

УДК 633.12:664.788.3

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4\(58\)-25-33](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4(58)-25-33)

Поступила в редакцию 28.06.2022

Received 28.06.2022

М. Л. Зенькова*Учреждение образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий», г. Могилев, Республика Беларусь*

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА ГРЕЧИХИ В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

Аннотация. Гречиха — это псевдозерновая культура, которая не содержит глютен и в некоторых регионах употребляется как функциональная пища. Традиционно зерно гречихи используется для изготовления гречневой крупы и муки. Проращивание позволяет улучшить пищевую ценность зерна гречихи благодаря активации гидролитических ферментов, которые делают питательные вещества доступными для роста растения, а также для организма человека. В статье приведены исследования по содержанию пищевых веществ в гречихе до проращивания и в пророщенной гречихе. Для проращивания использовали крупу гречневую ядрицу (непропаренную), которая имела кремовый цвет с зеленоватым оттенком, влажность 12,0 %, доброкачественность ядра 99,4 %. Проращивали зерно гречихи в весенний период в течение 36–46 часов до размера корешков в среднем 5 мм. По органолептическим показателям пророщенное зерно имело приятный сладковатый вкус и тонкое ореховое послевкусие. Наиболее значимыми с точки зрения обеспечения человека макронутриентами, поступающими с пророщенным зерном гречихи, являются крахмал ($31,84 \pm 0,6$ %), сахара ($5,1 \pm 0,3$ %) и белок ($5,67 \pm 0,02$ %). В пророщенном зерне гречихи содержатся все незаменимые аминокислоты (30,5 % к общему количеству аминокислот). Лимитирующей аминокислотой является треонин (аминокислотный скор 31,7 %). Среди заменимых аминокислот установлено высокое содержание глютаминовой кислоты (1,0972 г на 100 г). Коэффициент различий аминокислотного скор составляет 54,75 %, потенциальная биологическая ценность белка — 45,25 %. В 100 г пророщенного зерна гречихи содержится 48,5 % от суточной потребности в марганце, 24,0 % в меди, 18,9 % в железе для женщин, 34,0 % — для мужчин, около 23,0 % от суточной потребности в витамине В₁ и 12,7 % от суточной потребности в витамине Е. Кроме этого, пророщенное зерно гречихи содержит клетчатку, в среднем 6,5 % от суточной потребности. Пророщенное зерно гречихи является перспективным сырьем для разработки технологии безалкогольных напитков на растительном сырье, аналогов «растительного молока».

Ключевые слова: гречиха, пророщенное зерно, макронутриенты, микронутриенты, растительное молоко, напитки.

M. L. Zenkova*Educational Institution “Belarusian State University of Food and Chemical Technologies”, Mogilev, Republic of Belarus*

PROSPECTS FOR THE USE OF SPROUTED BUCKWHEAT GRAIN IN THE PRODUCTION OF NON-ALCOHOLIC BEVERAGES

Annotation. Buckwheat is a pseudo-cereal culture which does not contain gluten and is consumed as a functional food in some regions. Traditionally, buckwheat grain is used to make buckwheat groats and flour. Sprouting improves the nutritional value of buckwheat grain by activating hydrolytic enzymes that make nutrients available to the growth of the plant as well as to the human body. This article provides research on the nutrient content of buckwheat before sprouting and in the sprouted buckwheat. For germination we used buckwheat groats (not steamed), which had a cream color with a greenish hue, humidity 12,0 %, the percentage of high-quality kernel 99,4 %. Buckwheat grain was sprouted in the spring for 36–46 hours to the size of roots of an average of 5 mm. According to organoleptic indicators, the sprouted grain had a pleasant sweet taste and a subtle nutty aftertaste.

The most significant in terms of providing the macronutrients coming with sprouted buckwheat grain are starch ($31,84 \pm 0,6$ %), sugars ($5,1 \pm 0,3$ %) and protein ($5,67 \pm 0,02$ %). Sprouted buckwheat grain contains all essential amino acids (30,5 % of the total number of amino acids). The limiting amino acid is threonine (amino acid score of 31,7 %). Among the nonessential amino acids, a high content of glutamic acid (1,0972 g per 100 g) was found. The coefficient of differences of amino acid score is 54,75 %, the potential biological value of protein is 45,25 %. 100 g of sprouted buckwheat grain contains 48,5 % of the daily requirement of manganese, 24,0 % of copper, 18,9 % of iron for women, 34,0 % - for men, about 23,0 % of the daily requirement of vitamin B₁ and 12,7 % of the daily requirement of vitamin E. In addition, sprouted buckwheat grain contains fiber, an average of 6,5 % of the daily requirement. Sprouted buckwheat grain is a perspective raw material for the development of technology of non-alcoholic beverages on vegetable raw materials, analogues of “plant-based milk”.

Key words: buckwheat, sprouted grain, macronutrients, micronutrients, plant-based milk, beverages.

Введение. Рост популярности продуктов на основе пророщенного зерна во всем мире связывают с необходимостью профилактики сахарного диабета, сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных и других заболеваний. Однако люди употребляют в пищу продукты, не только в натуральном, но и в переработанном виде. При переработке сырья в пищевые продукты возникают физико-химические изменения сырья, которые связаны с потерей питательных веществ. Для восполнения потерь широко распространенным подходом является обогащение пищевых продуктов недостающими микронутриентами или использование биологически активных добавок [1]. По мнению некоторых ученых эффективно улучшает нутриентный состав пищевого рациона использование пророщенных семян и зерен, важная роль которых заключается в том, что даже после тепловой обработки их нутриентный состав полезнее, чем в непророщенных зернах [2–4]. С этой целью проводятся исследования по изучению процессов, происходящих в зерне при проращивании, изменению химического состава зерна, разрабатываются способы подготовки и введения пророщенного зерна в пищевой продукт с минимальным изменением рецептуры и технологии [5, 7–8]. Зерно гречихи представляет интерес с точки зрения содержания биологически активных соединений, которые полезны для здоровья человека [9, 10]. По сравнению с другими зерновыми культурами, такими как пшеница, рис и кукуруза, зерно гречихи имеет более высокую пищевую ценность [11, 12]. Установлено, что при проращивании в зернах гречихи происходят существенные изменения в белковом комплексе, повышается доступность сахаров, аминокислот, накапливаются γ -аминомасляная кислота, фенольные соединения, повышается антиоксидантная активность [13–15].

Очевидно, что пищевая ценность зерна в зависимости от степени проращивания будет отличаться. Следовательно, есть потребность в характеристике состава пророщенного зерна гречихи, которая включает данные о содержании в нем макро- и микронутриентов, а также перспективы использования в производстве пищевых продуктов.

Целью работы является исследование пищевой ценности пророщенного зерна гречихи и возможности использования нового сырья в производстве безалкогольных напитков.

Объекты и методы исследования. Объектом исследований являлась крупа гречневая ядрица (непропаренная) первого сорта, которая представляла собой целые и надколотые ядра гречихи, не проходящие через сито из решетчатого полотна с продолговатыми отверстиями 1,6x20 мм, цвет кремовый с зеленоватым оттенком и имеющие следующие характеристики: влажность 12,0 %, доброкачественность ядра 99,4 %.

Ядра гречихи слоем не более 20 см помещали в полимерные контейнеры с перфорированным дном, контейнеры устанавливали в ванну с водой (гидромодуль 1:3) и замачивали при температуре (20 ± 2) °С в течение 6 часов до влажности 39–42 %. Далее воду сливали, зерно промывали и проращивали при температуре 20 ± 2 °С в течение 34–40 часов периодически их увлажняя, путем орошения водой и перемешивая каждые 4 часа, до появления корешков 5 ± 2 мм.

Содержание общего азота определяли на автоматической установке Turbotherm для разложения по методу Кьельдаля с дистиллятором Vapodest; содержание белка рассчитано путем умножения величины содержания азота на коэффициент $k=5,53$ [16]. Аминокислотный состав определяли по МВИ.МН 1363-2000 «Метод по определению аминокислот в продуктах питания с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии» на жидкостном хроматографе Agilent 1200; содержание жира определяли на анализаторе жира Soxterm методом Сокслета; содержание крахмала определяли по ГОСТ 10845-98 поляриметрическим методом; общее количество сахаров определяли по ГОСТ 8756.13-87 перманганатным методом; содер-

жание растворимых сухих веществ определяли по ГОСТ ISO 2173-2013; содержание сырой клетчатки определяли на анализаторе клетчатки Fibretherm FT 12. Минеральные вещества определяли по МУК 4.1.1482-2003 «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 аргоновой плазмой». Витамин В₁ (тиамин) определяли по ГОСТ EN14122-2013, витамин В₂ (рибофлавин) по ГОСТ EN14152-2013, витамин В₅ (пантотеновая кислота) по МВИ.МН 3008-2008 «Методика определения массовой доли пантотеновой кислоты в специализированных продуктах питания и БАД», витамин В₆ (пиридоксин) по ГОСТ EN14164-2013, витамин С (аскорбиновая кислота) по ГОСТ 24556-89, витамин Е (токоферолы) по ГОСТ EN12822-2014.

Качество белка пророщенного зерна гречихи оценивали путем сравнения его аминокислотного состава с аминокислотным составом «идеального» белка с помощью расчета аминокислотного сора (качества протеина) (P_i , %) по формуле

$$P_i = \frac{A_i}{A_i^0} \times 100, \quad (1)$$

где A_i — содержание i -й незаменимой аминокислоты в белке изучаемого образца, мг/100 г белка; A_i^0 — содержание i -й незаменимой аминокислоты в идеальном белке (эталоне), мг/100 г белка.

Избыточное количество незаменимых аминокислот, не используемых на пластические нужды, определяли коэффициентом различия аминокислотных скоров (K_p , %) по формуле

$$K_p = \frac{\sum \Delta P}{n}, \quad (2)$$

где ΔP — разность аминокислотного сора для каждой незаменимой аминокислоты по сравнению с одной из наиболее дефицитных; n — число незаменимых аминокислот.

Коэффициент K_p показывает среднюю величину избытка аминокислотного сора незаменимых аминокислот по сравнению с наименьшим уровнем сора какой-либо незаменимой аминокислоты, так как избыточное количество незаменимых аминокислот не используется на пластические нужды.

По величине K_p оценивали потенциальную биологическую ценность (коэффициент сопоставимой избыточности) (B , %) продукта по формуле

$$B = 100 - K_p. \quad (3)$$

Если в данном белке все незаменимые аминокислоты находятся в необходимых пропорциях, то потенциальная биологическая ценность такого белка равна 100.

Осуществлена статистическая обработка полученных данных с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Проращивание является сложным биологическим процессом, включающим множество биохимических реакций, которые изменяют пищевую ценность и органолептические свойства зерна. Исследуемое пророщенное зерно гречихи имело приятный сладковатый вкус и тонкое ореховое послевкусие (рисунок 1). Профилограмма интенсивности вкусовых признаков пророщенного зерна гречихи построена в соответствии со следующей шкалой: 0 — признак отсутствует; 1 — едва распознаваемый; 2 — слабый; 3 — четко выраженный; 4 — сильный; 5 — очень сильный.

В табл. 1 представлено содержание макронутриентов в пророщенном зерне гречихи. Содержание белков, жиров и углеводов в гречихе до проращивания и в пророщенном зерне при длине ростка в среднем 5 мм более низкое по сравнению со значениями, описанными в [4]. Это, очевидно, зависит от ботанического сорта гречихи и условий проращивания. При употреблении 100 г пророщенного зерна гречихи удовлетворение суточной потребности в среднем составляет: в белке 8,7 %, в жирах 0,5 %, в углеводах за счет крахмала 10 %, в углеводах за счет сахара 1,7 %. Источником энергии в пророщенном зерне гречихи являются углеводы и прежде всего, крахмал, который хорошо усваивается организмом человека наряду с простыми сахарами (табл. 2). Вследствие проращивания происходит расщепление сложного полисахарида крахмала и содержание сахаров увеличивается в 12 раз по сравнению с гречихой до проращивания. В результате вкус пророщенного зерна становится сладковатым. Повышение содержания сахаров подтверждается и в предыдущих публикациях [4, 9].



Рис. 1. Интенсивность вкусовых признаков пророщенного зерна гречихи
 Fig. 1. Intensity of taste characteristics of germinated buckwheat

Жиры 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. Во время проращивания жиры и углеводы расщепляются для обеспечения роста зародыша, что приводит к уменьшению их содержания: жиров в 2,3 раза; крахмала в 1,2 раза. Поэтому содержание жиров в пророщенном зерне гречихи невелико (таблица 2). В исследованиях [6] также установлено, что по мере увеличения времени проращивания увеличивается содержание сахаров, в то время как уровень жиров снижается.

Пищевые волокна представляют собой важный компонент пророщенного зерна. В исследованиях Fan Zhu, описанных в статье [20] установлено, что пищевые волокна гречихи содержат биологически активные вещества, но при очистке зерна от оболочки содержание пищевых волокон резко снижается. Наиболее значимыми пищевыми волокнами пророщенного зерна гречихи является клетчатка, содержание которой увеличивается на 68 % по отношению к зерну до проращивания, составляет 6,5 % от суточной потребности (таблица 2) и может оказывать положительный эффект для здоровья человека [20, 21]. Пищевые волокна практически не перевариваются и не обладают энергетической ценностью, а проходя через желудочно-кишечный тракт человека, улучшают перистальтику и нормализуют кишечную микрофлору.

Особенностью белков гречихи является их высокая биологическая ценность по сравнению с другими зерновыми культурами [14]. С точки зрения питания белки важны, прежде всего, из-за их вклада в биологическую и энергетическую ценность.

Таблица 1. Содержание белков, жиров и углеводов в зерне гречихи (P=0,05)
 Table 1. The content of proteins, fats and carbohydrates in buckwheat grain (P=0.05)

Показатели	Зерно гречихи до проращивания (контроль) в пересчете на сухое вещество	Пророщенное зерно гречихи при фактической влажности / в пересчете на сухое вещество	Суточная потребность для I группы [17,18] (18-59 лет, женщины-мужчины)
Белок, г (n=10)	9,40±0,06	5,67±0,02/ 9,32±0,05	58-72
Жир, г (n=4)	1,21±0,1	0,32±0,01/ 0,53±0,1	60-81
Углеводы, г крахмал (n=4)	60,70±0,1	31,84±0,6/ 52,37±0,6	257-358
сахара общие (n=4)	0,69±0,4	5,10±0,3 8,39±0,3	
Пищевые волокна, г (n=11)	1,25±0,2	1,30±0,2 2,10±0,1	20

При проращивании гречихи, содержащиеся в ней белковые вещества, подвергаются гидролизу протеолитическими ферментами до аминокислот и пептидов, которые используются для построения новых тканей корешка и необходимого обмена веществ [4]. В исследованиях [4] были сделаны выводы, что содержание белка в пророщенной гречихе при проращивании в течение 72 часов увеличилось на 7 %. Однако в нашем исследовании при проращивании зерна гречихи в течение 40-46 часов содержание белка (в пересчете на сухое вещество) практически не изменилось. Это возможно связано с тем, что процесс гидролиза белка (протеолиз) в течение 40-46 часов только начинается. В результате исследований установлено, что в пророщенном зерне гречихи содержатся все незаменимые аминокислоты и в процентном отношении составляют 30,5 % к общему количеству аминокислот (таблица 2). Среди заменимых аминокислот отмечено высокое содержание глютаминовой кислоты, что также описано в [19]. В пророщенном зерне гречихи обнаружено также высокое суммарное содержание фенилаланина и тирозина (30 %), лейцина (20 %), лизина (12 %) и валина (12 %) по отношению к общему содержанию незаменимых аминокислот, что согласуется с исследованиями других ученых [21]. Рассчитан аминокислотный скор и установлено, что лимитирующей аминокислотой является треонин (31,7 %), а в избытке содержится триптофан (162,3 %) и суммарно фенилаланин и тирозин (150,6 %).

Таблица 2. Аминокислотный состав пророщенного зерна гречихи (г на 100 г, $n = 2$, $P < 0,05$)
Table 2. Amino acid composition of germinated buckwheat (g per 100 g, $n = 2$, $P < 0,05$)

Показатели	Пророщенное зерно гречихи	Аминокислотный образец ФАО/ВОЗ	Аминокислотный скор, %
Незаменимые аминокислоты	1,6867	36	
в том числе:			
валин	0,1983	5,0	70,0
изолейцин	0,1442	4,0	64,0
лейцин	0,3416	7,0	86,0
лизин	0,2018	5,5	64,7
метионин + цистин	0,1244	3,5	62,3
треонин	0,0720	4,0	31,7
триптофан	0,0920	1,0	162,3
фенилаланин + тирозин	0,5124	6,0	150,6
Заменимые аминокислоты	3,8369		
в том числе:			
аланин	0,5084		
аргинин	0,4665		
аспарагиновая кислота	0,4642		
гистидин	0,0223		
глицин	0,3608		
глутаминовая кислота	1,0972		
пролин	0,6231		
серин	0,2944		
Общее количество аминокислот	5,5236		

Качество пищевого белка определяется его биологической ценностью и усвояемостью. Биологическая ценность зависит от содержания и соотношения входящих в состав белков незаменимых аминокислот и отражает степень соответствия аминокислотного состава белка потребностям организма человека. Белки пророщенного зерна гречихи являются неполноценными по своему аминокислотному составу и содержат недостаточное количество треонина. Качественная оценка белка заключается также в том, что чем меньше значение коэффициента различий аминокислотного сора (Kp), который в идеале должен стремиться к 0, тем лучше сбалансированы незаменимые аминокислоты и тем рациональнее они могут быть использованы организмом человека. Для пророщенной гречихи рассчитан коэффициент различий аминокислотного сора ($Kp=54,75$ %) и потенциальная биологическая ценность белка (45,25 %). Установлено, что белок пророщенного зерна гречихи характеризуется средней биологической активностью, так как потенциальная биологическая ценность отличается от 100. В целом сбалансированность незаменимых аминокислот у пророщенного зерна гречихи оказалась на среднем уровне, что также согласуется с исследованиями в [19].

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 [17]. Однако на химический состав, в том числе минеральный состав зерна гречихи 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 разлагаются при воздействии высоких температур, окислителей, кислот, щелочей и других факторов [23]. Наиболее важным фактором, приводящим к изменению содержания минеральных веществ, является замачивание и проращивание зерна. При проращивании зерно поглощает минеральные элементы, которые содержатся в растворе и, следовательно, их количество изменяется [24]. Также во время проращивания минеральные вещества становятся доступными для усвоения организмом человека [4, 15, 24]. Содержание минеральных веществ в пророщенном зерне гречихи по сравнению с непророщенным образцом представлено на рис. 2 и 3.

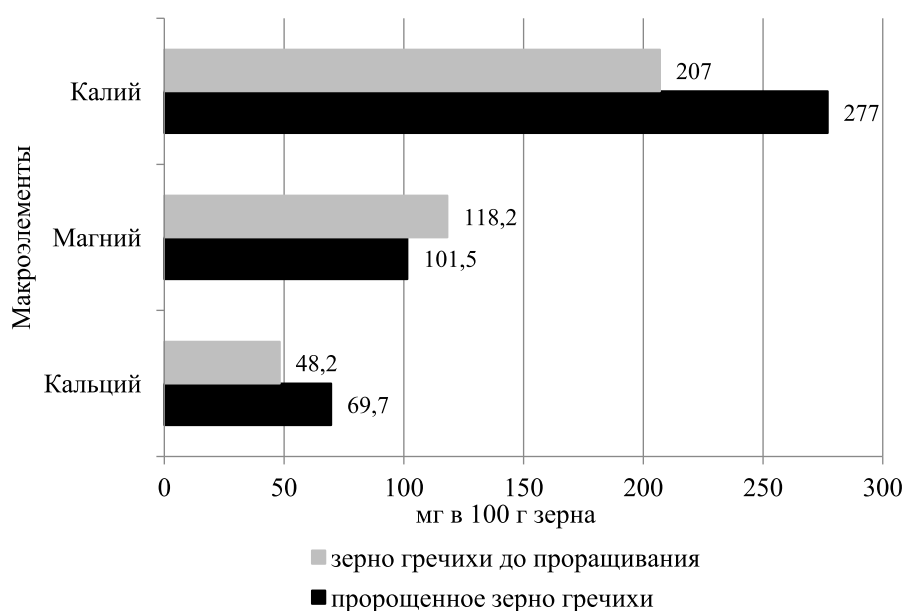


Рис. 2. Содержание макроэлементов в пророщенном зерне гречихи
 Fig. 2. The content of macronutrients in germinated buckwheat

Удовлетворение суточной потребности [17] в минеральных веществах 100 г пророщенного зерна гречихи составляет: калий 6,7 %, магний 15,4 %, кальций 4,2 %, цинк 14,2 %, медь 24 %, железо 18,9 % для женщин и 34 % для мужчин, марганец 48,5 %. Однако, следует отметить более высокое содержание калия (277 мг на 100 г), кальция (69,7 мг на 100 г), марганца (1595,4 мкг на 100 г), меди (394 мкг на 100 г) и цинка (2796 мг на 100 г) по отношению к контрольному образцу.

Витамины, как и минеральные вещества, имеют особое значение в питании человека, так как участвуют во многих важных ферментативных реакциях. При проращивании зафиксировано увеличение содержания водорастворимых витаминов (В₁, В₂, В₅, В₆, С) и снижение содержания витамина Е, что очевидно связано с биохимическими процессами при проращивании (таблица 3). Содержание витамина В₁ (тиамина) в пророщенном зерне гречихи обеспечивает 23,0 % от суточной потребности, что согласуется с информацией в [22]. Содержание других витаминов группы В составляет от 4,6 % до 8,0 % от суточной потребности. Основным источником витамина С принято считать продукты растительного происхождения. Однако в пророщенном зерне гречихи содержание витамина С составляет 6,0 мг на 100 г. Очевидно, что пророщенное зерно гречихи не является источником витамина С. Большая часть витамина Е содержится в виде суммы β- и γ-токоферола, что согласуется с исследованиями в [9].

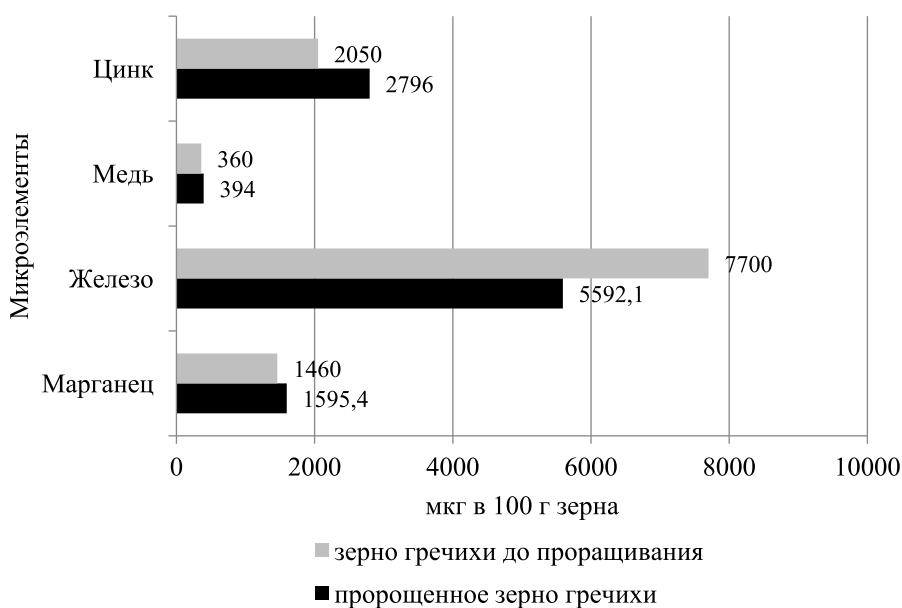


Рис. 3. Содержание микроэлементов в пророщенном зерне гречихи
Fig. 3. The content of trace elements in germinated buckwheat

Таблица 3. Содержание витаминов в зерне гречихи (в 100 г зерна, n=2, P=0,05)
Table 3. The content of vitamins in buckwheat grain (per 100 g of grain, n=2, P=0.05)

Показатели	Зерно гречихи до проращивания в пересчете на сухое вещество	Пророщенное зерно гречихи при фактической влажности в пересчете на сухое вещество	Суточная потребность для I группы (18-59 лет) [17]	% от суточной потребности
Витамин В ₁ (тиамин), мг	0,36	0,35 0,57	1,5	23,0
Витамин В ₂ (рибофлавин), мг	0,085	0,08 0,13	1,8	4,6
Витамин В ₅ (пантотеновая кислота), мг	0,58	0,40 0,66	5,0	8,0
Витамин В ₆ (пиридоксин), мг	0,101	0,09 0,15	2,0	4,5
Витамин С, мг	0,95	6,00 12,2	90,0	6,7
Витамин Е, мг	4,45	1,90 3,13	15,0	12,7
α-токоферола	0,15	0,08 0,13		
β-токоферола и γ-токоферола	4,10	1,73 2,85		
Δ-токоферола	0,20	0,09 0,15		

Использование гречихи в производстве безалкогольных напитков на растительном сырье является перспективным направлением прежде всего из-за химического состава пророщенного зерна. Способы получения «растительного молока» из зерновых, бобовых культур и орехов основаны, преимущественно, на извлечении из используемого сырья водо- и солерастворимых фракций белков, отличающихся более низкой молекулярной массой по сравнению с остальными белками, а соответственно, и более легкой и полной усвояемостью. Одновременно с экстрагированием белков, из сырья экстрагируются водорастворимые углеводы, минеральные вещества и водорастворимые витамины. Известно, что факторами, влияющими

ми на полноту и скорость извлечения компонентов из растительного сырья при экстрагировании, являются степень измельчения сырья, количество и температура экстрагента. При получении экстракта установлено, что при отношении измельченной массы пророщенного зерна гречихи к воде от 1:5 до 1:40 количество растворимых сухих веществ в экстракте составляет от 3,6 % до 0,2 % соответственно. При таком размере корешка (5 ± 2 мм) происходит частичный гидролиз крахмала и содержание водорастворимых веществ, которые переходят в экстракт, очень низкое. Для рационального использования гречихи, как сырья для безалкогольных напитков, после проращивания зерно смешивали с водой в соотношении 1:1 и измельчали, получая гомогенную массу, добавляли 3 % сахарный раствор при объемном соотношении измельченной пророщенной гречихи к сахарному раствору 1:7,5–8,5, перемешивали, подогревали до температуры 85°C , гомогенизировали и ультрапастеризовали. Таким образом получили безалкогольный напиток с сохранением легкоусвояемых аминокислот и углеводов, содержащий комплекс витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон, не содержащий стабилизаторов, эмульгаторов, консервантов и других пищевых добавок, имеющих повышенную биологическую ценность.

Заключение. Наиболее значимыми, с точки зрения обеспечения человека макронутриентами, поступающими с пророщенным зерном гречихи, являются углеводы ($31,84 \pm 0,6$) г на 100 г и белки ($5,67 \pm 0,02$) г на 100 г. Также в пророщенном зерне гречихи содержатся все незаменимые аминокислоты. Среди заменимых аминокислот высокое содержание глутаминовой кислоты (1,0972 г на 100 г). Белки пророщенного зерна гречихи являются неполноценными по своему аминокислотному составу и содержат недостаточное количество треонина. Коэффициент различий аминокислотного скора составляет 54,75 %, потенциальная биологическая ценность белка — 45,25 %. В 100 г пророщенного зерна гречихи содержится 48,5 % от суточной потребности в марганце, 18,9 % и 34,0 % от суточной потребности в железе соответственно для женщин и мужчин, 24 % от суточной потребности в меди, 15,4 % от суточной потребности в магнии, около 23,0 % от суточной потребности в витамине В₁ и 12,7 % — в витамине Е. Также пророщенное зерно гречихи содержит клетчатку, в среднем 6,5 % от суточной потребности. Следовательно, пророщенное зерно гречихи, благодаря вышперечисленным веществам, имеет пользу для питания и здоровья человека и может быть использовано для разработки безалкогольных напитков на растительном сырье.

Благодарности. Исследования проводились при поддержке Министерства образования Республики Беларусь (источник финансирования — средства республиканского бюджета по договору от 22.02.2022 ГЗ 21-23/2022).

Список использованных источников

1. *Marik, P. E.* Do dietary supplements have beneficial health effects in industrialized nations: what is the evidence? / P. E. Marik, M. Flemmer // *JPEN Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. — 2012. — №36(2). — С. 159-168. <http://doi.org/10.1177/0148607111416485>.
2. *Gujral, H. S.* Effects of incorporating germinated brown rice on the antioxidant properties of wheat flour chapatti / H. S. Gujral, P. Sharma, V. Solah // *Food Science and Technology International*. — 2012. — №18. — С. 47-54. <https://doi.org/10.1177/1082013211414173>.
3. Effects of germination on nutritional composition of waxy wheat / P. V. Hung [et al.] // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. — 2011. — №92. — С. 667-672. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4628>.
4. Effects of germination on the nutritional properties, phenolic profiles, and antioxidant activities of buckwheat / G. Zhang [et al.] // *Journal of Food Science*. — 2015. - №80(5). — С.1111-1119. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12830>.
5. *Feng H.* Sprouted grains: nutritional value, production, and applications / H. Feng, B. Nemzer, J. Devries (Eds.). — Woodhead Publishing and AACC International Press, 2018. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-01536-X>
6. Chapter eleven — Bioactive Compounds in Buckwheat Sprouts. Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat / M. Zhou [et al.]. — Academic Press, 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803692-1.00011-0>.
7. *Mridula, D.* Development of quick cooking multi-grain dalia utilizing sprouted grains / D. Mridula, M. Sharma, R. K. Gupta // *Journal of Food Science and Technology*. — 2015. — №52. — С.5826-5833. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1634-x>.
8. *Poutanen, K.* Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective / K. Poutanen, L. Flander, K. Katina // *Food Microbiology*. — 2009. — №26. — С.693-699. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.011>.

9. Treasure from garden: Bioactive compounds of buckwheat / M. N. Huda [et al.] // *Food Chemistry*. — 2021. — №335. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127653>.
10. A systematic review of phytochemicals in oat and buckwheat / P. F. Raguindin [et al.] // *Food Chemistry*. — 2021. — №338. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127982>.
11. Revisiting the versatile buckwheat: Reinvigorating genetic gains through integrated breeding and genomics approach / D. C. Joshi [et al.] // *Planta*. — 2019. — №250(3). — С. 783–801. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-03080-4>.
12. Strategic enhancement of genetic gain for nutraceutical development in buckwheat: A genomics-driven perspective / D. C. Joshi [et al.] // *Biotechnology Advances*. — 2020. — №39, Article 107479. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2019.107479>.
13. Бутенко, Л. И. Исследования химического состава пророщенных семян гречихи, овса, ячменя и пшеницы / Л. И. Бутенко, Л. В. Лигай // *Фундаментальные исследования*. — 2013. — №4. — С. 1128–1133.
14. Sprouted Grains: A Comprehensive Review / P. Benincasa [et al.] // *Nutrients*. — 2019. — №11. — С. 421. <https://doi.org/10.3390/nu11020421>.
15. Impact of Cereal Seed Sprouting on Its Nutritional and Technological Properties: A Critical Review / E. Lemmens [et al.] // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. — 2019. — №18. — С. 305–328. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12414>.
16. Tkachuk, R. Nitrogen-to-protein conversion factors for cereals and oilseed meals / R. Tkachuk // *Cereal Chem*. — 1969. — №46. — С. 419–423.
17. Санитарные нормы и правила: Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь: утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20.11.2012 г., №180.
18. 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.
19. Impact of cooking methods and malting on amino acids content in amaranth, buckwheat and quinoa / C. Motta [et al.] // *Journal of Food Composition and Analysis*. — 2019. — №76. — С. 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.10.001>.
20. Zhu, F. Dietary fiber polysaccharides of amaranth, buckwheat and quinoa grains: A review of chemical structure, biological functions and food uses / F. Zhu // *Carbohydrate Polymers*. — 2020. — №248 (116819). <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116819>.
21. Chapter twenty eight — distribution of amino acids in buckwheat. Buckwheat Germplasm in the World / S. H. Woo [et al.]. — Academic Press, 2018. — С. 295–302. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811006-5.00028-8>.
22. Kim, S-L. Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable / S-L. Kim, S-K. Kim, C-H. Park // *Food Research International*. — 2004. — №37(4). — С. 219–327. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2003.12.008>
23. Дамодаран, Ш. Химия пищевых продуктов / Ш. Дамодаран, К.Л. Паркин, О.Р. Феннема (ред.-сост.). — Перев. с англ. — СПб.: Профессия, 2012. — 1040 с.
24. Chapter twenty — Mineral and Trace Element Composition and Importance for Nutritional Value of Buckwheat Grain, Groats, and Sprouts. Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat / P. Pongrac [et al.]. — Academic Press, 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803692-1.00020-1>.

Информация об авторах

Зенькова Мария Леонидовна, кандидат технических наук, доцент, докторант учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр. Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь).
E-mail: mariya_LZ@mail.ru

Information about authors

Zenkova Maria Leonidovna, PhD (Engineering), Associate Professor, Doctoral student of the Belarusian State University of Food and Chemistry Technologies (3 Schmidt Av, 212027, Mogilev, Republic of Belarus).
E-mail: mariya_LZ@mail.ru