

Научная статья/Research Article

УДК 664.65

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-184-193

Ольга Викторовна Чугунова¹, Екатерина Владимировна Пастушкова^{2✉},
Ольга Владимировна Плиска³, Аркадий Сергеевич Пономарев⁴,
Екатерина Александровна Трошина⁵

^{1,2,3,4,5} Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

¹ chugun.ova@yandex.ru

² pas-ekaterina@yandex.ru

³ pliska-olga@yandex.ru

⁴ pas-ekaterina@yandex.ru

⁵ pas-ekaterina@yandex.ru

ФЕРМЕНТАТИВНОЕ ПОЛУЧЕНИЕ КОНЦЕНТРАТОВ β-ГЛЮКАНОВ ИЗ ВТОРИЧНЫХ ПИЩЕВЫХ РЕСУРСОВ

Цель исследования – получение концентрата β-глюкана из овсяных отрубей для дальнейшего его использования в производстве функциональных пищевых продуктов. К перспективным источникам β-глюкана (для дальнейшего применения в пищевой промышленности) относят зерновые культуры (ячмень, овес и пшеница). Увеличение популярности зерновых культур обусловлено высоким содержанием растворимых разветвленных не крахмалистых полисахаридов, из которых и получают β-глюкан. При изучении технологий извлечения β-глюкана было установлено, что существенным препятствием для эффективного использования β-глюканов в качестве добавок иммуномодулирующего и радиопротекторного действия является скорость, с которой они всасываются в организме человека. Встречающиеся в природе β-глюканы содержат сшитые полимеры основных звеньев глюкозы и считаются очень большими молекулами. При этом β-глюканы могут быть как растворимыми в воде, так и нерастворимыми, обладающими устойчивостью к воздействию кислот. Растворимые β-глюканы обладают большей физиологической активностью, чем нерастворимые. С целью удаления жировой фазы, способствующей возникновению процесса прогоркания при хранении, на предварительном этапе сырье дополнительно обрабатывали 50 %-м этанолом. Представленная технология с применением ферментного препарата Saczyme®Yield (Novozymes, Дания) позволяет увеличить выход β-глюкана, растворимого в воде, за счет разрушения крахмала и частичного гидролиза целлюлозы. Исследования, посвященные подбору оптимальных параметров дозировки препарата и времени экспозиции, показали, что при температуре 60 °С, продолжительности времени 60 мин, гидромодуле 1:5, дозировке препарата 70 ед/г возможно извлечь из 100 г овсяных отрубей 60 ± 1 г концентрата β-глюкана.

Ключевые слова: β-глюкан, ферментативная обработка, отруби овсяные, зерновая культура, вторичные пищевые ресурсы.

Для цитирования: Ферментативное получение концентратов β-глюканов из вторичных пищевых ресурсов / О.В. Чугунова [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 8. С. 184–193. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-184-193.

Olga Viktorovna Chugunova¹, Ekaterina Vladimirovna Pastushkova^{2✉}, Olga Vladimirovna Pliska³, Arkady Sergeevich Ponomarev⁴, Ekaterina Alexandrovna Troshina⁵

^{1,2,3,4,5} Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

¹ chugun.ova@yandex.ru

² pas-ekaterina@yandex.ru

³ pliska-olga@yandex.ru

⁴ pas-ekaterina@yandex.ru

ENZYMATIC PRODUCTION OF β -GLUCAN CONCENTRATES FROM SECONDARY FOOD RESOURCES

The purpose of the study is to obtain a concentrate of β -glucan from oat bran for its further use in the production of functional foods. Promising sources of β -glucan (for further use in the food industry) include cereals (barley, oats and wheat). The increase in popularity of cereal crops is due to the high content of soluble branched non-starchy polysaccharides, from which β -glucan is obtained. When studying β -glucan extraction technologies, it was found that a significant obstacle to the effective use of β -glucans as immunomodulatory and radioprotective additives is the rate at which they are absorbed in the human body. Naturally occurring β -glucans contain cross-linked polymers of basic glucose units and are considered to be very large molecules. At the same time, β -glucans can be both soluble in water and insoluble, resistant to acids. Soluble β -glucans are more physiologically active than insoluble ones. In order to remove the fatty phase, which contributes to the occurrence of rancidity during storage, at the preliminary stage, the raw material was additionally treated with 50 % ethanol. The presented technology using the enzyme preparation Saczyme®Yield (Novozymes, Denmark) makes it possible to increase the yield of water-soluble β -glucan due to the destruction of starch and partial hydrolysis of cellulose. Studies devoted to the selection of optimal drug dosage parameters and exposure time showed that at a temperature of 60 °C, a time duration of 60 minutes, a hydromodulus of 1:5, a drug dosage of 70 units/g, it is possible to extract 60 ± 1 g of β concentrate from 100 g of oat bran -glucan.

Keywords: β -glucan, enzymatic processing, oat bran, grain crop, secondary food resources.

For citation: Enzymatic production of β -glucan concentrates from secondary food resources / O.V. Chugunova [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(8):184–193. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-184-193.

Введение. Первые упоминания о β -глюкане, обнаруженном в лишайниках, появились еще в 1940-х гг. Углубленное изучение данного полисахарида происходило в 1980-х гг. параллельно в двух странах: в США и Японии. β -глюкан был выведен американскими исследователями из клеточных стенок хлебопекарных дрожжей, которые, в свою очередь, являются одноклеточными микроскопическими грибами вида *Saccharomyces cerevisiae*. В то время как в Японии был выделен из местных грибов, которые использовались в лечебных целях: шиитаке, рейши, майтаке и др. [1]. Также β -глюканы содержатся в злаковых культурах (рожь, овес, ячмень), речных и морских водорослях и бактериях, среди которых встречаются и патогенные. Одна из активных форм β -глюкана находится в овсе.

β -глюканы обладают широким спектром полезных свойств. Они способны достаточно сильно воздействовать на иммунную систему, оказывают радиопротекторное и антиоксидантное действие. β -глюканы способствуют росту иммунных клеток спинного мозга, подавляют рост раковых клеток. Также они очень полезны для людей, больных диабетом, так как снижают уровень сахара в крови, и для людей с повышенным уровнем холестерина за счет способности нормализовать уровень липидов. β -глюкан позитивно воздействует и на пищеварение, так как активизирует рост нормальной микрофлоры кишечника и практически не обладает побочными эффектами [2, 3].

β -глюкан – это полисахарид природного происхождения. Он представляет собой сложную, длинную цепочку из мономеров D-глюкозы (глю-

канов), которые соединяются β -гликозидными связями.

Глюканы расположены в виде шестисторонних D-глюкозных колец. В зависимости от источника происхождения β -глюкана кольца глюкозы линейно соединяются в различных углеродных позициях, хотя чаще всего β -глюканы имеют 1-3 гликозидные связи в своей основной цепи [4].

Существенным препятствием для эффективного использования β -глюканов в качестве добавок иммуномоделирующего и радиопротекторного действия является скорость, с которой

они всасываются в организме человека. Встречающиеся в природе β -глюканы содержат сшитые полимеры основных звеньев глюкозы и считаются очень большими молекулами. Они нерастворимы в воде и устойчивы к воздействию кислот [5].

β -глюканы грибов и дрожжей имеют разветвленное строение (рис. 1). Основная цепь их макромолекул состоит из остатков β -D-глюкопираноз, соединенных 1 \rightarrow 3 гликозидными связями. К основной цепи подсоединяются боковые ответвления в положениях 0-6. Частота и размер ответвлений могут варьироваться [6].

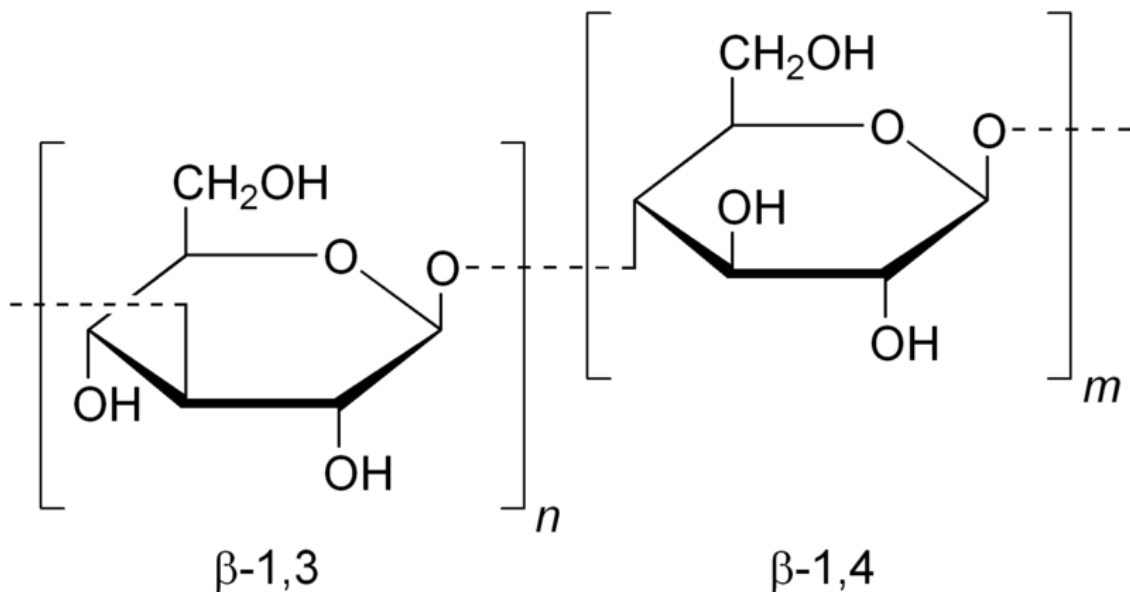


Рис. 1. Строение β -глюканов зерновых культур

Макромолекулы β -глюканов зерновых культур имеют линейное строение. Клеточные стенки эндосперма зерна содержат мало целлюлозы и в основном состоят из 1-3,1-4 β -D-глюканов и арабиноксиланов. Их соотношение может отличаться в зависимости от вида злака. Например, пшеница и рожь преимущественно состоят из арабиноксиланов, а в овсе и ячмене преобладают 1-3,1-4 β -D-глюканы [7]. Содержание данных β -глюканов в ячмене составляет от 3 до 11 %, во ржи – от 1 до 2 %, в пшенице – меньше 1 %. β -глюкан в ячмене распределен равномерно по всему эндосперму. В овсе β -глюкан также находится в эндосперме овсяного зерна, но в отличие от ячменя он располагается больше во внешних слоях эндосперма.

Молекулы β -глюканов состоят из около 2500 остатков β -(1 \rightarrow 4)-связанных D-глюкопираноз, которые разделены β -(1 \rightarrow 3)-связями. Фрагменты блоков являются тримерами или тетрамерами [8]. В глюкане они известны как целлотриозил (трисахарид) и целлотетраозил (олигосахарид из четырех остатков глюкозы). Их соотношение может быть разным. Например, в ячмене больше 1 \rightarrow 4 связей, имеющих полимеризацию со степенью выше 4. В зерне овса молярное отношение тримеров и тетрамеров составляет обычно 1,5:2,3 [4, 6].

При растворении β -глюканы и арабиноксиланы образуют гидроколлоиды с высокой вязкостью [9]. Чем ниже соотношение целлотриозил-целлотетраозил, тем выше вязкость β -глюкана в

растворе. Также вязкость зависит от молекулярной массы и уровня растворимости. Овсяный β -глюкан состоит по большей степени из растворимой клетчатки, но при высокой концентрации β -глюканы овса становятся нерастворимыми. Молекулярная масса растворимых β -глюканов овса составляет около 500000 г/моль, а молекулярная масса нерастворимых – менее 200000 г/моль [10].

Более вязкий внутренний раствор β -глюкана обычно приводит к положительным физиологическим эффектам, включая более выраженный гипогликемический эффект и снижение уровня холестерина, а также снижение уровня глюкозы в крови после приема пищи.

В исследованиях ряда авторов показано, что растворимые β -глюканы обладают большей физиологической активностью, чем нерастворимые [11, 12].

Содержание β -глюкана в граммах сухого веса зерновых культур варьируется в зависимости от вида зерна. В 100 г овса содержится от 3 до 8 г β -глюкана (82 % растворимых в воде фракций), в ячмене – от 2 до 20 г (65 % растворимых в воде фракций), во ржи – от 1,3 до 2,7 г, в сорго – от 1,1 до 6,2; в тритикале – от 0,3 до 1,2; в пшенице – от 0,5 до 1,0, в рисе – около 0,13 г.

Количество β -глюкана также может варьироваться в зависимости от его строения. Например, в цельном зерне овса содержание β -глюкана примерно на 8 % меньше, чем в овсе без оболочки.

Способность β -глюкана связывать содержащее в кишечнике позволяет также использовать данный полисахарид в качестве пищевой добавки как загуститель и заменитель молочного жира [13].

Вышеизложенное определяет актуальность данной работы, посвященной разработке способа получения β -глюкана из овсяных отрубей и его наиболее физиологически активной – водорастворимой формы.

Цель исследования – получение концентрата β -глюкана из овсяных отрубей для использования в функциональных пищевых продуктах.

Материалы и методы. Используемые в исследованиях овсяные отруби получены при переработке овса голозерного шлифованного (*Avenanudum*) в муку. Состав отрубей определяли стандартными методами: массовую долю клетчатки – по ГОСТ 31675-2012; крахмал – по ГОСТ 26176-91; массовую долю жира – по ГОСТ 29033-91; массовую долю сырого протеина – по ГОСТ 13496.4-93; массовую долю белка – по ГОСТ 10846-91; содержание влаги – по ГОСТ 13586.5-2015; содержание золы – по ГОСТ Р 51411-99; содержание β -глюкана – по ГОСТ 57513 «Продукция пищевая специализированная. Методы определения β -глюканов».

Также в работе для получения концентратов β -глюкана использовали ферментный препарат: *Saczyme*[®]*Yield* (Novozymes, Дания), содержащий глюкоамилазу, кислую α -амилазу и целлюлолитический комплекс, позволяющий увеличить выход β -глюкана за счет разрушения крахмала и частичного гидролиза целлюлозы (декларации ТС N RU Д-ДК АЯ46 В 79027) [14].

Результаты и их обсуждение. Получение чистого β -глюкана является довольно дорогостоящим и сложным процессом, так как клеточные стенки зерна овса, помимо бета-глюкана, содержат крахмал, липиды и белки. Поэтому чаще всего при производстве специализированной продукции используется недорогая овсяная мука или отруби [15].

Извлечение β -глюкана из овсяных отрубей имеет научный и практический интерес для пищевой промышленности и индустрии питания. Способы получения β -глюкана из овса основаны на применении ферментативного, кислотного и щелочного гидролиза белков и крахмала с последующим разделением твердой и жидкой фаз фильтрованием, ультрафильтрацией и центрифугированием [16].

Получение водорастворимой формы β -глюкана из овсяных отрубей осуществляется в несколько этапов. На первом этапе сырье измельчали на лабораторной мельнице ЛЗМ-1 до частиц размера 0,5 мм и просеивали. С целью удаления жировой фазы, способствующей возникновению процесса прогоркания при хране-

нии, сырье дополнительно обрабатывали 50 %-м этанолом в соотношении 1:10 в течение 30 минут, при температуре 60 °С. Далее полученную смесь центрифугировали и оставшееся сырье подвергали сушке при комнатной температуре. Спиртовой экстракт жиров использовали для регенерации этанола.

На втором этапе из обезжиренного сырья удаляли крахмал, для этого использовали препарат Sacczyme®Yield (Novozymes, Дания), содержащий глюкоамилазу, кислую α -амилазу и целлюлолитический комплекс, позволяющий увеличить выход β -глюкана за счет разрушения крахмала и частичного гидролиза целлюлозы. Это простое решение для достижения минимально возможного остаточного крахмала.

Оптимизация параметров ферментализации обезжиренных овсяных отрубей и определение

оптимальной дозировки ферментного препарата SacczymeYield осуществлялись на подготовительном этапе исследования. В эксперименте варьировали длительность обработки, дозировку препарата SacczymeYield по преобладающей глюкоамилазной (глюкан- α -1,4-глюкозидазной) активности. Гидро модуль процесса ферментализации составлял 1:5, это соотношение обеспечивает эффективное перемешивание субстрата без образования застойных зон.

Длительность ферментализации варьировали в диапазоне от 30 до 90 мин с дискретностью 5 мин, дозировку глюкоамилазы от 10 до 100 ед. ГлС/г с дискретностью 10 ед. ГлС/г. В качестве отклика использовали содержание β -глюкана в получаемом сухом концентрате муки из овсяных отрубей. Результаты представлены на рисунке 2.

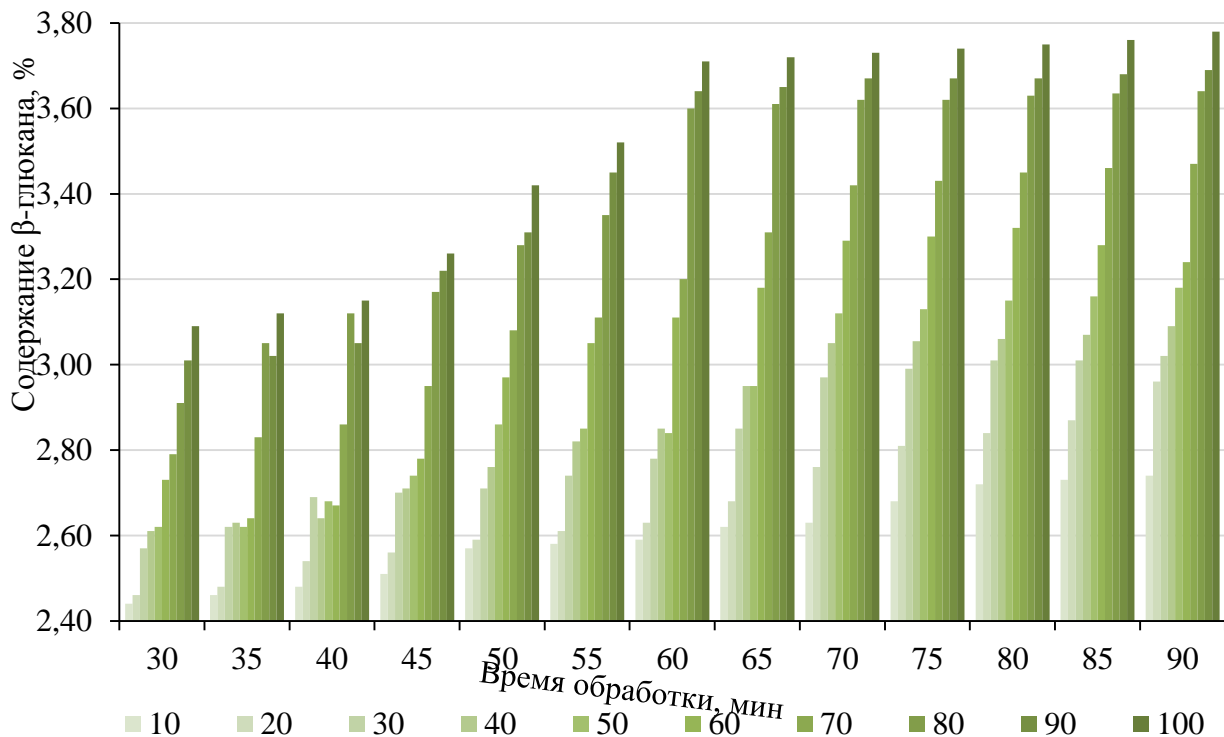


Рис. 2. Зависимость значения содержания β -глюкана в овсяных отрубях от дозировки препарата и длительности обработки

В результате проведенных исследований были установлены оптимальные параметры: время ферментации – 60 минут, температура – 60 °С, дозировка препарата – 70 ед./г, гидро модуль – 1:5. При этом выход β -глюкана увеличи-

вается до 60 %. Дальнейшее увеличение времени ферментации и дозировки препарата не дает существенных результатов. Схема получения овсяного концентрата изображена на рисунке 3.

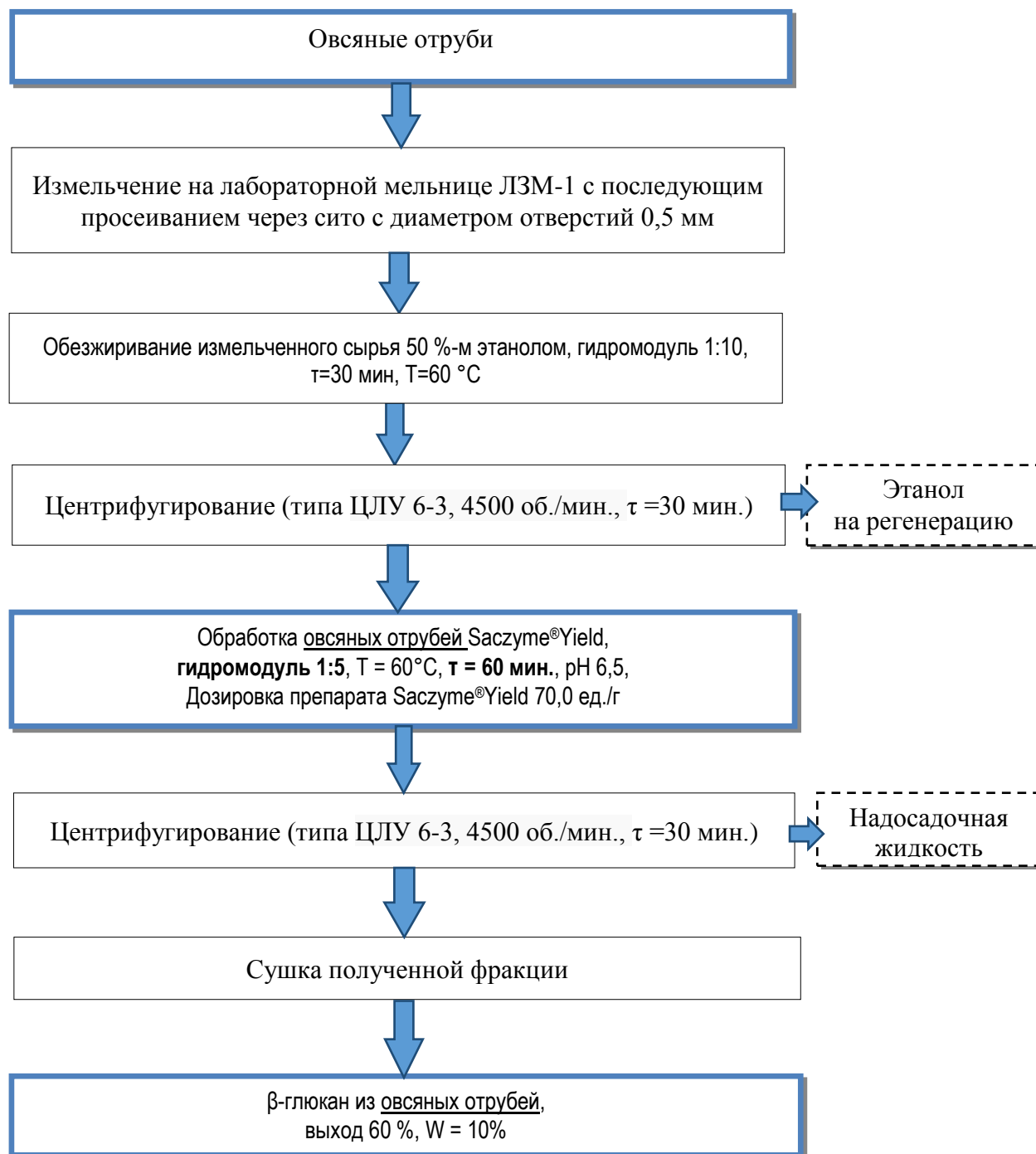


Рис. 3. Принципиальная схема получения концентрата β-глюкана из овсяных отрубей

Проведение ферментативного гидролиза овсяных отрубей комплексом ферментов Saczyme®Yield осуществляется в ферментаторе НПК Агромаш с добавлением цитратного буфера для создания pH 6,5 в заданном соотношении (сырье; экстрагент) при заданной температуре в течение заданного времени. В схеме указаны параметры без их значений.

Из 100 г овсяных отрубей получается 60 ± 1 г концентрата β-глюкана. Соответственно выход концентрата β-глюкана составляет 60 %.

Внешний вид используемых овсяных отрубей, опытного образца концентрата β-глюкана из овсяных отрубей представлен на рисунке 4.



1
2
Рис. 4. Внешний вид используемых овсяных отрубей (1),
опытного образца овсяного концентрата (2)

Как видно из рисунка 4, образец овсяных отрубей намного светлее опытного образца концентрата β -глюкана, возможно, это связано с высоким содержанием крахмала в его составе, так как его не удаляли.

Органолептические и физико-химические показатели муки из овсяных отрубей и концентрата β -глюкана

Показатель	Мука из овсяных отрубей		Концентрат β -глюкана
	Органолептические показатели		
Внешний вид	Серовато-желтые с оттенками белокремового измельченные отруби		Цвет золотисто-коричневый, частицы разной формы и размера
Запах	Свойственный овсяным отрубям, со специфическим слабым привкусом горечи без кислого и других посторонних привкусов		Выраженный, приятный, характерный для свежих высококачественных отрубей
Вкус	Свойственный овсяным отрубям, без плесневелого затхлого и других посторонних запахов		Чистый, ярко выраженный, характерный для свежих высококачественных отрубей
	Физико-химические показатели, %		
	Собственные исследования	Литературные данные [8,16,17]	Собственные исследования
Клетчатка	11,5 \pm 0,1	9,8-11,4	11,6 \pm 0,2
Крахмал	39,7 \pm 0,8	24,5-39,3	13,2 \pm 0,3
Содержание амилозы в крахмале	19,9 \pm 0,2	16,2-21,0	12,4 \pm 0,1
Жир	7,9 \pm 0,1	7,5-8,2	0,9 \pm 0,1
Белок	13,0 \pm 0,2	15,0-15,2	17,3 \pm 0,1
Влага	10,8 \pm 0,2	8,5-11,1	9,5 \pm 0,2
Зола	5,8 \pm 0,1	4,6-7,9	5,2 \pm 0,2
Содержание β -глюкана	2,2 \pm 0,1	4,6-5,2	34,2 \pm 0,1**

*Содержание β -глюкана определялось в соответствии с ГОСТ 57513.

Показано, что опытные образцы концентратов содержат больше основного биологически активного вещества – β-глюкана, чем в исходном сырье. Кроме того, крахмал в опытном образце концентрата содержит большее количество амилозы, что повышает резистентность крахмала по отношению к ферментам. Такой крахмал так же, как и β-глюкан, выполняет роль пищевых волокон в питании человека и является биологически активным веществом [17].

Заключение. Выявлено, что для интенсификации β-глюкана можно использовать препарат SaczymeYield при дозировке 70 ед./г, гидромодуле 1:5. Сравнительный анализ органолептических и физико-химических показателей показал, что полученный концентрат β-глюкана обладает более высоким содержанием белка (на

2,3 %) β-глюкана (на 32,0 %), золотисто-коричневым цветом (см. табл.).

Таким образом, полученные концентраты по содержанию биологически активных веществ могут использоваться в качестве функционального пищевого ингредиента в рецептурах широкого спектра продуктов питания. Например, при производстве макаронных и хлебобулочных изделий, мюсли, при выпечке кексов и пирожных. Также его возможно добавлять в молочные и мясные продукты с низким содержанием жира, различные соусы, супы, напитки. Однако стоит помнить о том, что β-глюкан влияет на характеристики продукции, особенно на водопоглотительную функцию продуктов, внешний вид и текстуру [8].

Список источников

1. Влияние грибного экстракта, содержащего бета-глюканы, на реологические характеристики хлебного теста / М. Фриуи [и др.] // Вестник Международной академии холода. 2018. № 3. С. 53–61. DOI 10.17586/1606-4313-2018-17-3-53-61.
2. Видякина А.В., Хайдаров А.Х., Сибирцев В.С. Оценка влияния бета-глюкана на динамику жизнедеятельности микроорганизмов // Актуальные проблемы биологии и экологии: мат-лы докл. XXIV Всерос. молодеж. науч. конф. (с элементами научной школы), посвящ. 55-летию Института биологии Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар, 03–07 апреля 2017 г.). Сыктывкар: Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук, 2017. С. 166-169.
3. Бифидогенные свойства экстрактов проростков ячменя / Ю.В. Захарова [и др.] // Индустрия питания. 2022. Т. 7. № 1. С. 54–62. DOI 10.29141/2500-1922-2022-7-1-7.
4. Полонский В.И., Герасимов С.А., Сумина А.В. Пластичность и стабильность образцов пленчатого ячменя по содержанию β-глюканов в зерне и его крупности в условиях Красноярской лесостепи // Вестник КрасГАУ. 2022. № 4(181). С. 53–61. DOI 10.36718/1819-4036-2022-4-53-61.
5. Patent 6143883, Water-soluble low molecular weight beta-glucans formodulating immunological responses in mammalian system / Lehmann, Joachim(Scottsdale, AZ), Kunze, Rudolf (Berlin, DE). №09/224145; Filing Date12.31.1998; Publication Date 11.07.2000. 8 с.
6. Syed H.A. The world of β-glucans – a review of biological roles, applications and potential areas of research / H.A. Syed // Thesis for the requirement of master of Science – Medical Biology. 2009. 186 p.
7. Petracic-Tominac V., Zechner-Krpan V. Application of Different Drying Methods on β-Glucan Isolated from Spent Brewer's Yeast Using Alkaline Procedure [Text] // Agriculturae Conspectus Scientificus. 2019. Vol.75, №1. P. 149–158.
8. Красильников В.Н., Барсукова Н.В., Попов В.С. Бета-глюканы овса в функциональном и лечебном питании // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2014. № 2(6). С. 78–83.
9. Лукина Г.Д., Кудашев С.Н., Пушкар Т.Д. Голосеменной овес – источник получения ценных пребиотиков // Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: фундаментальные и прикладные аспекты / Краснодар. НИИ хранения и переработки с.-х. продукции. Краснодар, 2012. С. 129–132.

10. Пономарев А.С., Чугунова О.В. Влияние бета-глюкана на реологические свойства теста // Технологии и продукты здорового питания: сб. ст. XII Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Саратов, 17–18 декабря 2020 года) / под общ. ред. Н.В. Неповинных, О.М. Поповой, Е.В. Фатьянова. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2021. С. 553-557.
11. Vasanthan, T. Grain fractionation methods and products / T. Vasanthan, F. Temelli // WO Pat. 02 / 27011 A2. Application Date: 2002-04-04.
12. Черно Н.К., Коваленко А.В., Шапкина К.И. Получение и частичный гидролиз бета-глюкана клеточных стенок дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* // Сборник научных трудов SWorld. 2012. Т. 45, № 4. С. 97–101.
13. Petravac-Tominac V., Zechner-Krpan V. Application of Different Drying Methods on β -Glucan Isolated from Spent Brewer's Yeast Using Alkaline Procedure // *Agriculturae Conspectus Scientificus*. – 2019. Vol.75. №1. Pp. 149–158.
14. Novozymes Saczyme® saccharification products – The industry choice for glucoamylases. URL: <https://winequip.com.au/wp-content/uploads/2021/08/Application-Sheet-Saczyme-Go-2X.pdf>.
15. Гематдинова В.М., Канарская З.А., Канарский А.В. Получение концентрата бета-глюкана из овсяных отрубей для функциональных продуктов питания // *Пищевая промышленность*. 2018. № 3. С. 15–17.
16. Гематдинова В.М. Технология β -глюкансодержащих пищевых добавок из вторичных ресурсов переработки овса: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07 / Казанский национальный исследовательский технологический университет. Казань, 2018. 161 с.
17. Школьникова М.Н. Овсяные отруби как сырье для функционального пищевого ингредиента // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2020. Т. 9, № 1(49). С. 80–84.

References

1. Vliyanie gribnogo ekstrakta, soderzhashchego beta-glyukany, na reologicheskie harakteristiki hlebnogo testa / M. Friui [i dr.] // *Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda*. 2018. № 3. S. 53–61. DOI 10.17586/1606-4313-2018-17-3-53-61.
2. Vidyakina A.V., Hajdarov A.H., Sibircev V.S. Ocenka vliyaniya beta-glyukana na dinamiku zhiznedeyatel'nosti mikroorganizmov // *Aktual'nye problemy biologii i ekologii: mat-ly dokl. XXIV Vseros. molodezh. nauch. konf. (s elementami nauchnoj shkoly), posvyashch. 55-letiyu Instituta biologii Komi NC UrO RAN (Syktyvkar, 03–07 aprelya 2017 g.)*. Syktyvkar: Komi nauchnyj centr Ural'skogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk, 2017. S. 166–169.
3. Bifidogennnye svojstva ekstraktov prorostkov yachmenya / Yu.V. Zaharova [i dr.] // *Industriya pitaniya*. 2022. Т. 7. № 1. S. 54–62. DOI 10.29141/2500-1922-2022-7-1-7.
4. Polonskij V.I., Gerasimov S.A., Sumina A.V. Plastichnost' i stabil'nost' obrazcov plenchatogo yachmenya po soderzhaniyu β -glyukanov v zerne i ego krupnosti v usloviyah Krasnoyarskoj lesostepi // *Vestnik KrasGAU*. 2022. № 4(181). S. 53-61. DOI 10.36718/1819-4036-2022-4-53-61.
5. Patent 6143883, Water-soluble low molecular weight beta-glucans formodulating immunological responses in mammalian system / Lehmann, Joachim (Scottsdale, AZ), Kunze, Rudolf (Berlin, DE). №09/224145; Filing Date 12.31.1998; Publication Date 11.07.2000. 8 s.
6. Syed H.A. The world of β -glucans – a review of biological roles, applications and potential areas of research / H.A. Syed // *Thesis for the requirement of master of Science – Medical Biology*. 2009. 186 r.
7. Petravac-Tominac V., Zechner-Krpan V. Application of Different Drying Methods on β -Glucan Isolated from Spent Brewer's Yeast Using Alkaline Procedure [Text] // *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2019. Vol.75, №1. R. 149–158.
8. Krasil'nikov V.N., Barsukova N.V., Popov V.S. Beta-glyukany ovsa v funkcional'nom i le-chebnom pitanii // *Problemy ekonomiki i upravleniya v trgovle i promyshlennosti*. 2014. № 2(6). S. 78–83.

9. *Lukina G.D., Kudashev S.N., Pushkar T.D.* Golosemennoj oves – istochnik poluchenij cennyh prebiotikov // Innovacionnye pishchevye tekhnologii v oblasti hraneniya i pererabotki sel'skohozyajstvennogo syr'ya: fundamental'nye i prikladnye aspekty / Krasnodar. NII hrane-niya i pere-rabotki s.-h. produkcii. Krasnodar, 2012. S. 129–132.
10. *Ponomarev A.S., Chugunova O.V.* Vliyanie beta-glyukana na reologicheskie svoystva testa // Tekhnologii i produkty zdorovogo pitaniya: sb. st. XII Nac. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchast-tiem (Saratov, 17–18 dekabrya 2020 goda) / pod obshch. red. N.V. Nepovinnih, O.M. Popo-voj, E.V. Fat'yanova. Saratov: Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. N.I. Vavilova, 2021. S. 553-557.
11. *Vasanthan T.* Grain fractionation methods and products / *T. Vasanthan, F. Temelli* // WO Pat. 02 / 27011 A2. Application Date: 2002-04-04.
12. *Cherno N.K., Kovalenko A.V., Shapkina K.I.* Poluchenie i chastichnyj gidroliz beta-glyukana kletochnyh stenok drozhzhej *Saccharomyces cerevisie* // Sbornik nauchnyh trudov SWorld. 2012. T. 45, № 4. S. 97–101.
13. *Petravic-Tominac V., Zechner-Krpan V.* Application of Different Drying Methods on β -Glucan Isolat-ed from Spent Brewer's Yeast Using Alkaline Procedure // *Agriculturae Conspectus Scientificus*. – 2019. Vol.75. №1. Rr. 149–158.
14. Novozymes Saczyme® saccharification products - The industry choice for glucoamylases. URL: <https://winequip.com.au/wp-content/uploads/2021/08/Application-Sheet-Saczyme-Go-2X.pdf>.
15. *Gematdinova V.M., Kanarskaya Z.A., Kanarskij A.V.* Poluchenie koncentrata beta-glyukana iz ovsyanyh otrubej dlya funkcional'nyh produktov pitaniya // *Pishchevaya promyshlennost'*. 2018. № 3. S. 15–17.
16. *Gematdinova V.M.* Tekhnologiya β -glyukansoderzhashchih pishchevyh dobavok iz vtorignyh resursov pererabotki ovsa: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.07 / Kazanskij nacional'nyj issledova-tel'skij tekhnologicheskij universitet. Kazan', 2018. 161 s.
17. *Shkol'nikova M.N.* Ovsyanye otrubi kak syr'e dlya funkcional'nogo pishchevogo ingredienta // XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus. 2020. T. 9, № 1(49). S. 80–84.

Статья принята к публикации 15.03.2023 / The article accepted for publication 15.03.2023.

Информация об авторах:

Ольга Викторовна Чугунова, заведующая кафедрой технологии питания, доктор технических наук, профессор

Екатерина Владимировна Пастушкова, профессор кафедры управления качеством и экспертизы товаров и услуг, доктор технических наук, доцент

Ольга Владимировна Плиска, заведующая кафедрой управления качеством и экспертизы това-ров и услуг, кандидат экономических наук, доцент

Аркадий Сергеевич Пономарев, аспирант кафедры технологии питания

Екатерина Александровна Трошина, магистрант кафедры технологии питания

Information about the authors:

Olga Viktorovna Chugunova, Head of the Department of Nutrition Technology, Doctor of Technical Sci-ences, Professor

Ekaterina Vladimirovna Pastushkova, Professor at the Department of Quality Management and Exper-tise of Goods and Services, Doctor of Technical Sciences, Docent

Olga Vladimirovna Pliska, Head of the Department of Quality Management and Expertise of Goods and Services, Candidate of Economic Sciences, Docent

Arkady Sergeevich Ponomarev, Postgraduate Student at the Department of Food Technology

Ekaterina Alexandrovna Troshina, Master Student at the Department of Nutrition Technology

