Влияние щелочной и ферментативной обработки зерна овса и овсяных отрубей на выход β -глюкана

Венера М. Гематдинова¹ venera.nas14@yandex.ru
 Альберт В. Канарский² alb46@mail.ru
 Зося А. Канарская² zosya_kanarskaya@mail.ru
 Ирина И. Сметанская³ iryna.smetanska@hswt.de

¹ Казанский национальный технологический университет, ул. К. Маркса, 68, Казань, Республика Татарстан, 420015, Россия

² Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса, 68, Казань, Республика Татарстан, 420015, Россия

³ Университет прикладных наук Wiehenstephan-Triesdorf, 91746 Weidenbach

Реферат. β -глюкан является разветвленным полисахаридом, мономеры в котором связаны (1,3; 1,4) и (1,6) β -глюкозидной связью и обладает широким спектром биологической активности и, прежде всего, иммуномодулирующим и противовоспалительным. β -глюкан находят в грибах, дрожжах, бактериях, водорослях. Однако, выделение β -глюкана из этого сырья как природного, так и полученного в промышленных условиях биотехнологическими методами является экономически затратным. Перспективным источником β -глюкана являются зерновые культуры: овес, ячмень, пшеница, рожь, рис, кукуруза и просо. Промышленный интерес к зерновым культурам связан с высоким содержанием растворимых разветвленных не крахмалистых полисахаридов, из которых возможно получение β -глюкана. Цель настоящей работы - определение влияния щелочного и двух ступенчатого щелочного и ферментативного методов обработки зерна овса и овсяных отрубей на эффективность выделения β -глюкана. В результате проведенных исследований установлено, что сочетание щелочного и ферментативного способов выделения β -глюкана из зерна овса голозерного шлифованного и овсяных отрубей эффективней щелочного метода. Выход β -глюкана при обработке щелочным и ферментативным методом овсяных отрубей выше, чем из зерна овса голозерного шлифованного. Показано, что β -глюкан, выделенный из овсяных отрубей двухступенчатым щелочным и ферментативным одноступенчатым щелочным методами, содержит меньше сопутствующих веществ по сравнению с β -глюканом, выделенным из зерна овса голозерного шлифованного. Более высокий выход β -глюкана из овсяных отрубей можно объяснить высоким содержанием в них веществ алейронового слоя по сравнению с зерном овса голозерного шлифованного, что подтверждается повышенным содержанием белка в отрубях по сравнению с голозерным зерном. Предварительное растворение белков алейронового слоя и эндосперма в гидроксиде натрия, а также крахмала с последующим их ферментативным гидролизом приводит к более полному извлечению β -глюкана.

Ключевые слова: отруби, зерно овса, щелочная и ферментативная обработка, β -глюкан

Influence of alkaline and environmental processing of oil and grain outs on β -glucane output

Venera M. Gematdinova¹ venera.nas14@yandex.ru
 Albert V. Kanarskii² alb46@mail.ru
 Zosya A. Kanarskaya² zosya_kanarskaya@mail.ru
 Irina I. Smetanskaya³ iryna.smetanska@hswt.de

¹ Kazan national research technological university, K. Marks st. 68 420015, Russia

² Kazan national research technological university, K. Marks st. 68 420015, Russia

³ Hochschule Weihenstephan-Triesdorf University of Applied sciences, Agricultural Faculty-Nriesdorf, 91746 Weidenbach

Summary. β -glucan is a branched polysaccharide whose monomers are bound by (1,3, 1,4) and (1,6) β -glucosidic bonds and has a wide spectrum of biological activity and, above all, immunomodulating and anti-inflammatory. β -glucan is found in fungi, yeast, bacteria, algae. However, the isolation of β -glucan from this raw material, both natural and obtained in industrial conditions by biotechnological methods, is economically costly. A promising source of β -glucan are grains: oats, barley, wheat, rye, rice, corn and millet. The industrial interest in cereals is associated with a high content of soluble branched non-starchy polysaccharides, from which β -glucan production is possible. The purpose of this work is to determine the effect of alkaline and two-step alkaline and enzymatic methods for treating oat and oat bran grains on the efficiency of β -glucan release. As a result of the studies, it has been established that the combination of alkaline and enzymatic methods for the isolation of beta glucan from the grain of oats of holed grinded and oat bran is more effective than the alkaline method. The yield of β -glucan in the treatment with the alkaline and enzymatic method of oat bran is higher than that from the grain of oats of the hollow grinded. It has been shown that β -glucan isolated from oat bran by two-step alkaline and enzymatic one-step alkaline methods contains fewer concomitant substances compared to β -glucan isolated from the grain of oats of the hollow grinded. The higher yield of β -glucan from oat bran can be explained by the high content in them, and also by the use of a grain-sized grain. The preliminary dissolution of the proteins of the aleuron layer and endosperm in sodium hydroxide, as well as starch and subsequent enzymatic hydrolysis thereof, leads to a more complete recovery of β -glucan.

Keywords: Bran, oat grain, alkaline and enzymatic treatment, β -glucan

Введение

По своей химической природе β -глюкан является разветвленным полисахаридом, мономеры в котором связаны (1,3; 1,4) и (1,6) β -глюкозидной связью. Это вещество обладает широким спектром биологической активности и, прежде всего, иммуномодулирующим и противовоспалительным.

Для цитирования

Гематдинова В.М., Канарский А.В., Канарская З.А., Сметанская И.И. Влияние щелочной и ферментативной обработки зерна овса и овсяных отрубей на выход β -глюкана // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 3. С. 164–168. doi:10.20914/2310-1202-2017-3-164-168

For citation

Gematdinova V.M., Kanarskiy A.V., Kanarskaya Z.A., Smetanska I.I. Influence of alkaline and environmental processing of oil and grain outs on β -glucane output. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2017. vol. 79. no. 3. pp. 164–168. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2017-3-164-168

Перспективным источником β -глюкана являются зерновые культуры: овес, ячмень, пшеница, рож, рис, кукуруза и просо. Повышенный интерес к зерновым культурам связан с высоким содержанием растворимых разветвленных не крахмалистых полисахаридов, из которых возможно получение β -глюкана [4–6].

Значительный интерес как источник биологически активных веществ и энергетической составляющей в питании человека, вызывает овес. В овсе содержатся крахмал и белки, определяющие высокую питательную ценность, изготовленных из овса пищевых продуктов. Кроме того, использование овса дает возможность привнести в пищевые продукты клетчатку, витамины, минеральные вещества, нерастворимые и растворимые не перевариваемые в организме человека пищевые волокна и, в частности β -глюкан [1, 2].

Следует отметить, что роль овса в питании человека и кормлении животных является предметом исследования ученых многих поколений, которыми установлено положительное влияние этой зерновой культуры на организм человека и животных. И как указано выше, применение овса в питании человека и кормлении животных обусловлено энергетической ценностью и содержанием биогенных веществ [7–9]. При этом показано, что в овсе содержание β -глюкана выше, чем других зерновых культурах [10]. Как и во всех зерновых культурах, в овсе молекула линейного гомополисахарида β -глюкана образована D-глюкопиранозой, соединенной β -(1,3 и 1,4) связями.

β -глюкан извлекают из зерновых культур щелочными, кислотными и ферментативными способами. Однако, как общие, так и конкретные рекомендации по извлечению β -глюкана из зерновых культур отсутствуют, что не позволяет оценить эффективность применения существующих способов выделения β -глюкана в промышленных условиях [11].

Цель настоящей работы – определение влияния щелочного и двух ступенчатого щелочного и ферментативного методов обработки зерна овса и овсяных отрубей на эффективность выделения β -глюкана.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. определение состава зерна овса и овсяных отрубей;
2. определение влияния щелочного способа обработки зерна овса и овсяных отрубей на эффективность выделения β -глюкана;
3. определение влияния двух ступенчатого щелочного и ферментативного способов обработки зерна овса и овсяных отрубей на эффективность выделения β -глюкана;
4. определение содержания β -глюкана в продукте.

Экспериментальная часть

В исследованиях использовали голозерный овес (*Avena nudum*) шлифованный и отруби овсяные (недомол с мельницы).

В голозерном зерне овса и овсяных отрубях определяли содержание:

- клетчатки по ГОСТ 31675-2012,
- крахмала по ГОСТ 26176-91;
- массовой доли жира по ГОСТ 13496.15-97;
- массовой доли сырого протеина по ГОСТ 13496.4-93;
- массовая доля белка по Барштейну ГОСТ 20083-74;
- содержание влаги по ГОСТ 31640-2012;
- содержание золы ГОСТ Р 51411-99

Ферментативную обработку проводили ферментными препаратами:

- α -amylase AG XXL фирмы «Novozymes» (Швеция). Ферментативная активность 460 AGU/ml, pH = 7.

- Proteks 6 L фирмы «Genencor» (Финляндия). Ферментная активность 580 DU/g., pH 7–10.

Количество сахаров в конечном продукте определяли методом, указанным в работе [12]. При определении содержания в продукте β -глюкана проводили его гидролиз 2М серной кислотой в течение 30 мин. В гидролизате также определяли содержание редуцирующих веществ. Увеличение содержания в гидролизате редуцирующих веществ соответствовало содержанию β -глюкана в продукте.

Разработанная технологическая схема выделения β -глюкана щелочным методом из голозерного зерна овса и овсяных отрубей представлена на рисунке 1а. Предварительно измельченные зерно овса и отруби обрабатываются этанолом для извлечения жиров. Спиртовой экстракт жиров и твердую фазу разделяли центрифугированием. Из спиртового экстракта жиров регенерируется этанол.

Шрот три раза обрабатывается гидроокисью натрия с отделением щелочного экстракта центрифугированием. Экстракты смешиваются и нейтрализуются HCL до pH = 6,5–7,0. Последующим центрифугированием отделяют клетчатку.

При доведении pH суспензии HCL до 6,5–7,0 происходит осаждение олигомеров белков и крахмала, образовавшихся при щелочной обработке, которые отделяются последующим центрифугированием.

Надосадочная жидкость содержит простые сахара, аминокислоты и β -глюкан, который осаждали 95% этанолом в соотношении 1:3, при температуре 4–5 °C в течении 12 часов. Затем центрифугированием отделяли β -глюкана и высушивали при температуре 80 ± 1 °C.

Технологическая схема выделения β -глюкана щелочной и ферментативной двух ступенчатой обработкой представлено на рисунке 1б. Технологическим процессом по данному способу предусматривается щелочную обработку голозерного зерна овса и отрубей овса и отделение клетчатки. Далее производится нейтрализация надосадочной жидкости и последующую ее обработку амилолитическими и протеолитическими ферментами. Центрифугированием разделяют олигомеры белка и крахмала. Дальнейшее выделение β -глюкана проводят описанным выше методом.

Обсуждение результатов

Изучение состава использованного в экспериментах сырья показало, что отруби овса по сравнению с зерном овса голозерного шлифованного содержат большее количество сырой клетчатки, сырого жира, азота, сырого протеина и белка по Барштейну (истинного белка), простых сахаров и зольных элементов. Влажность отрубей ниже, чем зерна овса. Содержание крахмала в отрубях овсяных ниже по сравнению с зерном овса голозерным шлифованным (таблица 1). Установленные различия в составе зерна овса голозерного шлифо-

ванного и овсяных отрубях объясняется технологией получения муки овсяной. При этом следует, прежде всего, подчеркнуть, что в овсяных отрубях содержится больше белковых веществ, чем в зерне овса.

Из результатов, представленных в таблице 2 видно, что на выход β -глюкана из зерна овса голозерного шлифованного и овсяных отрубей влияет способ выделения. Сочетание щелочного и ферментативного способов выделения β -глюкана из использованного в экспериментах сырья является более эффективным, так как выход β -глюкана выше по сравнению с щелочным способом обработки. При этом выход β -глюкана из овсяных отрубей выше, чем из зерна овса шлифованного голозерного.

Способ выделения и исходное сырье также влияет на содержание β -глюкана в конечном продукте после сушки. Двухступенчатый щелочной и ферментативный способ выделения β -глюкана из овсяных отрубей позволяет получить конечный продукт с более высоким содержанием β -глюкана по сравнению с щелочным способом. В продукте, полученном сочетанием щелочной и ферментативной обработки овсяных отрубей, содержится меньшее количество сопутствующих веществ, в частности, простых сахаров.

Рисунок 1. Технологическая схема выделения β -глюкана из голозерного шлифованного овса и овсяных отрубей методами: а) щелочным, б) двухступенчатым щелочным и ферментативным

Figure 1. Technological scheme for the isolation of β -glucan from ground hulless oats and oat bran methods: a) alkaline b) two-stage alkali and enzyme

Таблица 1.

Состав голозерного зерна овса шлифованного и овсяных отрубей

Table 1.

The composition of the grain-sized grain of oat grinded and oat bran

Массовая доля, % Mass fraction, %	Зерно овса голозерного шлифованного Grain oats naked ground	Овсяные отруби из зерна овса голозерного шлифованного Oat bran from oat grain
Сырая клетчатка	0,6	4,9
Крахмал	55,0	21,2
Сырой жир	6,3	6,2
Сырой протеин	13,1	16,1
Белок по Барштейну	12,5	15,2
Влага	14,0	11,1
Зола	1,8	2,9

Таблица 2.

Влияние способа обработки шлифованного голозерного зерна овса и овсяных отрубей на выход и содержание β -глюкан в готовом продукте *

Table 2.

Influence of the method of processing the grinded grain-ice grain of oats and oat bran on the yield and content of β -glucans in the finished product *

Показатели Indicators	Шлифованный голозерный овса Polished of naked oats		Отруби овсяные Oat bran	
	Способы обработки		Ways of processing	
	Щелочной Alkaline	Щелочной-фермен- тативный Alkaline enzymatic	Щелочной Alkaline	Щелочной-фермен- тативный Alkaline enzymatic
Выход β -глюкана, %	3,3	3,9	7,2	9,6
Содержание β -глюкана в продукте, %	48,5	55,2	79,4	81,9
Содержание простых сахаров в продукте, %	8,1	16,8	1,8	5,1

* Прочие компоненты или вещества: белки, аминокислоты, олигосахара, минеральные вещества (Other components or substances: proteins, amino acids, oligosaccharides, minerals)

Более высокий выход β -глюкана из овсяных отрубей можно объяснить высоким содержанием в них веществ алейронового слоя по сравнению с зерном овса голозерного шлифованного, что подтверждается высоким содержанием белка в отрубях. Видимо, алейроновый слой содержит больше β -глюкана, чем эндосперм. Предварительное растворение белков алейронового слоя и эндосперма в гидроокиси натрия, а также крахмала с последующим их ферментативным гидролизом приводит к высвобождению β -глюкана.

Выводы

Сочетание щелочного и ферментативного способов выделения β -глюкана из зерна овса голозерного шлифованного и овсяных отрубей эффективней щелочного метода.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Bechtel D. B., Abecassis J., Shewry P. R., Evers A.D. Development, structure, and mechanical properties of the wheat grain // Wheat – Chemistry and Technology 4th ed. (Khan K, Shewry PR, Hrsg.), AACC International, St. Paul, MN. 2009. P. 51–95.
- 2 Сидоренко В.С., Наумкин Д.В., Костромичева В.А., Старикова Ж.В. и др. Перспективы селекции голозерного ячменя и овса в центральной России // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 1 (17). С. 78–83.
- 3 Пат. FR № 2490919 Российская Федерация МПК – A23C9/137, A23L1/308. Полуужидкий пищевой продукт, содержащий волокна бета-глюканов и гуаровую смолу, и его применение в качестве функционального пищевого продукта / С. Винуа, Т. Стелер, П. Рондо. Оpubл. 24.08.2013. Бюл. № 24.

Выход β -глюкана при обработке щелочным и ферментативным методом овсяных отрубей выше, чем из зерна овса голозерного шлифованного.

β -глюкан, выделенный из овсяных отрубей двухступенчатым щелочным и ферментативным и одноступенчатым щелочным методами, содержит меньше сопутствующих веществ по сравнению с β -глюканом, выделенным из зерна овса голозерного шлифованного.

Благодарности

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (задание № 15.9949.2017/ДААД) и при финансовой поддержке Российского Фонда «Михаил–Ломоносов» и «Иммануил Кант» DAAD (грант 91647680).

4 Пат. № 2469608 Российская Федерация, МПК A23L2/02. Натурально подслащенные соковые продукты с бета-глюканом / Т. Ривера, Д. Эстерлинг; Оpubл. 20.12.2012. Бюл. № 35.

5 Harasym J., Sucheck D., Gromadzka-Ostrowska J. Effect of size reduction by freeze-milling on processing properties of beta-glucan of bran // Journal of Cereal Science. 2015. № 61. P. 119–125.

6 Саломатов А.С. Получение β -глюкана из ячменя методом кислотной экстракции // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 6, 128. С. 130–135.

7 Mikkelsen M.S., Savorani F., Rasmussen M.A., Jespersen B.M. et al. New insights from a β -glucan human intervention study using NMR metabolomics. // Food Research International. 2014. V. 63. Part B. P. 210–217.

8 Decker Eric A., Rose Devin J., Stewart Derek A. Processing of oats and the impact of processing operations on nutrition and health benefits. // British Journal of Nutrition. 2014. № 112. P. 58–64.

9 Sullivan P., Arendt E., Gallagher E. The increasing use of barley and barley byproducts in the production of healthier baked goods // Trends in Food Science & Technology. 2013. V. 29 (2). P. 124–134.

10 Яшин А. Определение природных антиоксидантов в пищевых злаках и бобовых культурах. // Аналитика. 2012. № 1. С. 32–36.

11 Sangwan S., Singh R., Tomar Sudhir K. Nutritional and functional properties of oats: An update. // Journal of Innovative Biology March. 2014. V. 1. № 1. P. 3–14.

12 Морозова Ю.А., Скворцов Е.В., Алимова Ф.К., Канарский А.В. Биосинтез ксиланаз и целлюлаз грибами рода *Trichoderma* на послеспиртовой барде // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т.15. №.19. С. 120–122.

REFERENCES

1 Bechtel D. B., Abecassis J., Shewry P. R., Evers A. D. Development, structure, and mechanical properties of the wheat grain. Wheat – Chemistry and Technology 4th ed. (Khan K, Shewry PR, Hrsg.), AACC International, St. Paul, MN, 2009. pp. 51–95.

2 Sidorenko V.S., Naumkin D.V., Kostromicheva V.A., Starikova Zh. V. et al. Prospects of selection of thenaked barley and oats in the central Russia. *Zernobobovye i krupnyanye kul'tury* [Leguminous and cereal crops] 2016. no. 1 (17), pp. 78–83. (in Russian)

3 Vinua S., Steler T., Rondo P. Poluzhidkiy pishchevoy produkt, sodержashchiy volokna beta-glyukanov i guarovuyu smolu, i yego primeneniye v kachestve funktsional'nogo pishchevogo produkta [Semi-Liquid food hroduct containing beta-glucan fibres and guar guvand such product application as a

functijnal fod product] Patent US, no. 2490919 MPK – A23C9/137, A23L1/308. 24.08.2013. (in Russian)

4 Rivera N., EhSterling D. Natural'no podslashchennyye sokovyye produkty s beta-glyukanom [Naturally sweetened juice products with beta-glutan] Patent RF, no. 2469608 MPK A23L2/02. 20.12.2012. (in Russian)

5 Harasym J., Sucheck D., Gromadzka-Ostrowska J. Effect of size reduction by freeze-milling on processing properties of beta-glucan of bran. Journal of Cereal Science. 2015. № 61. pp. 119–125.

6 Salomatov A.S. Acidic ectraction of β -Glucan from barley. *Vestnik AltGAU* [Proceedings of AltSAU]. 2015. no. 6, 128. pp. 130–135. (in Russian)

7 Mikkelsen M.S., Savorani F., Rasmussen M.A., Jespersen B.M. et al. New insights from a β -glucan human intervention study using NMR metabolomics. Food Research International, 2014. vol. 63, part b. pp. 210–217.

8 Decker Eric A., Rose Devin J., Stewart Derek A. Processing of oats and the impact of processing operations on nutrition and health benefits. British Journal of Nutrition. 2014. no. 112. pp. 58–64.

9 Sullivan P., Arendt E., Gallagher E. The increasing use of barley and barley byproducts in the production of healthier baked goods. Trends in Food Science & Technology. 2013. vol. 29 (2). pp. 124–134.

10 Yashin A. Technofunctional properties of the products of biomodification oats and barley. *Analitika* [Analytics] 2012. no. 1. pp. 32–36. (in Russian)

11 Sangwan S., Singh R., Tomar Sudhir K. Nutritional and functional properties of oats: An update. Journal of Innovative Biology March, 2014. vol. 1. issue 1, pp. 3–14.

12 Morozova Yu. A., Skvortsov E.V., Alimova F.K., Kanarskiy A.V. Biosynthesis of xylanases and cellulase by fungi of the genus *trichoderma* on the post-alcohol bard. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University] 2012. vol. 15, no. 19. pp. 120–122. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Венера М. Гематдинова аспирант, кафедра пищевой инженерии малых предприятий, Казанский национальный технологический университет, ул. К. Маркса, 68, г. Казань, Республика Татарстан, 420015, Россия, venera.nas14@yandex.ru

Альберт В. Канарский д.т.н., профессор, кафедра пищевая биотехнология, Казанский национальный технологический университет, ул. К. Маркса, 68, г. Казань, Республика Татарстан, 420015, Россия, alb46@mail.ru

Зосья А. Канарская к.т.н., кафедра пищевая биотехнология, Казанский национальный технологический университет, ул. К. Маркса, 68, г. Казань, Республика Татарстан, 420015, Россия, zosya_kanarskaya@mail.ru

Ирина И. Сметанская д.т.н., профессор, Университет прикладных наук Wiehenstephan-Triesdorf, Agricultural Faculty-Nriesdorf, Германия 91746 Weidenbach, iryna.smetanska@hswt.de

Venera M. Gematdinova graduate student, department of food engineering in small enterprises deparment, Kazan national research technological university, K. Marks st. 68, 420015, Russia, venera.nas14@yandex.ru

Albert V. Kanarskii doctor of technical sciences, Professor, department of food biotechnology, Kazan national research technological university, K. Marks st. 68, 420015, Russia, alb46@mail.ru

Zosya A. Kanarskaya candidate of technical sciences, department of food biotechnology, Kazan national research technological university, K. Marks st. 68, 420015, Russia, zosya_kanarskaya@mail.ru

Iruna I. Smetanskaya doctor of technical sciences, Professor, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf University of Applied sciences, Agricultural Faculty-Nriesdorf, 91746 Weidenbach, iryna.smetanska@hswt.de

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Венера М. Гематдинова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, написала статью, несет ответственность за плагиат

Альберт В. Канарский научный руководитель, консультация в ходе исследования

Зосья А. Канарская участие в эксперименте, консультация в ходе исследования

Ирина И. Сметанская консультация по тематике исследования

CONFLICT OF INTEREST

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.08.2017

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 21.09.2017

CONTRIBUTION

Venera M. Gematdinova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, wrote an article, take responsibilities for plagiarism

Albert V. Kanarskii scientific director consultation during the study.

Zosya A. Kanarskaya participation in experiment, consultation during the study

Iruna I. Smetanskaya consultation on the subject of research

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 8.10.2017

ACCEPTED 9.21.2017