

# Исследование нутриентного профиля пророщенного зерна мягкой пшеницы, выращенной в Беларуси

**Зенькова Мария Леонидовна**

*Белорусский государственный экономический университет  
220070, Беларусь, город Минск, пр-т Партизанский, д.26  
E-mail: zenkova@bseu.by*

**Акулич Александр Васильевич**

*Могилевский государственный университет продовольствия  
212027, Беларусь, город Могилев, пр-т Шмидта, 3  
E-mail: akulichav57@mail.ru*

**Мельникова Людмила Александровна**

*Белорусский государственный экономический университет  
220070, Беларусь, город Минск, пр-т Партизанский, д.26  
E-mail: la\_mel75@mail.ru*

**Тимофеева Валентина Николаевна**

*Могилевский государственный университет продовольствия  
212027, Беларусь, город Могилев, пр-т Шмидта, 3  
E-mail: valya.timofeeva.1951@mail.ru*

Проращивание зерна считается одним из способов, улучшающим пищевую ценность и функциональные свойства зерна. Данный процесс вызывает активацию гидролитических ферментов, которые делают питательные вещества доступными для роста растения, а также для организма человека. В статье приведены исследования по содержанию пищевых веществ в пророщенном зерне мягкой пшеницы, выращенной в Беларуси. На этой основе представлен нутриентный профиль пророщенного зерна мягкой пшеницы, в котором дано содержание 42 пищевых веществ. В качестве объекта исследования использовано пророщенное зерно мягкой пшеницы влажностью  $(44,4 \pm 1,0)\%$  и с размером ростков  $(2,0 \pm 0,5)$  мм. Наиболее значимыми с точки зрения обеспечения человека макронутриентами, поступающими с пророщенным зерном пшеницы, являются углеводы  $(37,77 \pm 0,6)\%$  и белки  $(6,67 \pm 0,02)\%$ . В пророщенном зерне пшеницы содержатся все незаменимые аминокислоты (20,6% к общему количеству аминокислот). Среди заменимых аминокислот высокое содержание глутаминовой кислоты (2456,4 мг/100 г) и пролина (958,4 мг/100 г). Сахара в пророщенном зерне пшеницы представлены D-глюкозой, D-фруктозой, сахарозой, мальтозой и лактозой. В 100 г пророщенного зерна пшеницы содержится 105% от суточной потребности в марганце, 18,1% в меди, 17,1% в магнии и около 40% от суточного потребления витамина B1 (тиамина). Кроме этого, пророщенное зерно мягкой пшеницы содержит клетчатку, в среднем 18,5% от суточной потребности в 100 г.

**Ключевые слова:** пшеница, пророщенное зерно, нутриентный профиль, макронутриенты, микронутриенты

## Введение

Рост популярности продуктов на основе пророщенного зерна во всем мире связывают с необходимостью профилактики многих заболеваний. Это обусловлено тем, что люди долгое время использовали растения не только в качестве источника пищи, но и для лечения многих болезней. Биологическую активность натурального расти-

тельного сырья связывают с гармоничным сочетанием всех составляющих его компонентов и их синергическим действием на организм. Однако, люди употребляют в пищу продукты, не только в натуральном, но и в переработанном виде. В процессе технологической обработки пищевое сырье подвергается большим или меньшим изменениям, в результате чего его компоненты переходят в готовый продукт без существенных измене-

ний, с изменившимися исходными свойствами, либо появляются вновь образовавшиеся компоненты. Достаточное и адекватное содержание в пище существенных для жизнедеятельности нутриентов является необходимым условием для поддержания здоровья, а нехватка или избыток нутриентов в пище создают условия для развития заболеваний. Согласно принципам оптимального питания, рацион человека должен включать широкий спектр пищевых продуктов, составляющих разнообразную комбинацию питательных веществ, необходимых организму для обновления клеток и тканей, обеспечения энергозатрат и являющихся регуляторами многочисленных обменных процессов (Тутельян и др., 2010). К числу таких продуктов, благоприятно влияющих на здоровье, относится пророщенное зерно, которое используют как самостоятельное блюдо на завтрак или как гарнир на обед, а также вводят в виде добавки в разные продукты широкого потребления, придавая им новые органолептические характеристики и полезные свойства (Wu F., Xu X., 2019).

Использование пророщенного зерна для обогащения пищевых продуктов получило широкое распространение в мировой практике (Johnston, Martin, Vetch, Byker-Shanks, Finnie, Giroux, 2019; Simahina, Bazhay-Zhezherun, Mykoliv, Bereza-Kindzerska, Antoniuk, 2016; Mardar, Zhygunov, Znachek, 2016; Самченко, Меркучева, 2015). С этой целью проводятся исследования по изучению процессов, происходящих в зерновом сырье при проращивании, изменению его химического состава, разрабатываются способы подготовки и введения пророщенного зерна в пищевой продукт с минимальным изменением рецептуры и технологии (Урбанчик, Шалюта, 2012; Mridula, Sharma, Gupta, 2015; Конева, Бугаец, 2017; Кузнецова и др., 2019). Так, пророщенная пшеница, высушенная и измельченная в муку, может быть использована в разработке рецептур и технологии хлебобулочных изделий, обладающих высокими потребительскими характеристиками (Poutanen, Flander, Katina, 2009; Лукин, Меренкова, 2016), комбинированных молочных продуктов, мясорастительных полуфабрикатов (Чижикова, Нижельская, Коршенко, 2017; Веретнова, Сафронова, 2015).

Установлено, что в процессе проращивания зерна пшеницы происходят существенные изменения в белковом комплексе (Бутенко, Лигай, 2013; Benincasa, Falcinelli, Lutts, Stagnari, Galieni, 2019; Lemmens et al., 2019), повышается доступность сахаров, свободных аминокислот, включая лизин, накапливаются  $\gamma$ -аминомасляная кислота,

фенольные соединения, повышается антиоксидантная активность.

Пищевая ценность зерновых культур увеличивается при контролируемом проращивании. Так, под действием фермента фитазы минеральные вещества становятся доступными для кишечной абсорбции, а витамины синтезируются и накапливаются. Однако на данный момент нет общепринятого определения характеристик и требования к пророщенным зерновым культурам. В научных статьях цельное зерно рассматривается как пророщенное, если у него есть ясно видимый корешок (Положенцева, Платонова, 2011; Бережная, Дубцов, Войно, 2015). Предполагается, что проросшие зерна могут оказать благотворное влияние на уровень холестерина и глюкозы у животных, кровяное давление и усвоение минеральных веществ.

Следовательно, есть очевидная потребность в характеристике пророщенного зерна с точки зрения нутриентного состава. Нутриентный профиль пророщенного зерна пшеницы – это информация о составе пророщенного зерна пшеницы, которая включает данные о содержании в нем макро- и микронутриентов. Данные о специфическом составе пророщенного зерна важны для каждого вида и создают основу для оценки индивидуального нутриентного профиля.

Целью исследования является установление нутриентного профиля пророщенного зерна мягкой пшеницы, выращенной в Беларуси, на основе соотношения в нем основных пищевых веществ.

## Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования выбрано пророщенное зерно мягкой пшеницы (сорт Рассвет и сорт Дарья), выращенное в Беларуси. Замачивание и проращивание зерна осуществлялось в питьевой воде в течение 48 ч при температуре  $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$ . При замачивании и проращивании воду меняли на свежую каждые 5–6 ч, зерно для аэрации перемешивали, выдерживая воздушную паузу в течение 60 мин. Влажность зерна в конце проращивания составляла  $(44,4 \pm 1,0)\%$ , размер ростков  $(2,0 \pm 0,5)$  мм (рисунок 1), эндосперм зерна становился мягким (рисунок 2).

Исследования проведены на кафедре товароведения продовольственных товаров Белорусского государственного экономического университета и в Научно-практическом центре Национальной

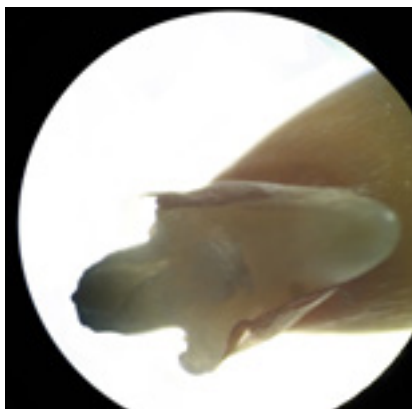


Рисунок 1. Росток пшеничного зерна. (увеличение в 4,5 раза, микроскоп стереоскопический DSM 300–300)



Рисунок 2. Структура эндосперма пророщенного зерна мягкой пшеницы

академии наук Беларуси по продовольствию. Осуществлена статистическая обработка полученных данных с помощью программы Microsoft Excel.

Определяемые пищевые вещества, методы и оборудование, которые применены для исследований, приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Методы исследований и оборудование для определения содержания нутриентов в пророщенном зерне мягкой пшеницы

Нутриенты	Метод исследования и оборудование
Белок	содержание азота определено по ГОСТ 26889-86 <sup>1</sup> на автоматической установке Turbotherm для разложения по методу Кьельдаля с дистиллятором Vapodest; содержание белка рассчитано путем умножения величины содержания азота на коэффициент $k=5,7$
Аминокислотный состав	высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) по МВИ.МН 1363-2000 «Метод по определению аминокислот в продуктах питания с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии» <sup>2</sup> на жидкостном хроматографе Agilent 1200
Липиды	содержание жира определено по ГОСТ 29033-91 <sup>3</sup> на анализаторе жира Soxterm методом Сокслета
Крахмал	содержание крахмала определено по ГОСТ 10845-98 <sup>4</sup> поляриметрическим методом
Общий сахар	общее количество сахаров (в расчете на инвертный) определено по ГОСТ 8756.13-87 <sup>5</sup> перманганатным методом
D-глюкоза	высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) с рефрактометрическим детектором по МВИ.МН 4475-2012 «Определение содержания сахаров (глюкоза, фруктоза, сахароза, лактоза, мальтоза и мальтодекстрин) в специализированных продуктах питания, биологически активных и пищевых добавках» <sup>6</sup> на жидкостном хроматографе Agilent 1200
D-фруктоза	
Сахароза	
Мальтоза	
Лактоза	

<sup>1</sup> ГОСТ 26889-86. Продукты пищевые и вкусовые. Общие указания по определению содержания азота методом Кьельдаля. М.: Стандартинформ, 2010. 7 с.

<sup>2</sup> МВИ.МН 1363-2000. Метод по определению аминокислот в продуктах питания с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. Минск, 2000. 24 с.

<sup>3</sup> ГОСТ 29033-91. Государственный стандарт союза ССР. Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира. М.: Стандартинформ, 2004. 6 с.

<sup>4</sup> ГОСТ 10845-98. Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала. М.: Стандартинформ, 2009. 6 с.

<sup>5</sup> ГОСТ 8756.13-87. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров. М.: Стандартинформ, 2010. 11 с.

<sup>6</sup> МВИ.МН 4475-2012. Определение содержания сахаров (глюкоза, фруктоза, сахароза, лактоза, мальтоза и мальтодекстрин) в специализированных продуктах питания, биологически активных и пищевых добавках [Электронный ресурс]. URL: [http://oei.by/pagevalues/view?model\\_id=587&node\\_id=53](http://oei.by/pagevalues/view?model_id=587&node_id=53) (дата обращения: 10.08.2020).

Таблица 1

Нутриенты	Метод исследования и оборудование
Клетчатка	содержание сырой клетчатки определено по ГОСТ 13496.2-91 <sup>7</sup> на анализаторе клетчатки Fibretherm FT 12
Минеральные вещества	метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой по МУК 4.1.1482-2003 «Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах <sup>8</sup> , поливитаминных препаратах с микроэлементами, в биологически активных добавках к пище и в сырье для их изготовления методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргонной плазмой» на атомно-эмиссионном спектрометре Optima 2100 DV
витамин В <sub>1</sub> (тиамин)	высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) по ГОСТ EN14122-2013 <sup>9</sup> на жидкостном хроматографе Agilent 1200.
витамин В <sub>2</sub> (рибофлавин)	высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) по ГОСТ EN14152-2013 <sup>10</sup> на жидкостном хроматографе Agilent 1200.
витамин В <sub>5</sub> (пантотеновая кислота)	газовая хроматография по МВИ.МН 3008-2008 «Методика определения массовой доли пантотеновой кислоты в специализированных продуктах питания и БАД» <sup>11</sup> на газовом хроматографе Trace 1310 GX.
витамина В <sub>6</sub> (пиридоксин)	высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) по ГОСТ EN14164-2013 <sup>12</sup> на жидкостном хроматографе Agilent 1200.
витамин С (аскорбиновая кислота)	по ГОСТ 24556-89 <sup>13</sup> титриметрическим методом
витамин Е (токоферолы)	высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) по ГОСТ EN12822-2014 <sup>14</sup> на жидкостном хроматографе с диодно-матричным и масс-спектрометрическими детекторами ACELLA LC.

## Результаты и обсуждение

Изменения содержания нутриентов в мягкой пшенице обусловлены различными факторами, в том числе почвенно-климатическими условиями выращивания и внесением удобрений, а также потерями нутриентов при проращивании. Результаты исследований по содержанию макро- и микронутриентов в пророщенном зерне мягкой пшеницы представлены в Таблицах 2–6. Дана оценка результатов исследований на основе дисперсионного анализа, а в таблицах представлено среднеквадратичное отклонение значений.

Профилирование пищевых веществ не является новым, но позволяет проводить различия между продуктами питания, которые являются полезными для здоровья человека. Применение профилирования пищевых веществ продукта может повысить пищевую ценность рационов питания человека в целом. При разработке профиля пророщенного зерна пшеницы ориентировались на санитарные нормы и правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь», утвержденные постановлением Мини-

<sup>7</sup> ГОСТ 13496.2-91. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения сырой клетчатки. М.: Стандартинформ, 1992. 11 с.

<sup>8</sup> МУК 4.1.1482-03 Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, поливитаминных препаратах с микроэлементами, в биологически активных добавках к пище и в сырье для их изготовления методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргонной плазмой. М.: Минздрав России, 2003. 28 с.

<sup>9</sup> ГОСТ EN 14122-2013. Продукты пищевые. Определение витамина В(1) с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. М.: Стандартинформ, 2014. 23 с.

<sup>10</sup> ГОСТ EN 14152-2013. Продукты пищевые. Определение витамина В(2) с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии (Переиздание). М.: Стандартинформ, 2014. 15 с.

<sup>11</sup> МВИ.МН 3008-2008. Методика определения массовой доли пантотеновой кислоты в специализированных продуктах питания и БАД. Минск, 2008. 18 с.

<sup>12</sup> ГОСТ EN 14164-2014. Продукты пищевые. Определение витамина В(6) с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. М.: Стандартинформ, 2016. 18 с.

<sup>13</sup> ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. М.: Стандартинформ, 2003. 11 с.

<sup>14</sup> ГОСТ EN 12822-2014. Продукты пищевые. Определение содержания витамина Е (альфа-, бета-, гамма- и дельта-токоферолов) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. М.: Стандартинформ, 2015. 16 с.



стерства здравоохранения Республики Беларусь 20.11.2012 № 180<sup>1</sup>.

В пророщенном зерне мягкой пшеницы содержится в среднем ( $6,67 \pm 0,02$ ) г/100г белка (Таблица 2). С точки зрения питания белки важны, прежде всего, из-за их вклада в биологическую и энергетическую ценность.

Изучению аминокислотного состава зерна пшеницы, а также изменению аминокислотного состава в процессе проращивания посвящены работы ученых (Римарева и др., 2018), в которых имеются некоторые противоречия по содержанию лимитирующих аминокислот. При проращивании пшеничного зерна, содержащиеся в нем белковые вещества, подвергаются гидролизу протеолитическими ферментами до аминокислот и пептидов, которые используются для построения новых тканей ростка и необходимого обмена веществ. Можно предположить, что различные способы проращивания зерна пшеницы и методики определения аминокислотного состава неоднозначно характеризуют полученные данные. В результате исследований установлено, что в пророщенном зерне пшеницы содержатся все незаменимые аминокислоты, необходимые для развития человека, и в процентном отношении составляют 20,6% к общему количеству аминокислот (Таблица 3). Среди заменимых аминокислот отмечено высокое содержание пролина и глютаминовой кислоты. Их сумма составляет 3414,8 мг в 100 г белка пророщенных зерен пшеницы.

Липиды необходимы в питании как энергетический и структурный материал (входят в состав стенок клеток). Кроме того, они участвуют в обмене

других пищевых веществ, например способствуют усвоению витаминов А и D. Содержание липидов в пророщенном зерне пшеницы невелико ( $0,21 \pm 0,01$ ) г/100г, представлены они основными жирными кислотами линолевой ( $C_{18:2}$ ), олеиновой ( $C_{18:1}$ ) и пальметиновой ( $C_{16}$ ).

Источником энергии в пророщенном зерне пшеницы являются углеводы и прежде всего, крахмал ( $34,43 \pm 0,9$ ) г/100 г, который хорошо усваивается организмом человека наряду с простыми сахарами (Таблицы 2 и 4). Сахара (моно- и дисахариды) в пророщенном зерне пшеницы представлены глюкозой, фруктозой, сахарозой, мальтозой и лактозой (Таблица 4).

Суммарное содержание моно- и дисахаридов в пророщенном зерне пшеницы составляет 2,86–3,83 г/100 г. Соотношение глюкозы, фруктозы и сахарозы в пророщенном зерне зависит от многих факторов, в том числе от условий проращивания, и составляет в среднем 1,8 : 1,5 : 1,3 (глюкоза : фруктоза : сахароза). Также в пророщенном зерне пшеницы обнаружены мальтоза (среднее значение 0,82 г/100 г) и лактоза (среднее значение 0,10 г/100 г).

Пищевые волокна представляют собой важный компонент пророщенного зерна. Пищевые волокна практически не перевариваются и не обладают энергетической ценностью, проходя через желудочно-кишечный тракт человека, улучшают перистальтику и нормализуют кишечную микрофлору. Пищевые волокна играют важную роль в рационе человека. На настоящий момент нет единой общепризнанной методики для измерения содержания пищевых волокон в пророщенном зерне. Так по некоторым данным пищевые волокна в проро-

Таблица 2

Содержание белков, жиров и углеводов в пророщенном зерне мягкой пшеницы (в 100 г зерна)

Показатели	Пророщенное зерно пшеницы	Суточная потребность (18-59 лет)
Белки, г	$6,67 \pm 0,02$	58-61
Липиды, г	$0,21 \pm 0,01$	60-67
Углеводы, г		257-274
крахмал	$34,43 \pm 0,9$	
сахара общие	$3,34 \pm 0,3$	
Пищевые волокна, г	$3,7 \pm 0,2$	20*

\* Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации. Москва, Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с.

<sup>1</sup> Постановление министерства здравоохранения Республики Беларусь [Электронный ресурс]: 20 ноября 2012 г. № 180. URL: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/blr163786.pdf> (дата обращения: 10.08.2020).

Таблица 3

Аминокислотный состав пророщенного зерна мягкой пшеницы (мг на 100 г)

Показатели	Пророщенное зерно пшеницы	Аминокислотный образец ФАО/ВОЗ
Незаменимые аминокислоты	1325,3	360
в том числе:		
валин	163,0	50
изолейцин	111,5	40
лейцин		
415,5		
70		
лизин	120,4	55
метионин + цистин	106,2	35
треонин	72,3	40
триптофан	60	10
фенилаланин + тирозин	473,9	60
Заменимые аминокислоты	5115,5	
в том числе:		
аланин	268,6	
аргинин	265,4	
аспарагиновая кислота	309,4	
гистидин	26,7	
глицин	281,0	
глутаминовая кислота	2456,4	
пролин	958,4	
серин	352,1	
Общее количество аминокислот	6440,8	

Таблица 4

Содержание моно- и дисахаридов в пророщенном зерне мягкой пшеницы, г/100 г (min-max)

Моносахариды			Дисахариды	
D-глюкоза	D-фруктоза	сахароза	мальтоза	лактоза
0,96-1,21	0,68-0,82	0,50-0,68	0,63-1,01	0,09-0,11

щенном зерне пшеницы составляют 11,3% (Чижикова и др., 2017). Наиболее значимыми пищевыми волокнами пророщенного зерна пшеницы является клетчатка, содержание которой составляет по результатам исследований  $(3,7 \pm 0,2)\%$  (Таблица 2).

Для обеспечения здоровья человека содержание в рационе минеральных веществ должно поддерживаться на уровне, соответствующем физиологическим потребностям человека. Потребность человека в эссенциальных минеральных веществах варьируется в пределах от

нескольких микрограммов до почти одного грамма в день. Однако на химический состав, в том числе минеральный состав зерна пшеницы влияет много разных факторов: генетически обусловленные факторы, условия выращивания, агротехнические особенности и другие. Минеральные вещества не обладают энергетической ценностью, однако без них жизнь человека невозможна, так как они участвуют в важных обменных процессах организма – водно-солевом, кислотно-щелочном. В отличие от витаминов и аминокислот, минеральные вещества не разла-

гаются при воздействии высоких температур, окислителей, кислот и щелочей и других факторов (Дамодаран, Паркин, Феннема, 2012). Наиболее важным фактором, приводящим к потерям минеральных веществ, является проращивание зерна. Так во время проращивания минераль-

ные вещества становятся доступными для усвоения организмом человека (Lemmens et al., 2019). Содержание минеральных веществ в пророщенном зерне пшеницы, а также нормы физиологической потребности в минеральных веществах представлены в Таблице 5.

Таблица 5

*Содержание минеральных веществ в пророщенном зерне мягкой пшеницы (в 100 г зерна)*

Показатели	Пророщенное зерно пшеницы	Суточная потребность (18-59 лет)*	% от суточной потребности
Кальций, мг	34,6	1000	3,5
Магний, мг	68,3	400	17,1
Калий, мг	174,0	2500	7,0
Марганец, мг	2,1	2	105
Железо, мг	2,2	10 мужчины 18 женщины	22,0 12,2
Медь, мг	0,181	1	18,1
Цинк, мг	1,9	12	15,8
Хром (III), мкг	10	50	20,0

\*Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь 20.11.12 №180

Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации. Москва, Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с.

Содержание минеральных веществ в пророщенных зернах пшеницы не высокое, чтобы удовлетворять потребности человека. Следует отметить достаточно высокое содержание марганца, магния, меди, цинка и хрома. По сравнению с продуктами животного происхождения большинство продуктов растительного происхождения, в том числе и пророщенные зерна пшеницы, являются лучшим источником марганца, который участвует в формировании соединительных тканей. Содержание магния в пророщенной пшенице составляет 17,1% от суточной потребности, его роль очень важная, так как он участвует в формировании костей, регуляции работы нервной ткани, в обмене углеводов и энергетическом обмене. Медь входит в состав многих ферментов, без нее невозможен синтез эндорфинов – гормонов, снижающих болевые ощущения и гормоноподобных веществ – простагландинов, регулирующих артериальное давление, ритмичность работы сердца, процессы заживления ран (Зорин, Баяржаргал, Гмошинский, Мазо, 2007). Содержание меди в пророщенном зерне составляет 18,1% от суточной потребности.

Витамины имеют особое значение в питании человека, так как участвуют во многих важных фер-

ментативных реакциях. Основным источником витамина С принято считать продукты растительного происхождения. Однако в пророщенном зерне мягкой пшеницы содержание витамина С составляет 1,45–3,32 мг/100 г (Таблица 6).

Содержание витамина В<sub>1</sub> (тиамина) в пророщенном зерне пшеницы составляет 40,7% от суточной потребности. Этот витамин необходим для нормального функционирования клеток организма человека, особенно нервных клеток. А также известна его важная роль в предотвращении развития катаракты. Он участвует в расщеплении жиров, белков, углеводов, обеспечивая организм энергией. Содержание других витаминов группы В составляет от 3,9 % до 8,7% от суточной потребности.

Витамин Е присутствует в пророщенных зернах мягкой пшеницы в нескольких изомерных формах: δ-, β- и γ- токоферолы, которые обладают антиоксидантными свойствами. Является универсальным стабилизатором клеточных мембран, необходим для функционирования половых желез, сердечной мышцы. Превращение веществ, обладающих свойствами витамина Е, особенно δ-токоферола, достаточно хорошо изучены. Он способствует по-

Таблица 6

Содержание витаминов в пророщенном зерне мягкой пшеницы (в 100 г зерна)

Показатели	Пророщенное зерно пшеницы (min-max)	Суточная потребность (18-59 лет)*	% от суточной потребности
Витамин В <sub>1</sub> (тиамин), мг	0,59–0,63	1,5	40,7
Витамин В <sub>2</sub> (рибофлавин), мг	0,069–0,072	1,8	3,9
Витамин В <sub>3</sub> (пантотеновая кислота), мг	0,43–0,44	5,0	8,7
Витамин В <sub>6</sub> (пиридоксин), мг	0,087–0,088	2,0	4,3
Витамин С, мг	1,45–3,32	90,0	2,6
Витамин Е, мг	0,537–0,558	15,0	3,7
в том числе:			
δ-токоферола	0,407–0,441		
β-токоферола и	0,117–0,130		
γ-токоферола			
δ-токоферола	не обн.		

\*Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь 20.11.12 №180

Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации. Москва, Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с.

вышению стабильности других веществ, связывая по мере своего разложения синглетный кислород (Дамодаран, Паркин, Феннема, 2012).

## Выводы

Исследован нутриентный профиль пророщенного зерна мягкой пшеницы, выращенной в Беларуси с применением современных методов анализа. Наиболее значимыми с точки зрения обеспечения человека макронутриентами, поступающими с пророщенным зерном пшеницы являются углеводы ( $37,77 \pm 1,2$ ) г/100г и белки ( $6,67 \pm 0,02$ ) г/100г. Также в пророщенном зерне мягкой пшеницы содержатся все незаменимые аминокислоты. Среди заменимых аминокислот высокое содержание глютаминовой кислоты (2456,4 мг/100 г) и пролина (958,4 мг/100 г). Сахара в пророщенном зерне пшеницы представлены D-глюкозой, D-фруктозой, сахарозой, мальтозой и лактозой. В 100 г пророщенного зерна пшеницы содержится 105,0% от суточной потребности в марганце, 18,1% в меди, 17,1% в магнии и около 40,0% от суточного потребления витамина В<sub>1</sub> (тиамина). Кроме этого, пророщенное зерно пшеницы со-

держит клетчатку, в среднем 18,5% от суточной потребности. Нутриентный профиль пророщенного зерна мягкой пшеницы включает информацию о содержании макро-и микронутриентов и зависит от условий выращивания и процесса проращивания мягкой пшеницы.

Информация, представленная в нутриентном профиле, может использоваться при некоммерческих коммуникациях, в том числе при употреблении пророщенного зерна мягкой пшеницы в пищу, а также при разработке пищевых продуктов с добавлением пророщенного зерна и не может использоваться в других целях, в том числе в целях маркировки продукции.

## Литература

- Бережная О.В., Дубцов Г.Г., Войно Л.И. Проростки пшеницы – ингредиент для продуктов питания // Пищевая промышленность. 2015. № 5. С. 26–29.
- Бутенко Л.И., Лигай Л.В. Исследования химического состава пророщенных семян гречихи, овса, ячменя и пшеницы // Фундаментальные исследования. 2013. № 4. С. 1128–1133.



- Веретнова О.Ю., Сафронова Т.Н. Разработка рецептуры мясных комбинированных фаршей с использованием пророщенного зерна пшеницы // Вестник КрасГАУ. 2015. № 10. С. 112–115.
- Дамодаран Ш., Паркин К.Л., Феннема О.Р. Химия пищевых продуктов. СПб.: Профессия, 2012. 1040 с.
- Зорин С.Н., Баяржаргал М., Гмошинский И.В., Мазо В.К. Комплексная оценка органических форм эссенциальных микроэлементов цинка, меди, марганца и хрома в опытах *in vitro* и *in vivo* // Вопросы питания. 2007. Т. 76, № 5. С. 74–79.
- Конева М.С., Бугаец Н.А. Использование пророщенного зерна злаковых культур в технологии изготовления продукции общественного питания // Наука Кубани. 2017. № 2. С. 55–62.
- Кузнецова Е.А., Учасов Д.С., Гаврилина В.А., Громова В.С., Насруллаева Г.М., Кузнецова О.В., Кузнецова Е.А., Апанайкин М.А. Изменение состава и микроструктуры зерна пшеницы при прорастании // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2019. № 6(59). С. 23–28.
- Лукин А.А., Меренкова С.П. Разработка технологии производства хлебобулочного изделия с использованием муки из пророщенного зерна пшеницы // Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2016. Т. 4, № 3. С. 5–12. <https://doi.org/10.14529/food160301>
- Положенцева Е.И., Платонова О.В. Сравнительный анализ качества проростков пшеницы как функциональных продуктов питания // Пищевая промышленность. 2011, № 8. С. 20–21.
- Римарева Л.В., Фурсова Н.А., Соколова Е.Н., Волкова Г.С., Борщева Ю.А., Сербя Е.М., Кривова А.Ю. Биодеструкция белков зернового сырья для получения новых хлебобулочных изделий // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № 6. С. 67–75. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10068>
- Самченко О.Н., Меркучева М.А. Пророщенное зерно - перспективное сырье для разработки новых видов изделий // Новый университет. Серия: Технические науки. 2015. № 7–8(41–42). С. 27–32.
- Тутельян В.А., Вялков А.И., Разумов А.Н., Михайлов В.И., Москаленко К.А., Одинец В.Г., Сбежнева В.Г., Сергеев В.Н. Научные основы здорового питания. М.: Панорама, 2010. 816 с.
- Урбанчик Е.Н., Шалюта А.Е. Получение продуктов быстрого приготовления на основе пророщенного зерна пшеницы и тритикале // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 7. С. 24–26.
- Чижикова О., Нижельская К., Коршенко Л. Использование продуктов переработки зерна пшеницы для мясных рубленых полуфабрикатов геродиетического назначения // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. 2017. №4(84). С. 123–131. <https://dx.doi.org/10.24866/2311-2271/2017-4/123-131>
- Benincasa P., Falcinelli B., Lutts S., Stagnari F., Galieni A. Sprouted Grains: A Comprehensive Review // *Nutrients*. 2019. Vol. 11, issue 2. P. 1–29. <https://doi.org/10.3390/nu11020421>
- Johnston R., Martin J. M., Vetch J. M., Byker-Shanks C., Finnie S., Giroux M. J. Controlled Sprouting in Wheat Increases Quality and Consumer Acceptability of Whole-Wheat Bread // *Cereal Chemistry*. 2019. Vol. 96, issue 5. P. 866–877. <https://doi.org/10.1002/cche.10187>
- Lemmens E., Moroni A. V., Pagand J., Heirbaut P., Ritala A., Karlen Y., Lê K.A., Van den Broeck H.C., Brouns F., De Brier N., Delcour J. A. Impact of Cereal Seed Sprouting On Its Nutritional And Technological Properties: A Critical Review // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2019. Vol. 18, issue 1. P. 305–328. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12414>
- Mardar M., Zhygunov D., Znachek R. QFD Methodology to Develop a New Health-Conducive Grain Product // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 2, issue 11(80). P. 42–47. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65725>
- Mridula D., Sharma M., Gupta, R. K. Development of Quick Cooking Multi-Grain Dalia Utilizing Sprouted Grains // *Journal of Food Science and Technology*. 2015. Vol. 52. P. 5826–5833. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1634-x>
- Poutanen K., Flander L., Katina, K. Sourdough and Cereal Fermentation in a Nutritional Perspective // *Food Microbiology*. 2009. Vol. 26, issue 7. P. 693–699. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.011>
- Simahina, G., Bazhay-Zhezherun, S., Mykoliv, T., Bereza-Kindzerska L., Antoniuk M. The Use of the Biologically Activated Grain is in Technology of Health Products // *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*. 2016. Vol. 9. P. 147–153. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/25028>
- Wu F., Xu X. Sprouted Grains-Based Fermented Products // *Sprouted Grains* / H. Feng, B. Nemzer, J.W. DeVries (ed.) AACC International Press, 2019. P. 143–173. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811525-1.00007-5>

# Nutrient Profile Research of Sprouted Soft Wheat Grain Grown in Belarus

**Maria L. Zenkova**

Belarusian State Economic University  
26, Partizanski Av., Minsk, 220070, Republic of Belarus  
E-mail: zenkova@bseu.by

**Alexander V. Akulich**

Mogilev State University of Food Technologies  
3, Shmidt Av., Mogilev, 212027, Republic of Belarus  
E-mail: akulichav57@mail.ru

**Lyudmila A. Melnikova**

Belarusian State Economic University  
26, Partizanski Av., Minsk, 220070, Republic of Belarus  
E-mail: la\_mel75@mail.ru

**Valentina N. Timofeeva**

Mogilev State University of Food Technologies  
3, Shmidt Av., Mogilev, 212027, Republic of Belarus  
E-mail: valya.timofeeva.1951@mail.ru

Sprouting grain is considered one of the ways to improve the nutritional value and functional properties of the grain. This process triggers the activation of hydrolytic enzymes that make nutrients available for plant growth, as well as for the human body. The article presents research on the content of food substances in the sprouted grain of soft wheat grown in Belarus. On this basis, the nutrient profile of sprouted soft wheat grain is presented, which contains 42 nutrients. As an object of research, we used a sprouted grain of soft wheat with a moisture content ( $44,4 \pm 1,0$ %) and a sprout size ( $2,0 \pm 0,5$ ) mm. The most significant from the point of view of providing human macronutrients coming from sprouted wheat grain are carbohydrates ( $37,77 \pm 0,6$ %) and proteins ( $6,67 \pm 0,02$ %). Sprouted wheat contains all the essential amino acids. Among the nonessential amino acids, there is a high content of glutamic acid (2456,4 mg/100 g) and proline (958,4 mg/100 g). Sugars in sprouted wheat grains are represented by D-glucose, D-fructose, sucrose, maltose and lactose. 100 g of sprouted wheat contains 105% of the daily requirement for manganese, 18,1% for magnesium, 17,1% for magnesium, and about 40% of the daily intake of vitamin B1 (thiamine). In addition, the sprouted grain of soft wheat contains fiber, on average 18,5% of the daily requirement of 100 g.

**Keywords:** wheat, sprouted grain, nutrient profile, macronutrients, micronutrients

## Reference

- Berezhnaya O.V., Dubtsov G.G., Voyno L.I. Prorostki pshenitsy – ingredient dlya produktov pitaniya [Wheat germ – an ingredient for food products]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food processing industry], 2015, no. 5. pp. 26–29.
- Butenko L.I., Ligay L.V. Issledovaniya khimicheskogo sostava proroshchennykh semyan grechikhi, ovsa, yachmenya i pshenitsy [Researches of the chemical composition of germinated seeds of the buckwheat, oats, barley and wheat]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], 2013, no 4, pp. 1128–1133.
- Chizhikova O., Nizhel'skaya K., Korshenko L. Ispol'zovanie produktov pererabotki zerna pshenitsy dlya myasnykh rublenykh polufabrikatov gerodieticheskogo naznacheniya [Use of wheat grain processing products for meat chopped semi-finished products of gerodietetic purposes]. *Izvestiya Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta. Ekonomika i upravlenie* [The bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management], 2017, no. 4(84), pp. 123–131. <https://dx.doi.org/10.24866/2311-2271/2017-4/123-131>
- Damodaran Sh., Parkin K. L., Fennema O. R. (red.-sost.). *Khimiya pishchevykh produktov* [Food chemistry]. S-Petersburg: Professiya Publ., 2012. 1040 p.

- Koneva M.S., Bugaets N.A. Ispol'zovanie proroshchenno-go zerna zlakovykh kul'tur v tekhnologii izgotovleniya produktsii obshchestvennogo pitaniya [The use of sprouted grains cereal crops in technology of production catering]. *Nauka Kubani [Science of Kuban]*, 2017, no. 2, pp. 55–62.
- Kuznetsova E.A., Uchasov D.S., Gavrilina V.A., Gromova V.S., Nasrullaeva G.M., Kuznetsova O.V., Kuznetsova E.A., Apanaykin M.A. Izmenenie sostava i mikrostruktury zerna pshenitsy pri prorastanii [Changes in the composition and microstructure of wheat grain when springing]. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov [Technology and the study of merchandise of innovative foodstuffs]*, 2019, no. 6(59), pp. 23–28.
- Lukin A.A., Merenkova S.P. Razrabotka tekhnologii proizvodstva khlebobulochnogo izdeliya s ispol'zovaniem muki iz proroshchenno-go zerna pshenitsy [Development of the bakery goods production technology using flour from germinated wheat grains]. *Vestnik YuUrGU. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii [Bulletin of the south ural state university. Series: Food and biotechnology]*, 2016, vol. 4, no. 3, pp. 5–12. <https://doi.org/10.14529/food160301>
- Polozhentseva E.I., Platonova O.V. Sravnitel'nyy analiz kachestva prorostkov pshenitsy kak funktsional'nykh produktov pitaniya [The comparative analysis of quality of sprouts of wheat as functional foodstuff]. *Pishchevaya promyshlennost' [Food processing industry]*, 2011, no. 8, pp. 20–21.
- Rimareva L.V., Fursova N.A., Sokolova E.N., Volkova G.S., Borshcheva Yu.A., Serba E.M., Krivova A. Yu. Biodestruktsiya belkov zernovogo syr'ya dlya polucheniya novykh khlebobulochnykh izdeliy [Biodegradation of proteins of grain raw materials for the production of new bakery products]. *Voprosy pitaniya [Problems of Nutrition]*, 2018, vol. 87, no. 6, pp. 67–75. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10068>
- Samchenko O.N., Merkucheva M.A. Proroshchennoe zerno - perspektivnoe syr'e dlya razrabotki novykh vidov izdeliy [Germinated seed - perspective raw material to develop new types of products]. *Novyy universitet. Seriya: tekhnicheskie nauki [New university. Series: Technical sciences]*, 2015, no. 7–8(41–42), pp. 27–32.
- Tutel'yan V.A., Vyalkov A.I., Razumov A.N., Mikhaylov V.I., Moskalenko K.A., Odinets V.G., Sbezhneva V.G., Sergeev V.N. Nauchnye osnovy zdorovogo pitaniya [Scientific foundations of healthy eating]. Moscow: Panorama, 2010. 816 p.
- Urbanchik E.N., Shalyuta A.E. Poluchenie produktov bystrogo prigotovleniya na osnove proroshchenno-go zerna pshenitsy i tritikale [Getting fast food on the basis of sprouted wheat and triticale]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and processing of farm products]*, 2012, no. 7, pp. 24–26.
- Veretnova O.Yu., Safronova T.N. Razrabotka retseptury myasnykh kombinirovannykh farshey s ispol'zovaniem proroshchenno-go zerna pshenitsy [The development of the combined minced meat formulation with the use of the sprouted wheat grain]. *Vestnik KrasGAU [The Bulletin of KrasGAU]*, 2015, no. 10, pp. 112–115.
- Zorin S. N., Bayarzhargal M., Gmoshinskiy I. V., Mazo V. K., Kompleksnaya otsenka organicheskikh form essential'nykh mikroelementov tsinka, medi, margantsa i khroma v opytakh in vitro i in vivo [Multipurpose assessment of organic forms of essential trace elements: zinc, copper, manganese, chromium in vitro and in vivo experiments]. *Voprosy pitaniya [Nutrition Problems]*, 2007, vol. 76, no. 5, pp. 74–79.
- Benincasa P., Falcinelli B., Lutts S., Stagnari F., Galieni A. Sprouted Grains: A Comprehensive Review. *Nutrients*, 2019, vol. 11, issue 2, pp. 1–29. <https://doi.org/10.3390/nu11020421>
- Johnston R., Martin J.M., Vetch J.M., Byker-Shanks C., Finnie S., Giroux M.J. Controlled Sprouting in Wheat Increases Quality and Consumer Acceptability of Whole-Wheat Bread. *Cereal Chemistry*, 2019, vol. 96, issue 5, pp. 866–877. <https://doi.org/10.1002/cche.10187>
- Lemmens E., Moroni A. V., Pagand J., Heirbaut P., Ritala A., Karlen Y., Lê K.A., Van den Broeck H.C., Brouns F., De Brier N., Delcour J. A. Impact of Cereal Seed Sprouting On Its Nutritional And Technological Properties: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2019, vol. 18, issue 1, pp. 305–328. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12414>
- Mardar M., Zhygunov D., Znachek R. QFD Methodology to Develop a New Health-Conducive Grain Product. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2016, vol. 2, issue 11(80), pp. 42–47. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65725>
- Mridula D., Sharma M., Gupta, R. K. Development of Quick Cooking Multi-Grain Dalia Utilizing Sprouted Grains. *Journal of Food Science and Technology*, 2015, vol. 52, pp. 5826–5833. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1634-x>
- Poutanen K., Flander L., Katina, K. Sourdough and Cereal Fermentation in a Nutritional Perspective. *Food Microbiology*, 2009, vol. 26, issue 7, pp. 693–699. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.011>
- Simahina, G., Bazhay-Zhezherun, S., Mykoliv, T. Bereza-Kindzerska L., Antoniuk M. The Use of the Biologically Activated Grain is in Technology of Health Products. *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*, 2016, vol. 9, pp. 147–153. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/25028>
- Wu F., Xu X. Sprouted Grains-Based Fermented Products. In H.Feng, B. Nemzer, J.W. DeVries (ed.) *Sprouted Grains*. AACC International Press, 2019, pp. 143–173, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811525-1.00007-5>