

Функциональная ценность талгана, изготовленного из пророщенного зерна пшеницы и ячменя

Алена В. Сумина ¹	alenasumina@list.ru	 0000-0002-0466-6833
Вадим И. Полонский ^{2,4}	vadim.polonskiy@mail.ru	 0000-0002-7183-0912
Татьяна М. Шалдаева ³	tshaldaeva@yandex.ru	 0000-0002-6049-9179

1 Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, ул. Ленина, 90, г. Абакан, 655017, Россия

2 Красноярский государственный аграрный университет, пр.-т Мира, 90, г. Красноярск 660049, Россия

3 Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН, ул. Золотонолинская, 101, г. Новосибирск, 630090, Россия

4 Сибирский федеральный университет, пр-т Свободный, 79, г. Красноярск, 660041, Россия

Аннотация. Цель настоящего исследования состояла в анализе суммарного содержания антиоксидантов (ССА) на разных этапах производства хакасского национального продукта талган, изготовленного из пророщенного зерна пшеницы и ячменя. Зерновые культуры выращивали на территории Бейского района Республики Хакасия, которая характеризуется благоприятными климатическими условиями с позиций выращивания зерна с повышенным содержанием антиоксидантов. Для определения величины ССА в зерне использовали два растворителя – горячую бидистиллированную воду и 70%-ный этанол. Измерение ССА выполняли на приборе «Цвет Яуза-01-АА». Среди всех исследуемых образцов зерна были зарегистрированы более высокие показатели при использовании в качестве элюента горячей бидистиллированной воды. Установлено, что процесс проращивания не снижал вкусовых качеств зернового продукта. Величина ССА в талгане, изготовленном на основе пророщенного зерна ячменя, была выше в сравнении с пшеницей на 34%. Выявлен эффект увеличения уровня ССА в продукте по сравнению с исходным сырьем после этапа проращивания зерна у пшеницы и ячменя в 1,5 и 2 раза, а после этапов обжаривания и измельчения в 2 и 2,5 раза соответственно. Величина ССА в отрубях превышала таковую в исходном зерне на 44 и 65% для пшеницы и ячменя соответственно. Таким образом, в результате исследований было установлено, что независимо от исследуемой культуры (ячмень, пшеница), введение в технологию изготовления талгана дополнительного этапа, заключающегося в проращивании зерна, является одним из эффективных способов повышения величины ССА в изготовленном на его основе продукте

Ключевые слова: зерно, пшеница, ячмень, проращивание, обжаривание, измельчение, талган, антиоксиданты

Functional value of a talgan made from sprouted wheat and barley

Alena V. Sumina ¹	alenasumina@list.ru	 0000-0002-0466-6833
Vadim I. Polonskiy ^{2,4}	vadim.polonskiy@mail.ru	 0000-0002-7183-0912
Tatyana M. Shaldaeva ³	tshaldaeva@yandex.ru	 0000-0002-6049-9179

1 Khakass State University, Lenina st., 90, Abakan, 655017, Russia

2 Krasnoyarsk State Agrarian University, Mira ave., 90, Krasnoyarsk, 660049, Russia

3 Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, Zolotodolinskaya st., 101, Novosibirsk, 630090, Russia

4 Siberian Federal University, Svobodnyy ave., 79, Krasnoyarsk, 660041, Russia

Abstract. The aim of this study was to analyze the total content of antioxidants (TCA) at different stages of production of the Khakass national product talgan, made from sprouted wheat and barley. Grain crops were grown on the territory of the Bey district of the Republic of Khakassia, which is characterized by favorable climatic conditions from the point of view of growing grain with an increased content of antioxidants. To determine the TCA value in the grain, two solvents were used – hot bidistilled water and 70% ethanol. The TCA measurement was performed on the device "Color Yauza-01-AA". Among all the grain samples studied, higher values were recorded when using hot bidistilled water as an eluent. It was found that the germination process did not reduce the taste qualities of the grain product. The value of the TCA in talgan, made on the basis of sprouted barley grain, was higher in comparison with wheat by 34%. The effect of increasing the level of TCA in the product in comparison with the initial raw material after the stage of grain germination in wheat and barley, respectively, by 1.5 and 2 times, and after the stages of roasting and grinding by 2 and 2.5 times. The value of FSA in bran exceeded that in the original grain by 44 and 65% for wheat and barley, respectively. Thus, as a result of the research, it was found that regardless of the studied crop (wheat, barley), the process of germination of grain is one of the effective ways to increase the value of TCA in the talgan product made on its basis.

Keywords: grain, wheat, barley, germination, roasting, grinding, talgan, antioxidants

Введение

Сегодня для повышения качества питания населения разрабатываются варианты усовершенствования имеющихся технологий производства продуктов питания, а также рассматриваются новые возможности их изготовления из уже

известного сырья. Как известно, наиболее употребляемыми населением продуктами являются изготовленные на основе зерна. При этом современные потребители предпочитают зерновые продукты с повышенной функциональной ценностью, что можно достичь, например, при помощи модификации технологических процессов.

Для цитирования

Сумина А.В., Полонский В.И., Шалдаева Т.М. Функциональная ценность талгана, изготовленного из пророщенного зерна пшеницы и ячменя // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 1. С. 163–168. doi:10.20914/2310-1202-2021-1-163-168

For citation

Sumina A.V., Polonskiy V.I., Shaldaeva T.M. Functional value of a talgan made from sprouted wheat and barley. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 1. pp. 163–168. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-1-163-168

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Одним из показателей функциональной ценности продукта выступает его антиоксидантная активность, которая во многом обеспечивается присутствием фенольных соединений, являющихся вторичными метаболитами растений, которые уменьшают молекулярные повреждения, вызванные появлением в клетках свободных радикалов [6].

В этой связи при производстве продуктов на основе зерна важным является степень влияния различных технологических этапов на суммарное содержание антиоксидантов (ССА) в конечном продукте. В нашей недавней работе [2] была прослежена динамика этого биохимического показателя в зерновом сырье на трех основных технологических этапах (обжаривание, измельчение и отделение отрубей) изготовления хакасского национального продукта талгана на основе пшеницы и ячменя. В результате экспериментально был установлен рост уровня ССА в конечном продукте по сравнению с исходным зерном в среднем на 12%.

В литературе показано, что процесс проращивания зерна при температуре от 15 до 28 °С в течение 2–5 дней способствует значительному повышению антиоксидантной активности и общего содержания фенольных соединений у пшеницы и ячменя [5, 7, 10, 12]. Данный факт объясняется способностью к образованию фенольных кислот во время прорастания, а синтезированные ферменты, разрушающие клеточную стенку, могут гидролизовать фенольные соединения, связанные с ней. Все это сопровождается повышением уровня свободных фенольных соединений, главным образом, феруловой кислоты, в зерне и, следовательно, ростом в нем величины суммарного содержания антиоксидантов (ССА) [7, 12–20].

Сравнительно недавно разработан способ получения талгана, включающий дополнительный технологический этап – проращивание зерна [1]. При этом какая-либо информация о величине ССА в таком функциональном продукте в литературе отсутствует.

Цель работы – определение величины ССА на разных этапах изготовления талгана из пророщенного зерна пшеницы и ячменя.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования служили образцы пшеничного и ячменного зерна, выращенного в 2019 году на территории Бейского района Республики Хакасия.

На подготовительном этапе на сортировочных столах вручную производили очистку зерна от примесей, различимых невооруженным глазом. Затем отобранное зерно готовили

к проращиванию согласно методике [1]. Суть ее состояла в промывании очищенного зерна под проточной водой ($t = 18–20\text{ }^{\circ}\text{C}$) и последующей раскладке на подносах, которые накрывались полиэтиленовой пленкой для создания повышенной влажности воздуха. Зерно проращивали при комнатной температуре в течение 48 часов. За указанное время зерно размягчалось, и появлялись ростки размером около 0,5 мм, что являлось критерием для окончания проращивания. Далее пророщенное зерно просушивали, обжаривали при температуре 180–200 °С в течение 10–15 минут, а затем измельчали и просеивали через сита с $d \approx 0,9\text{ мм}$. В результате описанного технологического процесса был получен продукт талган и отходы в виде отрубей.

В данной работе проводили сравнительное изучение уровня ССА у образцов талгана, изготовленного из двух видов зернового сырья и двух вариантов его начальной подготовки (сухое или пророщенное зерно). Отбор проб для анализа величины ССА производили после прохождения основных технологических этапов изготовления талгана.

Определение величины ССА в образцах проводили при помощи прибора «Цвет Яуза-01-АА» с использованием двух элюентов: горячей бидистиллированной воды и 70% этилового спирта. Подробнее методика измерения уровня ССА описана нами ранее [2]. Статистическая обработка результатов была выполнена с помощью стандартного пакета анализа данных программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Традиционная технология получения хакасского национального продукта талган включает обжаривание, измельчение и просеивание зерна. Дополнительно на самом первом этапе нами было проведено проращивание зерна. Данные по органолептической оценке талгана на основе пророщенного зерна представлены в таблице 1. Можно видеть, что изготовленный продукт характеризовался схожими показателями с талганом, полученным из зерна без его проращивания. Иначе говоря, дополнительный этап проращивания зерна на вкусовых качествах конечного продукта практически не отразился.

Результаты выполненных измерений величины ССА целого и пророщенного зерна пшеницы и ячменя приведены в таблице 2. Можно видеть, что процесс проращивания зерна сопровождался повышением уровня ССА вне зависимости от исследуемой культуры. При этом большее увеличение зарегистрировано у ячменя, что численно соответствует двукратному росту данного показателя в сравнении с не пророщенным зерном.

Таблица 1.

Органолептические характеристики зернового продукта, изготовленного из цельного и пророщенного зерна ячменя
Table 1.

Organoleptic characteristics of a grain product made from whole and sprouted barley grain

Параметр Parameter	Продукт из пророщенного зерна Sprouted grain product	Продукт из цельного зерна Whole grain product	Метод проведения Method of carrying out
Цвет Color	От светло-коричневого, кремового с вкраплением более темных частиц раздробленного зерна, до коричневого From light brown, creamy interspersed with darker particles of crushed grain, to brown	Светло-коричневый, неоднородный, с вкраплением более темных частиц раздробленного зерна Light brown, non-uniform, interspersed with darker particles of crushed grain	Визуально visual control
Текстура Texture	Относительно однородная. Размер частиц 0,1–0,5 мм Relatively homogeneous. Particle size 0.1–0.5 mm	Относительно однородная. Крупные 0,3–0,5 мм частицы раздробленного эндосперма и алейронового слоя равномерно распределены по всей массе продукта Relatively homogeneous. Large 0.3–0.5 mm particles of crushed endosperm and aleurone layer are evenly distributed throughout the entire mass of product	
Блеск Shine	Отсутствует, поверхность матовая None, matt surface		Дегустация Tasting
Запах Smell	Жареного зерна Roasted grain	Жареного зерна с ореховыми нотками Roasted grain with nutty notes	
Вкус Taste	Сладковатый, без горечи Sweetish, without bitterness		

Таблица 2.

Суммарное содержание антиоксидантов (ССА) в зерне пшеницы и ячменя, используемого в технологическом цикле производства талгана

Table 2.

The total content of antioxidants (TCA) in wheat and barley grain used in the technological cycle of talgan production

Образец Sample	ССА, мг/г сухого вещества TCA, mg / g dry matter	
	Бидистиллированная вода Bidistilled water	70% этанол 70% ethanol
Зерно цельное без модификации Whole grain no modification		
Пшеница Wheat	0,54±0,01a	0,51±0,01a
Ячмень Barley	0,56±0,02a	0,54±0,01a
Зерно пророщенное Sprouted grain		
Пшеница Wheat	0,86±0,02b*+	0,73±0,01b*+
Ячмень Barley	1,18±0,02b*+	1,03±0,03b*+
Продукт обжаренный и измельченный из пророщенного зерна талган Fried and chopped product from sprouted grain talgan		
Пшеница Wheat	1,14±0,01c*+	0,95±0,02c*+
Ячмень Barley	1,52±0,03c*+	1,29±0,02c*+
Отруби из пророщенного зерна Sprouted grain bran		
Пшеница Wheat	0,72±0,01b*+	0,71±0,01b*+
Ячмень Barley	0,92±0,02d*	0,90±0,02d*

Примечание: в таблице представлена средняя арифметическая величина и ошибка средней; в пределах каждой колонки значения в строках для каждого вида с разными буквами различаются существенно между собой по t-критерию при $p \leq 0,05$; в пределах каждого варианта значения в строках со знаком * различаются существенно между собой по t-критерию при $p \leq 0,05$; в пределах каждой строки значения в колонках со знаком + различаются существенно между собой по t-критерию при $p \leq 0,05$

Динамика изменения величины ССА в зерне исследуемых культур в зависимости от этапа изготовления талгана при использовании в качестве элюента горячей бидистиллированной воды представлена на рисунке 1. Из него следует, что при проращивании зерна у всех образцов отмечается увеличение уровня ССА.

Полученные в настоящей работе данные подтверждают описанный в литературе эффект увеличения содержания антиоксидантов в зерне пшеницы [3] и ячменя [9] при его проращивании.

Термическая обработка (обжаривание) зерна также способствовала повышению уровня ССА в продукте. Из данных таблицы 2 можно видеть результат увеличения этого показателя в зерне обеих культур после этапа его обжаривания

и измельчения в сравнении с исходным зерном, как сухим, так и пророщенным.

Наибольшее увеличение уровня ССА отмечалось у пророщенного ячменя, где рост составил 2,5 раза в сравнении с цельным зерном. В литературе показано, что процесс обжаривания зерна сопровождается, во-первых, некоторым снижением содержания термочувствительных и свободных фенольных соединений [8], во-вторых, существенным накоплением продуктов реакции Л.К. Мэйлэрда (Maillard), проявляющих сильные антиоксидантные свойства [4, 11]. Суммарный эффект при этом положительный [8].

Аналогичные результаты по уровню ССА в зерновых продуктах были получены при использовании в качестве растворителя 70%

этилового спирта. У ячменя рост этого биохимического показателя в процессе проращивания зерна и изготовления на его основе конечного продукта проявлялся в большей степени, чем у пшеницы (рисунок 2).

Подчеркнем, что в работе было зарегистрировано различие в величинах ССА образцов в зависимости от используемого элюента. Более высокие значения ССА получены, когда в качестве такового применялась бидистиллированная вода (таблица 2). Важно отметить, что отруби, полученные при изготовлении талгана, также характеризовались повышенным значением ССА по сравнению с исходным сырьем. Так, для зерна пшеницы значение данного показателя в среднем возросло на 44%, а для ячменя на 65% (таблица 2).

Хакасский национальный продукт талган традиционно изготавливают из не пророщенного зерна ячменя и пшеницы. Поэтому был проведен сравнительный анализ изменения величины ССА при изготовлении талгана из пророщенного и сухого зерна (рисунок 3). Можно видеть, что прохождение технологических этапов производства данного зернового продукта сопровождается повышением его функциональной ценности в плане величины ССА на 99 и 154% (из пророщенного зерна пшеницы и ячменя соответственно) и 12% (из цельного зерна обеих культур). При этом в случае использования этапа проращивания зерна отмечается заметное увеличение уровня ССА в отрубях по сравнению с исходным зерном.

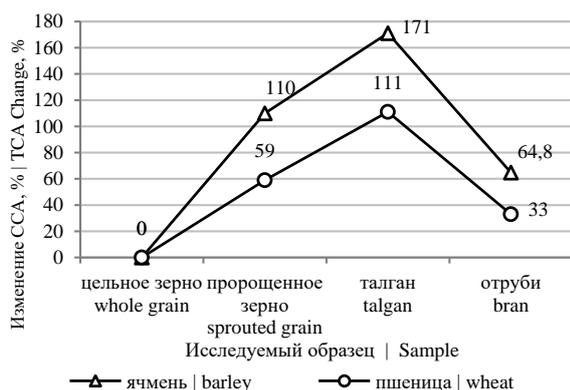


Рисунок 1. Изменение суммарного содержания антиоксидантов в зерне ячменя и пшеницы на различных технологических этапах производства талгана из пророщенного сырья (элюент горячая бидистиллированная вода)

Figure 1. Change in the total content of antioxidants in the grain of barley and wheat at various technological stages of the production of talgan from germinated raw materials (eluent is hot bidistilled water)

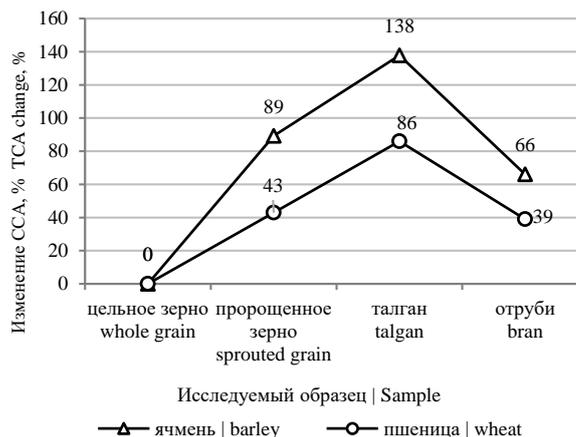


Рисунок 2. Изменение суммарного содержания антиоксидантов в зерне ячменя и пшеницы на различных технологических этапах производства талгана из пророщенного сырья (элюент этиловый спирт)

Figure 2. Change in the total content of antioxidants in the grain of barley and wheat at various technological stages of the production of talgan from germinated raw materials (eluent is ethyl alcohol)

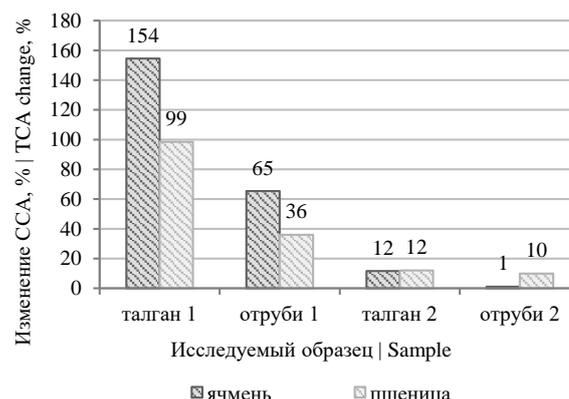


Рисунок 3. Изменение (в сравнении с цельным зерном) суммарного содержания антиоксидантов в продукте талган, изготовленном по традиционной технологии из пророщенного зерна (1) и цельного зерна (2) пшеницы и ячменя и в отходах (отрубях), образующихся при его производстве (средние значения по двум элюентам)

Figure 3. Changes (in comparison with whole grains) in the total content of antioxidants in the talgan product made according to the traditional technology from sprouted grain (1) and whole grain (2) wheat and barley and in waste (bran) formed during its production (average values for two eluents)

Закключение

Независимо от исследуемой культуры (пшеница или ячмень) введение в технологию изготовления талгана дополнительного этапа, заключающегося в проращивании зерна, является одним из эффективных способов повышения величины ССА в конечном продукте.

Литература

- 1 Пат. № 2463809, RU, A23L 1/172. Пищевой функциональный продукт «талкан» из пророщенного зерна и способ его производства. Буракаева Г.Д., Буракаев И.Д. № 2009135940/12; Заявл. 28.09.2009; Опубл. 20.10.2012.
- 2 Полонский В.И., Сумина А.В., 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
- 3 Alvarez-Jubete L. et al. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking // Food chemistry. 2010. V. 119. № 2. P. 770–778. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.07.032
- 4 Zannou O., Koca I. Optimization and stabilization of the antioxidant properties from Alkanet (*Alkanna tinctoria*) with natural deep eutectic solvents // Arabian Journal of Chemistry. 2020. V. 13. № 8. P. 6437-6450. doi: 10.1016/j.arabjc.2020.06.002
- 5 Ge X. et al. Germination and drying induced changes in the composition and content of phenolic compounds in naked barley // Journal of Food Composition and Analysis. 2021. V. 95. P. 103594. doi: 10.1016/j.jfca.2020.103594
- 6 Kruma Z., Kince T., Galoburda R., Tomsone L. et al. Influence of germination temperature and time on phenolic content and antioxidant properties of cereals // Baltic Conference on Food Science and Technology: conference proceedings. 2019. doi:10.22616/FOODBALT.2019.044
- 7 Lemmens E. et al. Impact of cereal seed sprouting on its nutritional and technological properties: a critical review // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2019. V. 18. № 1. P. 305–328. doi: 10.1111/1541-4337.12414
- 8 Yepes A. et al. Purple passion fruit seeds (*Passiflora edulis f. edulis* Sims) as a promising source of skin anti-aging agents: Enzymatic, antioxidant and multi-level computational studies // Arabian Journal of Chemistry. 2021. V. 14. № 1. P. 102905. doi: 10.1016/j.arabjc.2020.11.011
- 9 Sharma P., Gujral H.S. Antioxidant and polyphenol oxidase activity of germinated barley and its milling fractions // Food Chemistry. 2010. V. 120. № 3. P. 673–678. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.10.059
- 10 Świeca M., Dżiki D. Improvement in sprouted wheat flour functionality: Effect of time, temperature and elicitation // International Journal of Food Science & Technology. 2015. V. 50. № 9. P. 2135–2142. doi: 10.1111/ijfs.12881
- 11 Verma V., Singh Z., Yadav N. Maillard Reaction and Effect of Various Factor on the Formation of Maillard Products: and Its Impact on Processed Food Products // In: Research Trends in Food Technology and Nutrition. 2019. V. 7. № 5. P. 63–90.
- 12 Zilic S., Basic Z., Sukalovic V.H., Maksimovic V. et al. Can the sprouting process applied to wheat improve the contents of vitamins and phenolic compounds and antioxidant capacity of the flour? // International Journal of Food Science and Technology. 2014. V. 49. P. 1040–1047. doi: 10.1111/ijfs.12397
- 13 Diniyah N., Alam M. B., Lee S. H. Antioxidant potential of non-oil seed legumes of Indonesian's ethnobotanical extracts // Arabian Journal of Chemistry. 2020. V. 13. № 5. P. 5208-5217. doi: 10.1016/j.arabjc.2020.02.019
- 14 Shah M.D., Seelan J.S.S., Iqbal M. Phytochemical investigation and antioxidant activities of methanol extract, methanol fractions and essential oil of *Dillenia suffruticosa* leaves // Arabian Journal of Chemistry. 2020. V. 13. № 9. P. 7170-7182. doi: 10.1016/j.arabjc.2020.07.022
- 15 Martini L., Pecoraro L., Salvottini C., Piacentini G. et al. Appropriate and inappropriate vitamin supplementation in children // Journal of Nutritional Science. 2020. V. 9. doi:10.1017/jns.2020.12
- 16 Shibata K., Sugita C., Sano M., Fukuwatari T. Urinary excretion of B-group vitamins reflects the nutritional status of B-group vitamins in rats // Journal of nutritional science. 2013. V. 2. doi:10.1017/jns.2013.3
- 17 Beelman R.B., Kalaras M.D., Phillips A.T., Richie J.P. Is ergothioneine a 'longevity vitamin' limited in the American diet? // Journal of Nutritional Science. 2020. V. 9. doi:10.1017/jns.2020.44
- 18 Zhang F., Zhang J., Di H., Xia P. et al. Effect of long-term frozen storage on health-promoting compounds and antioxidant capacity in baby mustard // Frontiers in Nutrition. 2021. V. 8. P. 133. doi: 10.3389/fnut.2021.665482
- 19 Derbyshire E. Micronutrient intakes of British Adults Across Mid-Life: A secondary analysis of the UK national diet and nutrition survey // Frontiers in nutrition. 2018. V. 5. P. 55. doi: 10.3389/fnut.2018.00055
- 20 Melse-Boonstra A. Bioavailability of Micronutrients From Nutrient-Dense Whole Foods: Zooming in on Dairy, Vegetables, and Fruits // Frontiers in Nutrition. 2020. V. 7. doi: 10.3389/fnut.2020.00101

References

- 1 Burakaev G. D., Burakaev I. D. Functional food product "talkan" from sprouted grain and method of its production. Patent RF, no. 2463809, 2012.
- 2 Polonsky V.I., Sumina A.V., Shaldaeva T.M. Dependence of the total content of antioxidants in talgan on the stages of its manufacture and the type of raw material. Bulletin of KrasGAU. 2020. no. 12. pp. 209–214. doi: 10.36718 / 1819-4036-2020-12-209-214 (in Russian).
- 3 Alvarez-Jubete L. et al. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. Food chemistry. 2010. vol. 119. no. 2. pp. 770–778. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.07.032
- 4 Zannou O., Koca I. Optimization and stabilization of the antioxidant properties from Alkanet (*Alkanna tinctoria*) with natural deep eutectic solvents. Arabian Journal of Chemistry. 2020. vol. 13. no. 8. pp. 6437-6450. doi: 10.1016/j.arabjc.2020.06.002
- 5 Ge X. et al. Germination and drying induced changes in the composition and content of phenolic compounds in naked barley. Journal of Food Composition and Analysis. 2021. vol. 95. pp. 103594. doi: 10.1016/j.jfca.2020.103594
- 6 Kruma Z., Kince T., Galoburda R., Tomsone L. et al. Influence of germination temperature and time on phenolic content and antioxidant properties of cereals. Baltic Conference on Food Science and Technology: conference proceedings. 2019. doi:10.22616/FOODBALT.2019.044

- 7 Lemmens E. et al. 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. no. 1. pp. 305–328. doi: 10.1111/1541-4337.12414
- 8 Yepes A. et al. Purple passion fruit seeds (*Passiflora edulis f. edulis* Sims) as a promising source of skin anti-aging agents: Enzymatic, antioxidant and multi-level computational studies. *Arabian Journal of Chemistry*. 2021. vol. 14. no. 1. pp. 102905. doi: 10.1016/j.arabjc.2020.11.011
- 9 Sharma P., Gujral H.S. Antioxidant and polyphenol oxidase activity of germinated barley and its milling fractions. *Food Chemistry*. 2010. vol. 120. no. 3. pp. 673–678. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.10.059
- 10 Świeca M., Dżiki D. Improvement in sprouted wheat flour functionality: Effect of time, temperature and elicitation. *International Journal of Food Science & Technology*. 2015. vol. 50. no. 9. pp. 2135–2142. doi: 10.1111/ijfs.12881
- 11 Verma V., Singh Z., Yadav N. Maillard Reaction and Effect of Various Factor on the Formation of Maillard Products: and Its Impact on Processed Food Products. In: *Research Trends in Food Technology and Nutrition*. 2019. vol. 7. no. 5. pp. 63–90.
- 12 Zilic S., Basic Z., Sukalovic V.H., Maksimovic V. et al. Can the sprouting process applied to wheat improve the contents of vitamins and phenolic compounds and antioxidant capacity of the flour? *International Journal of Food Science and Technology*. 2014. vol. 49. pp. 1040–1047. doi: 10.1111/ijfs.12397
- 13 Diniyah N., Alam M. B., Lee S. H. Antioxidant potential of non-oil seed legumes of Indonesian's ethnobotanical extracts. *Arabian Journal of Chemistry*. 2020. vol. 13. no. 5. pp. 5208-5217. doi: 10.1016/j.arabjc.2020.02.019
- 14 Shah M.D., Seelan J.S.S., Iqbal M. Phytochemical investigation and antioxidant activities of methanol extract, methanol fractions and essential oil of *Dillenia suffruticosa* leaves. *Arabian Journal of Chemistry*. 2020. vol. 13. no. 9. pp. 7170-7182. doi: 10.1016/j.arabjc.2020.07.022
- 15 Martini L., Pecoraro L., Salvottini C., Piacentini G. et al. Appropriate and inappropriate vitamin supplementation in children. *Journal of Nutritional Science*. 2020. vol. 9. doi:10.1017/jns.2020.12
- 16 Shibata K., Sugita C., Sano M., Fukuwatari T. Urinary excretion of B-group vitamins reflects the nutritional status of B-group vitamins in rats. *Journal of nutritional science*. 2013. vol. 2. doi:10.1017/jns.2013.3
- 17 Beelman R.B., Kalaras M.D., Phillips A.T., Richie J.P. Is ergothioneine a 'longevity vitamin' limited in the American diet? *Journal of Nutritional Science*. 2020. vol. 9. doi:10.1017/jns.2020.44
- 18 Zhang F., Zhang J., Di H., Xia P. et al. Effect of long-term frozen storage on health-promoting compounds and antioxidant capacity in baby mustard. *Frontiers in Nutrition*. 2021. vol. 8. pp. 133. doi: 10.3389/fnut.2021.665482
- 19 Derbyshire E. Micronutrient intakes of British Adults Across Mid-Life: A secondary analysis of the UK national diet and nutrition survey. *Frontiers in nutrition*. 2018. vol. 5. pp. 55. doi: 10.3389/fnut.2018.00055
- 20 Melse-Boonstra A. Bioavailability of Micronutrients From Nutrient-Dense Whole Foods: Zooming in on Dairy, Vegetables, and Fruits. *Frontiers in Nutrition*. 2020. vol. 7. doi: 10.3389/fnut.2020.00101

Сведения об авторах

Алена В. Сумина к.с.-х.н., доцент, кафедра химии и геоэкологии, Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, ул. Ленина, 90, г. Абакан, 655017, Россия, alenasumina@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0466-6833>

Вадим И. Полонский д.б.н., профессор, кафедра ландшафтной архитектуры и ботаники, Красноярский государственный аграрный университет, пр.-т Мира, 90, г. Красноярск 660049, Россия, vadim.polonskiy@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7183-0912>

Татьяна М. Шалдаева к.б.н., научный сотрудник, лаборатория фитохимии, Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН, ул. Золотолинская, 101, г. Новосибирск, 630090, Россия, tshaldaeva@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6049-9179>

Вклад авторов

Алена В. Сумина обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела пробоподготовку и эксперимент, выполнила расчеты, написала рукопись, корректировала ее до подачи в редакцию, несет ответственность за плагиат

Вадим И. Полонский консультация в ходе исследования
Татьяна М. Шалдаева провела экспериментальную часть

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Alena V. Sumina Cand. Sci. (Agric.), associate professor, chemistry and geoecology department, Khakass State University, Lenina st., 90, Abakan, 655017, Russia, alenasumina@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0466-6833>

Vadim I. Polonskiy Dr. Sci. (Biol.), professor, landscape architecture and botany department, Krasnoyarsk State Agrarian University, Mira ave., 90, Krasnoyarsk, 660049, Russia, vadim.polonskiy@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7183-0912>

Tatyana M. Shaldaeva Dr. Sci. (Biol.), researcher, phytochemistry laboratory, Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, Zolotodolinskaya st., 101, Novosibirsk, 630090, Russia, tshaldaeva@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6049-9179>

Contribution

Alena V. Sumina review of the literature on the problem under study, carried out sample preparation and experiment, performed calculations, wrote a manuscript, corrected it before submitting it to the editor, is responsible for plagiarism

Vadim I. Polonskiy consultation during the study
Tatyana M. Shaldaeva conduction the experimental part

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 18/01/2021	После редакции 15/02/2021	Принята в печать 01/03/2021
Received 18/01/2021	Accepted in revised 15/02/2021	Accepted 01/03/2021