ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-216-226
УДК 664.785.6

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Технология получения белкового концентрата овса посевного с высокими физико-химическими и функционально-технологическими характеристиками

Е. В. Каширских[1,*], О. О. Бабич[2], О. В. Кригер[1]

[1] *ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6*

[2] *ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», 236016, Россия, г. Калининград, ул. Александра Невского, 14*

Дата поступления в редакцию: 11.04.2019
Дата принятия в печать: 21.06.2019

**e-mail: k8enya@gmail.com*

© Е. В. Каширских, О. О. Бабич, О. В. Кригер, 2019

Аннотация. Интенсивная индустриализация общества изменила пищевые предпочтения потребителей, растет спрос на полноценные высокопитательные мясомолочные продукты. Это увеличило востребованность в зерновых культурах и привело к росту цен на корма для животных, что отразилось в изменениях цены и качества готовой продукции для сохранения рентабельности фермерских хозяйств. Как следствие, высокая стоимость животных белков ставит производителей в условия поиска равноценных источников белка, не уступающих по своим питательным свойствам животному. Наиболее культивируемым видом на сегодняшний день остается овес посевной (*Avena sativa* L.). Овес является источником качественного белка с оптимальным аминокислотным балансом. Работа посвящена исследованию технологии получения белкового концентрата зерен овса посевного (*Avena sativa*). Изучены значения параметров процесса экстракции белка из зерен овса. Для экстракции белка кислотным и щелочным способами оптимальными параметрами процесса являлись: температура 40 ± 2 °С, гидромодуль 1:10, продолжительность 90 мин, активная кислотность кислотной экстракции 2,0 ед., активная кислотность щелочной экстракции 9,0 ед. Подобраны значения параметров ультрафильтрации белкового экстракта (мембраны с диаметром пор 100 кДа при pH 8,0 и давлении 0,5 МПа). Ультрафильтрация белковых экстрактов, полученных из зерна овса щелочным и кислотным способами, позволила сконцентрировать белковые фракции с молекулярной массой 50 кДа и выше. Установлено, что использование в качестве осадителя 10 % водного раствора янтарной кислоты позволяет получить степень осаждения белков, которая равна 89,3 %. Разработан метод очистки белкового концентрата, полученного из зерен овса. Он характеризуется высоким содержанием белка и незаменимых аминокислот, имеет схожий состав с животными белками молока.

Ключевые слова. Овес, ультрафильтрация, питательная ценность, белковый изолят, экстракция белка

Для цитирования: Каширских, Е. В. Технология получения белкового концентрата овса посевного с высокими физико-химическими и функционально-технологическими характеристиками / Е. В. Каширских, О. О. Бабич, О. В. Кригер // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 216–226. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-216-226.

Original article

Available online at http://fptt.ru/eng

Production Technology for Oat Protein with Advanced Physicochemical, Functional, and Technological Properties

E.V. Kashirskih[1,*], O.O. Babich[2], O.V. Kriger[1]

[1] *Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650056, Russia*

[2] *Immanuel Kant Baltic Federal University, 14, A. Nevskogo Str., Kaliningrad, 236016, Russia*

Received: April 11, 2019
Accepted: June 21, 2019

**e-mail: k8enya@gmail.com*

© E.V. Kashirskih, O.O. Babich, O.V. Kriger, 2019

Abstract. The current intensive industrialization has changed the food preferences of consumers. As a result, there is a growing demand for high-grade high-nutritional meat and dairy products, which, in its turn, triggered an increase in the demand for grain crops and led to higher animal feed prices. All these affected the price and quality of the finished product, since farms are trying to stay profitable. As a consequence, the high cost of animal proteins make producers look for other sources of protein with similar qualities. Common oat (*Avena sativa* L.) remains the most cultivated species. Oats are a source of high-quality protein with an

optimal amino acid balance. The paper features a oat protein technology (Avena sativa). The research defined the parameters of the protein extraction process. For acid and alkaline methods, the following optimum parameters were revealed: temperature – 40 ± 2°C, hydraulic module – 1:10, time – 90 minutes, active acidity of the acid extraction – 2.0 units, active acidity of alkaline extraction – 9.0 units. The authors managed to obtain protein substances with the molecular weight > 50 kDa. The optimal parameters of ultrafiltration of the protein extract were as follows: pore diameter = 100 kDa at pH 8.0 and 0.5 MPa. The ultrafiltration conducted under these conditions showed that the content of high molecular fractions (globulins and albumins) increased from 39.12% to 55.15% for the extract obtained by alkaline method, whereas the content of low molecular weight fractions (prolamins and glutelins) decreased from 60.88% to 44.85%. Ultrafiltration of protein extracts obtained by alkaline and acidic methods made it possible to concentrate protein fractions with a molecular weight ≥ 50 kDa. When a 10% aqueous solution of succinic acid was used as a precipitator, the protein precipitation degree equaled 89.3%. The paper introduces a new oat protein purification method. The optimal multiplicity of purification by RP-HPLC was 4 purification cycles. For the alkaline extract, the total content of high molecular weight fractions (50.0–120.0 kDa) was 72.7% and the total content of low molecular weight fractions (15.0–49.0 kDa) was 27.3%. For the acid extract, the total content of high molecular weight fractions was 72.9%, while the content of low molecular weight fractions was 27.1%. Oat proteins obtained by alkaline and acid extraction demonstrated a high foaming ability (148–177%) at pH = 6.0–9.0, as well as a good fat and water retention capacity. The oat proteins were found to have a high content of protein and essential amino acids similar to animal proteins. A comparative analysis showed that oat protein can act as an alternative substitute for animal proteins.

Keywords. Oat, ultrafiltration, nutritional value, protein isolate, protein extraction

For citation: Kashirskih EV, Babich OO, Kriger OV. Production Technology for Oat Protein with Advanced Physicochemical, Functional, and Technological Properties. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):216–226. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-216-226.

Введение

Рост исследований в области здорового питания обусловлен широким комплексом мероприятий, направленных на пропаганду здорового образа питания. Функциональные продуты, характеризующиеся наличием биоактивных компонентов в своем составе, оказывают благоприятное воздействие на организм человека, привлекают все больше внимания. Оптимальный баланс содержания белков, жиров и углеводов, обеспеченность макроэлементами и витаминами в рационе питания – важнейшие условия сохранения жизнедеятельности человека [1]. В данном аспекте является актуальным поиск новых компонентов для создания продуктов питания с заданными свойствами [2]. Тенденция развития пищевой промышленности направлена на производство функциональных продуктов питания, благоприятно воздействующих на организм.

Интенсивный рост численности населения, ухудшение экологической ситуации, увеличение цен на энергоресурсы привели к тому, что вопрос рентабельности производства доступных и полноценных пищевых продуктов стоит довольно остро. Кроме того, эти факторы влияют на развитие сельского хозяйства в целом. Увеличение доходов населения, как следствие интенсивной индустриализации, повлияло на уровень спроса на высокопитательные мясомолочные продукты. Это повысило уровень востребованности зерновых культур и привело к росту цен на зерновые. Стабильность таких форм сельского хозяйства, как животноводство и птицеводство напрямую зависят от качества и количества кормов для животных. Например, чтобы получить 1 кг привеса крупного рогатого скота необходимо от 8 до 18 кг кормов. Результат – достаточно высокая себестоимость высококачественных животных белков. В сложившихся условиях мирового рынка актуален вопрос поиска равноценных источников белка [1].

Все ресурсы пищевого белка делятся на две основные группы: растительного и животного происхождения. Все больше внимания уделяется увеличению ресурсов пищевого белка путем совершенствования техники и технологий переработки традиционных и нетрадиционных сырьевых ресурсов в отраслях пищевой промышленности, расширению ассортимента полноценных продуктов питания в разном ценовом диапазоне [3]. Состав продуктов питания функциональной направленности представлен: витаминами, пищевыми волокнами, молочнокислыми бактериями, аминокислотами, фосфолипидами, протеинами, макро- и микроэлементами, растительными ферментами, органическими кислотами и др [5]. Особый интерес среди них представляют протеины.

Животные белки в основном представлены белками молока и широко используются в различных отраслях пищевой промышленности. Нормализованное молоко содержит около 3,5 г общего белка на 100 мл, который делится на две основные категории по растворимости при pH 4,6 и при температуре более 8 °C. В этих условиях около 80 % общего азота осаждается. Эта фракция является казеином, в то время как остальные 20 % остаются растворимыми в сыворотке. Приблизительно 15 %, представлены сывороточными белками, оставшиеся 5 % – небелковые азотистые компоненты [6].

Фактическое и потенциальное использование молочных белков в качестве пищевых ингредиентов достаточно широкая тема для исследований. Можно отметить следующие направления использования молочных белков: производство продуктов специального назначения, производство детского, функционального и лечебного питания, а также в биотехнологии при производстве других продуктов питания заданного состава [7–11].

Если рассматривать целесообразность использования животных или растительных белков, то необходимо учитывать достаточно высокую стоимость высококачественных животных белков. Поэтому многие авторы считают наиболее эффективным способом производства пищевых белков (для обогащения про-

дуктов и замены белков животного происхождения) переработку продуктов растительного сырья.

Пищевые достоинства овса привлекают внимание исследователей во всем мире и способствуют повышению интереса производителей пищевой промышленности к использованию овса в качестве пищевого ингредиента в различных пищевых продуктах, включая детские продукты, хлеб, овсяное молоко, напитки, хлопья для завтрака и печенье [12–15]. Исследования показывают, что введение овса в пищевой рацион помогает решить проблемы, связанные с желудочно-кишечным трактом [16]. Овес также обладает антиканцерогенным эффектом, может быть использован в диетическом питании людей больных целиакией, а также для снижения уровня сахара и холестерина в крови [17, 18]. Поступление в организм человек повышенного количества насыщенных жирных кислот и холестерина является следствием излишнего употребления в пищу животных белков. Растительное сырье все чаще рассматривается не только как источник пищевых волокон и биологически активных веществ, но и как компонент для создания функциональных продуктов питания. Злаковые культуры можно считать перспективным сырьем для производства функциональных продуктов питания, из которых овес посевной (*Avena sativa*) занимает лидирующие позиции [19, 20]. Овес известен как хороший источник β-глюкана. Его содержание составляет 2,0–8,5 % [21].

Овес имеет хорошо сбалансированный питательный состав, является источником качественного белка с оптимальным аминокислотным балансом [22, 23]. Содержание крахмала в зерновых культурах влияет на показатель перевариваемости и относится к важным показателям качества зерна. Количество амилозы в крахмале овса около 25–30 %. Относительно других зерновых этот показатель по своим физическим параметрам значительно отличается [24].

Известные технологии переработки овса в пищевых целях имеют ряд недостатков из-за потери большей части питательных и биологических веществ во вторичное сырье. В результате снижается выход конечного продукта, который имеет относительно низкую пищевую ценность [25, 26]. Исследования и разработки технологий переработки зерновой культуры овса необходимы для определения новых функциональных соединений овса и для извлечения этих компонентов во фракции, которые могут быть включены в состав пищевых продуктов функциональной направленности. Целью работы является совершенствование технологии повышения качественных характеристик белкового концентрата зерен овса посевного (*Avena sativa*) и изучение его потенциала как альтернативы животных белков.

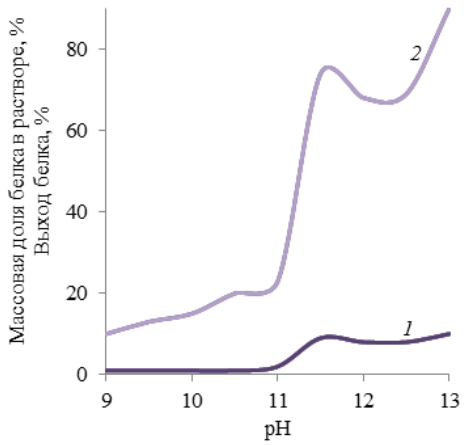
Объекты и методы исследования

Объектами исследований являлись зерна овса сорта «Сибирский голозерный» урожая 2018 года (ООО «Сибирская клетчатка», Россия). Образцы зерна предварительно измельчали с помощью лабораторной мельницы (ЛМТ-1, Россия) до частиц размером не более 1 мм.

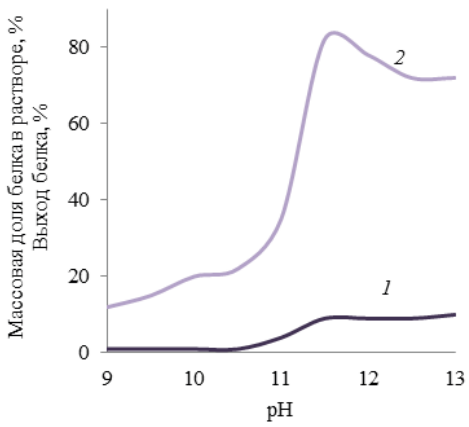
В процессе экстракции белка в качестве экстрагентов использовали водные растворы гидроксида калия (KOH) и гидроксида натрия (NaOH) (щелочная экстракция) и водные растворы соляной (HCl) и серной (H_2SO4) кислот (кислотная экстракция). В процессе изучения технологии экстракции белка зерен овса варьировали pH среды, температуру, гидромодуль, продолжительность процесса и измеряли выход белка в полученных концентратах [27].

Очистку белковых экстрактов проводили методом ультрафильтрации с использованием установки МФУ-Р-45-300 (Россия) и мембран с диаметром пор 50 и 100 кДа (Biomax, Merc, Германия). pH процесса варьировали от 5,0 до 9,0, давление – от 0,2 до 0,5 МПа. Контролировали степень концентрирования и интегральную селективность мембраны по белку [28].

Молекулярно-массовое распределение белков и пептидов в белковом экстракте, полученном из зерна



(а)



(б)

Рисунок 1. Влияние pH среды на выход белка: а – экстрагент KOH, б – экстрагент NaOH; 1 – массовая доля белка в растворе, 2 – выход белка

Figure 1. Effect of pH environment on protein yield: a – KOH extractant, b – NaOH extractant; 1 – mass fraction of protein in the solution, 2 – protein yield

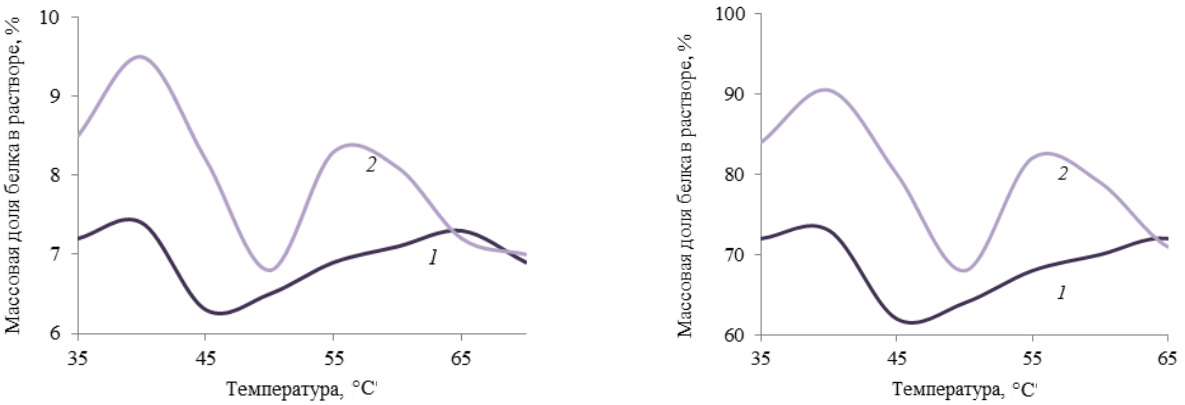


Рисунок 2. Влияние температуры на массовую долю белка в растворе (а) и на выход белка (б): 1 – экстрагент KOH, 2 – экстрагент NaOH

Figure 2. Effect of temperature on the mass fraction of protein in the solution (a) and on the protein yield (b): 1 – extractant KOH, 2 – extractant NaOH

овса щелочной и кислотной экстракцией, определяли методом электрофореза в полиакриламидном геле [29].

Для осаждения белка из белковых концентратов в качестве осадителя выбрали 10 % водный раствор янтарной кислоты.

Для полной очистки белкового концентрата, полученного из зерна овса, от низкомолекулярных фракций применяли с (ОФ-ВЭЖХ) на хроматографе LC-20 (Shimadzu, Япония), элюируя белок в градиенте концентраций хлористого натрия [28].

Аминокислотный состав определяли с использованием автоматического аминокислотного анализатора Aracus PMA GmbH (PMA GmbH, Германия), в котором определение аминокислот основано на катионообменном разделении.

Результаты и их обсуждение

По химическому составу зерна овса выделяются среди других зерновых культур и являются ценным источником водорастворимых белков и других биологически активных соединений [29]. В результате подбора значений параметров щелочной экстракции белка были получены результаты изучения влияния pH среды на выход белка (рис. 1).

На основании анализа рисунка 1 выбрали рекомендованные значения pH среды для процесса щелочной экстракции, которые равны 11,5 ед. При этом значении pH обеспечивается максимальный выход белка с использованием экстрагента NaOH.

C. Y. Ma было установлено, что количество экстрагируемого белка постепенно увеличивается с увеличением концентрации щелочи и pH, но есть пороговые значения при которых начинает повышаться вязкость и происходит изменение цвета концентрата, что нежелательно [30]. Сообщается о влиянии pH и температуры процесса на количество извлекаемого белка [31–33].

Результаты изучения влияния температуры процесса на выход белка представлены на рисунке 2. На его основании выбрана рекомендуемая температура щелочной экстракции белка из зерен овса – 40°С.

Важными значениями параметров экстракции также являются гидромодуль (соотношения растительного сырья и экстрагента) и продолжительность процесса. Результаты подбора гидромодуля приведены в таблице 1, продолжительности – таблица 2. Максимальный выход белка наблюдается при гидромодуле 1:10 и продолжительности процесса 90 мин.

Таким образом, подобраны рациональные значения параметров щелочной экстракции белка из зерен овса сорта «Сибирский голозерный»: экстрагент KOH или NaOH, температура 40 °С, активная кислотность 11,5 ед., гидромодуль 1:10, продолжительность процесса 90 мин.

Для изучения кислотного экстрагирования белка из зерен овса варьировали pH среды, температуру, гидромодуль, продолжительность процесса. Измеряли выход белка в полученных экстрактах. Подобраны

Таблица 1. Влияние гидромодуля на выход белка

Table 1. Effect of hydronic module on the protein yield

Гидромодуль	Экстрагент			
	KOH		NaOH	
	Массовая доля белка, %	Выход белка, %	Массовая доля белка, %	Выход белка, %
1:5	8,386 ± 0,419	41,31 ± 2,07	9,802 ± 0,490	48,28 ± 2,41
1:10	7,638 ± 0,382	75,25 ± 3,61	9,641 ± 0,482	94,98 ± 4,75
1:15	5,885 ± 0,294	86,86 ± 4,34	5,754 ± 0,288	84,93 ± 4,25
1:20	4,667 ± 0,233	91,95 ± 4,60	4,240 ± 0,212	83,54 ± 4,18

Таблица 2. Влияние продолжительности экстракции (NaOH) на выход белка

Table 2. Effect of extraction period (NaOH) on the protein yield

Продолжительность, мин	Массовая доля белка, %	Выход белка, %
30	8,221 ± 0,411	80,99 ± 4,85
60	9,316 ± 0,466	91,78 ± 5,50
90	9,506 ± 0,475	93,65 ± 5,62
120	9,536 ± 0,477	93,95 ± 5,64
150	9,566 ± 0,478	94,25 ± 5,65

рациональные значения параметров кислотной экстракции белка из зерен овса сорта «Сибирский голозерный»: экстрагент HCl или H_2SO4, температура 40 °С, активная кислотность 2,0 ед., гидромодуль 1:10, продолжительность процесса 90 мин. При этих условиях показатель выхода белка достигал наибольшего значения и составил 45–47 %.

Ценным является присутствие в составе белкового экстракта, полученного из зерна овса, белковых веществ, имеющих молекулярную массу более 50 кДа. Наличие в полученном изоляте низкомолекулярных белковых веществ (менее 50 кДа) неприемлемо, так как это влияет на органолептические свойства и является причиной возникновения неприятного запаха и горького вкуса, что сделает недопустимым использование белкового концентрата как компонента функциональных продуктов питания. В этой связи изучали молекулярно-массовое распределение белков и пептидов в белковом экстракте, полученном из зерна овса (сорт «Сибирский голозерный») щелочной и кислотной экстракцией (табл. 3).

Установлено, что в полученных белковых экстрактах преобладающими являются низкомолекулярные фракции (проламины и глютелины) – 60,88 % и 60,11 % в щелочном и кислотном экстракте соответственно. Это, в свою очередь, требует очистки белковых экстрактов зерна овса от низкомолекулярных примесей.

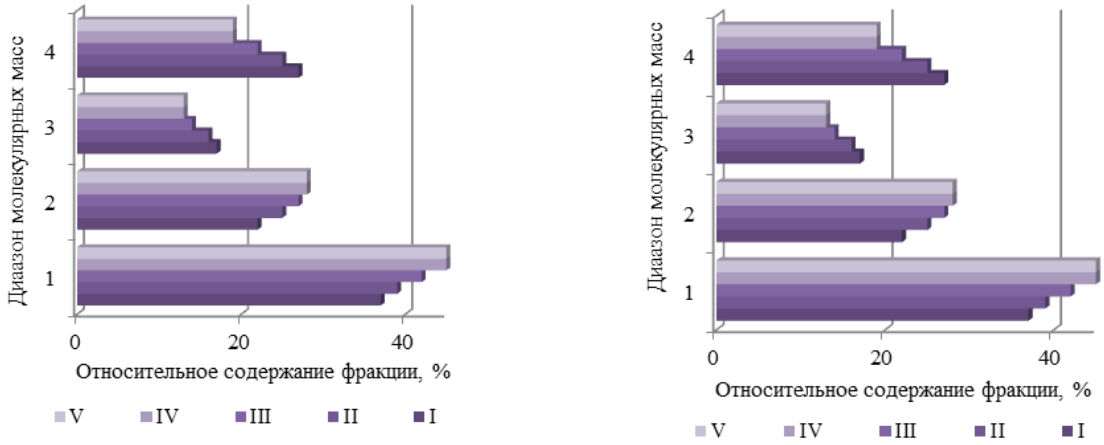
Таблица 3. Результаты исследования молекулярно-массового распределения белков и пептидов в белковом экстракте, полученном из зерна овса

Table 3. Molecular mass distribution of proteins and peptides in the oat protein

Диапазон молекулярных масс, кДа	Относительное содержание фракции в экстракте, %	
	Щелочная экстракция	Кислотная экстракция
70,0-120,0 (глобулины)	25,67 ± 1,28	27,15 ± 1,36
50,0-70,0 (альбумины)	13,45 ± 0,67	12,74 ± 0,64
25,0-50,0 (проламины)	16,10 ± 0,81	17,27 ± 0,86
15,0-25,0 (глютелины)	44,78 ± 2,24	42,84 ± 2,14

Контроль эффективности ультрафильтрации показал, что в белковом экстракте, полученном из зерна овса щелочным способом, после ультрафильтрации при выбранных режимах содержание высокомолекулярных фракций (глобулинов и альбуминов) увеличилось с 39,12 % до 55,15 %, а содержание низкомолекулярных фракций (проламинов и глютелинов) уменьшилось с 60,88 % до 44,85 %. В белковом экстракте, полученном из зерна овса кислотным способом, содержание высокомолекулярных фракций (глобулинов и альбуминов) увеличилось с 39,89 % до 56,63 %, а содержание низкомолекулярных фракций (проламинов и глютелинов) уменьшилось с 60,11 % до 43,37 %. Таким образом, ультрафильтрация белковых экстрактов позволяет сконцентрировать белковые фракции с молекулярной массой 50 кДа и выше.

Также подбирали параметры осаждения белка из белковых концентратов. В качестве осадителя выбрали 10 % водный раствор янтарной кислоты. Установлено, что его использование позволяет получить степень осаждения белков, которая равна 89,3 %.



(а) (б)

Рисунок 3. Результаты исследования молекулярно-массового распределения белков и пептидов в белковом концентрате, полученном из зерна овса щелочной (а) и кислотной (б) экстракцией, подвергнутом ОФ ВЭЖХ: 1 – 70,0–120,0 кДа, 2 – 50,0–70,0 кДа, 3 – 25,0–50,0 кДа, 4 – 15,0–25,0 кДа; I – 1 цикл ОФ ВЭЖХ, II – 2 цикла ОФ ВЭЖХ, III – 3 цикла ОФ ВЭЖХ, IV – 4 цикла ОФ ВЭЖХ, V – 5 циклов ОФ ВЭЖХ

Figure 3. Molecular mass distribution of proteins and peptides in the oat protein obtained by alkaline (a) and acid (b) extractions after RP HPLC: 1 – 70.0–120.0 kDa, 2 – 50.0–70.0 kDa, 3 – 25.0–50.0 kDa, 4 – 15.0–25.0 kDa; I – 1 cycle of RP HPLC, II – 2 cycles, III – 3 cycles, IV – 4 cycles, V – 5 cycles

Таблица 4. Физико-химические свойства белкового концентрата, полученного из зерна овса

Table 4. Physical and chemical properties of oat protein

Наименование показателя	Значение показателя для белковых концентратов, полученных разными методами	
	щелочная экстракция	кислотная экстракция
Массовая доля белка, %	87,6 ± 4,4	86,9 ± 4,4
Массовая доля жира, %	1,8 ± 0,1	2,1 ± 0,1
Массовая доля золы, %	1,5 ± 0,1	1,4 ± 0,1
Перевариваемость, %	92,5 ± 4,6	91,7 ± 4,6
Обменная энергия, МДж/г	17,5 ± 0,9	17,7 ± 0,9

В процессе разработки метода очистки белкового концентрата осуществляли пять последовательных циклов ОФ ВЭЖХ и определяли молекулярно-массовое распределение белков в очищенном белковом концентрате (рис. 3).

Проведенные исследования показали, что оптимальной кратностью очистки белкового концентрата, полученного из зерна овса, методом ОФВЭЖХ является 4 цикла очистки. При выбранном количестве циклов ОФВЭЖХ суммарное содержание высокомолекулярных фракций (50,0–120,0 кДа) в белковом концентрате, полученном из зерна овса щелочной экстракцией, составляет 72,7 %, суммарное содержание низкомолекулярных фракций (15,0–49,0 кДа) – 27,3 %. В белковом концентрате, полученном из зерна овса кислотной экстракцией, суммарное содержание высокомолекулярных фракций составляет 72,9 %, содержание низкомолекулярных фракций – 27,1 %.

Для оценки качества белкового изолята были изучены физико-химические показатели, функционально-технологические свойства, показатели биологической активности. Установлено (табл. 4), что белковые концентраты характеризуются высоким содержанием белка (86,9–87,6 %), а также высокими значениями обменной энергии (17,5–17,7 МДж/г) и перевариваемости (91,7–92,5 %).

Овес является источником высококачественных белков. Растительный белок считается ценным из-за своего аминокислотного состава, так как аминокислоты являются основными строительными элементами в организме человека. Они обладают сбалансированным составом аминокислот и высоким содержанием жира по сравнению с другими злаками. Питательная ценность белка изучена многими учеными [34–36]. Белковые концентраты характеризуются высоким содержанием незаменимых аминокислот (табл. 5): лейцина (6,85–6,89 г/100 г продукта), валина (5,98–6,03 г/100 г продукта), лизина (4,84–4,86 г/100 г продукта), фенилаланина (4,65–4,68 г/100 г продукта), треонина (3,76–3,81 г/100 г продукта), изолейцина (3,92–3,96 г/100 г продукта) и метионина (2,60–2,65 г/100 г продукта).

Сравнительный анализ аминокислотного состава белкового концентрата, полученного из зерна овса и данных из работы А. Ю. Просекова и М. Г. Курбановой, представлен на рисунке 4 [6]. Содержание аргинина в белковом концентрате овса приблизительно в 1,5 раза превышает содержание аналогичной кислоты в казеине белков молока. Отмечено низкое содержание аминокислоты – цистина в белковом концентрате зерен овса по отношению к этому показателю в α-лактальбумине – в 15 раз. Кроме того, в аминокислотном составе белкового концентрата зерен овса показано отсутствие незаменимой аминокислоты триптофана. Литературные источники подтверждают полученные данные [37]. В остальных случаях установлена небольшая разница значений (10–15 %) содержания растительного и животного белка представленных образцов по представленным аминокислотам – аспаргиновая кислота, валин, гистидин, глутаминовая кислота, метионин, пролин, серин, треонин, фенилаланин.

На основании проведенного анализа можно рекомендовать белковый концентрат, полученный из зерен овса, для рассмотрения в качестве альтернативы животных белков, в частности белков молока. Литературные данные о том, что овес является источником

Таблица 5. Аминокислотный состав белкового концентрата, полученного из зерна овса

Table 5. Amino acid composition of oat protein

Наименование аминокислоты	Содержание аминокислоты в белковом концентрате, г/100 г продукта		Наименование аминокислоты	Содержание аминокислоты в белковом концентрате, г/100 г продукта	
	щелочная экстракция	кислотная экстракция		щелочная экстракция	кислотная экстракция
Аспарагиновая кислота	9,21 ± 0,46	9,16 ± 0,46	Лейцин	6,89 ± 0,34	6,85 ± 0,34
Серин	4,12 ± 0,21	4,15 ± 0,21	Изолейцин	3,96 ± 0,20	3,92 ± 0,20
Треонин	3,81 ± 0,19	3,76 ± 0,19	Тирозин	2,50 ± 0,13	2,47 ± 0,12
Глутаминовая кислота	17,81 ± 0,89	17,67 ± 0,88	Фенилаланин	4,68 ± 0,23	4,65 ± 0,23
Пролин	2,11 ± 0,11	2,08 ± 0,10	Гистидин	2,12 ± 0,11	2,10 ± 0,11
Глицин	5,35 ± 0,27	5,27 ± 0,26	Лизин	4,86 ± 0,24	4,84 ± 0,24
Аланин	4,79 ± 0,24	4,73 ± 0,24	Валин	6,03 ± 0,30	5,98 ± 0,30
Цистин	0,47 ± 0,02	0,41 ± 0,02	Аргинин	5,98 ± 0,30	5,87 ± 0,29
Метионин	2,65 ± 0,13	2,60 ± 0,13	Сумма	86,84 ± 4,34	86,51 ± 4,33

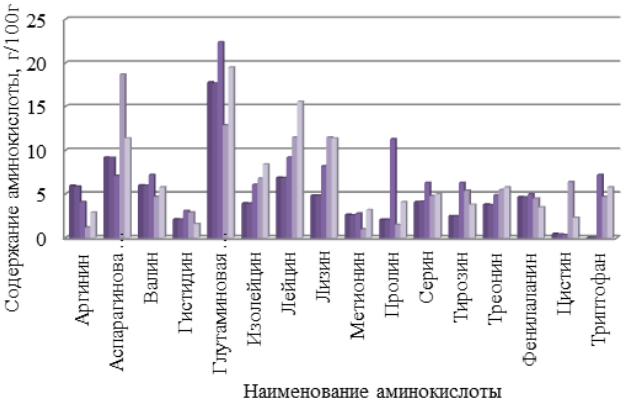


Рисунок 4. Содержание аминокислот, г/100 г: 1 – в белковом концентрате, полученном щелочной экстракцией зерен овса; 2 – в белковом концентрате, полученном кислотной экстракцией зерен овса; 3 – в казеине молока; 4 – в α-лактальбумине молока; 5 – β-лактоглобулине

Figure 4. Amino acid content, g/100 g: 1 – in oat protein obtained by alkaline extraction; 2 – in oat protein obtained by acid extraction; 3 – in milk casein; 4 – in milk α-lactalbumin; 5 – in β-lactoglobulin

высококачественных белков, обладающих сбалансированным составом аминокислот, подтвердились.

Для белкового концентрата, полученного из зерна овса, изучали функционально-технологические свойства: растворимость (рис. 5), водоудерживающая и жироудерживающая способность (табл. 6), пенообразующая способность (рис. 6).

Из рисунков 5, 6 следует, что у белкового концентрата, полученного щелочным способом, наблюдается полимодальность распределения значений растворимости с максимумами для значений pH, которые равны 3 и 8. Для белкового концентрата, полученного методом кислотной экстракции, наблюдается четкий оптимум растворимости при активной кислотности от 5,0 до 6,0.

Показано, что белковые концентраты, полученные из зерна овса двумя способами (щелочная и кислотная экстракция), характеризуются высокими значениями пенообразующей способности (148–177 %) при значениях pH от 6,0 до 9,0 (рис. 5), а также жиро- и водоудерживающей способности (табл. 6).

Для анализа перспектив использования белковых концентратов в производстве функциональных продуктов питания исследовали их антимикробные свойства in vitro.

Выводы

Проведенные исследования выявили рекомендуемые, в рамках данных выборок, значения процесса экстракции белка из зерен овса. Показано, что для экстракции белка кислотным и щелочным способами рациональными значениями технологических параметров процесса являются: температура 40 ± 2 °C, гидромодуль 1:10, продолжительность 90 мин, активная кислотность кислотной экстракции 2,0 ед., активная кислотность щелочной экстракции

Таблица 6. Результаты изучения водоудерживающей и жироудерживающей способности белковых концентратов, полученных из зерна овса методами щелочной и кислотной экстракции

Table 6. Water-holding and fat-holding capacity of oat protein obtained by alkaline and acid extractions

Наименование образца	Водоудерживающая способность, мл/г	Жироудерживающая способность, мл/г
Белковый концентрат, выделенный из зерен овса методом щелочной экстракции	2,95 ± 0,15	1,55 ± 0,08
Белковый концентрат, выделенный из зерен овса методом кислотной экстракции	3,28 ± 0,16	1,74 ± 0,09

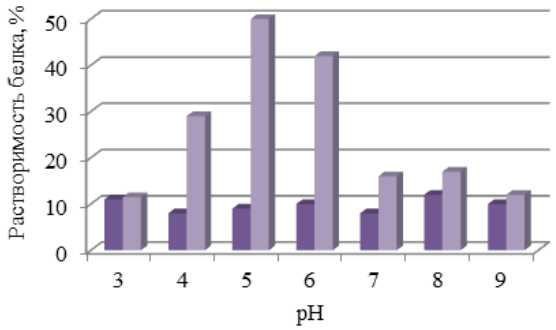


Рисунок 5. Зависимость растворимости белковых концентратов, выделенных из зерен овса различными способами: 1 – щелочная экстракция; 2 – кислотная экстракция

Figure 5. Solubility of oat proteins: 1 – alkaline extraction; 2 – acid extraction

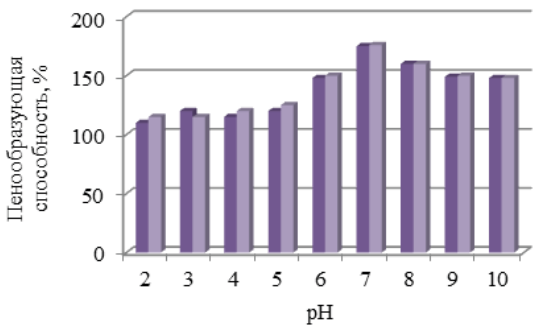


Рисунок 6. Зависимость пенообразующей способности белковых концентратов, выделенных из зерна овса различными методами, от pH: 1 – щелочная экстракция; 2 – кислотная экстракция

Figure 6. Effect of pH on the foaming ability of oat proteins: 1 – alkaline extraction; 2 – acid extraction

9,0 ед. Максимально производительный способ получения белкового продукта из зерен овса – метод щелочной экстракции.

Подобраны значения параметров ультрафильтрации белкового экстракта зерен овса, полученного щелочным способом: мембраны с диаметром пор 100 кДа при pH 8,0 и давлении 0,5 МПа. В данном случае достигается величина интегральной селективности мембраны 0,83 и степень концентрирования 4,9. Аналогичные значения параметров ультрафильтрации (диаметр пор мембран 100 кДа, pH 8,0, давление 0,5 МПа) выбраны для белковых экстрактов, полученных из зерна овса кислотной экстракцией (интегральная селективность мембраны 0,75, степень концентрирования 4,5). Ультрафильтрация белковых экстрактов, полученных из зерна овса щелочным и кислотным способами при установленных условиях, позволила сконцентрировать белковые фракции с молекулярной массой 50 кДа и выше: их содержание в щелочном экстракте составляет 55,15 %, в кислотном экстракте – 56,63 %.

Разработан метод очистки белкового концентрата, полученного из зерен овса, – 4 цикла ОФВЭЖХ. Метод позволяет очистить белковый концентрат, полученный из зерна овса щелочным способом, до суммарного содержания высокомолекулярных фракций 72,7 %, а белковый концентрат, полученный из зерна овса кислотным способом, – до суммарного содержания высокомолекулярных фракций 72,9 %.

Установили, что белковый концентрат характеризуется высоким содержанием белка, незаменимых аминокислот, высокими значениями перевариваемости, пенообразующей способности, жиро- и водоудерживающей способности. На основании данных сравнительного анализа, белковый концентрат, полученный из зерен овса, обладает достаточными характеристиками, чтобы выступать в качестве альтернативной замены животных белков.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках госзадания (проект 15.4642.2017/8.9).

Список литературы

1. Prosekov, A. Yu. Food security: The challenge of the present / A. Yu. Prosekov, S. A. Ivanova // Geoforum. – 2018. – Vol. 91. – P. 73–77. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.02.030.

2. Перфилова, О. В. Социальная значимость создания продуктов для здорового и функционального питания с использованием вторичного фруктово-овощного сырья / О. В. Перфилова, Г. О. Магомедов, В. А. Бабушкин [и др.] // Наука и Образование. – 2019. – № 1. – С. 41.

3. Пасичный, В. Н. Проблема белка или проблема качества пищи / В. Н. Пасичный // Мясной бизнес. – 2004. – № 2. – С. 12–18.

4. *In vivo* study of medical and biological properties of functional bakery products with the addition of pumpkin flour / L. Dyshlyuk, O. Babich, A. Prosekov [et. al.] // Bioactive carbohydrates and dietary fibre. – 2017. – Vol. 12. – P. 20–24. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2017.09.001.

5. Izgaryshev, A. V. Technological Features of Obtaining an Antianemic Product with the Maximum Heme Iron Content / A. V. Izgaryshev, A. Yu. Prosekov, O. O. Babich // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9, № 7. – P. 1128–1132.

6. Просеков, А. Ю. Анализ состава и свойств белков молока с целью использования в различных отраслях пищевой промышленности / А. Ю. Просеков, М. Г. Курбанова // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – Т. 15, № 4. – С. 68–71.

7. Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products / O. E. Mäkinen, V. Wanhalinna, E. Zannini [et al.] // Critical reviews in food science and nutrition. – 2016. – Vol. 56, № 3. – P. 339–349. DOI: https://doi.org/10.1080/10408398.2012.761950.

8. Beta-lactoglobulin removal from whey protein concentrates: Production of milk derivatives as a base for infant formulas / M. E. Lucena, S. Alvarez, C. Menéndez [et al.] // Separation and Purification Technology. – 2006. – Vol. 52, № 2. – P. 310–316. DOI: https://doi.org/10.1016/j.seppur.2006.05.006.

9. Innovative uses of milk protein concentrates in product development / S. Agarwal, R. L. Beausire, S. Patel [et al.] // Journal of Food Science. – 2015. – Vol. 80, № 1. – P. A23–A29. DOI: https://doi.org/10.1111/1750-3841.12807.

10. Study of the biofunctional properties of cedar pine oil with the use of in vitro testing cultures / A. Yu. Prosekov, L. S. Dyshlyuk, I. S. Milent'eva [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 136–143. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-136-143.

11. Halavach, T. M. Enzymatic hydrolysis of milk proteins as a basis of specialized food products biotechnology / T. M. Halavach, V. P. Kurchenko, A. I. Albulov // Nauka i studia. – 2016. – Vol. 3. – P. 1196–1207.

12. Ryan, L. Oat-based breakfast cereals are a rich source of polyphenols and high in antioxidant potential / L. Ryan, P. S. Thondre, C. J. K. Henry // Journal of Food Composition and Analysis. – 2011. – Vol. 24, № 7. – P. 929–934. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.02.002.

13. Molecular characterisation of 36 oat varieties and in vitro assessment of their suitability for celiac's diet / C. Ballabio, F. Uberti, S. Manferdelli [et al.] // Journal of Cereal Science. – 2011. – Vol. 54, № 1. – P. 110–115. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.04.004.

14. Functional properties of the enzyme-modified protein from oat bran / A. Prosekov, O. Babich, O. Kriger [et al.] // Food Bioscience. – 2018. – Vol. 24. – P. 46–49. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.05.003.

15. Stark, A. Dietary fiber / A. Stark, Z. Madar // Functional foods. Designer foods, pharmafoods, nutraceuticals / I. Goldberg. – New York : Springer, 1994. – P. 183–201. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2073-3.

16. Gallaher, D. D. Dietary fiber and its physiological effects / D. D. Gallaher // Essentials of Functional Foods / M. K. Schmidt, T. P. Labuza. – Springer, 2000. – P. 271–292.

17. Пащенко, Л. Овес сегодня и навсегда / Л. Пащенко // Хлебопродукты. – 2008. – № 2. – С. 35–37.

18. Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods / P. Rasane, A. Jha, L. Sabikhi [et al.] // Journal of Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 52, № 2. – P. 652–662. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-013-1072-1.

19. Lipid removal enhances separation of oat grain cell wall material from starch and protein / J. Sibakov, O. Myllymäki, U. Holopainen [et el.] // Journal of Cereal Science. – 2011. – Vol. 54, № 1. – P. 104–109. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.04.003.

20. Prosekov, A. Yu. Theory and practice of prion protein analysis in food products / A. Yu. Prosekov // Foods and Raw materials. – 2014. – Vol. 2, № 2. – P. 106–120. DOI: https://doi.org/10.12737/5467.

21. Mehta, B. Sensory evaluation and nutritional composition of oat based value added gluten free muffins / B. Mehta, S. Jood // Food Science Research Journal. – 2018. – Vol. 9, № 1. – P. 12–19. DOI: https://doi.org/10.15740/HAS/FSRJ/9.1/12-19.

22. Лоскутов, И. Овес: функциональные свойства и особенности использования / И. Лоскутов // Хлебопечение / Кондитерская сфера. – 2016. – Т. 65, № 3. – С. 17.

23. Oat protein concentrate production / O. V. Kriger, E. V. Kashirskikh, O. O. Babich [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 47–55. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-47-55.

24. Gupta, S. Process optimization for the development of a functional beverage based on lactic acid fermentation of oats / S. Gupta, S. Cox, N. Abu-Ghannam // Biochemical Engineering Journal. – 2010. – Vol. 52, № 2–3. – P. 199–204. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bej.2010.08.008.

25. Nutritional properties of various oat and naked oat cultivars / T. Boeck, S. D'Amico, E. Zechner [et el.] // Bodenkultur. – 2018. – Vol. 69, № 4. – P. 215–226. DOI: https://doi.org/10.2478/boku-2018-0018.

26. Шишков, В. А. Разработка технологии получения белковых препаратов из растительного сырья с применением ферментативных и мембранных процессов / В. А. Шишков [Электронный ресурс]. – Режим доступ: http://dis.podelise.ru/text/index85427.html. – Дата обращения: 17.10.2018.

27. Functional sports food based on the oat grain protein concentrate / Y. Yang, E. V. Kashirskikh, S. Y. Garmashov [et el.] // Science Evolution. – 2017. – Vol. 1. – P. 73–81. DOI: https://doi.org/10.21603/2500-1418-2017-2-1-73-81.

28. Остерман, Л. А. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот: Электрофорез и ультрацентрифугирование (практическое пособие) / Л. А. Остерман. – М. : Наука. – 1981. – 288 с.

29. Pomeranz, Y. Industrial uses of oats / Y. Pomeranz // The Oat Crop. Production and Utilization / R. Welch. – Dordrecht : Springer Netherlands, 1995. – P. 480–503. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-011-0015-1.

30. Ma, C. Y. Chemical characterization and functionality assessment of protein concentrates from oats / C. Y. Ma // Cereal Chemistry. – 1983. – Vol. 60. – P. 36–42.

31. Guan, X. Optimization of Viscozyme L-assisted extraction of oat bran protein using response surface methodology / X. Guan, H. Yao // Food Chemistry. – 2008. – Vol. 106, № 1. – P. 345–351. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.041.

32. Protein isolate from high-protein oats: Preparation, composition and properties / Y. V. Wu, K. R. Sexson, J. E. Cluskey [et al.] // Journal of Food Science. – 1977. – Vol. 42, № 5. – P. 1383–1386. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb14504.x.

33. Studying the features of the protein extraction from oat grains / L. S. Dyshlyuk, A. V. Izgaryshev, S. Y. Garmashov [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9, № 8. – P. 1344–1349.

34. Oats protein isolate: Thermal, rheological, surface and functional properties / A. Mohamed, G. Biresaw, J. Xu [et al.] // Food Research International. – 2009. – Vol. 42, № 1. – P. 107–114. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.10.011.

35. Identification and characterization of high protein oat lines from a mutagenized oat population / B. A. Sunilkumara, S. Leonova, R. Öste [et al.] // Journal of Cereal Science. – 2017. – Vol. 75. – P. 100–107. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.03.003.

36. Pomeranz, Y. Amino acid composition of oat groats / Y. Pomeranz, G. S. Robbins, L. W. Briggle // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1971. – Vol. 19, № 3. – P. 536–539. – DOI: https://doi.org/10.1021/jf60175a016.

37. Characterization and functional evaluation of oat protein isolate-*Pleurotus ostreatus* β-glucan conjugates formed via Maillard reaction / L. Zhong, N. Ma, Y. Wu [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2019. – Vol. 87. – P. 459–469. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.034.

References

1. Prosekov AYu. Ivanova SA. Food security: The challenge of the present. Geoforum. 2018;91:73–77. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.02.030.

2. Perfilova OV, Magomedov GO, Babushkin VA, Vlasova OG, Zelensky AA. Social importance of create out of products for healthy and functional nutrition using secondary fruit and vegetable raw materials. Nauka i obrazovanie [Science and education]. 2019;(1):41. (In Russ.).

3. Pasichnyy VN. Problema belka ili problema kachestva pishchi [Protein problem or food quality problem]. Meat business. 2004;(2):12–18. (In Russ.).

4. Dyshlyuk L, Babich O, Prosekov A, Ivanova S, Pavsky V, Yang Y. *In vivo* study of medical and biological properties of functional bakery products with the addition of pumpkin flour. Bioactive carbohydrates and dietary fibre. 2017;12:20–24. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2017.09.001.

5. Izgaryshev AV, Prosekov AYu, Babich OO. Technological Features of Obtaining an Antianemic Product with the Maximum Heme Iron Content. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2017;9(7):1128–1132.

6. Prosekov AYu, Kurbanova MG. Analiz sostava i svoystv belkov moloka s tsel′yu ispol′zovaniya v razlichnykh otraslyakh pishchevoy promyshlennosti [Analysis of the composition and properties of milk proteins to be used in various sectors of food industry]. Food Processing: Techniques and Technology. 2009;15(4):68–71. (In Russ.).

7. Mäkinen OE, Wanhalinna V, Zannini E, Arendt EK. Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products. Critical reviews in food science and nutrition. 2016;56(3):339–349. DOI: https://doi.org/10.1080/10408398.2012.761950.

8. Lucena ME, Alvarez S, Menéndez C, Riera FA, Alvarez R. Beta-lactoglobulin removal from whey protein concentrates: Production of milk derivatives as a base for infant formulas. Separation and Purification Technology. 2006;52(2):310–316. DOI: https://doi.org/10.1016/j.seppur.2006.05.006.

9. Agarwal S, Beausire RL, Patel S, Patel H. Innovative uses of milk protein concentrates in product development. Journal of Food Science. 2015;80(1):A23–A29. DOI: https://doi.org/10.1111/1750-3841.12807.

10. Prosekov AYu, Dyshlyuk LS, Milent'eva IS, Pavsky VA, Ivanova SA, Garmashov SY. Study of the biofunctional properties of cedar pine oil with the use of in vitro testing cultures. Foods and Raw Materials. 2018;6(1):136–143. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-136-143.

11. Halavach TM, Kurchenko VP, Albulov AI. Enzymatic hydrolysis of milk proteins as a basis of specialized food products biotechnology. Nauka i studia. 2016;3:1196–1207.

12. Ryan L, Thondre PS, Henry CJK. Oat-based breakfast cereals are a rich source of polyphenols and high in antioxidant potential. Journal of Food Composition and Analysis. 2011;24(7):929–934. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.02.002.

13. Ballabio C, Uberti F, Manferdelli S, Vacca E, Boggini G, Redaelli R, et al. Molecular characterisation of 36 oat varieties and in vitro assessment of their suitability for celiac's diet. Journal of Cereal Science. 2011;54(1):110–115. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.04.004.

14. Prosekov A, Babich O, Kriger O, Ivanova S, Pavsky V, Sukhikh S. et al. Functional properties of the enzyme-modified protein from oat bran. Food Bioscience. 2018;24:46–49. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.05.003.

15. Stark A, Madar Z. Dietary fiber. In: Goldberg I, editor. Functional foods. Designer foods, pharmafoods, nutraceuticals. New York: Springer; 1994. pp. 183–201. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2073-3.

16. Gallaher DD. Dietary fiber and its physiological effects. In: Schmidt MK, Labuza TP, editors. Essentials of Functional Foods. Springer; 2000. pp. 271–292.

17. Pashchenko L. Oves segodnya i navsegda [Oats today and forever]. Bread products. 2008;(2):35–37. (In Russ.).

18. Rasane P, Jha A, Sabikhi L, Kumar A, Unnikrishnan VS. Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods. Journal of Food Science and Technology. 2015;52(2):652–662. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-013-1072-1.

19. Sibakov J, Myllymäki O, Holopainen U, Kaukovirta-Norja A, Hietaniemi V, Pihlava JM, et al. Lipid removal enhances separation of oat grain cell wall material from starch and protein. Journal of Cereal Science. 2011;54(1):104–109. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.04.003.

20. Prosekov AYu. Theory and practice of prion protein analysis in food products. Foods and Raw materials. 2014;2(2):106–120. DOI: https://doi.org/10.12737/5467.

21. Mehta B, Jood S. Sensory evaluation and nutritional composition of oat based value added gluten free muffins. Food Science Research Journal. 2018;9(1):12–19. DOI: https://doi.org/10.15740/HAS/FSRJ/9.1/12-19.

22. Loskutov I. Oves: funktsional′nye svoystva i osobennosti ispol′zovaniya [Oats: functional properties and special aspects of the use]. Bakery / Confectionery industry. 2016;65(3):17. (In Russ.).

23. Kriger OV, Kashirskikh EV, Babich OO, Noskova SY. Oat protein concentrate production. Foods and Raw Materials. 2018;6(1):47–55. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-47-55.

24. Gupta, S. Process optimization for the development of a functional beverage based on lactic acid fermentation of oats / S. Gupta, S. Cox, N. Abu-Ghannam // Biochemical Engineering Journal. – 2010. – Vol. 52, № 2–3. – P. 199–204. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bej.2010.08.008.

25. Boeck T, D'Amico S, Zechner E, Jaeger H, Schoenlechner R. Nutritional properties of various oat and naked oat cultivars. Bodenkultur. 2018;69(4):215–226. DOI: https://doi.org/10.2478/boku-2018-0018.

26. Shishkov VA. Razrabotka tekhnologii polucheniya belkovykh preparatov iz rastitel′nogo syr′ya s primeneniem fermentativnykh i membrannykh protsessov [New technology for the production of protein preparations from vegetable raw

materials using enzymatic and membrane processes] [Internet]. [cited 2018 Oct 17]. Available from: http://dis.podelise.ru/text/index85427.html.

27. Yang Y, Kashirskikh EV, Garmashov SY, Izgaryshev AV, Kriger OV, Evsyukova AO. Functional sports food based on the oat grain protein concentrate. Science Evolution. 2017;1:73–81. DOI: https://doi.org/10.21603/2500-1418-2017-2-1-73-81.

28. Osterman LA. Metody issledovaniya belkov i nukleinovykh kislot: Ehlektroforez i ul'tratsentrifugirovanie (prakticheskoe posobie) [Methods of research of proteins and nucleic acids: Electrophoresis and ultracentrifugation (practical guide)]. Moscow: Nauka; 1981. 288 p. (In Russ.).

29. Pomeranz Y. Industrial uses of oats. In: Welch R, editors. The Oat Crop. Production and Utilization. Dordrecht: Springer Netherlands; 1995. pp. 480–503. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-011-0015-1.

30. Ma CY. Chemical characterization and functionality assessment of protein concentrates from oats. Cereal Chemistry. 1983;60:36–42.

31. Guan X, Yao H. Optimization of Viscozyme L-assisted extraction of oat bran protein using response surface methodology. Food Chemistry. 2008;106(1):345–351. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.041.

32. Wu YV, Sexson KR, Cluskey JE, Inglett GE. Protein isolate from high-protein oats: Preparation, composition and properties. Journal of Food Science. 1977;42(5):1383–1386. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb14504.x.

33. Dyshlyuk LS, Izgaryshev AV, Garmashov SY, Sukhikh SA, Kashirskih EV. Studying the features of the protein extraction from oat grains. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2017;9(8):1344–1349.

34. Mohamed A, Biresaw G, Xu J, Hojilla-Evangelista MP, Rayas-Duarte P. Oats protein isolate: Thermal, rheological, surface and functional properties. Food Research International. 2009;42(1):107–114. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.10.011.

35. Sunilkumara BA, Leonova S, Öste R, Olsson O. Identification and characterization of high protein oat lines from a mutagenized oat population. Journal of Cereal Science. 2017;75:100–107. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.03.003.

36. Pomeranz Y, Robbins GS, Briggle LW. Amino acid composition of oat groats. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1971;19(3):536–539. – DOI: https://doi.org/10.1021/jf60175a016.

37. Zhong L, Ma N, Wu Y, Zhao L, Ma G, Pei F, et al. Characterization and functional evaluation of oat protein isolate-*Pleurotus ostreatus* β-glucan conjugates formed via Maillard reaction. Food Hydrocolloids. 2019;87:459–469. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.034.

Сведения об авторах

Каширских Егор Владимирович
аспирант, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: k8enya@gmail.com

Бабич Ольга Олеговна
д-р техн. наук, профессор, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», 236016, Россия, г. Калининград, ул. Александра Невского, 14, тел.: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: olich.43@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4921-8997

Кригер Ольга Владимировна
ведущий научный сотрудник научно-исследовательского института биотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: olgakriger58@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-1489-0716

Information about the authors

Egor V. Kashirskih
Postgraduate Student, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: k8enya@gmail.com

Olga O. Babich
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, 14, A. Nevskogo Str., Kaliningrad, 236016, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: olich.43@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4921-8997

Olga V. Kriger
Leading Researcher Research Institute of Biotechnology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: olgakriger58@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-1489-0716