеленого свечения у образцов зерновых культур после холодного плазменного излучения, находящихся в провокационных условиях, значительно отличается от контрольных об-



**Рис. 1. Характерный вид результатов качественного определения наличия афлатоксина В1 (по количеству люминесцирующих зерен), согласно методу ААСС 45-15.01 контроль и после холодного плазменного излучения (ХПИ)**

разцов. Так, характерное свечение после 72 часов хранения можно отметить не более чем у 10 % зерен, а через 120 часов – 12 %. Полученные результаты люминесценции свидетельствуют о наличии таких плесневых грибов, как *A. flavus* или *A. parasiticus*. Тогда как у образцов после обработки ХПИ люминесценция значительно снижена и визуализируется у гораздо меньшего количества зерен [14–18].

Так, через 72 часа хранения у образцов зерна пшеницы после 10 минут воздействия холодным плазменным излучением можно наблюдать характерную для Афлатоксина В1 люминесценцию у не более чем 8 % зерен, а через 120 часов – 12 %, что отражает минимальную интенсивность активности токсигенных плесеней *A. flavus* или *A. parasiticus*. После 10 минут воздействия холодного плазменного излучения на зерно ячменя и овса было зафиксировано заметное снижение количества люминесцирующих зерен к 72 часам хранения, при этом через 120 часов данный показатель также не имел динамики роста, что характеризует выраженный эффект обеззараживающего действия на данные виды токсигенных плесеней.

Понимая, что использование ХПИ для снижения общей обсемененности зерновых масс может быть весьма перспективным для

создания асептических технологий в пищевой промышленности, важно оценить его влияние на технологическую пригодность обработанного сырья и продуктов его переработки [19, 20].

Результаты определения органолептических показателей, влажности и микробиологических показателей цельносомлотой муки из зерновых культур представлены в табл. 2.

Из представленных данных видно, что органолептические и физико-химических показатели образцов практически мало отличаются. Влажность всех трех образцов минимальная, что позволит при хранении минимизировать развитие токсигенных плесеней. Микробиологические показатели находятся на минимальных значениях, в то время как были созданы провокационные для развития патогенной микрофлоры условия в процессе проращивания.

Несмотря на положительные результаты оценки предпочтительно хранить полученные сырьевые ингредиенты в условиях вакуума, так как цельносомлотая мука по составу идентична зерну, содержит все его компоненты, включая липидную фракцию, что определяет риски процессов окисления. Экспериментально отмечено, что цельносомлотая мука быстрее прогоркает, чем сортовая, хотя в ней содержатся токоферолы.

Таблица 2  
Результаты определения органолептических, физико-химических и микробиологических показателей цельносмолотой муки (ЦСМ) из пророщенных зерновых культур

Наименование показателей качества	Цельносмолотая мука из пророщенного зерна		
	Пшеницы	Ячменя	Овса
Вкус	Приятный, выраженный зерновой, слегка сладковатый без посторонних привкусов		
Запах	Приятный зерновой, слабовыраженный сладковатый, без посторонних запахов		
Цвет	Выраженный кремовый, неоднородный, с присутствием оболочечных частиц коричневого цвета		
Влажность, %	12,3 ± 0,3	11,5 ± 0,4	11,9 ± 0,3
КМАФАнМ, КОЕ/г	2,5×10 <sup>2</sup>	1,5×10 <sup>2</sup>	0,8×10 <sup>2</sup>
БГКП (колиформы)	Не обнаружено в 0,01 г		
Дрожжи, КОЕ/г	Менее 10	Менее 10	Менее 10
Плесени, КОЕ/г	20	10	15

Важно отметить, что данный вид сырьевых ингредиентов обладает достаточно высокой антиоксидантной активностью в целом, поэтому хранение в условиях вакуума позволит максимально сохранить свойства продукта до его использования.

Как отмечалось раньше, гранулометрический состав полученных сырьевых ингредиентов имеет особое значение их технологической пригодности при производстве пищевых продуктов.

Односортовый помол пророщенных образцов зерновых культур проводили по сокращенной схеме технологического процесса, с исключением традиционных процессов. Результаты оценки распределения гранулометрического состава частиц в цельносмолотой муке из образцов пророщенного зерна пшеницы, ячменя и овса представлены на рис. 2.

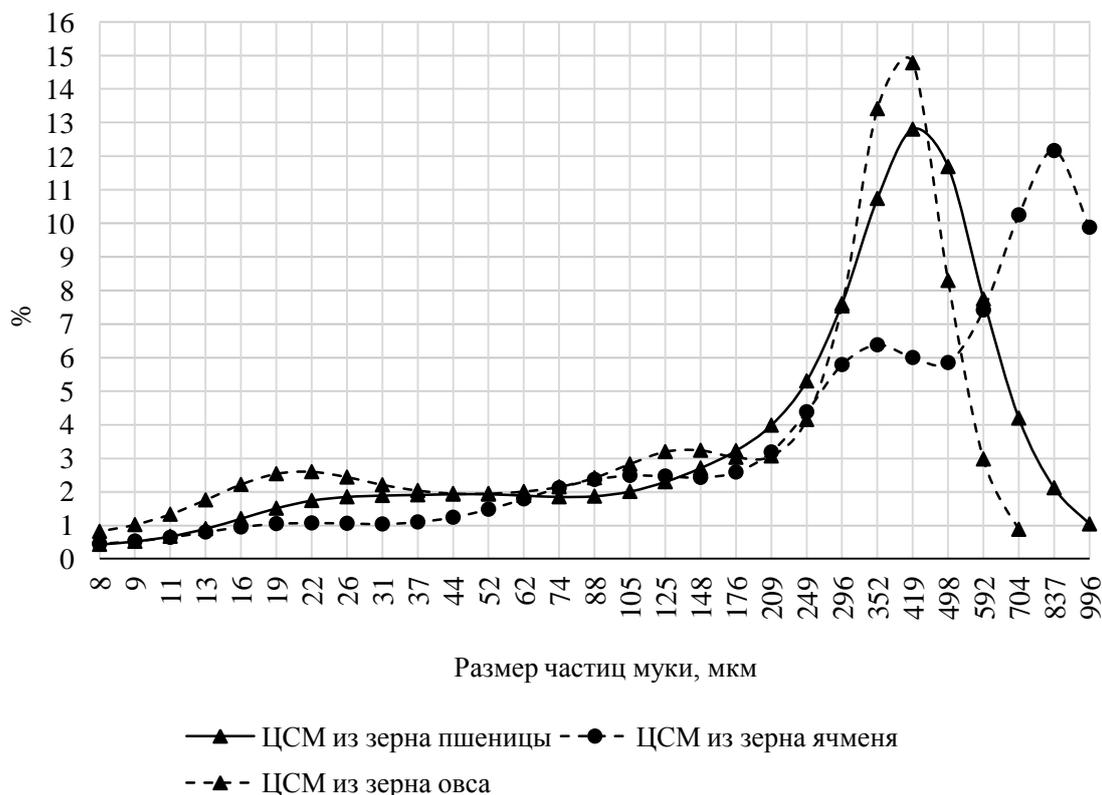
Полученные данные свидетельствуют, что для цельносмолотой муки из зерна пшеницы наблюдалось большее количество частиц размеров более 104 ± 15 мкм (77,4 %), а частиц размером менее до 100 ± 15 мкм всего 22,5 %. Тогда как для цельносмолотой муки из зерна ячменя количество частиц размеров более (104 ± 15) мкм (81,3 %), а частиц размером менее до (100 ± 15) мкм всего 18,7 %. Для цельносмолотой муки из зерна овса количество частиц размеров более (104 ± 15) мкм (67,4 %), а частиц размером менее до (100 ± 15) мкм всего 32,6 %.

Таким образом, анализ полученного массива экспериментальных данных позволяет сказать, что применение ХПИ при переработке зерновых культур обеспечивает высокую эффективность процесса обеззараживания в отношении токсигенной микрофлоры при сохранении технологической пригодности зерновой массы. Высокий уровень обеззараживающего действия достигается при следующих параметрах ведения процесса: разность потенциалов 10 кВ, частота 50 Гц, плазмообразующее вещество – воздух при нормальных условиях, время обработки 10 минут.

Важно отметить, что данный способ эффективен в технологиях переработки зерновых культур с применением процесса проращивания, особенно для этапа замачивания, подразумевающего создание агрессивных условий для развития токсигенной микрофлоры.

На основании представленного массива данных удалось доказать безопасность и технологическую пригодность ХПИ для получения безопасных сырьевых ингредиентов – цельносмолотой муки из пророщенного зерна пшеницы, ячменя и овса.

**Проект реализуется победителем Конкурса на представление грантов преподавателям магистратуры благотворительной программы «Стипендиальная программа Владимира Потанина» Благотворительного фонда Владимира Потанина, договор № ГСГК-0032/21 от 16.07.2021.**



**Рис. 2. Результаты определения гранулометрического состава частиц цельносмолотой муки из пророщенных образцов зерна пшеницы, ячменя и овса**

## Литература

1. Алехина, Н.Н. Хлеб повышенной пищевой ценности на основе закваски из биоактивированного зерна пшеницы: монография / Н.Н. Алехина, Е.И. Пономарева, И.А. Бакаева. – Воронеж: ВГУИТ, 2016. – 228 с.
2. Бастриков, Д. Изменение биохимических свойств зерна при замачивании / Д. Бастриков, Г. Панкратов // Хлебопродукты. – 2006. – № 1. – С. 40–41.
3. Верхотуров, В.В. Роль низкомолекулярных антиоксидантов и пероксидазы в механизме прорастания семян пшеницы / В.В. Верхотуров, Г.В. Пинигина // Научное сопровождение образовательного процесса агроуза: сб. материалов науч.-практ. конф. – Якутск: ЯГСХА, 2001. – С. 42–43.
4. Верхотуров, В.В. Состояние антиоксидантной системы ячменя при замачивании и солодоращении / В.В. Верхотуров, В.К. Топоричева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 9. – С. 26–30.
5. Галочкина, Н.А. Современные подходы и механизмы биоактивации растительных культур при проращивании / Н.А. Галочкина, М.А. Клиновья, Е.А. Лаптиёва // Студенческий

- научный форум: материалы V Междунар. студенч. электрон. науч. конф. – М.: Российская академия естествознания, 2014. – <http://www.scienceforum.ru/2014/601/4632> (дата обращения: 03.02.2014).
6. Глотова, И.А. Влияние источников селена на биохимические процессы при набухании и прорастании зерна пшеницы / И.А. Глотова, Н.А. Галочкина // Химия растительного сырья. – 2017. – № 4. – С. 211–216. DOI: 10.14258/jcprn.2017041849
7. Гончаров, Ю.В. Совершенствование технологии хлеба из проросшего зерна пшеницы / Ю.В. Гончаров, С.Я. Корячкина, Е.А. Кузнецова // Современные аспекты и проблемы рациональной экономики: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф.: в 4 кн. / под ред. Н.И. Лыгиной. – Орел: ГИЭТ, 2005. – Кн. 4. – С. 61–63.
8. Казакова, А.С. Физиологические основы особенностей прорастания семян различающихся по устойчивости к засухе сортов ярового ячменя / А.С. Казакова, М.В. Гайдаш, С.Ю. Козяева // Современная физиология растений: от молекул до экосистем: материалы докл. междунар. конф.: в 3 ч. – Сыктывкар:

Коми научный центр УрО РАН, 2007. – Ч. 1. – С. 165–166.

9. Казёнова, Н.К. Изменение химического состава зерновых продуктов при проращивании / Н.К. Казёнова, Д.В. Шнейдер, И.В. Казёнов // Хлебопродукты. – 2013. – № 10. – С. 55–57.

10. Матвеева, Т.В. Физиологически функциональные пищевые ингредиенты для хлебо-булочных и кондитерских изделий: монография / Т.В. Матвеева, С.Я. Корячкина. – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2012. – 947 с.

11. Науменко, Н.В. Оптимизация условий процесса проращивания зерна пшеницы / Н.В. Науменко, И.Ю. Потороко, А.В. Малинин, А.В. Цатуров // Научный журнал КубГАУ. – 2019. – № 151 (07). DOI 10.21515/1990-4665-151-017. – <http://ej.kubagro.ru/2019/07/pdf/17.pdf>.

12. Науменко, Н.В. Цельносмолотая мука из пророщенного зерна пшеницы как пищевой ингредиент в технологии продуктов питания / Н.В. Науменко, И.Ю. Потороко, М.Т. Велямов // Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2019. – Т. 7, № 3. – С. 23–30. DOI 10.14529/food190303

13. Шнейдер, Д. Макароны из цельносмолотого и пророщенного зерна пшеницы / Д. Шнейдер // Хлебопродукты. – 2010. – № 8. – С. 46–47.

14. Ding, J. Enhancement of gamma-aminobutyric acid (GABA) and other health-related metabolites in germinated red rice (*Oryza sativa* L.) by ultrasonication / J. Ding, A. V. Ulanov, M. Dong [et al.] // Ultrasonics sonochemistry. – 2018. – Vol. 40. – P. 791–797. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2017.08.029

15. Hellmann, H. Vitamin B6: a molecule for human health? / H. Hellmann, S. Mooney // Molecules. – 2010. – Vol. 15, iss. 1. – P. 442–459. DOI: 10.3390/molecules15010442

16. Hosney, R.C. Principles of cereal science and technology / R.C. Hosney. – 2nd ed. – St. Paul, MN: American association of cereal chemists, 1994. – 378 p.

17. Hung, P.V. Phenolic acid composition of sprouted wheats by ultra-performance liquid chromatography (UPLC) and their antioxidant activities / P.V. Hung, D.W. Hatcher, W. Barker // Food chemistry. – 2011. – Vol. 126, iss. 4. – P. 1896–1901. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.12.015

18. Komyshev, E. Evaluation of the SeedCounter, a mobile application for grain phenotyping / E. Komyshev, M. Genaev, D. Afonnikov // Frontiers in plant science. – 2017. – Vol. 7. DOI: 10.3389/fpls.2016.01990. – <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2016.01990/full> (last access: 04.08.2019).

19. Price, T.V. Seed sprout production for human consumption – a review / T.V. Price // Canadian institute of food science and technology journal. – 1988. – Vol. 21, iss. 1. – P. 57–65. DOI: 10.1016/s0315-5463(88)70718-x

20. Rudolf, J.L. Optimization of trans-resveratrol concentration and sensory properties of peanut kernels by slicing and ultrasound treatment, using response surface methodology / J.L. Rudolf, A.V.A. Resurreccion // Journal of food science. – 2007. – Vol. 72, iss. 7. – P. S450–S462. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00467.x

**Науменко Наталья Владимировна**, доктор технических наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), [Naumenko\\_natalya@mail.ru](mailto:Naumenko_natalya@mail.ru)

**Потороко Ирина Юрьевна**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), [potorokoij@susu.ru](mailto:potorokoij@susu.ru)

**Фильков Артем Александрович**, магистрант кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), [filkovartem@mail.ru](mailto:filkovartem@mail.ru)

**Худякова Анна Маратовна**, магистрант кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), [annmaratna@mail.ru](mailto:annmaratna@mail.ru)

**Науменко Екатерина Евгеньевна**, студент кафедры инфокоммуникационных технологий, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), [9193122375@mail.ru](mailto:9193122375@mail.ru)

Поступила в редакцию 11 мая 2021 г.

**CONTROLLED GRAIN GROWING – A SAFE METHOD FOR NEW RAW INGREDIENTS TECHNOLOGY**

**N.V. Naumenko, I. Yu. Potoroko, A.A. Filkov, A.M. Khudyakova, E.E. Naumenko**  
*South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation*

The use of whole grains of wheat, barley, oats to obtain safe raw ingredients and their subsequent inclusion in the formulation of food products is one of the priority directions for the development of the food industry. Analysis of open sources of scientific and statistical data in the designated area of scientific research revealed that the development of the food market is aimed at using traditional raw materials, obtaining products enriched with useful raw ingredients. The main trends are aimed at using all the constituent parts of grain, at minimizing losses and maximizing the use of food components of grain raw materials, which, in turn, emphasizes the feasibility of using new methods of disinfection of grain crops in technologies. The aim of this study was to obtain safe raw ingredients from sprouted grains of wheat, barley and oats and to substantiate the possibility of their integration into the food system. In the article, the authors propose the use of an effective and safe method of disinfecting the surface of grain crops, it was suggested that exposure to cold plasma radiation was performed according to the following characteristics: potential difference 10 kV, frequency 50 Hz, plasma-forming substance – air under normal conditions, processing time 10 minutes. This method has a consistently positive result in grain processing technologies, implying the creation of provocative conditions for the development of toxigenic microflora, that is in the processes of soaking and germination of wheat, barley and oats. Based on the presented data set, it was possible to prove the safety and technological suitability of the raw ingredients obtained as a result of germination – wholemeal flour from sprouted wheat, barley and oats.

**Keywords:** wheat grain, oat grain, barley grain, germination of grain crops, safe raw ingredients.

**References**

1. Alekhina N.N., Ponomareva E.I., Bakaeva I.A. *Khleb povyshennoy pishchevoy tsennosti na osnove zakvaski iz bioaktivirovannogo zerna pshenitsy* [Bread of increased nutritional value based on sourdough from bioactivated wheat grain]. Voronezh, 2016. 228 p.
2. Batrikov D., Pankratov G. [Changes in the biochemical properties of grain during soaking]. *Hleboprodukty* [Khleboprodukty], 2006, no. 1, pp. 40–41. (in Russ.)
3. Verkhoturov V.V., Pinigina G.V. [The role of low-molecular antioxidants and peroxidase in the mechanism of germination of wheat seeds] *Nauchnoe soprovozhdenie obrazovatel'nogo processa agrovuza: sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferencii* [Scientific support of the educational process of the agricultural university: collection of materials of the scientific-practical conference]. Yakutsk, 2001, pp. 42–43. (in Russ.)
4. Verkhoturov V.V., Toporishcheva V.K. [State of the antioxidant system of barley during soaking and malting]. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials], 2003, no. 9, pp. 26–30. (in Russ.)
5. Galochkina N.A., Klinovaya M.A., Laptiyeva E.A. Modern approaches and mechanisms of bioactivation of plant crops during germination Student Scientific Forum: Proceedings of the V International Student Electronic Scientific Conference. Moscow, 2014. (in Russ.) Available at: <http://www.scienceforum.ru/2014/601/4632>.
6. Glotova I.A., Galochkina N.A. [Influence of selenium sources on biochemical processes during swelling and germination of wheat grain]. *Himiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2017, no. 4, pp. 211–216. (in Russ.) DOI: 10.14258/jcprm.2017041849
7. Goncharov Yu.V., Koryachkina S.Ya., Kuznetsova E.A. [Improving the technology of bread from sprouted wheat grain]. *Sovremennye aspekty i problemy ratsional'noy ekonomiki* [Modern aspects and problems of rational economy: collection of materials of the international scientific and practical conference] in 4 books. Orel, 2005, B. 4., pp. 61–63. (in Russ.)
8. Kazakova A.S., Gaidash M.V., Kozyayeva S. Yu. [Physiological foundations of the peculiarities of seed germination of varieties of spring barley differing in resistance to drought]. *Sovremennaya fiziologiya rasteniy* [Modern plant physiology: from molecules to ecosystems: materials of reports of the international conference: at 3 pt]. Syktyvkar, 2007, Pt. 1, pp. 165–166. (in Russ.)

9. Kazyonnova N.K., Shneider D.V., Kazyonov I.V. [Changes in the chemical composition of grain products during germination]. *Hleboprodukty* [Bread products], 2013, no 10, pp. 55–57. (in Russ.)
10. Matveeva T.V., Koryachkina S. Ya. Physiologically functional food ingredients for bakery and confectionery products: monograph, Orel: State University, UNPK, 2012, 947 p. (in Russ.)
11. Naumenko N.V., Potoroko I. Yu., Malinin A.V., Tsaturov A.V. [Optimization of the conditions for the germination of wheat grain]. *Nauchnyj zhurnal KubGAU* [Scientific journal KubSAU], 2019, no. 151 (07). (in Russ.) DOI 10.21515/1990-4665-151-017
12. Naumenko N.V., Potoroko I.Yu., Velyamov M.T. Sprouted Whole Wheat Grain as a Food Constituent in Food Technology. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2019, vol. 7, no. 3, pp. 23–30. (in Russ.) DOI 10.14529/food190303
13. Schneider D. [Pasta from wholemeal and sprouted wheat grain]. *Hleboprodukty* [Bread products] 2010, no. 8, pp. 46–47. (in Russ.)
14. Ding J., Ulanov A.V., Dong M. [et al.] Enhancement of gama-aminobutyric acid (GABA) and other health-related metabolites in germinated red rice (*Oryza sativa* L.) by ultrasonication. *Ultrasonics sonochemistry*, 2018, vol. 40, p. 791–797. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2017.08.029
15. Hellmann H., Mooney S. Vitamin B6: a molecule for human health? *Molecules*, 2010, vol. 15, iss. 1, pp. 442–459. DOI: 10.3390/molecules15010442
16. Hoseney R.C. *Principles of cereal science and technology*. 2nd ed. St. Paul, MN, American association of cereal chemists, 1994. 378 p.
17. Hung P.V., Hatcher D.W., Barker W. Phenolic acid composition of sprouted wheats by ultra-performance liquid chromatography (UPLC) and their antioxidant activities. *Food chemistry*, 2011, vol. 126, iss. 4, pp. 1896–1901. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.12.015
18. Komyshev E., Genaev M., Afonnikov D. Evaluation of the SeedCounter, a mobile application for grain phenotyping. *Frontiers in plant science*, 2017, vol. 7. DOI: 10.3389/fpls.2016.01990. Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2016.01990/full> (last access: 04.08.2019).
19. Price T.V. Seed sprout production for human consumption – a review. *Canadian institute of food science and technology journal*, 1988, vol. 21, iss. 1, pp. 57–65. DOI: 10.1016/s0315-5463(88)70718-x
20. Rudolf J.L., Resurreccion A.V.A. Optimization of trans-resveratrol concentration and sensory properties of peanut kernels by slicing and ultrasound treatment, using response surface methodology. *Journal of food science*, 2007, vol. 72, iss. 7, pp. S450–S462. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00467.x

**Natalia V. Naumenko**, Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Naumenko\_natalya@mail.ru

**Irina Yu. Potoroko**, Doctor of Sciences (Engineering), Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, irina\_potoroko@mail.ru

**Artem A. Filkov**, Undergraduate of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, filkovartem@mail.ru

**Anna M. Khudyakova**, Undergraduate of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, annmaratna@mail.ru

**Ekaterina E. Naumenko**, Bachelor's Degree student at the Department of Information and Communications Technologies, South Ural State University, Chelyabinsk, 9193122375@mail.ru

*Received May 11, 2021*

#### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Контролируемое проращивание зерновых культур – безопасный способ технологии новых сырьевых ингредиентов / Н.В. Науменко, И.Ю. Потороко, А.А. Фильков и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2021. – Т. 9, № 3. – С. 53–61. DOI: 10.14529/food210306

#### FOR CITATION

Naumenko N.V., Potoroko I.Yu., Filkov A.A., Khudyakova A.M., Naumenko E.E. Controlled Grain Growing – a Safe Method for New Raw Ingredients Technology. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2021, vol. 9, no. 3, pp. 53–61. (in Russ.) DOI: 10.14529/food210306