

УДК 664.785.86

Влияние кислотности среды на выход β -глюкана из овсяных отрубей

В. М. ГЕМАТДИНОВА¹, д-р техн. наук А. В. КАНАРСКИЙ²¹venera.nas14@yandex.ru, ²alb46@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технологический университет

Перспективным источником β -глюкана для использования в пищевых продуктах являются зерновые культуры, в которых β -глюкан находят в эндосперме и алейроновом слое зерновок. При получении изолята β -глюкана (рафинированного продукта) возникают проблемы отделения крахмала и белковых веществ, присутствующих в зерновых культурах. В связи с этим, начальную стадию обработки зерновых культур рекомендуется проводить в щелочной среде. В этих условиях происходит растворение белков и набухание крахмала. Дальнейшее выделение β -глюкана из щелочного раствора возможно путем изменения кислотности среды, при которых белковые и крахмалистые олигомеры седиментируются. При этом β -глюкана остается в растворе и в дальнейшем появляется возможность выделения этого продукта в чистом виде, используя в качестве седиментаторов органических растворителей. Установлено, что на выход β -глюкана и чистоту продукта влияет кислотность среды при осаждении этанолом. Выход β -глюкана при выделении из нейтральной среды выше по сравнению с выходом β -глюкана при выделении из рН 3,0–3,5. При этом β -глюкан содержит меньше сопутствующих веществ. Доказана целесообразность выделения β -глюкана из гидролизатов крахмала и белков, полученных щелочной обработкой овсяных отрубей, с помощью этанола при нейтральной рН среды.

Ключевые слова: отруби овса, щелочная обработка, нейтрализации, выделение β -глюкана.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 25.08.2017, принята к печати 24.11.2017

doi: 10.21047/1606-4313-2017-16-4-18-23

Ссылка для цитирования:

Гематдинова В. М., Канарский А. В. Влияние кислотности среды на выход β -глюкана из овсяных отрубей // Вестник Международной академии холода. 2017. № 4. С. 18–23.

The influence of acidity on the output of β -glucane from oat bran

V. M. GEMATDINOVA¹, D. Sc. A. V. KANARSKII²¹venera.nas14@yandex.ru, ²alb46@mail.ru

Kazan National Research Technological University

A promising source of β -glucan for the use in food products are crops in which β -glucan is found in the endosperm and aleurone layer of the grain. When obtaining the β -glucan isolate (refined product) some problems arise in separating the starch and the proteinaceous substances which are present in the crops. Then, the first stage of grain crops' processing is recommended to be carried out in an alkaline medium. Under these conditions protein dissolution and starch swelling occur. Further isolation of β -glucan from an alkaline solution is possible by changing the acidity of the medium in which protein and starchy oligomers sedimentate. In this case, β -glucan remains in solution and, in the future, it becomes possible to isolate this product in its pure form using organic solvents as sedimentators. It was established that β -glucan yield and product purity were affected by the acidity of the medium when they were precipitated by ethanol. The yield of β -glucan upon isolation from the neutral medium is higher than that of β -glucan when recovered from pH 3.0–3.5. In this case, β -glucan contains less concomitant substances. It is recommended to isolate β -glucan from starch hydrolysates and proteins obtained by alkaline treatment of oat bran; it is recommended to use ethanol at a neutral pH medium for the purpose.

Keywords: oat bran, alkaline treatment, neutralization, β -glucan release.

Article info:

Received 25/08/2017, accepted 24/11/2017

DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-4-18-23

Article in Russian

For citation:

Gematdinova V. M., Kanarskii A. V. The influence of acidity on the output of β -glucane from oat bran. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2017. No 4. p. 18–23.

Введение

Проводимые в мировой практике исследования показали, что β -глюкан является весьма перспективным, доступным и многофункциональным биологически активным соединением, имеющим большое будущее для применения в оздоровительных и лечебных продуктах [1, 2]. Употребление продуктов с содержанием β -глюкана оказывает важный для здоровья эффект, связанный с уменьшением уровня холестерина, балансом сахара и инсулина в крови, поддержанием массы тела и улучшением функции работы кишечника [1, 3]. Являясь растворимым пищевым волокном, β -глюкан представляет большой интерес в качестве функциональных ингредиентов в пищевых продуктах, поскольку они демонстрируют гелеобразующее поведение и стабилизирующие свойства [2, 4].

Одним из источников β -глюкана являются некоторые виды водорослей [5], различные видов грибов, таких как Рейши, Шиитакэ и Маитаке [6]. Следует отметить, что выделение β -глюкана из этого сырья как природного, так и полученного в промышленных условиях является экономически затратным. Данные технологии используются для получения препаратов медицинского назначения и в косметических целях.

Перспективным, экономически выгодным источником β -глюкана для использования его в пищевых продуктах являются зерновые культуры, в которых β -глюкан находят в эндосперме и алейроновом слое зерновок [4, 7, 8]. Содержание β -глюкана в зерновке варьируется в зависимости от условий окружающей среды в период развития эндосперма и регулируется эндогидролазами известными как 1,3-1,4- β -глюканазы для создания пористой структуры эндосперма зерна и необходимых условий прорастания [9]. Среди зерновых культур наибольшее содержание (г на 100 г сухой массы) β -глюкан находят в ячмене — 2–20 г (65% растворимых в воде фракций) и в овсе — 3–8 г (82% растворимых в воде фракций). Другие злаки также содержат β -глюкан, но в значительно меньших количествах: сорго — 1,1–6,2 г, рожь — 1,3–2,7 г, кукуруза — 0,8–1,7 г, тритикале — 0,3–1,2 г, пшеница — 0,5–1,0 г, твердые сорта пшеницы — 0,5–0,6 г, рис — 0,13 г [10].

Используют два способа выделения β -глюкана из зерновых культур. Сухой способ предусматривает измельчение зерна с последующим фракционированием и получением продуктов, обогащенных β -глюканом от 8 до 30%. В частности, такой способ получения обогащенного β -глюканом продукта возможен при получении из овса крупы и овсяных отрубей богатых алейроновым слоем, содержащих 7–10% β -глюкана [11].

Второй способ основан на извлечении β -глюкана из зерна растворителями [10]. Эти подход позволяет получать изоляты и концентраты, содержащие до 95% β -глюкана.

Однако, извлечение изолятов β -глюкана является довольно сложным и сравнительно дорогостоящим процессом, поскольку алейроновый слой содержит крахмал, белки и липиды [12]. Данные методы выделения β -глюкана основаны на тепловой и щелочной обработке сырья и сочетании этих физических воздействий [13].

Поэтому, в целях удешевления процесса извлечения изолятов β -глюкана, целесообразно в качестве сырья использовать отходы переработки зерновых культур: овса,

ячменя, пшеницы, ржи, риса, кукурузы и проса. Повышенный интерес к отходам зерновых культур также связан с высоким содержанием растворимых разветвленных не крахмалистых полисахаридов, из которых возможно получение β -глюкана [2, 3, 6].

При получении изолята β -глюкана (рафинированного продукта) возникают проблемы отделения крахмала и белковых веществ, присутствующих в зерновых культурах. Первую стадию обработки зерновых культур рекомендуется проводить в щелочной среде [13]. В этих условиях происходит растворение белков и набухание крахмала. Дальнейшее выделение β -глюкана из щелочного раствора возможно путем изменения кислотности среды, при которых белковые и крахмалистые олигомеры седиментируются. При этом β -глюкан остается в растворе и в дальнейшем появляется возможность выделения этого продукта в чистом виде, используя в качестве седиментаторов органические растворители.

Цели и задачи исследования

Целью настоящей работы является определение влияния кислотности крахмалистых и белковых гидролизатов овсяных отрубей на выход и качество β -глюкана.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. определение состава овсяных отрубей;
2. разработка технологической схемы выделения β -глюкана из овсяных отрубей;
3. определение влияния кислотности среды на выход β -глюкана;
4. определение содержания β -глюкана в полученном продукте.

Экспериментальная часть

В исследованиях использовали отруби овсяные, полученные размолотом голозерного шлифованного овса (недомол с мельницы).

В 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;
- массовой доли белка по Барштейну ГОСТ 20083–74;
- содержание влаги по ГОСТ 31640–2012;
- содержание золы ГОСТ Р 51411–99.

Количество сахаров в конечном продукте определяли методом, указанным в работах [14, 15]. 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.

Разработка технологической схемы выделения β -глюкана из отрубей овса в нейтральной и кислой средах

Предварительные исследования показали, что эффективность выделения β -глюкана из отрубей овса зависит от дисперсного состава отрубей. При этом дисперс-

ность исходного сырья существенно влияет на последующее разделение твердой и жидкой фаз образующихся продуктов. Наиболее целесообразно отруби измельчать в молотковой мельнице с подовым ситом, имеющим диаметр отверстий позволяющим получать фракции измельченного сырья не более 0,5 мм.

Присутствие в отрубях овса жиров является отрицательным фактором влияющим, прежде всего, на качество β -глюкана. Конечный продукт не должен содержать жиры и продукты его распада, которые появляются при хранении и вызывают прогоркание. В качестве экстрагента использовался этанол. Выбирая оптимальные условия экстракции жиров этанолом, варьировали концентрацией этанола от 30 до 95%, гидромодулем от 1:5 до 1:15, температурой от 40 до 70 °С и продолжительностью экстракции от 10 до 90 мин. Установлено, что для экстракции жиров наиболее целесообразно использовать этанол концентрацией 50% и экстракцию проводить при гидромодуле 1:10, температуре 60 °С и продолжительности 30 мин.

Эксперименты показали, что среди используемых в промышленности методов разделения твердой фазы и спиртового экстракта жиров, наиболее предпочтительным в рассматриваемой технологии является центрифугирование при 15000 об/мин и температуре от 4 до 5 °С.

Дальнейшее извлечение β -глюкана из отрубей овса производили раствором гидроокиси натрия. Варьируя

расходом гидроокиси натрия от 3 до 10%, температурой от 40 до 90 °С, гидромодулем от 1:3 до 1:10 и продолжительностью от 15 до 90 мин, установлены параметры и необходимость проведения трехкратной щелочной экстракции.

В щелочной среде происходит растворение белковых и крахмалистых веществ отрубей овса. β -глюкан высвобождается из эндосперма и алейронового слоя. Также β -глюкан экстрагируется из зерновой клетчатки овса. Центрифугированием отделяли клетчатку, которая после промывки и сушки может быть использована в качестве нерастворимых пищевых волокон.

Для определения влияния кислотности среды на выход и чистоту продукта дальнейшего выделения β -глюкана проводили при нейтральной pH и при pH 3–4. Необходимую кислотность среды достигали внесением в щелочной гидролизат соляной кислоты. Последующее центрифугирование позволяет отделить олигомеры крахмала и белка, которые могут быть использованы при культивировании микроорганизмов, в частности дрожжей.

Надосадочная жидкость содержит простые сахара, аминокислоты и β -глюкан. Исследования показали, что выделение β -глюкана из такой сложной гетерогенной среды возможно осаждением этого биополимера 95% этанолом в соотношении 1:3, при температуре 4–5 °С в те-

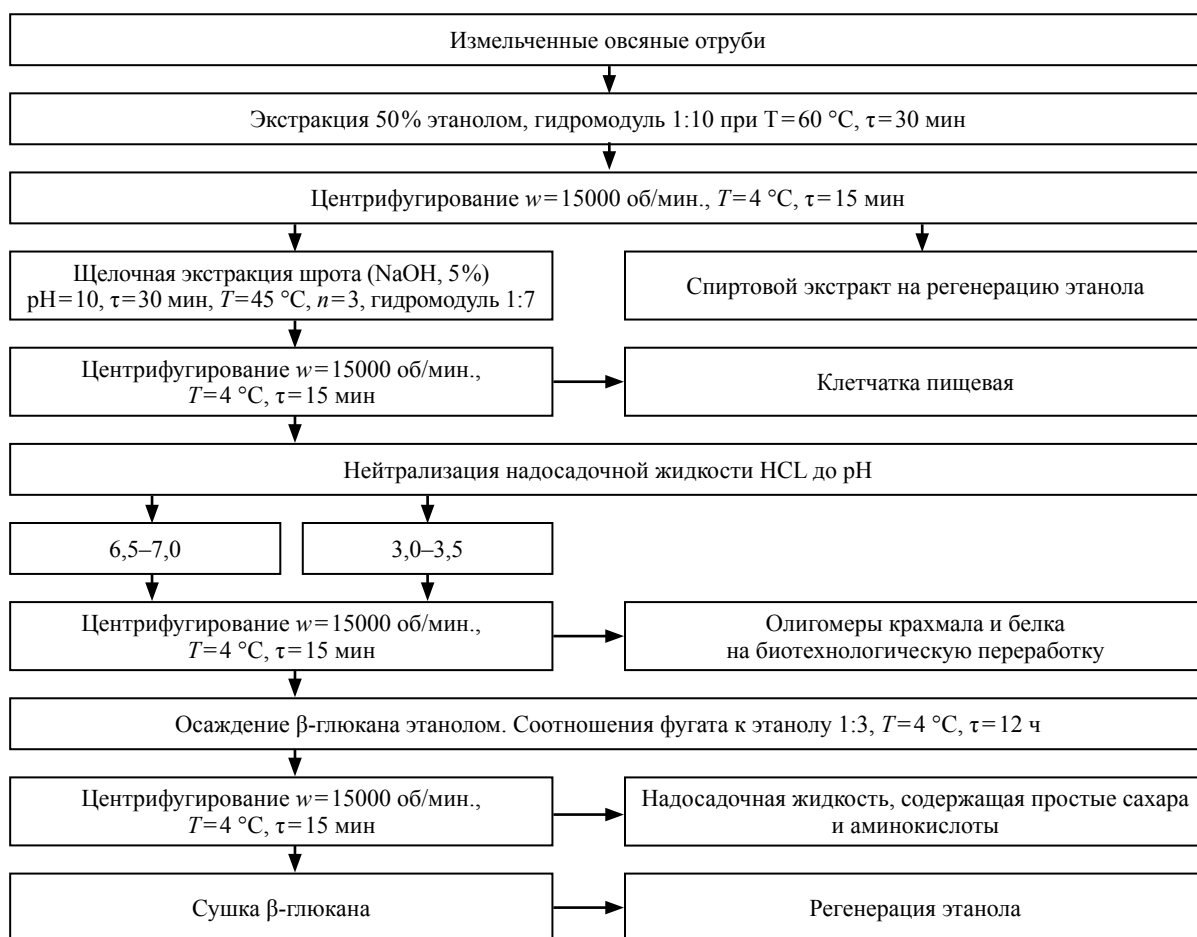


Рис. 1. Технологическая схема выделения β -глюкана из овсяных отрубей

Fig. 1 The technological scheme of β -glucan obtaining from oat bran

Таблица 1
Состав овсяных отрубей
Table 1
Oat bran composition

| Наименование показателей | Овсяные отруби из зерна, голозерного шлифованного |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Массовая доля сырой клетчатки, % | 4,99 |
| Массовая доля крахмала, % | 21,2 |
| Массовая доля сырого жира, % | 6,2 |
| Массовая доля сырого протеина, % | 16,1 |
| Массовая доля белка по Барштейну, % | 15,2 |
| Массовая доля влаги, % | 11,1 |
| Массовая доля золы, % | 2,9 |

чение 12 ч. Дальнейшее центрифугирование позволяет отделить осажденный этанолом β-глюкан и высушить при температуре 60–70 °С с соответствующей регенерацией этанола.

Разработанная технологическая схема выделения β-глюкана из овсяных отрубей в нейтральной и кислой средах показана на рис. 1.

Результаты и обсуждение

Состав овсяных отрубей, использованных в исследованиях, представлен в табл. 1. Отруби овса, полученные при переработке шлифованного голозерного овса на муку, богаты сырой клетчаткой, сырым жиром, сырым протеином и белком по Барштейну (истинным белком), а также зольными элементами. Содержание крахмала в овсяных отрубях и их влажность ниже по сравнению с зерном овса голозерным шлифованным [15]. Различия в составе зерна овса голозерного шлифованного и овсяных отрубей можно объяснить технологией получения муки овсяной, при которой белковые вещества, прежде всего белки алейронового слоя, переходят в овсяные отруби.

Из результатов представленных в табл. 2 видно, что на выход β-глюкана из овсяных отрубей влияет кислотность среды при осаждении β-глюкана этанолом. Осаждение β-глюкана этанолом в нейтральной среде является более эффективным, так как выход β-глюкана выше по сравнению с осаждением при pH 3,0–3,5.

Кислотность среды также влияет на содержание β-глюкана в конечном продукте после сушки. Осаждение β-глюкана в нейтральной среде позволяет получить конечный продукт с более высоким содержанием β-глюкана по сравнению с осаждением при pH 3,0–3,5.

Следует отметить, что в продукте, полученном осаждением β-глюкана в нейтральной среде, содержится меньшее количество сопутствующих веществ, в частности, простых сахаров.

Полученный, в результате проводимого исследования, более высокий выход β-глюкана при осаждении

Таблица 2
Влияние кислотности среды на выход β-глюкана из овсяных отрубей и содержание β-глюкана в готовом продукте*

Table 2
The influence of acidity on β-glucan yield from oat bran and the content of β-glucan in the finished product*

| Показатели | pH при осаждении β-глюкана этанолом | |
|------------------------------------------|-------------------------------------|---------|
| | 6,0–6,5 | 3,0–3,5 |
| Выход β-глюкана, % | 7,2 | 6,5 |
| Содержание β-глюкана в продукте, % | 79,4 | 75,0 |
| Содержание простых сахаров в продукте, % | 1,8 | 2,1 |

* Прочие компоненты или вещества: белки, аминокислоты, олигосахара, минеральные вещества.

этанолом из нейтральной среды по сравнению с осаждением при pH 3,0–3,5 объясняется влиянием кислотности на электрокинетические свойства белков. При нейтральной pH среды не происходит агрегирование растворенных в щелочной среде олигомерных белков алейронового слоя, которые отделяясь центрифугированием не взаимодействуют с β-глюканом.

Снижение pH до 3,0–3,5 приводит к изоэлектрическим явлениям в белках, которые в этих условиях коагулируют, взаимодействуя с β-глюканом. Собственно, и в естественных условиях, т.е. в зерне овса, β-глюкан находится в физическом взаимодействии с белками. Последующее центрифугирование и приводит к потерям β-глюкана.

Необходимо отметить, что снижение pH до 3,0–3,5 вызывает более полный гидролиз крахмала с образованием простых сахаров, которые повышают их содержание в конечном продукте. Отделение олигомеров в нейтральной среде позволяет получать готовый продукт, содержащий меньшее количество сопутствующих веществ.

Выводы

На основании результатов проведенного исследования, можно сделать следующие выводы.

На выход β-глюкана и чистоту продукта влияет кислотность среды при осаждении этанолом. Выход β-глюкана при выделении из нейтральной среды выше по сравнению с выходом β-глюкана при выделении из pH 3,0–3,5. При этом β-глюкан содержит меньше сопутствующих веществ.

Выделение β-глюкана из гидролизатов крахмала и белков, полученных щелочной обработкой овсяных отрубей, целесообразно проводить этанолом при нейтральной pH среды.

Полученный таким образом β-глюкан позволит использовать его при производстве продуктов питания для широкого круга потребителей, оказывая полезный эффект на здоровье человека.

Литература

References

1. Khoury D. El., Cuda C., Luhovyy B. L., and Anderson G. H. Beta Glucan: Health benefits in obesity and metabolic syndrome. // *Journal of Nutrition and Metabolism*. 2012. No 28. P. 54–81.
2. Jagmohan S., Shafiya R. β -Glucan and Functionality: A Review. // *EC Nutrition*. 2017 No. 10 (2). P. 67–74.
3. Mattia P. A., Giuseppe S., Daniela F. β -Glucans and Probiotics. // *American Journal of Immunology*. 2017. No 13 (1). P. 34–44.
4. Arena M. P., Russo P., Fiocco D., Capozzi V., Spano G. β -Glucans and Synbiotic Foods. // *Probiotics, Prebiotics and Synbiotics, Bioactive Foods in Promoting Health*. 2015. No. 18. P. 423–433.
5. Fedorov S. N., Ermakova S. P., Zvyagintseva T. N., Stonik V. A. Anticancer and Cancer Preventive Properties of Marine Polysaccharides: Some Results and Prospects // *Mar. Drugs*. 2013, 11 (12), 4876–4901; doi:10.3390/md11124876
6. Polonskii V. I., Sumina A. V. β -glucans content as a perspective trait in the barley breeding for foodstuff use. // *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2013. № 5. P. 30–43.
7. Chanput W., Reitsma M., Kleinjans L., Mes J. J., Savelkoul H. F. β -glucans are involved in immune-modulation of THP-1 macrophages. // *Mol. Nutr. Food Res.*, 2012. No. 56. P. 822–833.
8. Chow, V., Kim, Y. S., Rhee, M. S., Sawhney, N., St. John, F. J., Nong, G., Rice, J. D., Preston, J. F. A 1,3–1,4- β -glucan utilization regulon in *Paenibacillus* sp. strain JDR-2. // *Applied and Environmental Microbiology*. 2016. Vol. 82. Issue 6. P. 1789–1798.
9. Zielke C., Kosik O., Ainalem M.-L., Lovegrove A., Stradner A., Nilsson L. Characterization of cereal β -glucan extracts from oat and barley and quantification of proteinaceous matter. // *PLOS ONE*. 2017. No 12 (2). P. 172–185. DOI: 10.1371/journal.pone.0172034
10. Саломатов А. С. Получение β -глюкана из ячменя методом кислотной экстракции. // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2015. № 6 (128). С. — 130–134.
11. Boggini G., Cattaneo M., Paganoni C., Vaccino P. Genetic variation for waxy proteins and starch properties in Italian wheat germplasm. // *Euphytica*. 2013. No. 119. P. p. 111–114.
12. Fengmei Z., Bin D., Baojun X. A critical review on production and industrial applications of betaglucans. // *Food Hydrocolloids*. 2016. No. 52. P. 275–288.
13. Perez-R. D., Bergenstahl B., Nilsson L. Development and evaluation of methods for starch dissolution using asymmetrical flow field-flow fractionation. Part I: Dissolution of amylopectin. // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2015. No 407 (15). P. 4315–4326.
14. 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.
15. Мамадьюфова М. Г., Сабоев И. А., Рахимов М. М., Насырова Ф. Ю. Содержание крахмала и белка пшеницы и ее диких сородичей, произрастающих в разных условиях // *Биохимия Растений*. 2013. Т. 56, № 10. С. 832–836.
1. Khoury D. El., Cuda C., Luhovyy B. L., and Anderson G. H. Beta Glucan: Health benefits in obesity and metabolic syndrome. // *Journal of Nutrition and Metabolism*. 2012. No 28. P. 54–81.
2. Jagmohan S., Shafiya R. β -Glucan and Functionality: A Review. // *EC Nutrition*. 2017 No. 10 (2). P. 67–74.
3. Mattia P. A., Giuseppe S., Daniela F. β -Glucans and Probiotics. // *American Journal of Immunology*. 2017. No 13 (1). P. 34–44.
4. Arena M. P., Russo P., Fiocco D., Capozzi V., Spano G. β -Glucans and Synbiotic Foods. // *Probiotics, Prebiotics and Synbiotics, Bioactive Foods in Promoting Health*. 2015. No. 18. P. 423–433.
5. Fedorov S. N., Ermakova S. P., Zvyagintseva T. N., Stonik V. A. Anticancer and Cancer Preventive Properties of Marine Polysaccharides: Some Results and Prospects. // *Mar. Drugs*. 2013, 11 (12), 4876–4901; doi:10.3390/md11124876
6. Polonskii V. I., Sumina A. V. β -glucans content as a perspective trait in the barley breeding for foodstuff use. // *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2013. No 5. P. 30–43.
7. Chanput W., Reitsma M., Kleinjans L., Mes J. J., Savelkoul H. F. β -glucans are involved in immune-modulation of THP-1 macrophages. // *Mol. Nutr. Food Res.*, 2012. No. 56. P. 822–833.
8. Chow, V., Kim, Y. S., Rhee, M. S., Sawhney, N., St. John, F. J., Nong, G., Rice, J. D., Preston, J. F. A 1,3–1,4- β -glucan utilization regulon in *Paenibacillus* sp. strain JDR-2. // *Applied and Environmental Microbiology*. 2016. Vol. 82. Issue 6. P. 1789–1798.
9. Zielke C., Kosik O., Ainalem M.-L., Lovegrove A., Stradner A., Nilsson L. Characterization of cereal β -glucan extracts from oat and barley and quantification of proteinaceous matter. // *PLOS ONE*. 2017. No 12 (2). P. 172–185. DOI: 10.1371/journal.pone.0172034
10. Salomatov A. S. Acidic extraction of β -Glucan from barley. // *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2015. No 6 (128). P. 130–134. (in Russian)
11. Boggini G., Cattaneo M., Paganoni C., Vaccino P. Genetic variation for waxy proteins and starch properties in Italian wheat germplasm. // *Euphytica*. 2013. No. 119. p. 111–114.
12. Fengmei Z., Bin D., Baojun X. A critical review on production and industrial applications of betaglucans. // *Food Hydrocolloids*. 2016. No. 52. P. 275–288.
13. Perez-R. D., Bergenstahl B., Nilsson L. Development and evaluation of methods for starch dissolution using asymmetrical flow field-flow fractionation. Part I: Dissolution of amylopectin. // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2015. No 407 (15). P. 4315–4326.
14. Morozova Yu. A., Skvortsov E. V., Alimova F. K., Canarsky A. V. Biosynthesis of xylanases and cellulases with fungi of the genus *trichoderma* on the post-alcohol bard. // *Bulletin of Kazan Technological University*. 2012. Vol. 15, No. 19. P. 120–122. (in Russian)
15. Mamadysufova M. G., Saboev I. A., Rahimov M. M., Nasirova F. Yu., K. A. Aliev. The content of starch and protein of wheat and its wild relatives, growing in different ecological conditions of Tajikistan. // *Biokhimiya Rastenii. [Biochemistry of plants]*. 2013. Vol. 56, No. 10. P. 832–836. (in Russian)

Сведения об авторах**Гематдинова Венера Маратовна**

аспирант кафедры пищевой инженерии малых предприятий Казанского национального исследовательского технологического университета, 420015, г. Казань, К. Маркса, 68, venera.nas14@yandex.ru.

Канарский Альберт Владимирович

д. т. н., профессор кафедры пищевой инженерии малых предприятий Казанского национального исследовательского технологического университета, 420015, г. Казань, К. Маркса, 68, alb46@mail.ru

Information about authors**Gematdinova Venera Maratovna**

graduate student of Department of food engineering in small enterprises of Kazan National Research Technological University, 420015, K. Marksa str., 68, Kazan, Russia, venera.nas14@yandex.ru.

Kanarskii Albert Vladimirovich

D. Sc., professor of Department of food engineering in small enterprises of Kazan National Research Technological University, 420015, K. Marksa str., 68, Kazan, Russia, alb46@mail.ru.

Требования к рукописям, представляемым в журнал «Вестник МАХ»

- В начале статьи, слева – УДК;
- После названия статьи – авторы с указанием места работы и контактной информации (e-mail);
- Одновременно со статьей представляется аннотация и ключевые слова на русском и английском языках.
- Аннотация должна содержать от 200 до 250 слов (приблизительно 1500 печатных знаков). Аннотация должна быть полноценной и информативной, не содержать общих слов, отражать содержание статьи и результаты исследований, строго следовать структуре статьи.

Статья должна быть структурирована:

Во введении необходимо представить содержательную постановку рассматриваемого вопроса, провести краткий анализ известных из научной литературы решений (со ссылками на источники), дать критику их недостатков, показать научную новизну и преимущество (особенности) предлагаемого подхода.

В основном тексте статьи должна быть представлена строгая постановка решаемой задачи, изложены и обстоятельно разъяснены (доказаны) полученные утверждения и выводы, приведены результаты экспериментальных исследований или математического моделирования, иллюстрирующие сделанные утверждения. Основной текст статьи должен быть разбит на содержательные разделы.

В заключении (Выводы) необходимо кратко сформулировать основные результаты, прокомментировать их и, если возможно, указать направления дальнейших исследований и области применения.

- статьи представляются набранными на компьютере в текстовом редакторе Word 97-2007 на одной стороне листа через 1,5 интервала, размер шрифта 14.
- объем статьи 15–20 страниц (формат А4, вертикальный, 210x297 мм), включая аннотацию, рисунки, литературу; поля: левое – 2 см, правое – 2 см, верхнее – 2 см, нижнее – 2 см;
- иллюстрации представляются на магнитном носителе в следующем формате: растровые - TIFF-SMYK-300 dpi, TIFF-VM-800 dpi, векторные – EPS-SMYK4
- формулы и отдельные символы набираются с использованием редактора формул MathType (Microsoft Equation), **не вставлять формулы из пакетов MathCad и MathLab.**
- Список литературных источников должен быть оформлен по ГОСТу и содержать ссылки только на опубликованные работы. Самоцитирование не более 25%, список литературы должен содержать источники не старше 5 лет и включать в себя зарубежные публикации по данной тематике. Номера ссылок в тексте должны идти строго по порядку их цитирования и заключаться в квадратные скобки. Количество пристатейных ссылок не менее 15-20.

Статьи, оформленные с нарушением правил, редакцией не принимаются и возвращаются авторам без рассмотрения по существу. Автор гарантирует отсутствие плагиата и иных форм неправомерного заимствования результатов других произведений.

Данные об аффилировании авторов (author affiliation).

На отдельной странице предоставляются сведения об авторах на русском и английском языках: фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, звания (звания в негосударственных академиях наук и почетные звания не указывать), должности основного места работы (учебы); наименование и почтовые адреса учреждений, в которых работают авторы, e-mail.

Статьи принимаются на магнитном носителе и в печатном экземпляре или высылаются на электронный адрес редакции vestnikmax@rambler.ru

Плата за публикации не взимается

Дополнительная информация для авторов на сайте <http://vestnikmax.com>