

UDK 664.788.3
IRSTI: 68.03.03

<https://doi.org/10.48184/2304-568X-2022-4-106-114>

ДИНАМИКА СВОЙСТВ ЗЕРНА ОВСА И ГРЕЧИХИ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОРАЩИВАНИЯ

¹Е.Н. УРБАНЧИК*, ¹В.А. ШАРШУНОВ, ¹М.Н. ГАЛДОВА, ¹Л.В. ШУСТОВА

¹(«Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий»,
Республика Беларусь, 212027 г. Могилев, пр-т Шмидта, 3)
Электронная почта автора корреспондента: urbanchik@tut.by*

В настоящее время большое количество публикаций и исследований направлено на разработку функциональных, обогащенных и биологически активных продуктов питания. Рациональное использование зерновых ресурсов является основой развития всех отраслей сельского хозяйства и многих отраслей агропромышленного комплекса. В работе изучены технологические свойства зерна овса и гречихи как сырья для получения биологически активных продуктов. Зерно овса и гречихи обладает высокими значениями семенных свойств – энергии прорастания (80 ± 5 %), (70 ± 5 %) и всхожести (86 ± 6 %), (64 ± 4 %) соответственно, и может быть использовано в технологии получения биологически активного растительного сырья. Получены аналитические зависимости изменений физико-химических свойств зерна овса и гречихи в процессе проращивания, которые позволяют прогнозировать изменения, происходящие с зерном в диапазоне от 1 ч до 35 ч проращивания. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования зерна овса и гречихи для производства биологически активного сырья, и коммерциализации полученных результатов в промышленных масштабах.

Ключевые слова: зерно, гречиха, овес, проращивание, биологически активное сырье, пищевая ценность, физико-химические свойства.

DYNAMICS OF THE PROPERTIES OF OAT AND BUCKWHEAT GRAINS IN THE GROWTH TECHNOLOGY

¹A.M. OURBANTCHIK*, ¹V.A. SHARSHUNOU, ¹M.M. HALDOVA, ¹L.V. SHUSTAVA

(«Belarusian state University of Food and Chemical Technologies», Republic of Belarus,
212027, Mogilev, av. Shmidta, 3)

Corresponding author e-mail: urbanchik@tut.by*

Currently, a large number of publications and studies are aimed at the development of functional, enriched and biologically active food products. Rational use of grain resources is the basis for the development of all branches of agriculture and many branches of the agro-industrial complex. The paper studies the technological properties of oat and buckwheat grains as raw materials for the production of biologically active products. Grain of oats and buckwheat has high values of seed properties – germination energy (80 ± 5 %), (70 ± 5 %) and germination (86 ± 6 %), (64 ± 4 %), respectively, and can be used in the technology of obtaining biologically active plant raw materials. Analytical dependences of changes in the physico-chemical properties of oat and buckwheat grains during germination have been obtained, which make it possible to predict changes occurring with grain in the range from 1 h to 35 h of germination. The results obtained indicate the prospects of using oat and buckwheat grains for the production of biologically active raw materials, and commercialization of the results obtained on an industrial scale.

Keywords: grain, buckwheat, oats, germination, biologically active raw materials, nutritional value, physico-chemical properties.

ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНДАҒЫ СҰЛЫ МЕН ҚАРАҚҰМЫҚ ДӘНДЕРІНІҢ ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ДИНАМИКАСЫ

¹Е.Н. УРБАНЧИК*, ¹В.А. ШАРШУНОВ, ¹М.Н. ГАЛДОВА, ¹Л.В. ШУСТОВА

¹(«Беларусь Мемлекеттік тамақ және химиялық технологиялар университеті»),
Беларусь Республикасы, 212027, Могилев, Шмидт даңғылы, 3)
Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: urbanchik@tut.by*

Қазіргі уақытта көптеген жарияланымдар мен зерттеулер функционалды, байытылған және биологиялық белсенді тағамдарды өндіруге бағытталған. Астық ресурстарын ұтымды пайдалану ауыл шаруашылығының барлық салаларын және агроөнеркәсіптік кешеннің көптеген салаларын дамытудың негізі болып табылады. Жұмыста сұлы мен қарақұмық дәндерінің биологиялық белсенді өнімдерді алу үшін шикізат ретіндегі технологиялық қасиеттері зерттелген. Сұлы мен қарақұмық дәні тұқым қасиеттерінің жоғары мәндеріне ие-өну энергиясы (80 ± 5), (70 ± 5) % және өну (86 ± 6), (64 ± 4) % тиісінше ие, және де оларды биологиялық белсенді өсімдік шикізатын алу технологиясында қолдануға болады. Сұлы мен қарақұмық дәндерінің өну процесінде физика-химиялық қасиеттерінің өзгеруіне аналитикалық тәуелділіктер алынды, бұл астықпен 1 сағаттан 35 сағатқа дейін өну диапазонында болатын өзгерістерді болжауға мүмкіндік береді. Алынған нәтижелер биологиялық белсенді шикізат өндіру үшін сұлы мен қарақұмық дәндерін пайдалану және алынған нәтижелерді өнеркәсіптік ауқымда коммерциаландыру перспективасын көрсетеді.

Негізгі сөздер: астық, қарақұмық, сұлы, өну, биологиялық белсенді шикізат, тағамдық құндылығы, физика-химиялық қасиеттері.

Введение

В последние годы разработки ученых разных стран направлены на получение продуктов, позволяющих предотвратить риск развития социально значимых заболеваний и негативные последствия влияния экологических факторов. Об этом свидетельствует большое количество публикаций и исследований в области разработки функциональных, обогащенных и специализированных продуктов [1 – 3].

Здоровье человека в значительной степени определяется его питанием, обеспеченностью организма энергией и необходимыми пищевыми компонентами. От количества и качества питания зависят биохимические показатели обмена веществ, активность органов и систем. Питание является основой жизнедеятельности человека, одним из основных условий, влияющих на продолжительность жизни, работоспособность, сопротивляемость инфекциям и другим неблагоприятным факторам окружающей среды.

Зерно является важнейшим продуктом, определяющим продовольственную безопасность страны. Зерновое производство является основой развития многих отраслей сельского хозяйства и перерабатывающих отраслей промышленности. Все это исторически определило значение и место зерна и продуктов его переработки в питании,

которые являются продуктами массового и повседневного потребления человека [4 – 6].

Одним из способов улучшения пищевой ценности и сенсорных свойств зерна является проращивание.

Ряд исследований, проведенных учеными различных стран, посвящен технике и технологии пророщенного зерна и продукции с его использованием. Разработаны технологии коммерческого производства пророщенного зерна различных растений, однако актуальной остается оценка влияния условий проращивания на физико-химические свойства, безопасность проростков и полученных из них продуктов. В литературе отсутствует информация о технологических свойствах биологически активного зерна гречихи и овса, влиянии физико-химических показателей на протекание процессов при его производстве.

Учитывая уникальность свойств пророщенного зерна, весомым фактом является то, что пищевая ценность пророщенных зерен гречихи и овса значительно выше продуктов их переработки, так как большая часть полезных веществ находится в зародыше зерна и его алейроновом слое. В оболочках зерна также сосредоточено значительное количество витаминов и необходимых организму жирных кислот. Из-за отсутствия современной технологии получения пророщенного зерна, которое может хра-

ниться длительное время без ущерба для его уникальных свойств, промышленность не в полной мере удовлетворяет спрос населения в этом продукте.

Целью исследований является повышение эффективности использования биологически активного зернового сырья, за счет изучения динамики процесса водопоглощения при проращивании зерна овса и гречихи.

Материалы и методы исследований

Работа выполнена в научной отраслевой лаборатории зерновых продуктов Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий в 2020–2022 гг. Объектами исследований являлось нативное и пророщенное зерно гречихи и овса.

Образцы зерна в лабораторных условиях очищали на сепараторе QUATUOR 2 Chopin. Экспресс анализ жизнеспособности зерна проводили на портативном анализаторе GermPro. Зерно обеззараживали в 0,0025%-ном растворе перманганата калия в течение 2 ч, замачивали в проточной воде при температуре $(9,0 \pm 1,0)$ °С в течение 8 ч. Проращивание зерна осуществляли воздушно-водяным способом при температуре $(25 \pm 0,5)$ °С, относительной влажности воздуха (75 ± 2) % в течение 34 – 42 ч. Критерием окончания процесса являлось прорастание не менее 75 % зерен с образованием ростка длиной ≤ 2 мм.

Результаты и их обсуждения.

Во многих странах среди отраслей растениеводства зерновое хозяйство является основным. На его долю, на протяжении многих лет, приходится около половины посевных площадей.

Гречиха и овес являются основными крупяными культурами во многих странах мира. Содержание белка в гречихе составляет около 10 %, но по питательности и усвояемости белок значительно превосходит белок других злаковых культур, приближаясь к белку животного происхождения, о чем свидетельствует содержание незаменимых аминокислот, таких как: аргинин (12,7 %), лизин (7,9 %), цистин (1,0 %) и др. Кроме того, в ее состав входят лимонная, малеиновая и щавелевая кислоты, которые способствуют лучшей переваримости пищи. Углеводы в гречихе представлены в основном крахмалом, содержание которого составляет 65 % – 70 %, жира содержится около 3 %, который относится к невысыхающим маслам (йодное число менее 85), поэтому гречневая крупа не

прогоркает при длительном хранении. Содержание клетчатки в гречневой крупе пониженное – 1,5 % – 2,0 %. Зерно гречихи также богато витаминами В1 (тиамин), В2 (рибофлавин), РР (никотиновая кислота), Р (рутин) и др. Особый интерес с точки зрения медицины представляет рутин. На основе его изготавливают лекарства, применяемые для профилактики лечения многих заболеваний. Рутин восстанавливает нарушенную деятельность сердечно-сосудистой системы, обладает общеукрепляющим свойством [7].

Овес входит в число важнейших зерновых культур. В мировых посевах он занимает седьмое место. По посевным площадям занимает третье место после пшеницы и ячменя. Овес широко возделывается в Европе, США, Канаде. По урожайности он уступает озимым зерновым, однако имеет и достаточно высокие урожаи – 40 – 46 ц/га. На долю белка приходится, в среднем, 10 % – 15 % общего состава зерна. Белок содержит все незаменимые аминокислоты, хорошо усваивается организмом. По содержанию незаменимых аминокислот – лизина, триптофана и аргинина овес превосходит ячмень. Особую ценность имеют голозерные сорта овса, содержащие 17 % – 18 % белка и 6 % – 7 % жира, который отличается высокой переваримостью и хорошо усваивается организмом [8].

Потребление рафинированных зерновых продуктов приводит к дефициту в рационе питания ценных биологически активных нутриентов и пищевых волокон. Проблема частично решается путем потребления цельного или пророщенного зерна злаковых, бобовых и других сельскохозяйственных культур. На сегодняшний день производство пророщенных семян является одной из быстро развивающихся во всем мире отраслей пищевой индустрии. Например, в США около 10 % населения регулярно употребляет в пищу проростки, ежегодный объем производства которых составляет около 300 тыс. т. на сумму более 250 млн. дол. США [8]. В связи с этим особую значимость приобретают продукты питания на основе биологически активного (пророщенного) зерна злаковых культур, обладающих уникальными потребительскими свойствами, в том числе функциональной направленности.

При прорастании зерна происходит ферментация углеводов и белков, вследствие чего улучшается доступ к питательным элементам. Именно во время прорастания ро-

сток обладает наибольшей пищевой ценностью. Пророщенные зерна гречихи содержат малое количество жиров, что позволяет применять их в диетологии. Продукты, полученные из цельного зерна богаты клетчаткой, которая очищает кишечник и создает благоприятную микрофлору для жизни полезных бактерий [9–12].

В научной отраслевой лаборатории зерновых продуктов Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий проведены научные исследования по изучению технологии проращивания зерна овса и гречихи и применению получаемого сырья в производстве функциональных продуктов питания.

На первом этапе исследований были отобраны пробы зерна. Сорная примесь в пробе составила $(1,8 \pm 0,2) \%$, в том числе минеральная $0,1 \%$, вредная примесь – не обнаружена, зерновая примесь составила $(2,0 \pm 0,4) \%$, зараженность вредителями хлебных запасов не обнаружена. Визуальная оценка показала, что в образцах исследуемого зерна овса и гречихи не обнаружено проросшего в поле зерна, отсутствуют посторонние запахи, оболочки тонкие и бесцветные.

Возможность прорастания зерна оценивали по семенным свойствам зерна, которые включали показатели – энергия прорастания и жизнеспособности [13–14]. Также были исследованы физико-химические свойства зерна. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Результаты исследований показывают, что для зерна гречихи из $82\% - 86\%$ жизнеспособных зерен фактически прорастает $77\% - 87\%$, у зерна овса из $65\% - 75\%$ жизнеспособных зерен прорастает $60\% - 68\%$. Установлено, что исследуемые образцы зерна имеют достаточные для получения биологически активного зернового сырья значения всхожести.

При сравнении основных показателей семенных свойств зерна установлено, что наиболее объективным показателем является энергия прорастания семян, которая определяется в течение 3-х суток проращивания. Однако классические методы анализа семенных свойств занимают достаточно продолжительное время: определение энергии прорастания – 72 ч, подготовка зерна к анализу на жизнеспособность – 16 ч – 18 ч. С целью сокращения времени определения семенных

свойств, экспресс анализ жизнеспособности гречихи и овса проводили на портативном анализаторе GermPro. При этом процесс контроля пригодности партий зерна для проращивания сокращается с нескольких суток (при использовании классических методов анализа) до 30 минут.

Зависимость энергии прорастания от жизнеспособности зерна гречихи представлена на рисунке 1. Получена линейная зависимость между показателями энергии прорастания и жизнеспособности зерна гречихи. Высокая корреляционная зависимость между показателями энергия прорастания и жизнеспособность ($r = 0,95$) позволяет рекомендовать использование экспресс анализа жизнеспособности зерна гречихи на портативном анализаторе GermPro для прогнозирования возможности использования партий зерна гречихи для производства биологически активного сырья.

В следующий этап исследований входили замачивание и проращивание зерна овса и гречихи с целью определения изменений, происходящих в зерне при прорастании – влияние процесса на физико-химические свойства зерна: влажность, массу, объем и водопоглощение.

Влажность зерна влияет на технологические процессы переработки пророщенного зерна. Изменение объема и массы зерна при проращивании необходимо учитывать при выборе замочных емкостей и степени заполнения их зерном и водой. Степень водопоглощения позволяет установить номинальное количество воды, необходимое для замачивания зерна в производственных условиях.

Проращивание зерна проводили воздушно-водяным способом в термостате при температуре воздуха $(25 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(75 \pm 2) \%$. Сушку проростков проводили до влажности $13,0\% - 14,0\%$ при температуре $(55 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ в течение $(8,0 \pm 0,5)$ ч на лабораторной сушилке [15].

Установлено, что значение плотности и зольности зерна гречихи в процессе проращивания изменяется незначительно. Плотность зерна гречихи снизилась с $1,16 \text{ г/см}^3$ до $1,13 \text{ г/см}^3$, а показатель зольности в процессе проращивания зерна увеличивается с $1,4\%$ до $1,7\%$. Содержание протеина уменьшилось на $14,6\%$ по отношению к исходному его количеству. На рисунках 2 и 3 представлены данные по изменениям влажности, мас-

сы 1000 зерен, кислотности и водородного показателя рН у зерна гречихи при проращивании в течение 30 ч и 35 ч.

В процессе проращивания зерна овса плотность, зольность и количество протеина изменяются незначительно. Плотность зерна снизилась с 1,35 г/см³ до 1,31 г/см³. На начальном этапе проращивания зольность овса составляет 1,7 %, на конечном – 1,9 %. Протеин в зерне овса при проращивании незначительно снижается. Наименьшее значение достигается через 30 часов – 12,1 %, что составляет 83,0 % от исходного значения. На рисунках 4 и 5 представлены данные об изменении влажности, массы 1000 зерен, кислотности и водородного показателя рН зерна овса при проращивании.

С увеличением времени проращивания масса 1000 зерен овса возрастает, максимальное значение составляет 42,8 г при 35 ч замачивания. Влажность зерна увеличивается равномерно и достигает максимального значения при 15 ч проращивания – 36,7 %.

Уровень рН и кислотность в процессе проращивания зерна овса равномерно возрастают: кислотность с 4,4 град до 7,6 град, рН – с 5,0 ед. до 6,0 ед.

На основании результатов исследований установлено, что с увеличением времени проращивания масса 1000 зерен гречихи и овса возрастает, максимальная масса 1000 зерен гречихи составила 42,4 г при проращивании зерна в течение 30 ч. Масса 1000 зерен

овса достигла 42,8 г при проращивании зерна в течение 35 ч. Влажность зерна гречихи и овса увеличивается неравномерно: в период с 15 ч до 20 ч проращивания изменение влажности гречихи происходит наиболее интенсивно (с 33,8 % до 41,8 %), максимальное значение достигается при 25 ч проращивания и составляет 41,8 %, в то время как влажность зерна овса наиболее интенсивно увеличивается в период с 5 ч до 10 ч (с 32,9 % до 36,6%), максимальное значение достигается при 15 ч проращивания и составляет 36,7 %. Уровень рН в процессе проращивания зерна гречихи изменяется незначительно (от 6,1 ед. до 6,6 ед.) и близок к нейтральному значению, в то время как кислотность зерна существенно возрастает – с 3,0 град до 8,8 град. Уровень рН в процессе проращивания зерна овса изменяется от 5,0 ед. до 6,1 ед. и также близок к нейтральному значению, кислотность зерна овса возрастает – с 4,4 град до 7,6 град.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии, адекватно описывающие изменение физико-химических показателей исследуемых культур в процессе проращивания. Полученные результаты позволяют установить номинальное количество воды, необходимое для замачивания зерна и степень заполнения замочных емкостей зерном и водой при проращивании зерна гречихи и овса в производственных условиях.

Рисунки и таблицы

Таблица 1 – Физико-химические и семенные свойства зерна гречихи и овса

Показатели	Значение	
	Гречиха	Овес
Жизнеспособность, %	84 ± 2	70±5
Энергия прорастания, %	82 ± 5	64±4
Всхожесть, %	нормально проросшие	89 ± 4
	ненормально проросшие	5 ± 2
	набухшие	2 ± 1
	загнившие	4 ± 0
Натура, г/л	770 ± 3,0	750±1,0
Масса 1000 зерен, г	24,5 ± 1,01	24,6±0,07
Плотность зерновки, г/см ³	1,22 ± 0,12	1,23±0,05
Объем зерновки, мм ³	0,71 ± 0,20	0,08±0,01

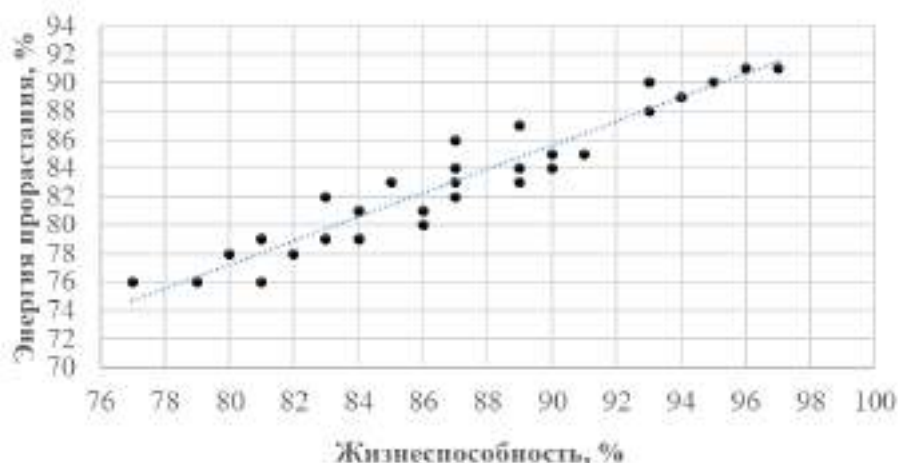


Рисунок 1 – Зависимость энергии прорастания от жизнеспособности зерна гречихи



Рисунок 2 – Изменение массы 1000 зерен и влажности зерна гречихи при проращивании



Рисунок 3 – Изменение кислотности и водородного показателя pH зерна гречихи при проращивании

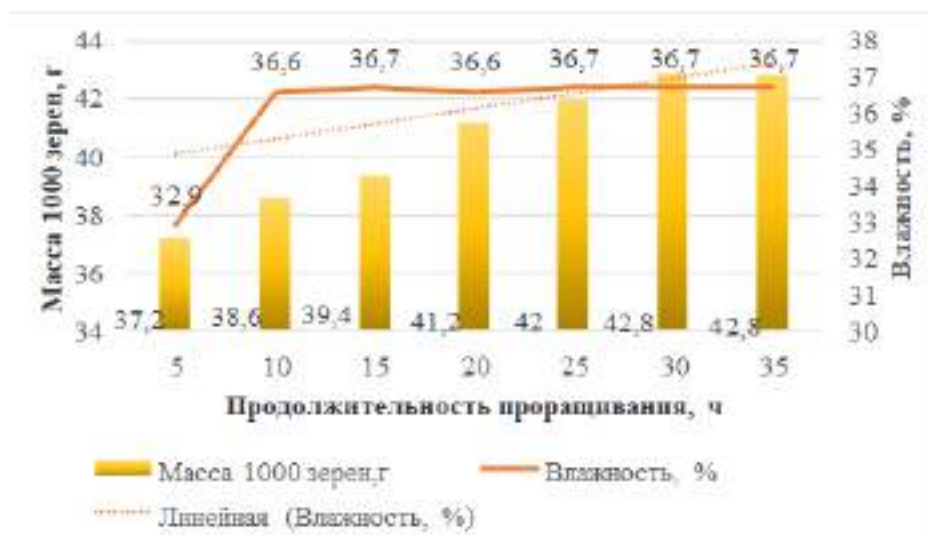


Рисунок 4 – Изменение массы 1000 зерен и влажности зерна овса при проращивании



Рисунок 5 –Изменение кислотности и водородного показателя рН зерна овса при проращивании

Заклучение, выводы

В работе изучены технологические свойства зерна овса и гречихи как сырья для получения биологически активных продуктов. Зерно овса и гречихи обладает высокими значениями семенных свойств – энергии прорастания (80 ± 5 %), (70 ± 5 %) и всхожести (86 ± 6 %), (64 ± 4 %) соответственно, и может быть использовано в технологии получения биологически активного растительного сырья. Получены аналитические зависимости изменений физико-химических свойств зерна овса и гречихи в процессе проращивания, которые позволяют прогнозировать изменения, происходящие с зерном в диапазоне от 1 ч до 35 ч проращивания. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования зерна овса и гречихи для производства биологически активного сырья, и

коммерциализации полученных результатов в промышленных масштабах.

Работа выполнена в рамках задания «Научное обоснование создания сухих концентратов детоксикационного действия с использованием пектиносодержащих фитокомпозиций» (№ госрегистрации 20211976) подпрограммы «Продовольственная безопасность» государственной программы научных исследований (ГПНИ) «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» на 2021-2025 годы, финансируемой Министерством образования Республики Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наука, питание и здоровье: сб. науч. тр. В 2 ч. Ч. 1 / под общ. Ред. З. В. Ловкис / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по

продовольствию. – Минск: Беларуская навука, 2021. – 346 с.

2. Clark, M. The Role of Healthy Diets in Environmentally Sustainable Food Systems / M. Clark, J. Macdiarmid, A. Jones, J. Ranganathan, M. Herre-ro, J. Fanzo // Food and Nutrition Bulletin. – 2020. – № 41(25). – P. 531–558.

3. De, L. Healthy food for healthy life / L. De, D. Tulipa // J. of Global Biosciences. – 2019. – № 8(9). – P. 6453–6468.

4. Зерновые культуры [Электронный ресурс] – 2021 – URL: <https://universityagro.ru/растениеводство/зерновые-культуры> – (дата обращения 13.01.2022)

5. Экономика производства зерна [Электронный ресурс] – 2021 – URL: https://studwood.ru/1501643/ekonomika/ekonomika_proizvodstva_zerna – (дата обращения 28.12.2021)

6. Зерновое хозяйство [Электронный ресурс] – 2021 – URL: <https://www.webkursovnik.ru/kartgotrab.asp?id=127615> – (дата обращения 28.12.2021)

7. Химический состав гречихи [Электронный ресурс] – 2021 – URL: <http://elib.baa.by/jspui/bitstream/123456789/550/1/ecd2253.pdf> – (дата обращения 10.01.2022)

8. Рождественская, Л. Н. Обоснование перспективных направления проектирования продуктов функционального питания / Л. Н. Рождественская, Е. С. Бычкова // Пищевая промышленность. – 2012. – № 11. – С. 14–16.

9. Шаршунов, В. А. Получение биологически активного зернового продукта на основе смесей пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного / В. А. Шаршунов, Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта, М. Н. Галдова // Известия Национальной академии наук Беларуси. Сер. агр. наук. – 2016. – № 4. – С. 118–125.

10. Enhanced efficiency of dissolved air flotation for biodiesel wastewater treatment by acidification and coagulation processes / C. Rattanapan [et al.] // Desalination. – 2011. – Vol. 280. – P. 370–377.

11. Dassey, A. J. Assessing the suitability of coagulation pretreatment on poultry processing wastewater for optimized dissolved air flotation : Master of Science in Biological and Agricultural Engineering / A. J. Dassey. – Louisiana State University, 2010. – 136 p.

12. Components of a bioflocculant for treating tannery wastewater / Y. Qinhuang [et al.] // J. Residuals Sci. Technol. – 2015. – Vol. 12, № 2. – P. 99–103.

13. Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания: ГОСТ 10968-88 – М.: Стандартинформ, Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2014.– 6 с.

14. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения жизнеспособности: ГОСТ 12039-82 – М.: ИПК Издательство стандартов,

Белорус. Гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2010.– 40 с.

15. Способ оптимизации проращивания зерна или семян по методу поэтапного воздушно-водяного замачивания: пат. 20250 С2. Респ. Беларусь / Е.Н.Урбанчик, А.Е.Шалюта; заявитель Могил. гос. ун-т прод. – № а 20130033; заявл. 30.06.2013; опубл. 30.08.2016 // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлекту-ал. уласнасці. – 2016. – № 4. – С.77.

REFERENCES

1. Science, nutrition and health: Collection of scientific papers V 2 ch. CH. 1 / under the general editorship of Z. V. Lovkis / Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food. – Minsk: Belarusian Science, 2021. – 346 p. (in Russian).

2. Clark, M. The Role of Healthy Diets in Environmentally Sustainable Food Systems / M. Clark, J. Macdiarmid, A. Jones, J. Ranganathan, M. Herre-ro, J. Fanzo // Food and Nutrition Bulletin. – 2020. – № 41(25). – P. 531–558.

3. De, L. Healthy food for healthy life / L. De, D. Tulipa // J. of Global Biosciences. – 2019. – № 8(9). – P. 6453–6468.

4. Grain crops [Electronic resource] – 2021 – URL:<https://universityagro.ru/rastenievodstvo/zernovye-kul'tury> – (date of the application 13.01.2022) (in Russ).

5. Economics of grain production [Elektronnyj resurs] – 2021 – URL: https://studwood.ru/1501643/ekonomika/ekonomika_proizvodstva_zerna – (date of the application 28.12.2021) (in Russian).

6. Grain farming [Elektronnyj pesurs] – 2021 – URL: <https://www.webkursovnik.ru/kartgotrab.asp?id=127615> – (date of the application 28.12.2021) (in Russian).

7. Grain farming [Electronic resource] – 2021 – URL:<http://elib.baa.by/jspui/bitstream/123456789/550/1/ecd2253.pdf> – (date of the application 10.01.2022) (in Russ).

8. Rozhdestvenskaya, L. N. Substantiation of promising directions for the design of functional food products / L. N. Rozhdestvenskaya, E. S. Bychkova // Food industry. – 2012. – № 11. – P. 14–16. (in Russian).

9. Sarshunov, V. A. Poluchenie biologicheskii aktivnogo zernovogo produkta na osnove smesej prorozhchennogo zerna pshenicy i ovsaa golozer-nogo / V. A. Sharshunov, E. N. Urbanchik, A. E. Shalyuta, M. N. Galdova // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. agricultural sciences series. – 2016. – № 4. – P. 118–125. (in Russian).

10. Enhanced efficiency of dissolved air flotation for biodiesel wastewater treatment by acidification and coagulation processes / C. Rattanapan [et al.] // Desalination. – 2011. – Vol. 280. – P. 370–377.

11. Dassey, A. J. Assessing the suitability of coagulation pretreatment on poultry processing wastewater for optimized dissolved air flotation :

Master of Science in Biological and Agricultural Engineering / A. J. Dassey. – Louisiana State University, 2010. – 136 p.

12. Components of a bioflocculant for treating tannery wastewater / Y. Qinhuan [et al.] // J. Residuals Sci. Technol. – 2015. – Vol. 12, № 2. – P. 99–103.

13. Corn. Methods for determining germination energy and germination ability: State Standard 10968-88 – M.: Standards Publishing House, Belarusian State Institute for Standardization and Certification, 2014.– 6 p. (in Russ)

14. Seeds of agricultural crops. Methods for determining viability: State Standard 12039-82 – M.:

IPK Standards Publishing House, Belarusian State Institute for Standardization and Certification, 2010.– 40 p. (in Russ).

15. Method of optimizing grain and seed germination by gradual aerial-aqueous steeping procedure: Patent of Belarus republic no 20250 C2 Belarus, inventors: E. N. Urbanchik, A. E. Shalyuta; filed by Mogilev State Food University applicant numbera 20130033, date of application 30.06.2013, published 30.08.2016. Afitsyiny byuleten' Natsyyanal'naga tsentra intelektual'nai ulasnasti [Official Bulletin of the National Intellectual Property Center], 2016, no. 4, p. 77 (in Russian).