
Научная статья/Research Article

УДК 664.76; 664.7

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-292-297

Алена Владимировна Сумина^{1✉}, Вадим Игоревич Полонский²

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

^{1,2}Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

²Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

¹alenasumina@list.ru

²vadim.polonskiy@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ В-ГЛЮКАНОВ В ЯЧМЕННОМ И ОВСЯНОМ ТАЛГАНЕ, ИЗГОТОВЛЕННОМ ИЗ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА

Цель исследования – определение содержания β -глюканов в зерновом сырье на разных этапах производства хакасского национального продукта талгана, изготовленного из пророщенного зерна ячменя и овса. Объект исследования – несортное зерно ячменя и овса, выращенное в условиях Восточной Сибири Республики Хакасии в 2019 г. Зерно подвергали очистке от посторонних примесей и проращивали согласно методике, описанной в патенте РФ № 2463809. Сначала очищенное зерно промывалось под проточной водой, затем выдерживалось в условиях повышенной влажности воздуха при комнатной температуре в течение трех суток для овса, и двух – ячменя до появления корешков примерно 0,5 мм. Затем пророщенное зерно подвергалось сушке и обжарке при температуре от 180 до 200 °С в течение 10–15 мин, после измельчалось и просеивалось через сита с ячейкой 0,9 мм. В результате получался пищевой зерновой продукт – талган. На каждом этапе изготовления производили ферментативное измерение содержания β -глюканов в соответствии с известной методикой Megazyme AOAC Method 995.16 AACC Method 32-23. В процессе проращивания зерна у ячменя существенно снижалось содержание β -глюканов (на 40 %), у овса – на 6 %. Второй этап обработки зерна (обжаривание) оказал отрицательное влияние на концентрацию указанных химических веществ. Третий этап (измельчение и отделение пленок) оказал несущественное влияние на содержание β -глюканов у обеих культур. В целом уменьшение содержания β -глюканов в конечном продукте талгане, имеющее место при прохождении зерновым сырьем всех трех этапов его обработки, у ячменя – около 50 %, овса – почти 25 %. В результате двухфакторного дисперсионного анализа данных содержания β -глюканов в процессе изготовления талгана установлено, что наибольшее влияние на содержание указанных веществ оказывал технологический этап (почти 68 %), вклад вида растительного сырья – около 7 %, взаимодействие указанных факторов – 25,5 %.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare*, *Avena sativa*, зерно, пищевые волокна, проращивание зерна, талган

Для цитирования: Сумина А.В., Полонский В.И. Содержание β -глюканов в ячменном и овсяном талгане, изготовленном из пророщенного зерна // Вестник КрасГАУ. 2023. № 11. С. 292–297. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-292-297.

Благодарности: авторы благодарят ведущего научного сотрудника Института агроресурсов и экономики Стендесского Научно-исследовательского центра С.А. Зюте за выполнение химических анализов зерновых продуктов.

Alena Vladimirovna Sumina¹✉, Vadim Igorevich Polonsky²

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

^{1,2}Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

¹alenasumina@list.ru

²vadim.polonskiy@mail.ru

B-GLUCANS CONTENT IN BARLEY AND OAT TALGAN MADE FROM SPROUTED GRAINS

The purpose of the study is to determine the content of β -glucans in grain raw materials at different stages of production of the Khakass national product talgan, made from sprouted grains of barley and oats. The object of the study is unvaried grain of barley and oats, grown in the conditions of Eastern Siberia of the Republic of Khakassia in 2019. The grain was purified from foreign impurities and germinated according to the method described in RF patent No. 2463809. First, the purified grain was washed under running water, then kept in high air humidity at room temperature for three days for oats, and two for barley until roots appear about 0.5 mm. Then the sprouted grain was dried and roasted at a temperature of 180 to 200 °C for 10–15 minutes, then crushed and sifted through a 0.9 mm mesh sieves. The result was a food grain product - talgan. At each stage of production, enzymatic measurement of β -glucan content was carried out in accordance with the well-known Megazyme AOAC Method 995.16 AACC Method 32-23. During grain germination, the content of β -glucans in barley decreased significantly (by 40%), and in oats - by 6%. The second stage of grain processing (roasting) had a negative effect on the concentration of these chemicals. The third stage (crushing and separation of films) had an insignificant effect on the content of β -glucans in both crops. In general, the decrease in the content of β -glucans in the final product talgan, which occurs when the grain raw material goes through all three stages of its processing, is about 50 % for barley, almost 25 % for oats. As a result of a two-factor analysis of variance of data on the content of β -glucans during the production of talgan, it was established that the technological stage had the greatest influence on the content of these substances (almost 68%), the contribution of the type of plant raw material was about 7 %, and the interaction of these factors was 25.5 %.

Keywords: *Hordeum vulgare, Avena sativa, grain, dietary fiber, grain germination, talgan*

For citation: Sumina A.V., Polonsky V.I. B-glucans content in barley and oat talgan made from sprouted grains // Bulliten KrasSAU. 2023;(11): 292–297. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-292-297.

Acknowledgments: the authors are grateful to the leading researcher at the Institute of Agricultural Resources and Economics of the Stendes Research Center S.A. Zute for performing chemical analyzes of grain products.

Введение. Процесс проращивания зерна как вариант его модификации известен с давних пор. В последние десятилетия потребление проросшего зерна стало популярным из-за потребительского спроса на диетические и экзотические продукты здорового питания, а также в связи с минимальным воздействием на зерно и отсутствием в конечном продукте различных добавок. Проращивание – простой и относительно дешевый процесс, который может быть осуществлен без сложного оборудования, имеет быстрый производственный цикл и обеспечивает высокий выход конечной продукции. Проростки злаков могут использоваться в виде готовых к употреблению ростков или подвергаться дальнейшей обработке, например сушке или

обжарке. Возможным вариантом является добавление муки из проросших зерен при производстве пшеничного хлеба.

Научно доказано, что процесс проращивания зерна стимулирует активацию ферментов и гидролиз белков и сложных углеводов, что приводит к образованию новых биологически активных веществ [1, 2]. Экспериментальные исследования подтверждают, что проращивание зерна в течение 2–5 дней при температуре от 15 до 28 °C способствует увеличению антиоксидантной активности пшеницы, ячменя, овса [3] и увеличению общего содержания полифенолов в этих зерновых культурах и рисе в 1,2–3,6 раза [4–7].

Важным аспектом при производстве функциональных пищевых продуктов на основе пророщенного зерна является влияние различных этапов его обработки на содержание биологически активных веществ в конечном продукте, включая пищевые волокна β -глюканы. Последние являются полисахаридами, которые включены в состав клеточных стенок эндосперма зерна главным образом ячменя и овса. Указанные химические соединения, как известно, способны оказывать положительное влияние на снижение гликемического ответа и поддержание нормального уровня холестерина в крови, обладают хорошими пребиотическими свойствами и способствуют профилактике ряда серьезных заболеваний человека [8, 9]. Сегодня исследований влияния проращивания зерна и последующей его обработки на содержание в зерновых продуктах β -глюканов проведено недостаточное количество [10]. Согласно одному из описанных вариантов изготовления зернового хакасского национального продукта талгана, в технологическом процессе имеют место три различных обработки зерна: биологическая, термическая и механическая [11]. Поэтому талган может служить хорошей моделью для изучения зависимости содержания β -глюканов в образующихся продуктах при проращивании зерна и его дальнейшей обработке.

Цель исследования – сравнительный анализ содержания β -глюканов в зерновых продуктах из ячменя и овса в процессе биологической, термической и механической модификации зерна на примере получения талгана.

Объекты и методы. В качестве объекта исследования использовали не сортовое зерно ячменя и овса, которое было выращено в условиях Восточной Сибири на территории Бейского

района Республики Хакасии. Зерно подвергали очистке от посторонних примесей и проращивали согласно описанной методике [12], заключающейся в промывании очищенного зерна под проточной водой и последующем его выдерживании в условиях повышенной влажности воздуха при комнатной температуре в течение 3 сут для овса, и 2 сут для ячменя до появления корешков размером около 0,5 мм. Затем пророщенное зерно просушивали и обжаривали при температуре 180–200 °С в течение 10–15 мин, а далее измельчали и просеивали через сита с ячейей 0,9 мм. В результате получали пищевой зерновой продукт талган. На каждом этапе его изготовления производили ферментативное измерение содержания β -глюканов в соответствии с известной методикой Megazyme AOAC Method 995.16 AACC Method 32-23 and ICC Standard Method N 166 с помощью спектрофотометра SPECORD 50 PLUS. Все измерения были выполнены в трех повторностях. Стандартные погрешности проведения анализа не превышали ± 3 %. Статистическая обработка результатов была выполнена с помощью программы обработки данных полевых опытов MS Excel 2003.

Результаты и их обсуждение. Результаты определения содержания β -глюканов в цельном и пророщенном зерне ячменя и овса приведены в таблице 1. Можно видеть, что в исходном зерне ячменя концентрация указанных химических соединений статистически значимо превышала таковую у овса. Что касается других зерновых продуктов, полученных на разных этапах изготовления талгана, то межвидовые различия в их содержании также фиксировались, но были не существенны.

Таблица 1

Содержание β -глюканов в образующихся продуктах под влиянием различных этапов производства талгана из пророщенного зерна ячменя и овса, %

Зерновой продукт	Ячмень	Овес
Зерно цельное	3,91 \pm 0,07 аА	2,69 \pm 0,12 аБ
Зерно пророщенное	2,33 \pm 0,09 бА	2,54 \pm 0,10 аА
Зерно пророщенное, обжаренное	2,10 \pm 0,07 бвА	2,32 \pm 0,09 абА
Зерно пророщенное, обжаренное и измельченное	1,94 \pm 0,02 вА	2,04 \pm 0,08 бА

Примечание: в таблице представлена средняя арифметическая величина и ошибка средней; в пределах каждой колонки значения в строках с разными строчными буквами различаются существенно между собой по t-критерию при $p \leq 0,05$; в пределах каждой строки значения в колонках с разными прописными буквами различаются существенно между собой по t-критерию при $p \leq 0,05$.

Из данных таблицы 1 видно, что дополнительный этап проращивания зерна способствовал снижению уровня β -глюканов у образующихся продуктов. На этапе проращивания зерна у ячменя происходило существенное снижение содержания β -глюканов, что численно составило 40 %, у овса на данном этапе содержание β -глюканов снизилось только на 6 %. Следующий этап, состоящий в обжаривании, практически равнозначно оказал влияние на концентрацию указанных химических веществ, при этом снижение было отмечено как у овсяного, так и у ячменного талгана. Процесс измельчения и отделения пленок оказал незначительное влияние на содержание β -глюканов у обеих культур. В целом уменьшение

содержания β -глюканов в конечном продукте талгана, имеющее место при прохождении зерновым сырьем всех трех этапов обработки, составило у ячменя около 50 %, а у овса – почти 25 %.

При выполнении двухфакторного дисперсионного анализа данных содержания β -глюканов в процессе изготовления талгана из пророщенного зерна ячменя и овса было установлено, что наибольшее влияние на содержание указанных веществ оказывал технологический этап, на долю которого приходилось 67,8 %, вклад вида растительного сырья составил 6,7 %, взаимодействие данных факторов выразилось величиной 25,5 % (табл. 2).

Таблица 2

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа влияния этапа обработки и вида сырья из пророщенного зерна на содержание в продуктах β -глюканов

Дисперсия	Сумма квадрат.	Степени свободы	Средний квадрат	Вклад факторов в %	Fф	F _{0,5}
Общая	197,5	31	–	–	–	–
Повторений	185,7	3	–	–	–	–
Растительное сырье	0,0	1	0,017	6,7	0,032	4,32
Технологический этап	0,5	3	0,174	67,8	0,328	3,07
Растительное сырье и технологический этап	0,2	3	0,066	25,5	0,123	3,07

В литературе указано, что по мере прохождения этапа прорастания зерна ячменя в течение 1–4 сут при 25 °С происходит постепенное уменьшение в нем уровня β -глюканов [10]. Так, сообщается о снижении содержания β -глюканов на 20,5 % при проращивании ячменя в течение 2 сут [13], а также о том, что проращивание ячменя в течение 6 сут сопровождалось падением в нем концентрации β -глюканов на 50 % [2]. В нашем исследовании снижение уровня β -глюканов при 1-суточной биологической модификации ячменного зерна составило около 40 %, что практически подтвердило приведенные опубликованные результаты.

Зафиксированное влияние длительности проращивания зерна ячменя на содержание в нем β -глюканов может быть объяснено тем, что процесс, по-видимому, связан с мобилизацией растворимых в клеточной стенке эндосперма полисахаридов и дальнейшим расщеплением на низкомолекулярные соединения для использования в качестве источника энергии [14].

Итак, установлено, что процесс проращивания зерна сопровождается снижением уровня

полисахаридов β -глюканов, приводящий, с одной стороны, к ухудшению важной функциональной характеристики продукта. С другой стороны, на примере ячменя и пшеницы в литературе показано, что прохождение этапа прорастания зерна сопровождалось увеличением содержания белка, незаменимых аминокислот, масла, жирных кислот и антиоксидантов в конечном продукте [2, 10, 11]. Важно отметить, что проращивание зерна пшеницы и овса, а затем использование его для производства талгана не оказало значительного влияния на вкусовые качества конечного продукта. Исследование показало, что талган, изготовленный из пророщенного зерна, имел сходные органолептические характеристики с талганом, изготовленным из непророщенного зерна [11].

Таким образом, результаты проведенного исследования показали, что вне зависимости от исследуемой культуры (ячмень или овес) добавление этапа проращивания зерна в процесс производства талгана приводит к значительному снижению содержания β -глюканов в конечном продукте. При этом, судя по приведенным выше

литературным данным, указанный процесс приводит к обогащению продукта другими ценными функциональными химическими веществами. Последующие этапы обработки зерна, состоящие в его обжаривании и измельчении, вызывают дополнительное снижение уровня β -глюканов в конечном продукте.

Заключение

1. Установлено, что независимо от зерновой культуры (ячмень или овес) введение в технологию изготовления талгана дополнительного этапа, заключающегося в проращивании зерна, сопровождается существенным снижением содержания β -глюканов в конечном продукте.

2. Последующие этапы обработки зерна, состоящие в его обжаривании и измельчении, вызывают дополнительное несущественное снижение уровня β -глюканов в конечном продукте.

3. В результате двухфакторного дисперсионного анализа данных содержания β -глюканов в процессе изготовления талгана из пророщенного зерна ячменя и овса было установлено, что наибольшее влияние на содержание указанных веществ оказывал технологический этап, на долю которого приходилось почти 68 %, вклад вида растительного сырья составил около 7 %, взаимодействие указанных факторов выразилось величиной 25,5 %.

Список источников

1. *Swieca M., Dziki D.* Improvement in sprouted wheat flour functionality: Effect of time, temperature and elicitation. // *International Journal of Food Science and Technology*. 2015. V. 50. P. 2135–2142.
2. Changes in the Nutrient Composition of Barley Grain (*Hordeum vulgare* L.) and of Morphological Fractions of Sprouts / *L.T. Ortiz* [et al.] // *Scientifica*. 2021. Article ID 9968864. P. 1–7. DOI: 10.1155/2021/9968864.
3. Can the sprouting process applied to wheat improve the contents of vitamins and phenolic compounds and antioxidant capacity of the flour? / *S. Zilic* [et al.] // *International Journal of Food Science and Technology*. 2014. V. 49. P. 1040–1047.
4. *Cevallos-Casals B.A., Cisneros-Zevallos L.* Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species // *Food Chemistry*. 2010. V. 119. № 4. P. 1485–1490.
5. 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. V. 18. № 1. P. 305–328.
6. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking / *L. Alvarez-Jubete* [et al.] // *Food Chemistry*. 2010. V. 119. P. 770–778.
7. *Sharma P., Gujral H.S.* Antioxidant and polyphenols oxidase activity of germinated barley and its milling fractions // *Food Chemistry*. 2010. V. 120. P. 673–678.
8. A Concise Review on the Molecular Structure and Function Relationship of β -Glucan / *B. Du* [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. Vol. 20. P. 4032.
9. *Shoukat M., Sorrentino A.* Cereal β -glucan: a promising prebiotic polysaccharide and its impact on the gut health // *International Journal of Food Science and Technology*. 2021. № 1. P. 1–10. DOI: 10.1111/ijfs.14971.
10. Physicochemical and bioactive properties of a high β -glucan barley variety 'Betaone' affected by germination processing / *M.Z. Islam* [et al.] // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021. Vol. 177. P. 129–134.
11. *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.
12. Пат. RU № 2463809 Пищевой функциональный продукт «талкан» из пророщенного зерна и способ его производства / *Буракаева Г.Д., Буракаев И.Д.*; патентообладатель *Буракаев И.Д.* № 2009135940/12; заявл. 28.09.2009; опубл. 20.10.2012, Бюл. № 29.
13. Effects of germination on chemical composition of hull-less spring cereals / *S. Senhoba* [et al.] // *Livestock Research for Rural Development*. 2016. Vol. 1. P. 91–97.
14. *Ferreira D.P.G.R., Correia D.R.P.M.* // *Engineering Aspects of Cereal and Cereal Based Products*. CRC Press, Florida, USA, 2013. P. 53–55. DOI: 10.1201/b15246.

References

1. *Swieca M., Dziki D.* Improvement in sprouted wheat flour functionality: Effect of time, temperature and elicitation. // *International Journal of Food Science and Technology*. 2015. V. 50. P. 2135–2142.
2. Changes in the Nutrient Composition of Barley Grain (*Hordeum vulgare* L.) and of Morphological Fractions of Sprouts / *L.T. Ortiz* [et al.] // *Scientifica*. 2021. Article ID 9968864. P. 1–7. DOI: 10.1155/2021/9968864.
3. Can the sprouting process applied to wheat improve the contents of vitamins and phenolic compounds and antioxidant capacity of the flour? / *S. Zilic* [et al.] // *International Journal of Food Science and Technology*. 2014. V. 49. P. 1040–1047.
4. *Cevallos-Casals B.A., Cisneros-Zevallos L.* Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species // *Food Chemistry*. 2010. V. 119. № 4. P. 1485–1490.
5. 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. V. 18. № 1. P. 305–328.
6. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking / *L. Alvarez-Jubete* [et al.] // *Food Chemistry*. 2010. V. 119. P. 770–778.
7. *Sharma P., Gujral H.S.* Antioxidant and polyphenols oxidase activity of germinated barley and its milling fractions // *Food Chemistry*. 2010. V. 120. P. 673–678.
8. A Concise Review on the Molecular Structure and Function Relationship of β -Glucan / *B. Du* [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. Vol. 20. P. 4032.
9. *Shoukat M., Sorrentino A.* Cereal β -glucan: a promising prebiotic polysaccharide and its impact on the gut health // *International Journal of Food Science and Technology*. 2021. № 1. P. 1–10. DOI: 10.1111/ijfs.14971.
10. Physicochemical and bioactive properties of a high β -glucan barley variety 'Betaone' affected by germination processing / *M.Z. Islam* [et al.] // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021. Vol. 177. P. 129–134.
11. *Sumina A.V., Polonskij V.I., Shaldaeva T.M.* Funkcional'naya cennost' talgana, izgotovlenogo iz proroschennogo zerna pshenicy i yachmenya // *Vestnik VGUIT*. 2021. T. 83, № 1. S. 163–168. DOI: 10.20914/2310-1202-2021-1-163-168.
12. Pat. RU № 2463809 Pischevoj funkcional'nyj produkt «talkan» iz proroschennogo zerna i sposob ego proizvodstva / *Burakaeva G.D., Burakaev I.D.*; patentoobladatel' *Barakaev I.D.* № 2009135940/12; zayavl. 28.09.2009; opubl. 20.10.2012, Byul. № 29.
13. Effects of germination on chemical composition of hull-less spring cereals / *S. Senhoba* [et al.] // *Livestock Research for Rural Development*. 2016. Vol. 1. P. 91–97.

Статья принята к публикации 06.09.2023 / The article accepted for publication 06.09.2023.

Информация об авторах:

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

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

Information about the authors:

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

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

