

Научная статья
УДК 663.437
EDN: XNVZXA
DOI: 10.21285/achb.937



Экстракт ламинарии слоевища сушеного (*Laminaria thalli*) как средство стимулирования прорастания и переваримости овса и гречихи

А.В. Снегирева*✉, Л.Е. Мелёшкина*, О.Н. Мусина***

*Алтайский государственный технический университет им И.И. Ползунова,
Барнаул, Российская Федерация

***Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий, Барнаул, Российская Федерация

Аннотация. Зерновые культуры, несмотря на свои полезные свойства, содержат ряд антипитательных веществ, одним из методов снижения содержания которых является проращивание. Научный и прикладной интерес представляет проверка гипотезы о возможности стимулирования прорастания зерновых культур (на примере овса и гречихи) и повышения их переваримости путем использования при проращивании сушеного слоевища ламинарии (*Laminaria thalli*) в форме экстракта. Объектами проведенного исследования являлись овес голозерный (*Avena nudisativa*) для проращивания и обрушенное зерно гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum*), а также сушеные *Laminaria thalli*. Проращивание осуществляли при температуре (20±2) °С в течение 120 часов, используя воду питьевую (контроль) и воду питьевую с добавлением 1% от массы навески зерна сушеных слоевищ ламинарии. Стимулирование прорастания оценивали комплексно: по массе 1000 зерен, длине ростка и количеству проросших зерен. Во всех образцах определяли массовую долю экстрактивных веществ и переваримость сухого вещества с модификациями. Установлено, что добавление к воде 1% от массы навески культуры сушеного слоевища ламинарии достоверно стимулирует прорастание овса и гречихи, а также их переваримость. Экспериментальные образцы демонстрируют лучшее водопоглощение, увеличение массы 1000 зерен, длину ростка и количество проросших зерен. Использование экстракта сушеных *Laminaria thalli* при проращивании в пищевых целях овса и гречихи позволяет сократить технологический процесс до двух суток с одновременным увеличением переваримости и минимизацией потерь экстрактивных веществ.

Ключевые слова: зерновка овса, обрушенное зерно гречихи, ламинарии слоевище сушеное, *Laminaria thalli*, переваримость

Финансирование. Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки Российской Федерации (№ 075-03-2024-105, номер темы FZMM-2024-0003, рег. № НИОКТР 124013000666-5).

Для цитирования: Снегирева А.В., Мелёшкина Л.Е., Мусина О.Н. Экстракт ламинарии слоевища сушеного (*Laminaria thalli*) как средство стимулирования прорастания и переваримости овса и гречихи // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2024. Т. 14. N 3. С. 383–393. DOI: 10.21285/achb.937. EDN: XNVZXA.

Dried *Laminaria thalli* extract for stimulating germination and digestibility of oats and buckwheat

Anna V. Snegireva*✉, Larisa E. Meleshkina*, Olga N. Musina***

*Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation

**Federal Altai Scientific Centre of Agro-BioTechnologies, Barnaul, Russian Federation

Abstract. Despite their beneficial properties, cereal crops contain a number of antinutritive substances, the amount of which can be reduced by germination. In this work, we test the hypothesis about the possibility of stimulating the germination of cereal crops (on the example of oats and buckwheat) and increasing their digestibility using a dried *Laminaria thalli* extract. The research was conducted using hullless oats (*Avena nudisativa*) for germination and hulled buckwheat grain (*Fagopyrum esculentum*), as well as dried *Laminaria thalli*. Germination was carried out at a temperature of (20 ± 2) °C for 120 h, using drinking water (control) and drinking water with addition of 1 wt% of dried kelp thalli. The germination intensity was assessed based on the mass of 1000 grains, sprout length, and the number of germinated grains. In all samples, the mass fraction of extractive substances and dry matter digestibility with modifications were determined. It was found that the addition of dried *Laminaria thalli* to water in the amount of 1 wt% stimulates the germination of oats and buckwheat, as well as their digestibility, significantly. The experimental samples demonstrated an improved water absorption and an increase in the weight of 1000 grains, sprout length, and the number of germinated grains. The use of dried *Laminaria thalli* extract in germination of oats and buckwheat for food purposes reduces the technological process up to two days with a simultaneous increase in digestibility and minimization of losses of extractive substances.

Keywords: oat grain, hulled buckwheat grain, dried kelp, *Laminaria thalli*, digestibility

Funding. Ministry of Education and Science of Russian Federation supported this work (no. 075-03-2024-105, topic number FZMM-2024-0003, registration number 124013000666-5).

For citation: Snegireva A.V., Meleshkina L.E., Musina O.N. Dried *Laminaria thalli* extract for stimulating germination and digestibility of oats and buckwheat. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2024;14(3):383-393. (In Russian). DOI: 10.21285/achb.937. EDN: XNVZXA.

ВВЕДЕНИЕ

Зерновые культуры в питании человека являются ценным источником углеводов, белков, витаминов группы В, а также минеральных веществ и клетчатки, которые содержатся в первую очередь в алейроновом слое. В течение многих лет специалисты в области нутрициологии и медицины подчеркивают важность цельнозерновых продуктов для здоровья человека [1]. В крупах грубого помола присутствуют компоненты, которые обладают большим потенциалом в снижении факторов риска, связанных с различными типами онкологических заболеваний, такими как рак молочной железы, толстой кишки, предстательной железы и другими; антиканцерогенный эффект связан главным образом с действием фенольных соединений [2].

Вместе с тем зерновые культуры содержат ряд антипитательных факторов, которые препятствуют усвоению незаменимых нутриентов. Наиболее распространенные антипитательные вещества, присутствующие в растительном материале, включают сапонины, дубильные вещества, фитаты, полифенольные соединения и ингибиторы протеаз. Эти компоненты влияют на питательную ценность крупяных продуктов, препятствуя перевариванию белков, усвоению железа и ряда макро- и микронутриентов, вплоть до появления интоксикации

при попадании в организм человека в высоких концентрациях. В настоящее время в пищевой отрасли для инактивации таких пищевых антинутриентов используется несколько стратегий, которые включают в себя обработку зерновых культур, такую как измельчение, замачивание, проращивание, автоклавная и микроволновая обработка и ферментация [3]. Также известно применение гидростатического давления, импульсных электрических полей, ультразвука и холодной плазмы [4]. В исследованиях установлено, что холодная плазма оказывает значительное влияние на антипитательные факторы, например на ингибиторы трипсина и содержание фитиновой кислоты в бобах мунг [5]. Ко всему прочему, изучено комплексное воздействие микроволнового облучения и проращивания на зерно татарской гречихи [6, 7], проращивания и экструзии на зерно пшеницы [8].

Во время проращивания синтезируются эндогенные ферменты, что оказывает существенное влияние на химический состав и технологические характеристики растительного сырья. Повышается пищевая ценность и усвояемость, в процессе ферментации значительно снижается количество антинутриентов, содержащихся в злаках, таких как фитаты, полифенолы, дубильные вещества и ингибиторы трипсина [9, 10], увеличивается

количество свободных жирных кислот [11] и содержание флавоноидов. Среди различных методов обработки зерновых и крупяных культур проращивание может быть использовано для повышения антиоксидантного потенциала функциональных продуктов питания, что актуально для терапии различных хронических заболеваний, вызванных свободными радикалами (метаболический синдром, ожирение, сахарный диабет, сердечно-сосудистые заболевания и др.) [12]. Доказано, что проращивание гречихи приводит к увеличению ее антиоксидантной активности [13]. Также сообщается об увеличении после проращивания в течение 72 ч антиоксидантной активности муки из татарской гречихи в результате большего накопления свободных флавоноидов и фенольных кислот: наибольший прирост наблюдался в катехинах, кемпфероле, витексине, п-кумаровой кислоте; также отмечено увеличение содержания незаменимых аминокислот: лизина, лейцина и фенилаланина [14]. Доказано, что мука из пророщенного овса является отличным источником белка (10,7%), β -глюкана (2,1%), тиамина (687,1 мкг/100 г), рибофлавина (218,4 мкг/100 г) и минералов (фосфора, калия, магния и кальция), имеет лучший аминокислотный и жирнокислотный составы и уровни γ -аминомасляной кислоты (54,9 мг/100 г), свободных фенольных соединений (507,4 мг ГА/100 г) и антиоксидантной способности (1744,3 мг ТЕ/100 г) в сравнении с непророщенным овсом [15]. Установлено, что при проращивании гречихи в течение 48 ч общее содержание незаменимых аминокислот и полиненасыщенных жирных кислот увеличивается на 5,22 и 3,66% соответственно по сравнению с аналогичными показателями у непророщенной гречихи [16]. При проращивании гречихи антипитательные компоненты, такие как танин и фитиновая кислота, снижаются на 59,91 и 17,42% соответственно [17].

Зарубежные исследователи приходят к выводу, что проращивание может быть использовано в качестве эффективного метода биотрансформации злаков для получения модифицированной муки пищевого назначения с улучшенными нутритивными характеристиками и способствовать повышению скорости переваривания углеводов и белков [18]. Кроме того, проращивание облегчает ферментацию злаков с использованием пробиотических микроорганизмов [19]. При исследовании муки из различных пророщенных зерновых культур отмечено снижение коэффициента набухания, что связано с гидролизом крахмала и белков [20]. В результате изучения процесса прорастания ржи установлено, что в течение первых трех дней общая протеолитическая активность увеличивается и в целом картина гидролиза схожа с той, которая наблюдается при прорастании пшеницы и ячменя [21]. Небольшое снижение массовой доли белка в зерне в процессе прорастания также может свидетельствовать о повышении протеолитической активности ферментов [22]. Доказано, что проращивание зерновых культур приводит к увеличению содержания витаминов и повышению биодоступности железа и цинка [23]. Объемная и истинная плотность имеют тенденцию к снижению во время гидратации, а удельная площадь поверхности зерен уменьшается из-за трехмерного расширения зерна [24]. Установлено влияние температуры на

процесс прорастания и антиоксидантный потенциал зерна [25, 26].

Известно, что использование при проращивании йода (в виде калия йодида) приводит к увеличению энергии и способности прорастания семян [27].

Перспективным природным источником йода при проращивании может являться ламинария (*Laminaria thalli*), содержащая помимо йода еще комплекс других микро- и макроэлементов. В состав ламинарии входят йод, калий, магний, кальций и железо, соединения йода, в частности ТЕА-гидроидид, являются отличными липолитическими агентами, поскольку они стимулируют активность липазы [28]. В 100 г сухой ламинарии содержится 17,1–32,0 г альгиновой кислоты, 8,46–28,48 г маннита, 5,97–18,99 г сырого протеина и 19,35–45,29 г общей золы, в том числе 0,13–0,69 г йода и 4,35–12,65 г калия, энергетическая ценность составляет 262 ккал [29]. Экстракты ламинарии обладают антиоксидантной активностью [30], оказывают положительное влияние на микробиоту кишечника и стимулируют потерю веса, регулируют метаболизм аминокислот в кишечнике и гликометаболизм, защищая кишечный барьер [31]. Добавление ламинарии в пищевые продукты приводит к увеличению содержания фенольных соединений и хлорофиллов [32].

Установлено положительное влияние ламинарии на процесс прорастания нута: происходит лучшее водопоглощение, увеличивается количество проросших зерен, массовая доля экстрактивных веществ, повышается пищевая ценность, усвояемость и переваримость нута как в желудке, так и в кишечнике [33].

Таким образом, благодаря своему богатому химическому составу ламинария может не только служить потенциальным стимулятором проращивания, но и обогатить готовый продукт незаменимыми нутриентами.

Научный и прикладной интерес представляет проверка гипотезы о возможности стимулирования прорастания зерновых культур на примере овса (*Avena nudisativa*) и гречихи (*Fagopyrum esculentum*), а также повышения их переваримости путем использования при проращивании ламинарии в форме экстракта сушеного слоевища (*Laminaria thalli*).

В связи с вышесказанным целью проведенного исследования явилась разработка метода для ускорения проращивания зерновых культур (на примере овса и гречихи) и улучшения их переваримости.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Проведение исследований осуществлялось на лабораторной базе Центра комплексных исследований и экспертной оценки пищевой продукции «АлтайБиоЛакт» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова (г. Барнаул, Россия).

В качестве объектов исследования использовали следующие образцы сырья и пищевой продукции, которые соответствовали требованиям действующей нормативной документации:

– овес голозерный (*Avena nudisativa*) под торговым наименованием «Овес голозерный для проращивания» по ТУ 9719-011-89751414-10 (далее по тексту – овес);

– гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum*) под торговым наименованием «Гречка зеленая для проращивания» по СТО 64350476-0019-2016 (далее по

тексту – гречиха); согласно ГОСТ 19092-2021¹ данный вид сырья относится к обрушенному зерну гречихи;

– сушеные слоевища ламинарии (*Laminaria thalli*) по ТУ 15-01 206-79 (далее по тексту – ламинария).

Следует отдельно остановиться на дефинициях. Как известно, к зерновым культурам относят однодольные растения семейства мятликовых (злаков), в том числе овес, а также гречиху из семейства гречишных. В биологии плод овса называется голая или пленчатая зерновка, а гречихи – трехгранный орешек. В нормативной документации аграрной отрасли, пищевой и перерабатывающей промышленности принят обобщенный стандартизированный термин «зерно» (ГОСТ 28673-2019², ГОСТ Р 56105-2014³). Поскольку в настоящей работе изучаются возможности оптимизации процесса проращивания овса и гречихи для пищевых нужд, представляется целесообразным использовать терминологию государственных стандартов пищевой отрасли – «зерно».

В качестве субстратов для проращивания использовали воду питьевую (контроль) и воду питьевую с добавлением сушеных слоевищ ламинарии в количестве 1% от массы навески зерна. Проращивание проводилось при температуре (20±2) °С в течении 120 ч согласно ГОСТ 10968-88⁴.

Стимулирование прорастания оценивали комплексно: по массе 1000 зерен, количеству проросших зерен и длине ростка.

В процессе проращивания определение массы 1000 зерен при фактической влажности производилось по ГОСТ ISO 520-2014⁵.

Пробоподготовка для определения количества проросших зерен проводилась согласно методике, изложенной в ГОСТ 10968-88⁴. Подсчеты при этом проводились ежедневно в одно и то же время в двух повторностях по 500 зерен.

Далее определяли влияние продолжительности проращивания и вида субстрата на длину ростка. В течение всего времени проращивания каждые 24 часа отбирали 100 случайных зерен, измеряли длину ростка поверенной измерительной линейкой и рассчитывали среднее арифметическое M с указанием среднеквадратического отклонения $\pm SD$.

Определение влажности пророщенного зерна производилось по ГОСТ 13586.5-2015⁶.

Переваримость сухого вещества определяли по ГОСТ 24230-80⁷ со следующими модификациями: для имитации процесса переваривания пищи в кишечнике использовали щелочной раствор пепсина (в 1 дм³ дистиллированной воды растворяли 2 г пепсина и добавляли гидрокарбонат натрия до достижения pH 7,2–7,5) и не использовали целлюлазу.

Массовую долю экстрактивных веществ в пересчете

на сухое вещество оценивали по методике, изложенной в ГОСТ 12136-77⁸.

Для статистической обработки экспериментальных данных использовали Microsoft Excel (Microsoft Corporation, США).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для активного протекания биохимических процессов в живом организме, как известно, необходима влага. Водопоглощительная способность зерна зависит от его строения и химического состава. Вместе с тем химический состав субстрата, на котором происходит проращивание, возможно, тоже влияет на изменение массовой доли влаги в зерне и нарастание массы. Для оценки корректности этого предположения изучено нарастание массы 1000 зерен при фактической влажности. При этом с появлением в процессе проращивания ростков и корней зерно взвешивали вместе с ними. Результаты исследования представлены на рис. 1. Из графика видно, что наибольшую массу имеет 1000 зерен после 48 ч проращивания, что связано с интенсивным накоплением влаги в растительной биомассе. После окончания фазы водопоглощения и набухания в зерне стартуют процессы прорастания, усиливается дыхание, увеличивается активность ферментов и начинается активный гидролиз запасных веществ, что сопровождается делением и ростом клеток зародыша, появлением ростков. Небольшое снижение массы 1000 зерен отмечено на третьи сутки. Гидролиз биополимеров сопровождается их перемещением из запасующей ткани в проросток, что является процессом, требующим затрат энергии и усиления дыхания зерна. Далее длина ростков заметно увеличивается, начинают преобладать процессы синтеза и органогенеза, что приводит к увеличению массы 1000 зерен. Установлено, что в зерне, пророщенном с использованием ламинарии, водопоглощение происходит в целом активнее. Вероятно, это связано с наличием в субстрате йода. При набухании зерна повышается проницаемость мембран, что приводит к активной диффузии ионов водорастворимого йода из внешней водной среды во внутреннее пространство семян. Под воздействием йода также увеличивается масса 1000 зерен.

Известно, что ламинария содержит целый комплекс полисахаридов, которые являются гелеобразующими и применяются в качестве загустителей и эмульгаторов. Растения накапливают альгиновую кислоту в виде солей кальция, магния и железа. Альгинат натрия обладает высокой студнеобразующей способностью, а также эффективно уменьшает поверхностное натяжение. Альгинат натрия имеет способность набухать в воде до полного растворения, альгинат кальция в воде не растворяется, но имеет способность к набуханию, при

¹ ГОСТ 19092-2021. Гречиха. Технические условия. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 16 с.

² ГОСТ 28673-2019. Овес. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. 11 с.

³ ГОСТ Р 56105-2014. Гречиха. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. 6 с.

⁴ ГОСТ 10968-88. Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания. М.: Стандартинформ, 2009. 4 с.

⁵ ГОСТ ISO 520-2014. Зерновые и бобовые. Определение массы 1000 зерен. М.: Стандартинформ, 2015. 12 с.

⁶ ГОСТ 13586.5-2015. Зерно. Метод определения влажности. М.: Стандартинформ, 2019. 16 с.

⁷ ГОСТ 24230-80. Корма растительные. Метод определения переваримости in vitro. М.: Издательство стандартов, 2003. 4 с.

⁸ ГОСТ 12136-77. Зерно. Метод определения экстрактивности ячменя. М.: Стандартинформ, 2009. 5 с.

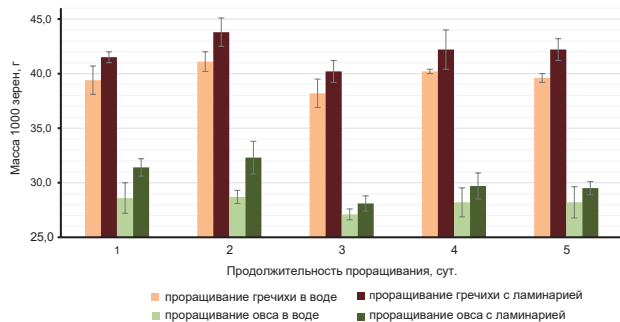


Рис. 1. Влияние продолжительности проращивания и вида субстрата на массу 1000 зерен при фактической влажности

Fig. 1. Effect of germination duration and type of substrate on the weight of 1000 grains at actual humidity

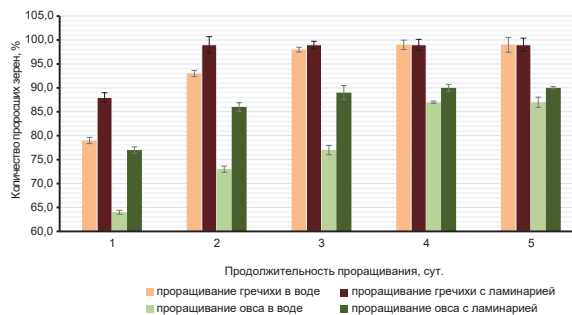


Рис. 2. Влияние продолжительности проращивания и вида субстрата на количество проросших зерен

Fig. 2. Effect of germination duration and type of substrate on the mass fraction of germinated grains

этом связывая воду 200-кратно собственной массе. Такие свойства альгинатов широко используются в пищевых добавках, повышающих водоудерживающую способность. Исходя из этого можно предположить, что альгинаты, растворимые в воде, способны образовывать пленки на поверхности зерен, тем самым препятствовать испарению влаги, что также сказывается на увеличении массы 1000 зерен, пророщенных в воде с использованием ламинарии. Поступающая влага приводит к увеличению содержания воды внутри клеток. Это запускает цепь сложных преобразований в прорастающем зерне, происходит мобилизация запасных веществ, приводящая к изменению свойств биополимеров (белков, крахмала, целлюлозы), которые преобразуются в осмотически активные соединения, осмотический потенциал клеток повышается, что приводит к большему сохранению накопленной влаги в прорастающем зерне. Кроме того, как известно, вода поступает в растительную клетку через липидный бислой мембран и по водным каналам, которые формируют трансмембранные белки аквапорины, способные удерживать воду [34]. Возможно, компоненты ламинарии способны воздействовать на проницаемость клеточных мембран и усилить гидратацию. При этом ускоряется поступление воды по водным каналам, которые формируют трансмембранные белки аквапорины, что является триггером прорастания. При достижении 18–20% влажности происходит первичная активация дыхания за счет гликолиза и цикла Кребса, а также начинается аминокислотный метаболизм, что достигается приобретением активной конформации соответствующими ферментами при наличии субстратов и их успешной доставке. Также происходит интенсивное растяжение клеток в осевых органах, которое начинается в верхних клетках гипокотыля и распространяется вниз на корни [35].

В результате набухания зерно интенсивно дышит, активизируется процесс прорастания, на который значительное влияние оказывает среда проращивания. В связи с этим было проведено исследование влияния продолжительности проращивания и вида среды на количество проросших зерен.

На рис. 2 представлено процентное соотношение проросших зерен в зависимости от продолжительности проращивания и субстрата. Диаграмма показывает, что в первые сутки гречиха прорастает активнее овса и

добавление ламинарии интенсифицирует этот процесс. На вторые сутки с ламинарией прорастают практически все зерна гречихи. В последующем показатели равны, а на пятые сутки массовая доля проросших зерен гречихи независимо от вида субстрата составила 99%. На зерно овса наличие ламинарии оказывает аналогичное влияние: на вторые сутки процент проросших зерен овса с ламинарией имеет такое же значение, как овса, пророщенного традиционным способом в течении четырех суток. Таким образом, добавление ламинарии в субстрат дает дополнительное питание зерну, что позволяет увеличить количество проросших зерен.

Помимо количества проросших зерен, которое также зависит от качества самого зерна, показателем эффективности проращивания является длина ростков. В свою очередь, на длину ростка помимо продолжительности проращивания оказывает влияние и вид субстрата (рис. 3). В результате исследований было установлено положительное влияние добавления ламинарии на длину ростка исследованных культур. Наиболее активный рост происходит у гречихи, и уже на вторые сутки росток увеличивается практически в шесть раз. Для достижения таких показателей при традиционном способе проращивания необходимо не менее трех суток. Похожая закономерность наблюдается и у овса, только

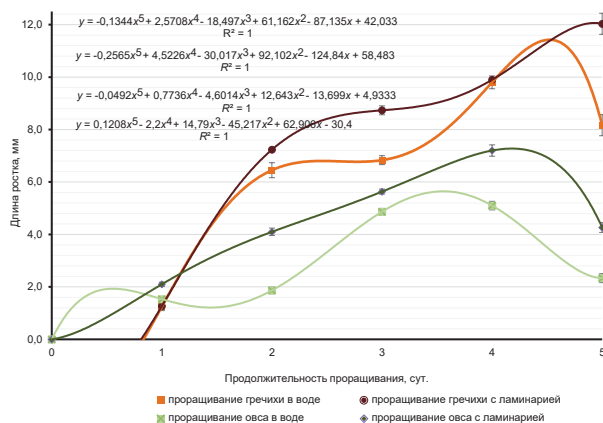


Рис. 3. Влияние продолжительности проращивания и вида субстрата на длину ростка

Fig. 3. Effect of germination duration and type of substrate on sprout length

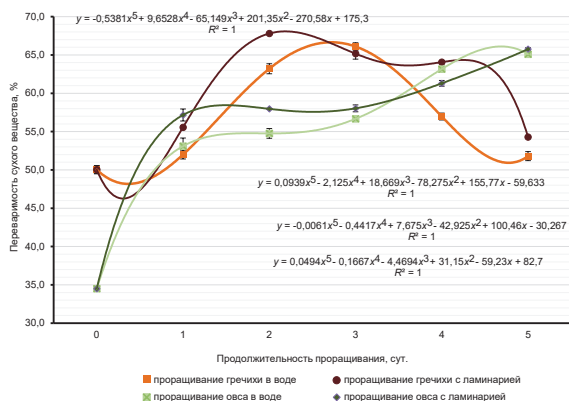


Рис. 4. Влияние продолжительности проращивания и вида субстрата на переваримость сухого вещества зерна

Fig. 4. Effect of germination duration and type of substrate on the digestibility of dry matter

длина его ростков увеличивается примерно в два раза. На пятые сутки наблюдается небольшое снижение на графике, что обусловлено началом процесса подсыхания ростков. Одновременно с этим наблюдается позеленение ростков, что говорит о потере питательной ценности самой зерновки. Кроме того, после трех суток проращивания начинают появляться корни.

Вместе с процессами проращивания происходит активизация ферментативного комплекса зерна, который способствует диссимиляции сложных веществ до более простых, легко усвояемых желудочно-кишечным трактом человека и одновременной инактивации антипитательных веществ. Все это может положительно сказаться на переваримости пророщенного зерна.

Для сравнительного анализа пророщенного и непророщенного зерна по показателю переваримости необходимо провести пробоподготовку. В связи с этим подбирали режимы высушивания пророщенного зерна до влажности не более 14%, обеспечивающей возможность размола. При этом начальная температура сушки составляла 90 °С, однако обработка образцов в течение 40 мин привела к снижению влажности лишь до 23%, в связи с чем было принято решение увеличить температуру до 100 °С. Отбор проб для определения влажности проводили каждые 10 мин, и лишь по истечении 50 мин сушки при 100 °С влажность образцов, пророщенных на разных субстратах в течение различного времени, составила от 7,0 до 10,6%.

Далее непророщенное и пророщенное в различных субстратах зерно подвергали измельчению до крупности частиц не более 1 мм и исследовали на показатель переваримости сухого вещества. Полученные данные графически представлены на рис. 4. Из графика видно, что с увеличением длительности проращивания в стандартных условиях до трех суток у гречихи происходит увеличение переваримости, тогда как использование ламинарии приводит к интенсификации всех биохимических процессов в зерне, в том числе гидролизу белка под действием протеолитических ферментов с образованием свободных аминокислот, инактивации ингибиторов протеаз, в связи с чем показатель переваримости достигает максимума на вторые сутки проращивания.

Дальнейшее проращивание приводит к снижению показателя переваримости, что может быть связано с

образованием большого количества водорастворимых веществ, которые теряются в результате ежедневного промывания.

Положительное влияние ламинарии отражается и на переваримости овса. Здесь резкий рост наблюдается уже после суток проращивания, тогда как без ламинарии такие же значения по показателю переваримости формируются лишь после трех суток. В отличие от гречихи, после первых суток на графике заметна некоторая стабилизация показателя переваримости и небольшое увеличение его на четвертые и пятые сутки, что можно объяснить и предыдущими данными о менее активном прорастании овса.

В процессе проращивания помимо гидролиза белка происходит также гидролиз крахмала до сахаров, накопление водорастворимых витаминов, минеральных веществ, образование растворимых пищевых волокон, что увеличивает содержание экстрактивных веществ. В связи с этим на следующем этапе было исследовано влияние продолжительности проращивания и вида субстрата на показатель экстрактивности в пересчете на сухое вещество в пророщенном зерне (рис. 5). На протяжении всех пяти суток массовая доля экстрактивных веществ увеличивается, что вполне коррелирует с диссимиляцией запасных веществ зерна. В то же время в гречихе, пророщенной с добавлением ламинарии, после трех суток наблюдается снижение экстрактивности, что, скорее всего, обусловлено ассимиляцией образовавшихся при прорастании веществ проростком и отчасти потерей водорастворимых веществ в процессе ежедневного промывания. Использование ламинарии при проращивании овса, в свою очередь, тоже приводит к более интенсивному гидролизу сложных веществ до более простых, используемых на органогенез проростка и корней, а также отчасти теряющихся с промывной водой.

На основании данных о массе 1000 зерен, количестве проросших зерен, длине ростка и переваримости проросших зерен можно сделать вывод, что рациональным методом ускорения проращивания зерновых культур и улучшения их переваримости является использование в комбинации следующих режимов: проращивание овса или гречихи в течение двух суток с использованием в качестве субстрата воды питьевой с добавлением

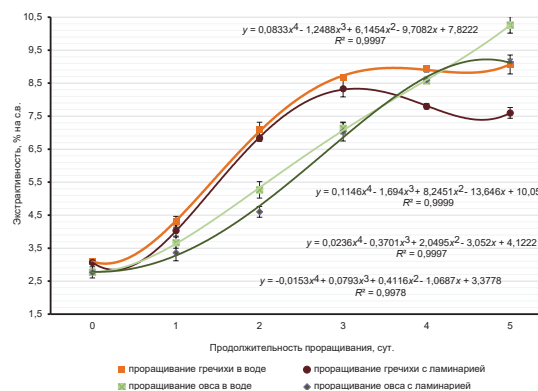


Рис. 5. Влияние продолжительности проращивания и вида субстрата на экстрактивность пророщенного зерна

Fig. 5. Effect of germination duration and type of substrate on the extractivity of sprouted grain

сушеных слоевищ ламинарии в количестве 1% от массы навески зерна. При этом переваримость зерна максимальна, потери экстрактивных веществ минимальны, корни не появились и росток не позеленел, что говорит о возможности использования пророщенного зерна в пищевых целях, в том числе для получения обогащенных и функциональных продуктов питания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что добавление к воде сушеного слоевища ламинарии стимулирует прорастание овса и гречихи, а также их переваримость. Экспериментальные образцы демонстрируют лучшее водопоглощение, увеличение массы 1000 зерен, длины ростка и количества проросших зерен. Массовая доля экстрактивных веществ и переваримость сухого вещества также возрастают.

Рациональным является следующий метод: проращивание овса голозерного (*Avena nudisativa*) или обрушенного зерна гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum*) в течение двух суток при температуре (20±2) °С с использованием в качестве субстрата воды

питьевой с добавлением *Laminaria thalli* в количестве 1% от массы навески зерна. При этом масса 1000 зерен на 6,5% (гречиха) и на 12,5% (овес) больше, чем при традиционном методе проращивания с водой питьевой; количество проросших зерен составляет 99% (гречиха) и 86% (овес), что эквивалентно четырем суткам проращивания традиционным методом; формируется более длинный росток; переваримость сухого вещества гречихи достигает максимума, а овса соответствует значениям, полученным при проращивании в течение не менее трех суток традиционным методом; потери экстрактивных веществ минимальны.

Использование экстракта *Laminaria thalli* при проращивании в пищевых целях овса и гречихи позволяет сократить технологический процесс до двух суток с одновременным увеличением переваримости и минимизацией потерь экстрактивных веществ. Полученные данные могут использоваться в пищевой отрасли в качестве научной базы при поиске методов ускорения проращивания других зерновых культур и улучшения их переваримости.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Meziani S., Nadaud I., Tasleem-Tahir A., Nurit E., Benguella R., Branlard G. Wheat aleurone layer: a site enriched with nutrients and bioactive molecules with potential nutritional opportunities for breeding // *Journal of Cereal Science*. 2021. Vol. 100. P. 103225. DOI: 10.1016/j.jcs.2021.103225.
2. Zhou H., Cui J., Ma L. Effects of germination and sweet fermented grains fermentation on nutritional quality, starch digestion in vitro and antioxidant properties of oat // *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*. 2021. Vol. 36, no. 9. P. 82–86.
3. Samtiya M., Aluko R.E., Dhewa T. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview // *Food Production, Processing and Nutrition*. 2020. Vol. 2. P. 6. DOI: 10.1186/s43014-020-0020-5.
4. Xia Q., Green B.D., Zhu Z., Li Y., Gharibzahedi S.M.T., Roohinejad S., et al. Innovative processing techniques for altering the physicochemical properties of wholegrain brown rice (*Oryza sativa* L.) – opportunities for enhancing food quality and health attributes // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2019. Vol. 59, no. 20. P. 3349–3370. DOI: 10.1080/10408398.2018.1491829.
5. Sadhu S., Thirumdas R., Deshmukh R.R., Annapure U.S. Influence of cold plasma on the enzymatic activity in germinating mung beans (*Vigna radiate*) // *LWT*. 2017. Vol. 78. P. 97–104. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.12.026.
6. Wang S., Wang S., Wang J., Peng W. Label-free quantitative proteomics reveals the mechanism of microwave-induced Tartary buckwheat germination and flavonoids enrichment // *Food Research International*. 2022. Vol. 160. P. 111758. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111758.
7. Ma H., Xu X., Wang S., Wang J., Wang S. Effects of microwave irradiation of *Fagopyrum tataricum* seeds on the physicochemical and functional attributes of sprouts // *LWT*. 2022. Vol. 165. P. 113738. DOI: 10.1016/j.lwt.2022.113738.
8. Zhu L., Adedjei A.A., Alavi S. Effect of germination and extrusion on physicochemical properties and nutritional qualities of extrudates and tortilla from wheat // *Journal of Food Science*. 2017. Vol. 82, no. 8 P. 1867–1875. DOI: 10.1111/1750-3841.13797.
9. Torbica A., Radosavljević M., Belović M., Tamilselvan T., Prabhasankar P. Biotechnological tools for cereal and pseudocereal dietary fibre modification in the bakery products creation – advantages, disadvantages and challenges // *Trends in Food Science & Technology*. 2022. Vol. 129. P. 194–209. DOI: 10.1016/j.tifs.2022.09.018.
10. Geng J., Li J., Zhu F., Chen X., Du B., Tian H., et al. Plant sprout foods: biological activities, health benefits, and bioavailability // *Journal of Food Biochemistry*. 2022. Vol. 46, no. 3. P. 13777. DOI: 10.1111/jfbc.13777.
11. Jiménez D., Lobo M., Irigaray B., Grompone M., Sammán N. Oxidative stability of baby dehydrated purees formulated with different oils and germinated grain flours of quinoa and amaranth // *LWT*. 2020. Vol. 127. P. 109229. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109229.
12. Shah A., Masoodi F.A., Gani A., ul Ashraf Z., Ashwar B.A. Effect of different pretreatments on antioxidant activity of oats grown in the Himalayan region // *Journal of Food Science and Technology*. 2022. Vol. 59. P. 3464–3473. DOI: 10.1007/s13197-021-05336-6.
13. Bae H.-G., Kim M.-J. Antioxidant and anti-obesity effects of in vitro digesta of germinated buckwheat // *Food Science and Biotechnology*. 2022. Vol. 31. P. 879–892. DOI: 10.1007/s10068-022-01086-z.
14. Bhinder S., Singh N., Kaur A. Impact of germination on nutraceutical, functional and gluten free muffin making properties of Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) // *Food Hydrocolloids*. 2022. Vol. 124. Pt. A. P. 107268. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107268.
15. Aparicio-García N., Martínez-Villalunga C., Frias J., Peñas E. Sprouted oat as a potential gluten-free ingredient with enhanced nutritional and bioactive properties // *Food Chemistry*. 2021. Vol. 338. P. 127972. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127972.
16. Hung P.V., Trinh L.N.D., Thuy N.T.X., Morita N. Changes in nutritional composition, enzyme activities and bioactive compounds of germinated buckwheat (*Fagopyrum esculantum* M.) under unchanged air and humidity conditions // *International Journal of Food Science and Technology*. 2021.

Vol. 56, no. 7. P. 3209–3217. DOI: 10.1111/ijfs.14883.

17. Thakur P., Kumar K., Ahmed N., Chauhan D., Ul Eain Hyder Rizvi Q., Jan S., et al. Effect of soaking and germination treatments on nutritional, anti-nutritional, and bioactive properties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* L.), and buckwheat (*Fagopyrum esculentum* L.) // *Current Research in Food Science*. 2021. Vol. 4. P. 917–925. DOI: 10.1016/j.crfs.2021.11.019.

18. Kaur H., Gill B.S. Comparative evaluation of physicochemical, nutritional and molecular interactions of flours from different cereals as affected by germination duration // *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2020. Vol. 14. P. 1147–1157. DOI: 10.1007/s11694-019-00364-5.

19. Budhwar S., Sethi K., Chakraborty M. Efficacy of germination and probiotic fermentation on underutilized cereal and millet grains // *Food Production, Processing and Nutrition*. 2020. Vol. 2. P. 12. DOI: 10.1186/s43014-020-00026-w.

20. Li C., Jeong D., Lee J.H., Chung H.-J. Influence of germination on physicochemical properties of flours from brown rice, oat, sorghum, and millet // *Food Science and Biotechnology*. 2020. Vol. 29. P. 1223–1231. DOI: 10.1007/s10068-020-00770-2.

21. Brijs K., Trogh I., Jones B., Delcour J. A. Proteolytic enzymes in germinating rye grains // *Cereal Chemistry*. 2002. Vol. 79, no. 3. P. 423–428. DOI: 10.1094/CHEM.2002.79.3.423.

22. Kaur H., Gill B.S. Changes in physicochemical, nutritional characteristics and ATR–FTIR molecular interactions of cereal grains during germination // *Journal of Food Science and Technology*. 2021. Vol. 58. P. 2313–2324. DOI: 10.1007/s13197-020-04742-6.

23. Brinch-Pedersen H., Borg S., Tauris B., Holm P.B. Molecular genetic approaches to increasing mineral availability and vitamin content of cereals // *Journal of Cereal Science*. 2007. Vol. 46, no. 3. P. 308–326. DOI: 10.1016/j.jcs.2007.02.004.

24. Carvalho G.R., Polachini T.C., Augusto P.E.D., Telis-Romero J., Bon J. Physical properties of barley grains at hydration and drying conditions of malt production // *Journal of Food Process Engineering*. 2021. Vol. 44, no. 4. P. e13644. DOI: 10.1111/jfpe.13644.

25. Singh A., Bobade H., Sharma S., Singh B., Gupta A. Enhancement of digestibility of nutrients (*in vitro*), antioxidant potential and functional attributes of wheat flour through grain germination // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2021. Vol. 76. P. 118–124. DOI: 10.1007/s11130-021-00881-z.

26. Sharma S., Singh A., Singh B. Characterization of *in vitro* antioxidant activity, bioactive components, and

nutrient digestibility in pigeon pea (*Cajanus cajan*) as influenced by germination time and temperature // *Journal of Food Biochemistry*. 2019. Vol. 43, no. 2. P. e12706. DOI: 10.1111/jfbc.12706.

27. Medrano-Macías J., Leija-Martínez P., González-Morales S., Juárez Maldonado A., Benavides-Mendoza A. Use of iodine to biofortify and promote growth and stress tolerance in crops // *Frontiers in Plant Science*. 2016. Vol. 7. P. 1146. DOI: 10.3389/fpls.2016.01146.

28. Kim S.-K., Bhatnagar I. Physical, chemical, and biological properties of wonder kelp – *Laminaria* // *Advances in Food and Nutrition Research*. 2011. Vol. 64. P. 85–96. DOI: 10.1016/B978-0-12-387669-0.00007-7.

29. Bokov D.O., Potanina O.G., Nikulin A.V., Shchukin V.M., Orlova V.A., Bagirova G.B., et al. Modern approaches to the analysis of kelp (*Laminaria* sp.) as pharmacopoeial herbal drugs and food products // *Pharmacognosy Journal*. 2020. Vol. 12, no. 4. P. 929–937. DOI: 10.5530/pj.2020.12.132.

30. Rajauria G., Ravindran R., Garcia-Vaquero M., Rai D.K., Sweeney T., O'Doherty J. Molecular characteristics and antioxidant activity of laminarin extracted from the seaweed species *Laminaria hyperborea*, using hydrothermal-assisted extraction and a multi-step purification procedure // *Food Hydrocolloids*. 2021. Vol. 112. P. 106332. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.106332.

31. Jin Z., Fang Z., Pei Z., Wang H., Zhu J., Lee Y., et al. A low molecular weight brown algae *Laminaria japonica* glycan modulates gut microbiota and body weight in mice // *Food & Function*. 2021. Vol. 12. P. 12606–12620. DOI: 10.1039/d1fo03024h.

32. Amoriello T., Mellara F., Amoriello M., Ceccarelli D., Ciccoritti R. Powdered seaweeds as a valuable ingredient for functional breads // *European Food Research and Technology*. 2021. Vol. 247. P. 2431–2443. DOI: 10.1007/s00217-021-03804-z.

33. Snegireva A.V., Shchetinin M.P., Meleshkina L.E. Chickpea sprouting as a way to increase the garnish nutritional value // *AIP Conference Proceedings*. 2021. Vol. 2419. P. 030005. DOI: 10.1063/5.0068798.

34. Веселовский В.А., Веселова Т.В. Нарушение функции аквапоринов клеточных мембран как причина изменения всхожести семян гороха при действии γ -излучения в малых дозах // *Радиационная биология. Радиозэкология*. 2007. Т. 47. N 1. С. 28–33. EDN: HZLHKT.

35. Обручева Н.В., Синькевич И.А., Литягина С.В., Новикова Г.В. Особенности водного режима при прорастании семян // *Физиология растений*. 2017. Т. 64. N 4. С. 311–320. DOI: 10.7868/S0015330317030137. EDN: YTMHOX.

REFERENCES

1. Meziani S., Nadaud I., Tasleem-Tahir A., Nurit E., Benguella R., Branlard G. Wheat aleurone layer: a site enriched with nutrients and bioactive molecules with potential nutritional opportunities for breeding. *Journal of Cereal Science*. 2021;100:103225. DOI: 10.1016/j.jcs.2021.103225.

2. Zhou H., Cui J., Ma L. Effects of germination and sweet fermented grains fermentation on nutritional quality, starch digestion *in vitro* and antioxidant properties of oat. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*.

2021;36(9):82-86.

3. Samtiya M., Aluko R.E., Dhewa T. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview. *Food Production, Processing and Nutrition*. 2020;2:6. DOI: 10.1186/s43014-020-0020-5.

4. Xia Q., Green B.D., Zhu Z., Li Y., Gharibzadeh S.M.T., Roohinejad S., et al. Innovative processing techniques for altering the physicochemical properties of wholegrain brown rice (*Oryza sativa* L.) – opportunities for enhancing food quality and health attributes. *Critical Reviews in*

- Food Science and Nutrition*. 2019;59(20):3349-3370. DOI: 10.1080/10408398.2018.1491829.
5. Sadhu S., Thirumdas R., Deshmukh R.R., Annapure U.S. Influence of cold plasma on the enzymatic activity in germinating mung beans (*Vigna radiate*). *LWT*. 2017;78:97-104. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.12.026.
6. Wang S., Wang S., Wang J., Peng W. Label-free quantitative proteomics reveals the mechanism of microwave-induced Tartary buckwheat germination and flavonoids enrichment. *Food Research International*. 2022;160:111758. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111758.
7. Ma H., Xu X., Wang S., Wang J., Wang S. Effects of microwave irradiation of *Fagopyrum tataricum* seeds on the physicochemical and functional attributes of sprouts. *LWT*. 2022;165:113738. DOI: 10.1016/j.lwt.2022.113738.
8. Zhu L., Adedeji A.A., Alavi S. Effect of germination and extrusion on physicochemical properties and nutritional qualities of extrudates and tortilla from wheat. *Journal of Food Science*. 2017;82(8):1867-1875. DOI: 10.1111/1750-3841.13797.
9. Torbica A., Radosavljević M., Belović M., Tamilselvan T., Prabhasankar P. Biotechnological tools for cereal and pseudocereal dietary fibre modification in the bakery products creation – advantages, disadvantages and challenges. *Trends in Food Science & Technology*. 2022;129:194-209. DOI: 10.1016/j.tifs.2022.09.018.
10. Geng J., Li J., Zhu F., Chen X., Du B., Tian H., et al. Plant sprout foods: biological activities, health benefits, and bioavailability. *Journal of Food Biochemistry*. 2022;46(3):13777. DOI: 10.1111/jfbc.13777.
11. Jiménez D., Lobo M., Irigaray B., Grompone M., Samman N. Oxidative stability of baby dehydrated purees formulated with different oils and germinated grain flours of quinoa and amaranth. *LWT*. 2020;127:109229. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109229.
12. Shah A., Masoodi F.A., Gani A., ul Ashraf Z., Ashwar B.A. Effect of different pretreatments on antioxidant activity of oats grown in the Himalayan region. *Journal of Food Science and Technology*. 2022;59:3464-3473. DOI: 10.1007/s13197-021-05336-6.
13. Bae H.-G., Kim M.-J. Antioxidant and anti-obesity effects of in vitro digesta of germinated buckwheat. *Food Science and Biotechnology*. 2022;31:879-892. DOI: 10.1007/s10068-022-01086-z.
14. Bhinder S., Singh N., Kaur A. Impact of germination on nutraceutical, functional and gluten free muffin making properties of Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*). *Food Hydrocolloids*. 2022;124(A):107268. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107268.
15. Aparicio-García N., Martínez-Villaluenga C., Frias J., Peñas E. Sprouted oat as a potential gluten-free ingredient with enhanced nutritional and bioactive properties. *Food Chemistry*. 2021;338:127972. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127972.
16. Hung P.V., Trinh L.N.D., Thuy N.T.X., Morita N. Changes in nutritional composition, enzyme activities and bioactive compounds of germinated buckwheat (*Fagopyrum esculantum* M.) under unchanged air and humidity conditions. *International Journal of Food Science and Technology*. 2021;56(7):3209-3217. DOI: 10.1111/ijfs.14883.
17. Thakur P., Kumar K., Ahmed N., Chauhan D., Ul Eain Hyder Rizvi Q., Jan S., et al. Effect of soaking and germination treatments on nutritional, anti-nutritional, and bioactive properties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* L.), and buckwheat (*Fagopyrum esculantum* L.). *Current Research in Food Science*. 2021;4:917-925. DOI: 10.1016/j.crfs.2021.11.019.
18. Kaur H., Gill B.S. Comparative evaluation of physicochemical, nutritional and molecular interactions of flours from different cereals as affected by germination duration. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2020;14:1147-1157. DOI: 10.1007/s11694-019-00364-5.
19. Budhwar S., Sethi K., Chakraborty M. Efficacy of germination and probiotic fermentation on underutilized cereal and millet grains. *Food Production, Processing and Nutrition*. 2020;2:12. DOI: 10.1186/s43014-020-00026-w.
20. Li C., Jeong D., Lee J.H., Chung H.-J. Influence of germination on physicochemical properties of flours from brown rice, oat, sorghum, and millet. *Food Science and Biotechnology*. 2020;29:1223-1231. DOI: 10.1007/s10068-020-00770-2.
21. Brijs K., Trogh I., Jones B., Delcour J.A. Proteolytic enzymes in germinating rye grains. *Cereal Chemistry*. 2002;79(3):423-428. DOI: 10.1094/CCHEM.2002.79.3.423.
22. Kaur H., Gill B.S. Changes in physicochemical, nutritional characteristics and ATR-FTIR molecular interactions of cereal grains during germination. *Journal of Food Science and Technology*. 2021;58:2313-2324. DOI: 10.1007/s13197-020-04742-6.
23. Brinch-Pedersen H., Borg S., Tauris B., Holm P.B. Molecular genetic approaches to increasing mineral availability and vitamin content of cereals. *Journal of Cereal Science*. 2007;46(3):308-326. DOI: 10.1016/j.jcs.2007.02.004.
24. Carvalho G.R., Polachini T.C., Augusto P.E.D., Telis-Romero J., Bon J. Physical properties of barley grains at hydration and drying conditions of malt production. *Journal of Food Process Engineering*. 2021;44(4):e13644. DOI: 10.1111/jfpe.13644.
25. Singh A., Bobade H., Sharma S., Singh B., Gupta A. Enhancement of digestibility of nutrients (*in vitro*), antioxidant potential and functional attributes of wheat flour through grain germination. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2021;76:118-124. DOI: 10.1007/s11130-021-00881-z.
26. Sharma S., Singh A., Singh B. Characterization of in vitro antioxidant activity, bioactive components, and nutrient digestibility in pigeon pea (*Cajanus cajan*) as influenced by germination time and temperature. *Journal of Food Biochemistry*. 2019;43(2):e12706. DOI: 10.1111/jfbc.12706.
27. Medrano J., Leija-Martínez P., González-Morales S., Juárez Maldonado A., Benavides-Mendoza A. Use of Iodine to biofortify and promote growth and stress tolerance in crops. *Frontiers in Plant Science*. 2016;7:1146. DOI: 10.3389/fpls.2016.01146.
28. Kim S.-K., Bhatnagar I. Physical, chemical, and biological properties of wonder kelp – *Laminaria*. *Advances in Food and Nutrition Research*. 2011;64:85-96. DOI: 10.1016/B978-0-12-387669-0.00007-7.
29. Bokov D.O., Potanina O.G., Nikulin A.V., Shchukin V.M., Orlova V.A., Bagirova G.B., et al. Modern approaches to the analysis of kelp (*Laminaria* sp.) as pharmacopoeial herbal drugs and food products. *Pharmacognosy Journal*. 2020;12(4):929-937. DOI: 10.5530/pj.2020.12.132.
30. Rajauria G., Ravindran R., García-Vaquero M., Rai D.K., Sweeney T., O'Doherty J. Molecular characteristics and antioxidant activity of laminarin extracted

from the seaweed species *Laminaria hyperborea*, using hydrothermal-assisted extraction and a multi-step purification procedure. *Food Hydrocolloids*. 2021;112:106332. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.106332.

31. Jin Z., Fang Z., Pei Z., Wang H., Zhu J., Lee Y., et al. A low molecular weight brown algae *Laminaria japonica* glycan modulates gut microbiota and body weight in mice. *Food & Function*. 2021;12:12606-12620. DOI: 10.1039/d1fo03024h.

32. Amoriello T., Mellara F., Amoriello M., Ceccarelli D., Ciccoritti R. Powdered seaweeds as a valuable ingredient for functional breads. *European Food Research and Technology*. 2021;247:2431-2443. DOI: 10.1007/s00217-021-03804-z.

33. Snegireva A.V., Shchetinin M.P., Meleshkina L.E. Chickpea sprouting as a way to increase the garnish nutritional value. *AIP Conference Proceedings*. 2021;2419:030005. DOI: 10.1063/5.0068798.

34. Veselovsky V.A., Veselova T.V. The disruption of aquaporin function in cell membranes as a cause of changes in germinability of pea seeds after exposure to low doses of γ -radiation. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*. 2007;47(1):28-33. (In Russian). EDN: HZLHKT.

35. Obroucheva N.V., Sinkevich I.A., Lityagina S.V., Novikova G.V. Water relations in germinating seeds. *Fiziologiya rastenii*. 2017;64(4):311-320. (In Russian). DOI: 10.7868/S0015330317030137. EDN: YTMHOX.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Снегирева Анна Владимировна,

к.т.н., доцент,
Алтайский государственный технический
университет им И.И. Ползунова,
650000, г. Барнаул, пр. Ленина, 46,
Российская Федерация,
✉ sne.anna@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2461-1848>

Мелёшкина Лариса Егоровна,

к.т.н., доцент,
Алтайский государственный технический
университет им И.И. Ползунова,
650000, г. Барнаул, пр. Ленина, 46,
Российская Федерация,
meleshkina_le@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0812-3630>

Мусина Ольга Николаевна,

д.т.н., доцент,
руководитель Сибирского научно-
исследовательского института сыроделия,
Федеральный Алтайский научный
центр агробиотехнологий,
656910, г. Барнаул, Научный городок, 35,
Российская Федерация,
профессор,
Алтайский государственный технический
университет им И.И. Ползунова,
650000, г. Барнаул, пр. Ленина, 46,
Российская Федерация,
musinaolga@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4938-8136>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anna V. Snegireva,

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Polzunov Altai State Technical University,
46, Lenin Ave., Barnaul, 650000,
Russian Federation,
✉ sne.anna@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2461-1848>

Larisa E. Meleshkina,

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Polzunov Altai State Technical University,
46, Lenin Ave., Barnaul, 650000,
Russian Federation,
meleshkina_le@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0812-3630>

Olga N. Musina,

Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Head of the Siberian Research Institute
of Cheese-Making,
Federal Altai Scientific Centre
of Agro-BioTechnologies,
35, Nauchnyi gorodok, Barnaul, 656910,
Russian Federation,
Professor,
Polzunov Altai State Technical University,
46, Lenin Ave., Barnaul, 650000,
Russian Federation,
musinaolga@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4938-8136>

Вклад авторов

А.В. Снегирева – разработка общей концепции проекта, выполнение исследования, статистическая обработка данных, интерпретация результатов, написание текста статьи.

Л.Е. Мелешкина – разработка общей концепции проекта, развитие методологии, интерпретация результатов, написание текста статьи.

О.Н. Мусина – привлечение финансирования, разработка общей концепции проекта, развитие методологии, обсуждение и интерпретация результатов, написание и редактирование текста статьи.

Contribution of the authors

Anna V. Snegireva – research concept development, conducting experiments, statistics, data processing, results interpretation, writing the text of manuscript.

Larisa E. Meleshkina – research concept and methodology development, and methodology, results interpretation, writing the text of manuscript.

Olga N. Musina – research concept and methodology development, fund raising, result discussion and interpretation, writing and editing the text of manuscript.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Информация о статье

Поступила в редакцию 13.11.2023.
Одобрена после рецензирования 19.06.2024.
Принята к публикации 30.08.2024.

Information about the article

The article was submitted 13.11.2023.
Approved after reviewing 19.06.2024.
Accepted for publication 30.08.2024.