

Алена Владимировна Сумина¹, Вадим Игоревич Полонский^{2✉}, Вера Александровна Ханипова³

¹Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, Абакан, Россия

^{2,3}Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

^{1,2,3}vadim.polonskiy@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА И МАСЛА В ПШЕНИЧНОМ И ЯЧМЕННОМ ТАЛГАНЕ

Цель исследования – анализ содержания белка и масла в пшеничном и ячменном зерновом сырье на разных технологических этапах изготовления национального хакасского крупяного продукта талгана. Пшеницу и ячмень выращивали в 2022 г. на территории Бейского района Республики Хакасия. В процессе изготовления талгана зерно подвергали термообработке при 240–250 °С в течение 5 мин, затем обжаренное зерно измельчали и просеивали для отделения отрубей. В образцах, взятых на каждом технологическом этапе, анализировали содержание белка по методу Кьельдаля на автоматической установке UDK 159, содержание масла определяли по методу Сокслета на приборе SER 148 фирмы Velp в соответствии со стандартом. По мере прохождения технологических этапов производства талгана, начиная от исходного сырья до конечного продукта, продемонстрированы в основном существенные изменения в содержании белка и масла в сторону их повышения. Конечный продукт талган, изготовленный на основе ячменя, характеризовался существенно более высоким уровнем белка и масла по сравнению с таковыми из пшеницы (соответственно на 4,2 и 24,9 %). После термической обработки пшеничного и ячменного сырья было отмечено статистически доказанное изменение в продукте содержания и белка, и масла. Содержание белка у обеих культур повысилась соответственно на 6,1 и 9 %. В результате прохождения технологического этапа, связанного с измельчением зернового продукта и его просеиванием, было установлено увеличение в образовавшемся пшеничном талгане содержания масла на 39,7 % и удвоение его содержания у ячменного талгана. Содержание белка в пшеничном и ячменном талгане превышало таковое в исходном сырье на 2,5, и 13,2 %, а содержание масла соответственно была больше на 56,5 и 86,7 %. Полученные результаты свидетельствуют о заметном увеличении качества конечного продукта талгана по сравнению с исходным зерновым сырьем.

Ключевые слова: ячмень, пшеница, зерно, талган, термообработка, измельчение, содержание белка, содержание масла

Для цитирования: Сумина А.В., Полонский В.И., Ханипова В.А. Содержание белка и масла в пшеничном и ячменном талгане // Вестник КрасГАУ. 2024. № 1. С. 257–264.

Alena Vladimirovna Sumina¹, Vadim Igorevich Polonsky^{2✉}, Vera Aleksandrovna Khanipova³

^{2,3}Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹Khakass State University named after N.F. Katanov, Abakan, Russia

^{1,2,3}vadim.polonskiy@mail.ru

PROTEIN AND OIL CONTENT IN WHEAT AND BARLEY TALGAN

The purpose of the study is to analyze the protein and oil content in wheat and barley grain raw materials at different technological stages of the production of the national Khakass cereal product talgan. Wheat and barley were grown in 2022 in the Beysk District of the Republic of Khakassia. In the process of making talgan, the grain was heat treated at 240–250 °C for 5 minutes, then the fried grain was crushed and sifted to separate the bran. In samples taken at each technological stage, the protein content was

analyzed using the Kjeldahl method on an automatic UDK 159 installation; the oil content was determined using the Soxhlet method on a SER 148 device from Velp in accordance with the standard. As we progress through the technological stages of talgan production, from raw materials to the final product, significant changes in protein and oil content towards their increase were demonstrated. The final product talgan, made from barley, was characterized by a significantly higher level of protein and oil compared to those from wheat (by 4.2 and 24.9 %, respectively). After heat treatment of wheat and barley raw materials, a statistically proven change in the content of both protein and oil was noted in the product. The protein content of both crops increased by 6.1 and 9 %, respectively. As a result of passing the technological stage associated with grinding the grain product and sifting it, it was established that the oil content in the resulting wheat talgan increased by 39.7 % and its content doubled in barley talgan. The protein content in wheat and barley talgan exceeded that in the original raw material by 2.5 and 13.2 %, and the oil content was respectively higher by 56.5 and 86.7 %. The results obtained indicate a noticeable increase in the quality of the final talgan product compared to the original grain raw material.

Keywords: *barley, wheat, grain, talgan, heat treatment, grinding, protein content, oil content*

For citation: *Sumina A.V., Polonsky V.I., Hanipova V.A. Protein and oil content in wheat and barley talgan // Bulliten KrasSAU. 2024;(1): 257–264. (In Russ.).*

Введение. Сегодня в мире прогнозируется новый всплеск тенденции повышения производства растительного белка. Это происходит вследствие заявлений о его пользе для здоровья населения, изменений в диетическом образе жизни потребителей, меньшего негативного воздействия на окружающую среду, связанного с производством такого белка по сравнению с животным. Для удовлетворения формирующегося спроса необходимо иметь ингредиенты растительного происхождения, которые могут конкурировать или иметь улучшенную функциональность по сравнению с традиционными ингредиентами животного белка, которые они могут заменить [1].

Первоочередными могут выступать зернобобовые культуры, хорошо известные высоким содержанием белка и масла. Кроме белка растительный продукт должен содержать в числе прочих биологически активных соединений пищевые волокна. Известно оптимальное соотношение, равное 30 % белка и 10 % пищевых волокон в растительном продовольственном сырье [2]. Поэтому наряду с зернобобовыми следует отметить широко распространенные зерновые культуры пшеницу и ячмень: первая среди зерновых лидирует по уровню белка, а второй – по содержанию пищевых волокон β-глюканов [3]. Установлено, что зерно пшеницы и ячменя обладает не только высокими питательными, но и разнообразными функциональными свойствами, поскольку в нем содержатся различные биологически активные соединения.

К ним относятся незаменимые аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, минеральные макро- и микроэлементы, вещества с антиоксидантными свойствами (полифенолы), а также витамины [4]. При этом в состав зерна пшеницы кроме клейковины входят весьма полезные вещества бетаины [5].

Для повышения питательных и функциональных свойств зерна пшеницы и ячменя исследованы разнообразные приемы его переработки, от проращивания и ферментации до термообработки и экструзии. При этом даже самый простой и наиболее распространенный технологический процесс сухого измельчения зерна позволяет, например, повысить его антиоксидантную способность [6] и биологическую доступность ряда ценных соединений, например фенольных кислот [7]. Сегодня зерно указанных культур является хорошим растительным сырьем для производства функциональных продуктов здорового питания населения [8]. К таким продовольственным продуктам относится национальный хакасский талган, который вырабатывается из зерна ячменя, пшеницы или овса, прошедшего термическую обработку и измельчение.

Для мониторинга его питательных и функциональных характеристик производителю важно иметь информацию не только о качестве готового пищевого продукта, но и химическом составе исходного сырья, а также промежуточных продуктов на основных этапах изготовления талгана. Недавно продемонстрирован различный результат влияния термообработки зерна

на его антиоксидантную активность: положительный для ячменя [9] и риса [10], а также отрицательный для пшеницы [11]. При этом показано увеличение суммарного содержания антиоксидантов в ячменном и пшеничном талгане [12]. Сведения о содержании других биологически активных веществ, в частности белка и масла в процессе получения талгана в доступной литературе отсутствуют.

Цель исследования – анализ содержания белка и масла в пшеничном и ячменном зерновом сырье на разных технологических этапах изготовления национального хакасского крупяного продукта талгана.

Задачи: изготовить пшеничный и ячменный талган путем обжарки и измельчения зерна; измерить содержание белка и масла в исходном зерновом сырье и образцах, прошедших этапы обжаривания, измельчения и отделения отрубей.

Объект и методы. Объектом исследования служили несортные образцы зерна пшеницы и ячменя, отобранные на различных технологических этапах производства продукта талган. Указанные культуры выращивали в 2022 г. на территории Бейского района Республики Хакасия. Отбор проб зерновых продуктов производили на предприятии «Цех по производству полуфабриката из зерна “Талган”» (ИП КФХ Боргояков П.Г., с. Аскиз, Республика Хакасия). Процесс изготовления талгана на данном предприятии состоит из нескольких последовательных этапов. Вначале производится очистка зерна от посторонних примесей. Далее происходит его термообработка при 240–250 °С в течение 5 мин. Следующий этап заключается в измельчении

обжаренного зерна и дальнейшем его просеивании с целью отделения отрубей. В результате указанных технологических операций получается конечный продукт талган и отходы в виде отрубей. Подробно методика изготовления талгана описана нами ранее [13].

В данном исследовании измеряли содержание белка и масла в зерновых продуктах на различных стадиях изготовления талгана, начиная от исходного зерна до конечного продукта и отрубей. Определение содержания белка проводилось по методу Кьельдаля [14] на автоматической установке UDK 159, содержание масла измеряли по методу Сокслета на приборе SER 148 фирмы Velp в соответствии со стандартом [15]. Все данные представлены как средние арифметические значения из трех независимых измерений.

Статистическая обработка результатов была выполнена с помощью программы обработки данных полевого опыта MS Excel 2003.

Результаты и их обсуждение. Результаты, полученные при определении содержания исследуемых химических веществ в зерновом сырье, взятом на различных этапах производства пшеничного и ячменного талгана, представлены в таблице. Видно, что в исходном зерне пшеницы содержание белка и масла несущественно отличалось от такового в зерне ячменя. Конечный продукт талган, изготовленный на основе ячменя, характеризовался значимо более высоким содержанием белка и масла по сравнению с таковыми из пшеницы (соответственно на 4,2 и 24,9 %).

Содержание белка и масла в пшеничных и ячменных зерновых продуктах на разных технологических этапах производства талгана, %

Показатель	Исходное сырье	Термически обработанное сырье	Конечный продукт талган
Пшеница			
Белок	10,46±0,10 а	11,1±0,11 бв	10,72±0,03* ав
Масло	1,08±0,01 а	1,21±0,01* б	1,69±0,06* в
Ячмень			
Белок	9,87±0,11 а	10,76±0,03 б	11,17±0,07* б
Масло	1,13±0,02 а	1,02±0,01* б	2,11±0,02* в

Примечание: (*) – значения в строках различаются существенно между видами в пределах каждого вещества по t-критерию при $p \leq 0,05$; значения в колонках с разными буквами различаются существенно между собой в пределах каждого вида и вещества по t-критерию при $p \leq 0,05$.

После термической обработки пшеничного и ячменного сырья было отмечено статистически доказанное изменение в продукте содержания и белка, и масла. Содержание белка у обеих культур повысилась соответственно на 6,1 и 9 %. При этом содержание масла в продукте из пшеницы возросло на 12 %, а таковое из ячменя снизилось на 10,8 %. В результате прохождения следующего технологического этапа (измельчения зернового продукта и его просеивания с целью отделения отрубей) было установлено увеличение в образовавшемся пшеничном продукте талгане содержания масла на 39,7 % и его удвоение у ячменя. Что касается белка, то его концентрация изменилась незначительно. В итоге содержание белка по сравнению с исходным сырьем в пшеничном талгане возросло на 2,5 %, а в ячменном – на 13,2 %, а содержание масла повысилось на 56,5 и 86,7 % соответственно.

Отметим, что выполненные измерения подтвердили известный факт о более высоком содержании белка и меньшем содержании масла в зерне пшеницы по сравнению с ячменем [16]. Согласно литературным данным, содержание масла в зерне пшеницы составляет около 1,7 %, тогда как таковое в зерне ячменя – 2,1 [17] и 4,7–6,8 % [18]. Известно, что в состав масла в числе прочего входят минорные соединения, к которым относятся токоферолы, токотриенолы, каротиноиды и фитостеролы, а ячмень лидирует по содержанию альфа-токотриенола в масле по сравнению с пшеницей и другими зерновыми культурами [19].

Физическое воздействие на зерно в процессе его обработки может как положительно, так и отрицательно сказываться на содержании в образующемся продукте различных биологически активных соединений. В данной работе была предпринята попытка оценить эффект термообработки пшеничного и ячменного зерна, его последующего измельчения и отделения отрубей на содержание в зерновых продуктах белка и масла. Было продемонстрировано статистически значимое изменение в содержании белка в сторону его повышения после прохождения технологического этапа обжаривания как пшеничного, так и ячменного зерна. Возрастание уровня указанного химического вещества соответственно на 6,1 и 9 % может свидетельствовать о некотором повышении качества зернового продукта после прохождения им этапа термообработки.

В литературе установлен неоднозначный эффект воздействия термообработки зерна на содержание в нем белка и его химическую структуру. Так, найдено, что в условиях небольшого повышения температуры (78–85 °С), складывающихся при механической обработке пшеничного зерна, в нем происходит уменьшение содержания ряда аминокислот [20]. В опытах с зерном ячменя при более жесткой температурной обработке (180 °С) был продемонстрирован эффект изменения вторичной структуры белка [21]. В случае использования зерна овса было показано, что применение термообработок на уровне 140 или 240 °С сопровождается изменением вторичной структуры глобулинов и снижением содержания в них некоторых аминокислот. При этом второй температурный режим способствовал улучшению вкуса и повышению усвояемости овсяного глобулина [22].

На последнем технологическом этапе изготовления талгана в результате измельчения зернового продукта, его просеивания и отделения отрубей было установлено незначительное изменение содержания белка по сравнению с его уровнем на предыдущем этапе: снижение у пшеницы и увеличение у ячменя. Зарегистрированный результат подтвердил опубликованные в литературе данные, согласно которым содержание белка заметно повышается после тонкого помола зерна ячменя по сравнению с цельным зерном [23–25].

В настоящем исследовании был отмечен разнонаправленный эффект воздействия термической обработки зернового сырья, проявившийся в увеличении содержания масла на 12 % в пшеничном и снижении такового на 10,8 % в ячменном. В имеющихся публикациях продемонстрирован результат теплового воздействия на зерно пшеницы (78–85 °С), когда наблюдалось снижение отношения ненасыщенных жирных кислот к таковому насыщенным [20].

После прохождения последнего технологического этапа, связанного с измельчением зернового продукта, его просеиванием и отделением отрубей, было установлено статистически доказанное возрастание содержания масла в полученном талгане. В случае с пшеницей оно составило почти 40 %, а для ячменя концентрация масла удвоилась. Полученные результаты подтвердили эффект повышения содержания масла в зерне пшеницы и ячменя после его тонкого помола [26, 27]. Произошедшее в результа-

те заметное увеличение содержание масла в талгане по сравнению с исходным зерном может свидетельствовать о повышении качества изготовленного зернового продукта.

Заключение

1. Конечный продукт талган, изготовленный на основе ячменя, характеризовался существенно более высоким уровнем белка и масла по сравнению с таковыми из пшеницы – соответственно на 4,2 и 24,9 %.

2. После термической обработки пшеничного и ячменного сырья было отмечено статистически доказанное изменение в зерновом продукте содержания и белка, и масла. Содержание белка в таком продукте у обеих культур повысилось соответственно на 6,1 и 9 %.

3. В результате прохождения технологического этапа, связанного с измельчением зернового продукта и его просеиванием, было установлено увеличение содержания масла в образовавшемся пшеничном талгане на 39,7 %, а в ячменном талгане – в два раза.

4. Содержание белка в пшеничном и ячменном талгане превышало таковое в исходном сырье на 2,5 и 13,2 %, а содержание масла соответственно было больше на 56,5 и 86,7 % соответственно.

Список источников

1. Akharume F.U., Aluko R.E., Adedeji A.A. Modification of plant proteins for improved functionality: a review // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021. Vol. 20. № 1. P. 198–224. DOI: 10.1111/1541-4337.12688.
2. Optimization of a functional food product based on fibers and proteins: Rheological, textural, sensory properties, and *in vitro* gastric digestion related to enhanced satiating capacity / F. Javanmardi [et al.] // *LWT – Food Science and Technology*. 2021. Vol. 147. No. 7. P. 111586. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111586.
3. Kaur H., Singh B., Sing A. Comparison of dietary fibers obtained from seven Indian cereal grains // *Journal of Cereal Science*. 2021. Vol. 102. P. 103331.
4. Bioactive Components in Oat and Barley Grain as a Promising Breeding Trend for Functional Food Production / N.A. Shvachko [et al.] //

- Molecules. 2021. Vol. 26. P. 2260. DOI: 10.3390/molecules26082260.
5. Полонский В.И., Сумина А.В. Повышение содержания бетаинов в зерне как перспективное направление селекции для получения функциональных продуктов питания (обзор) // *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 2. С. 18–23. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-2-18-23
6. Ultra-fine grinding increases the antioxidant capacity of wheat bran / N.N. Rosa [et al.] // *Journal of Cereal Science*. 2013. Vol. 57. P. 84–90. DOI: 10.1016/j.jcs.2012.10.002.
7. Dry-fractionation of wheat bran increases the bioaccessibility of phenolic acids in breads made from processed bran fractions / Y.M. Hemyery [et al.] // *Food Research International*. 2010. Vol. 43. P. 1429–1438.
8. Chemical Composition of Covered and Naked Spring Barley Varieties and Their Potential for Food Production / V. Šterna [et al.] // *Polish Journal of Food Nutrition Science*. 2017. Vol. 67. № 2. P. 151–158. DOI: 10.1515/pjfn-2016-0019.
9. Effect of thermal processing on the molecular, structural, and antioxidant characteristics of highland barley β -glucan / Y.-P. Bai [et al.] // *Carbohydrate Polymers* 2021. Vol. 271. № 11. P. 118416. DOI: 10.1016/j.carbpol.2021.118416.
10. Effects of roasting on storage degradability and processing suitability of brown rice powder / M. Fukui [et al.] // *LWT – Food Science and Technology*. 2021. Vol. 161. P. 113277. DOI: 10.1016/j.lwt.2022.113277.
11. Quality characteristics of sand, pan and microwave roasted pigmented wheat (*Triticum aestivum*) / S. Dhua [et al.] // *Food Chemistry* 2021, Vol. 365, № 12, 130372. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130372.
12. Сумина А.В., Полонский В.И., Шалдаева Т.М. Зависимость суммарного содержания антиоксидантов в талгане от этапов его изготовления и вида исходного сырья // *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 12. С. 209–214. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-209-214.
13. Сумина А.В., Полонский В.И. Способ получения зернового продукта с повышенной функциональной ценностью // *Пищевая промышленность*. 2022. № 2. С. 36–40. DOI: 10.52653/PPI.2022.2.2.008.

14. ГОСТ-10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. М., 2009.
15. ГОСТ 13496.15-97. Корма, комбикорма, сырье. Методы определения сырого жира. М., 2011.
16. Техническая биохимия / В.Л. Кретович [и др.]. М., 1973. 456 с.
17. Полонский В.И., Сумина А.В., Герасимов С.А. Оценка образцов ячменя на адаптивность по содержанию масла в зерне в условиях Хакасии // Вестник КрасГАУ. 2022. № 6. С. 148–155. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-148-155.
18. Whole Grains as potential health foods / F.M. Allai [et al.] // International Journal of Food Science and Technology. 2022. Vol. 57. P. 1849–1865. DOI: 10.1111/ijfs.15071.
19. Shahidi F., De Camargo A.C. Tocopherols and Tocotrienols in Common and Emerging Dietary Sources: Occurrence, Applications, and Health Benefits // International Journal of Molecular Sciences. 2016. Vol. 17. № 10. P. 1745. DOI: 10.3390/ijms17101745.
20. Prabhasankar P., Rao P.H. Effect of different milling methods on chemical composition of whole wheat flour // European Food Research Technology. 2001. Vol. 213. P. 465–469. DOI: 10.1007/s002170100407.
21. Different thermal treatments of highland barley kernel affect its flour physicochemical properties by structural modification of starch and protein / H. Wang [et al.] // Food Chemistry. 2022. Vol. 387. № 9. P. 132835. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132835.
22. He T., Wang J., Hu X. Effect of heat treatment on the structure and digestion properties of oat globulin // Cereal Chemistry. 2021. Vol. 98. № 3. P. 740–748. DOI: 10.1002/cche.10417.
23. Particle Size Effects on the Quality of Flour Tortillas Enriched with Whole Grain Waxy Barley / N. Prasopsunwattana [et al.] // Cereal Chemistry. 2009. Vol. 86, № 4. P. 439–451. DOI: 10.1094/CCHEM-86-4-0439.
24. Milling of barley to obtain β -glucan enriched products / J. Koryluk [et al.] // Molecular Nutrition and Food Research. 2000. Vol. 44. № 4. P. 238–241.
25. Sharma P. Processing and Utilization of Barley (*Hordeum vulgare* L.) in Human Foods for its β -Glucan Content // Thesis Doctor of Philosophy in Food Technology. Guru Nanak Dev University. Amritsar, 2012. 276 p.
26. Tocopherols and Tocotrienols in Barley Oil Prepared from Germ and Other Fractions from Scarification and Sieving of Hullless Barley / R.A. Moreau [et al.] // Cereal Chemistry. 2007. Vol. 84. № 6. P. 587–592.
27. Impact of flour particle size on nutrient and phenolic acid composition of commercial wheat varieties / A.A. Memon [et al.] // Journal of Food Composition and Analysis. 2020. Vol. 86. № 3. P. 103–108. DOI: 10.1016/j.jfca.2019.103358.

References

1. Akharume F.U., Aluko R.E., Adedeji A.A. Modification of plant proteins for improved functionality: a review // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2021. Vol. 20. № 1. P. 198–224. DOI: 10.1111/1541-4337.12688.
2. Optimization of a functional food product based on fibers and proteins: Rheological, textural, sensory properties, and *in vitro* gastric digestion related to enhanced satiating capacity / F. Javanmardi [et al.] // LWT – Food Science and Technology. 2021. Vol. 147. № 7. P. 111586. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111586.
3. Kaur H., Singh B., Sing A. Comparison of dietary fibers obtained from seven Indian cereal grains // Journal of Cereal Science. 2021. Vol. 102. P. 103331.
4. Bioactive Components in Oat and Barley Grain as a Promising Breeding Trend for Functional Food Production / N.A. Shvachko [et al.] // Molecules. 2021. Vol. 26. P. 2260. DOI: 10.3390/molecules26082260.
5. Polonskij V.I., Sumina A.V. Povyshenie soderzhaniya betainov v zerne kak perspektivnoe napravlenie selekcii dlya polucheniya funktsional'nyh produktov pitaniya (obzor) // Vestnik KrasGAU. 2020. № 2. S. 18–23. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-2-18-23.
6. Ultra-fine grinding increases the antioxidant capacity of wheat bran / N.N. Rosa [et al.] // Journal of Cereal Science. 2013. Vol. 57. P. 84–90. DOI: 10.1016/j.jcs.2012.10.002.
7. Dry-fractionation of wheat bran increases the bioaccessibility of phenolic acids in breads made from processed bran fractions / Y.M. Hemery [et al.] // Food Research International. 2010. Vol. 43. P. 1429–1438.

8. Chemical Composition of Covered and Naked Spring Barley Varieties and Their Potential for Food Production / V. Šterna [et al.] // Polish Journal of Food Nutrition Science. 2017. Vol. 67. № 2. P. 151–158. DOI: 10.1515/pjfn-2016-0019.
9. Effect of thermal processing on the molecular, structural, and antioxidant characteristics of highland barley β -glucan / Y.-P. Bai [et al.] // Carbohydrate Polymers 2021. Vol. 271. № 11. P. 118416. DOI: 10.1016/j.carbpol.2021.118416.
10. Effects of roasting on storage degradability and processing suitability of brown rice powder / M. Fukui [et al.] // LWT – Food Science and Technology. 2021. Vol. 161. P. 113277. DOI: 10.1016/j.lwt.2022.113277.
11. Quality characteristics of sand, pan and microwave roasted pigmented wheat (*Triticum aestivum*) / S. Dhua [et al.] // Food Chemistry 2021, Vol. 365, № 12, 130372. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130372.
12. Sumina A.V., Polonskij V.I., Shaldaeva T.M. Zavisimost' summarnogo sodержaniya antioksidantov v talgane ot `etapov ego izgotovleniya i vida ishodnogo syr'ya // Vestnik KrasGAU. 2020. № 12. S. 209–214. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-209-214.
13. Sumina A.V., Polonskij V.I. Sposob polucheniya zernovogo produkta s povyshennoj funkcional'noj cennost'yu // Pischevaya promyshlennost'. 2022. № 2. С. 36–40. DOI: 10.52653/PPI.2022.2.2.008.
14. GOST-10846-91. Zerno i produkty ego pererabotki. Metod opredeleniya belka. M., 2009.
15. GOST 13496.15-97. Korma, kombikorma, syr'e. Metody opredeleniya syrogo zhira. M., 2011.
16. Tehnicheskaya biokhimiya / V.L. Kretovich [i dr.]. M., 1973. 456 s.
17. Polonskij V.I., Sumina A.V., Gerasimov S.A. Ocenka obrazcov yachmenya na adaptivnost' po sodержaniyu masla v zerne v usloviyah Hakasii // Vestnik KrasGAU. 2022. № 6. S. 148–155. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-148-155.
18. Whole Grains as potential health foods / F.M. Allai [et al.] // International Journal of Food Science and Technology. 2022. Vol. 57. P. 1849–1865. DOI: 10.1111/ijfs.15071.
19. Shahidi F., De Camargo A.C. Tocopherols and Tocotrienols in Common and Emerging Dietary Sources: Occurrence, Applications, and Health Benefits // International Journal of Molecular Sciences. 2016. Vol. 17. № 10. P. 1745. DOI: 10.3390/ijms17101745.
20. Prabhasankar P., Rao P.H. Effect of different milling methods on chemical composition of whole wheat flour // European Food Research Technology. 2001. Vol. 213. P. 465–469. DOI: 10.1007/s002170100407.
21. Different thermal treatments of highland barley kernel affect its flour physicochemical properties by structural modification of starch and protein / H. Wang [et al.] // Food Chemistry. 2022. Vol. 387. № 9. P. 132835. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132835.
22. He T., Wang J., Hu X. Effect of heat treatment on the structure and digestion properties of oat globulin // Cereal Chemistry. 2021. Vol. 98. № 3. P. 740–748. DOI: 10.1002/cche.10417.
23. Particle Size Effects on the Quality of Flour Tortillas Enriched with Whole Grain Waxy Barley / N. Prasopsunwattana [et al.] // Cereal Chemistry. 2009. Vol. 86, № 4. P. 439–451. DOI: 10.1094/CCHEM-86-4-0439.
24. Milling of barley to obtain β -glucan enriched products / J. Koryluk [et al.] // Molecular Nutrition and Food Research. 2000. Vol. 44. № 4. P. 238–241.
25. Sharma P. Processing and Utilization of Barley (*Hordeum vulgare* L.) in Human Foods for its β -Glucan Content // Thesis Doctor of Philosophy in Food Technology. Guru Nanak Dev University. Amritsar, 2012. 276 p.
26. Tocopherols and Tocotrienols in Barley Oil Prepared from Germ and Other Fractions from Scarification and Sieving of Hullless Barley / R.A. Moreau [et al.] // Cereal Chemistry. 2007. Vol. 84. № 6. P. 587–592.
27. Impact of flour particle size on nutrient and phenolic acid composition of commercial wheat varieties / A.A. Memon [et al.] // Journal of Food Composition and Analysis. 2020. Vol. 86. № 3. P. 103–108. DOI: 10.1016/j.jfca.2019.103358.

Статья принята к публикации 25.10.2023 / The article accepted for publication 25.10.2023.

Информация об авторах:

Алена Владимировна Сумина¹, доцент кафедры химии и геоэкологии, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Вадим Игоревич Полонский², профессор кафедры ландшафтной архитектуры и ботаники, доктор биологических наук, профессор

Вера Александровна Ханипова³, директор научно-исследовательского испытательного центра

Information about the authors:

Alena Vladimirovna Sumina¹, Associate Professor at the Department of Chemistry and Geoecology, Candidate of Agricultural Sciences, Docent

Vadim Igorevich Polonsky², Professor at the Department of Landscape Architecture and Botany, Doctor of Biological Sciences, Professor

Vera Aleksandrovna Khanipova³, Director of the Research and Testing Center

