

УДК 664.765

## ПОЛУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО СЫРЬЯ ИЗ ЗЕРНА ПРОСА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В. А. ШАРШУНОВ, Е. Н. УРБАНЧИК, А. И. МАСАЛЬЦЕВА, М. Н. ГАЛДОВА

Могилевский государственный университет продовольствия,  
г. Могилев, Республика Беларусь, 212027

(Поступила в редакцию 27.03.2019)

*Значительная часть населения планеты страдает генетически обусловленным аллергическим заболеванием – целиакией. Целиакия является неизлечимым пищевым заболеванием и проявляется в непереносимости организмом человека глютена – белка, который содержится в достаточно большом количестве в зерне таких злаковых культур, как пшеница, рожь, ячмень и овес. Просо является злаковой культурой, зерно которой может стать одним из основных видов сырья для производства безглютеновых хлебобулочных изделий.*

*В Могилевском государственном университете продовольствия проведены исследования по изучению технологии проращивания зерна проса и применению получаемого сырья для производства безглютеновых продуктов питания. Проведена оптимизация режимов проращивания зерна при температуре  $25 \pm 1,5$  °С. Установлено, что время эффективного замачивания составляет 7 часов, а время проращивания – 72 часа. Подобраны режимы сушки пророщенного зерна проса, которые составили: при температуре агента сушки 60 °С – 3,5 часа; при температуре агента сушки 50 °С – 4 часа; при температуре агента сушки 40 °С – 4,5 часа. В ходе исследований также установлено, что зерно обладает высокими значениями энергии прорастания и всхожести и может быть рекомендовано для проращивания и получения биологически активного зернового сырья.*

**Ключевые слова:** зерно проса, проращивание, безглютеновые продукты, биологически активное сырье, пищевая ценность, пищевая промышленность, сушка, измельчение.

*A significant portion of the world's population suffers from a genetically determined allergic disease - celiac disease. Celiac disease is an incurable food-borne disease and is manifested in the intolerance of human organisms gluten - a protein that is found in sufficiently large quantities in the grain of such cereals as wheat, rye, barley and oats. Millet is a cereal crop, the grain of which can become one of the main types of raw materials for the production of gluten-free bakery products.*

*Mogilev State University of Foodstuffs conducted research on the technology of sprouting millet grains and applying the raw materials obtained for the production of gluten-free food. Optimization of the mode of germination of grain at a temperature of  $25 \pm 1.5$  °C. It is established that the time of effective soaking is 7 hours, and the time of germination is 72 hours. The modes of drying germinated grain of millet were selected, which were: at a drying agent temperature of 60 °C - 3.5 hours; at a drying agent temperature of 50 °C - 4 hours; at a drying agent temperature of 40 °C - 4.5 hours. The studies also found that the grain has high values of germination energy and germination and can be recommended for germination and the production of biologically active grain raw materials.*

**Key words:** millet grain, germination, gluten-free products, biologically active raw materials, nutritional value, food industry, drying, grinding.

### Введение

Основные зерновые культуры (пшеница, рожь, ячмень и овес), зерно которых используется для производства хлебобулочных изделий, содержат глютен в большом количестве. Пищевая ценность глютена невысока, но он является ведущим фактором при производстве хлебобулочных изделий высокого качества, определяющим условия созревания тестообразования и не оказывающим негативное влияние на здорового человека. Вместе с тем глютен противопоказан для лиц, страдающих аллергическим заболеванием – целиакией. Целиакия является неизлечимым пищевым заболеванием и проявляется в непереносимости организмом человека глютена [1]. При выявлении непереносимости глютена у детей или взрослых необходимо пожизненное назначение специальной безглютеновой диеты.

В соответствии с международными стандартами к «безглютеновым» могут быть отнесены продукты, содержащие не более 20 мг глютена на 1 кг продукта в пересчете на сухой образец произведенные без применения глютена содержащего сырья либо с использованием такового, но после специальной обработки для удаления данного пептида [2]. Как правило, содержание глиадинов в глютене находится на уровне 50 %, поэтому норме на глютен 20 мг/кг соответствует

предельная концентрация глиаина 10 мг/кг. Только при соблюдении этого уровня на этикетку может быть вынесен знак «безглютеновый продукт».

Непереносимость глютена в настоящее время – не единственная причина для роста покупки таких продуктов. Эксперты считают, причина роста – это широко распространенное мнение у населения о том, что такие изделия не только полезны для здоровья, но и помогают бороться с лишним весом [3]. Этому способствует рекламная компания по этому направлению, развернутая в СМИ и Интернете производителями такой продукции. Научные исследования не поддерживают преимущества рациона питания человека без глютена для людей, не страдающих непереносимостью глютена, но и не отвергают эту точку зрения.

На мировом рынке имеется достаточно широкий выбор продуктов для больных целиакией (хлеб, макаронные изделия, печенье, основа для пиццы, смеси для выпечки и т. п.). Их легко узнать по наличию на упаковке перечеркнутого колоса и маркировке «gluten-free» [4].

Сегодня существует два принципиальных направления разработки составов и технологий изготовления продуктов питания человека, не содержащих глютен. Первое – на основе использования природного безглютенового сырья, прежде всего растительного, а второе – биокаталитическое, ориентированное на удаление глютена из сырья или его модификацию. Безусловно, первое направление является наиболее перспективным, так как основано на сырье, созданном природой и для переработки которого могут быть использованы традиционные технологии с минимальными затратами средств. Второе же направление требует разработку и применение достаточно сложных специальных биотехнологий извлечения глютена из зерна пшеницы, ржи, ячменя и овса.

В связи с этим разрабатываются новые виды хлеба и мучных кондитерских изделий для безглютеновой диеты с использованием гречневой, рисовой, кукурузной, льняной, амарантовой и нутовой муки, в которой содержится значительно меньшее количество глютена, чем в продуктах переработки зерна традиционных культур. Просо является злаковой культурой, зерно которой может в ближайшей перспективе стать одним из основных видов сырья для производства безглютеновых хлебобулочных изделий, так как практически не содержит глютен.

**Просо** – зерновая культура, из которой получают такую крупу, как пшено. Полезные свойства проса обусловлены его высокой пищевой ценностью. В его состав входят витамины, макро- и микроэлементы. *Просо имеет большое количество клетчатки, которая действует, как «щетка», то есть очищает кишечник от различных токсинов и продуктов распада.* Врачи-диетологи рекомендуют употреблять пшенную кашу после антибиотиков, так как она позволяет восстановить микрофлору и провести очистку. В просе содержится много фолиевой кислоты, которая положительно сказывается на работе нервной системы. Поскольку в этом виде зерновых есть полиненасыщенные жирные кислоты и калий, рекомендуется употреблять его людям с проблемами сердца и сосудов. Зерно проса имеет повышенное содержание пищевых волокон – до 13,9 г/100 г, а также таких витаминов, как витамин В<sub>1</sub> – 0,39 мг/100 г, витамин В<sub>2</sub> – 0,07 мг/100 г, витамин В<sub>6</sub> – 0,43 мг/100 г, витамин В<sub>9</sub> – 32 мкг/100 г и витамин РР – 5,7 мг/100 г. В нем имеется высокое содержание магния – 130 мг/100 г, фосфора – 320 мг/100 г, железа – 3,5 мг/100 г, марганца – 1,85 мг/100 г, меди – 560 мкг/100 г и цинка – 2,92 мг [5].

Проращивание злаков является сегодня одной из перспективных технологий производства продуктов для использования в питании человека [6, 7]. Пророщенные зерна способствуют очищению организма и нормализуют обмен веществ, а потому считается, что они особенно полезны для людей с повышенным весом и тех, кто страдает аллергией и нарушением микрофлоры желудочно-кишечного тракта, особенно для тех, кто страдает заболеваниями целиакией. Зерно, полученное при таких условиях, обладает богатым содержанием белков, незаменимых аминокислот, а также полезной для пищеварения клетчатки [8–10].

Ферменты, образующиеся в прорастающих семенах, катализируют распад сложных запасных веществ (белки, жиры, углеводы) на более простые (аминокислоты, жирные кислоты, простые сахара), и при использовании проростков в пищу организм человека тратит меньше энергии на их переваривание по сравнению с продуктами, полученными из сухого зерна.

Количество витаминов по сравнению с непроросшим зерном заметно увеличивается. При проращивании зерна содержание витамина В<sub>6</sub> возрастает более чем в 5 раз, витамин В<sub>1</sub> – в 1,5 раза, фолиевой кислоты – в 4 раза, витамина В<sub>2</sub> – в 13,5 раза, увеличивается концентрации природных антибиотиков, антиоксидантов и стимуляторов роста.

Основная часть

В Могилевском государственном университете продовольствия в рамках научно-исследовательской работы «Разработка технологии получения биологически активной смеси на основе пророщенного зерна проса для использования в хлебопекарной промышленности» (грант ГЗ-18-02 Министерства образования Республики Беларусь) проведены научные исследования по изучению технологии проращивания зерна проса и применения получаемого сырья для производства безглютеновых продуктов питания [11].

Целью данного исследования является получение биологически активной смеси для производства безглютеновых продуктов на основе местного растительного сырья.

На основании исследований, проведенных ранее [12, 13], повышение биологической и пищевой ценности продукта достигается путем проращивания зерна проса. Уникальные изменения биохимического состава зерна связаны с процессом гидролиза запасных веществ эндосперма и синтезом новых веществ в зародыше. В литературе приведены некоторые сведения о биохимических изменениях биологически активных веществ зерна проса в процессе проращивания. В течение 48 ч проращивания выявлено значительное снижение количества крахмала и увеличение содержания сахара. При проращивании зерна проса в течение 96 часов отмечено уменьшение количества танинов и фитатов ниже предела обнаружения. Танины обладают дубильными свойствами и характерным вяжущим вкусом, который снижает потребительские свойства продукции на основе зерна проса. Фитаты – это антипитательное вещество, снижающее доступность содержащихся в рационе питательных веществ. Вред фитиновой кислоты заключается в том, что она способна связывать фосфор, магний, кальций, железо и другие минеральные вещества в пищеварительном тракте с помощью эфирных связей. В связи с этим поступление полезных микро- и макроэлементов в организм человека значительно уменьшается, что отрицательно сказывается на здоровье. При проращивании зерна проса в течение 96 часов активность ингибиторов трипсина уменьшается, а количество усвояемого белка значительно увеличивается.

Процесс получения биологически активной смеси на основе пророщенного зерна проса включает следующие этапы: очистка зерна, обеззараживание, замачивание, проращивание, сушка, измельчение, смешивание с дополнительными компонентами, фасовка, упаковка.

Исследования выполнялись на базе кафедры технологии хлебопродуктов и научно-технологического центра «Техностарт» Могилевского государственного университета продовольствия.

Объектом исследований являлась партия зерна проса продовольственного 2017 года урожая. На первом этапе исследований были отобраны пробы зерна проса продовольственного (ГОСТ 13586.3–83). Образцы зерна в лабораторных условиях кафедры технологии хлебопродуктов очищали на комплексной лабораторной зерноочистительной установке QC-123. Сорная примесь в пробе составила 2,0 % в том числе минеральная 0,3 %, вредная примесь – гелиотроп опушено плодный и триходесма седая не обнаружена, зерновая примесь составила 5,0 %, зараженность вредителями хлебных запасов не обнаружена. Визуальная оценка показала, что в образцах исследуемого зерна не обнаружено проросшего в поле зерна, отсутствуют посторонние запахи, оболочки тонкие и бесцветные. На основании полученных данных разработаны нормы предельно допустимого содержания примесей в зерне проса, направляемого на

проращивание.

Оценка качества зерна перед проращиванием включала определение физико-химических показателей качества и семенных свойств зерна.

Исследуемые показатели натуры, массы 1000 зерен, плотности зерна, объема зерновки лежат в пределах среднестатистических значений. Натура зерна проса составила  $840 \pm 2$  г/л, показатель массы 1000 зерен –  $20,1 \pm 0,2$  г, плотность и объем зерновки соответственно  $1,35 \pm 0,01$  г/см<sup>3</sup> и  $0,70 \pm 0,015$  мм<sup>3</sup>. Степень прорастания зерна проса оценивали по значению показателей энергии прорастания и всхожести.

Таблица 1. Семенные свойства зерна проса

Показатели		Просо
Энергия прорастания, %		$55 \pm 2$
Всхожесть, %	нормально проросшие	$76 \pm 2$
	ненормально проросшие	–
	набухшие	$21 \pm 2$
	загнившие	$3 \pm 2$

Анализ полученных данных показал, что зерно проса обладает невысокой энергией прорастания, которая составила  $55 \pm 2$  % и достаточно высоким значением всхожести –  $76 \pm 2$  %. В связи с этим исследуемое зерно можно отнести к пригодному для проращивания с целью получения биологически активной смеси.

На основании проведенных исследований разработаны требования к зерну проса, как к сырью для получения безглютеновой биологически активной смеси способом проращивания.

По показателям безопасности (содержание токсичных элементов, пестицидов, микотоксинов) зерно проса должно соответствовать требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Содержание радионуклидов в зерне не должно превышать действующих допустимых уровней, утвержденных в установленном порядке. Каждая партия сырья, поступающая для изготовления зернопродуктов из пророщенного зерна, должна сопровождаться соответствующими документами, подтверждающими его качество и безопасность.

Второй этап исследований включал оптимизацию условий проращивания зерна проса.

Для исключения нежелательных процессов, таких как брожение и закисание зерна, процесс проращивания осуществлялся водно-воздушным способом, разработанный сотрудниками МГУП и защищенный патентом Республики Беларусь № 20250 [14]. Данный способ заключался в чередовании водно-воздушных пауз. Проращивание зернового сырья проводили в термостате при температуре воздуха 15 °С и относительной влажности воздуха 85 %. Замачивание и проращивание зерна осуществлялось в водопроводной воде, температура которой составляла  $10 \pm 2$  °С. Перед замачиванием проводили обеззараживание. В качестве дезинфицирующего средства применяли марганцовокислый калий (KMgO<sub>4</sub>) из расчета 25 г на 1м<sup>3</sup> воды.

Для оптимизации условий проращивания использовали показатель активности роста – критерий, комплексно характеризующий процесс прорастания [14].

Активность роста зерна (% · ч<sup>-1</sup>) определяли по формуле (1):

$$A_p = k_n / \tau_n, \quad (1)$$

где  $k_n$  – количество проросших зерен с длиной ростка не более 5 мм, %;  $\tau_n$  – продолжительность прорастания зерна, ч.

Влага проникает внутрь зерна через микрокапиллярные отверстия зародыша и мяквинную оболочку, обеспечивая активацию ферментов и жизнедеятельности зерна проса. Анализ полученных данных показал, что при замачивании зерна проса водой в течение 7–8 часов наблюдается максимальное количество пророщенных зерен –  $78 \pm 2$  % при наименьшей продолжительности проращивания –  $78 \pm 1$  ч. При продолжительности замачивания 3–6 ч происходит свободное проникновение воды в пустоты, находящиеся под оболочкой. При последующем нахождении зерна на воздухе влага испаряется, не обеспечивая переход в раствор питательных веществ и миграцию их к зародышу.

Вследствие чего зерно подсыхает, а продолжительность его проращивания увеличивается. При продолжительности замачивания 9–12 ч интенсифицируется процесс брожения, продуктами которого ингибируется зародыш, вследствие чего количество пророщенных зерен уменьшается.

В табл. 2 представлены результаты процесса проращивания исследуемой культуры.

Таблица 2. Результаты процесса проращивания зерна проса

Время замачивания, ч	Время проращивания, ч	Количество проросших зерен, %	Активность роста, %·ч <sup>-1</sup>
3–4	93 ± 1	55 ± 1	0,59 ± 0,01
5–6	87 ± 1	64 ± 2	0,74 ± 0,03
7–8	78 ± 1	78 ± 2	1,00 ± 0,06
9–10	78 ± 1	74 ± 3	0,95 ± 0,08
11–12	84 ± 1	71 ± 2	0,85 ± 0,05

На основе анализа результатов проведенных исследований определены оптимальные режимы проращивания зерна проса при температуре 15 °С. Продолжительность замачивания составила 7–8 часов, а продолжительность проращивания – 78 ± 1 часа.

Полученный новый биологически активный продукт, отличается высокими пищевыми достоинствами и рекомендуется для использования в производстве безглютеновых продуктов.

### Заключение

В результате проведенных исследований обоснованы режимы замачивания, проращивания и сушки зерна проса. Исследованы физико-химические свойства зерна проса до и после проращивания. Разработаны требования к зерну проса, как к сырью, направляемому в переработку для производства нового биологически активного сырья, рекомендуемого для использования в производстве безглютеновых продуктов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бельмер, С. А. Непереносимость глютена и показания к безглютеновой диете / С. Бельмер, А. Хавкин // Врач. – 2011. – № 5. – С.17–21.
2. О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания: ТР ТС 027/2012: принят 15.06.2012; вступил в силу 01.07.2013/ Евраз. Эконом. Комис. – Минск : Беларус. Гос. Ин-т стандартизации и сертификации. – 26 с.
3. Шилина, Н. М., Милкокова А. А., Смирнов И. А., Конь И. Я. Безглютеновая диета: проблемы лабораторного контроля. // РМЖ. – 2004. – № 5. – С. 12–14.
4. Шаззо, Р. И. Функциональные продукты питания / Р. И. Шаззо, Г. И. Касьянов. – М.: Колос, 2000. – 248 с.
5. Калорийность. Просо, зерно продовольственное. Химический состав и пищевая ценность. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://health-diet.ru/base\\_of\\_food/sostav/286.php](https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/286.php). Дата доступа: 06.12.2018 г.
6. Урбанчик, Е. Н., Продукты питания из пророщенного зерна / Е. Н. Урбанчик, Л. А. Касьянова. – Хлебопек. 2004. – № 5. – С. 22–23.
7. Шаршунов, В. А., Биотехнологические приемы повышения эффективности использования зерновых ресурсов Беларуси / В. А. Шаршунов, Е. Н. Урбанчик, Л. А. Касьянова, О. В. Агеенко, П. Г. Иванов. Вести Национальной академии наук Беларуси. Сер. Аграр. наук. – 2008. – №1 – С. 101–106.
8. Урбанчик, Е. Н., Изготовление зерновых биологически активных смесей для пищевой промышленности / Урбанчик Е. Н., Галдова М. Н., Тимахова Н. В. Белорусский национальный технический университет. Сборник материалов 3-го Белорусско-Прибалтийского форума «Сотрудничество – катализатор инновационного роста», 19–20 октября 2017 г. Минск. С. 39–40.
9. Бастриков, Д. Изменение биохимических свойств зерна при замачивании / Д. Бастриков, Г. Панкратов // Хлебопродукты. – 2006 – №1 – С. 40–41.
10. Урбанчик, Е. Н., Инновационные подходы к созданию биопродуктов на основе принципов научной комбинаторики / Техника и технология пищевых производств: материалы XII Междунар. научн.-техн. конф. в 2-х том., Могилёв, 19–20 апреля 2018 г. – т. 1. – Могилёв, 2017. – С. 17–20.
11. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка технологии получения биологически активной смеси на основе пророщенного зерна проса для использования в хлебопекарной промышленности» (Грант Министерства образования Республики Беларусь ГЗ-18-02). – Могилев: МГУП, 2018. – 70 с.
12. Урбанчик, Е. Н. Сухие зерновые смеси и оценка возможности их использования в производстве косметических масок / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта, М. Н. Галдова // Инновационные решения проблем экономики знаний Беларуси и Казахстана: материалы науч.-практ. конф., г. Минск, 13 октября 2016 г. / БНТУ; – Минск, 2016. – С. 228–229.
13. Урбанчик, Е. Н., Интенсификация процесса получения пророщенного зерна с использованием ферментных препаратов комплексного действия / Е. Н. Урбанчик, Л. И. Сапунова, А. И. Малашенко, М. Н. Галдова, И. О. Тамкович, И. В. Мороз, А. Н. Павлюк // Известия Национальной академии наук Беларуси серия биологических наук; Т.64 – № 1, 2019 – С. 82–91.
14. 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 інтэлектуал. уласнасці. – 2016. – № 4. – С.77.