



Научная статья

4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)

УДК664.8.022

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.02.021



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Наталья Гаврошевна Ли ¹, Елена Павловна Иванова ²,
Алексей Николаевич Емельянов ³, Татьяна Анатольевна Ершова ⁴,
Тамара Алексеевна Сенотрусова ⁵, Владимир Алексеевич Лях ⁶,
Тамара Викторовна Левчук ⁷, Юлия Ивановна Мелишкевич ⁸

^{1, 4, 5, 6, 7, 8} Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

¹ li.ng@dvvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4643-2250>

² Сахалинский НИИ сельского хозяйства – филиал ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» (ВИР), Южно-Сахалинск, Россия,

² kirena2010@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3428-4235>

³ ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Уссурийск, Россия,

³ fe.smc_rf@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7112-7856>

⁴ ershova.ta@dvvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3996-9105>

⁵ senotrusova.ta@dvvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0580-3235>

⁶ lyakh.va@dvvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6999-2210>

⁷ levchuk.tv@dvvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1320-1787>

⁸ melishkevich.iui@dvvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7498-7061>

Аннотация. В статье описывается опыт переработки люцерны на пищевые волокна и аминокислотный концентрат. Цель исследования – рассмотреть возможность использования переработки люцерны изменчивой (сорт Деметра, Находка, Сарга) для получения пищевых волокон. Задачи исследования: определить выход растворимых и нерастворимых пищевых волокон из люцерны изменчивой; определить содержание аминокислот в соке люцерны изменчивой. Выделение пищевых волокон люцерны осуществляли следующим образом. Люцерну разделяли на цветок, стебли и листья. Из листьев были получены две составные части – сок и жом (зеленая масса). В последующем сок являлся источником растворимых пищевых волокон и аминокислот, жом и стебли служили источником выделения нерастворимых пищевых волокон. В результате проведения анализа содержания нерастворимых пищевых волокон, полученных при переработке жома и стеблей люцерны, установлено, что массовая доля нерастворимых пищевых волокон люцерны составляла в диапазоне от 25 до 30 %. Наибольший выход нерастворимых пищевых волокон отмечен для сорта Находка, наименьший – для сорта Деметра. В соке люцерны были обнаружены незаменимые аминокислоты: аргинин, валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин и фенилаланин, что позволяет использовать его как дополнительный источник обогащения сухих белковых смесей.

Ключевые слова: люцерна изменчивая, пищевые волокна, сырая клетчатка, растворимые пищевые волокна, аминокислоты, специализированные пищевые продукты.

Благодарности: Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект №FZNS-2022-0012, тема проекта «Разработка отечественных технологий сухих смесей, обогащенных витаминными комплексами, омега жирными кислотами с пробиотической активностью для лечебного перорального питания, в т.ч. детей и больных стационаров, совместно с R&D центром и на базе высокотехнологического предприятия ООО «Арника».

Для цитирования: Использование люцерны изменчивой для получения компонентов специализированных пищевых продуктов / Н.Г. Ли [и др.]. // Ползуновский вестник. 2025. № 2, С. 137–142. doi: 10.25712/ASTU. 2072-8921.2025.02.021. EDN: <https://elibrary.ru/TEDYDJ>.

Original article

USE OF ALFALFA TO OBTAIN COMPONENTS OF SPECIALTY FOOD PRODUCTS

Natalya G. Li ¹, Elena P. Ivanova ², Alexey N. Emelyanov ³, Tatyana A. Ershova ⁴,
Tamara A. Senotrusova ⁵, Vladimir A. Lyakh ⁶, Tamara V. Levchuk ⁷,
Yulia I. Melishkevich ⁸

^{1, 4, 5, 6, 7, 8} Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

¹ li.ng@dvvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4643-2250>

© Ли Н. Г., Иванова Е. П., Емельянов А. Н., Ершова Т. А., Сенотрусова Т. А., Лях В. А., Левчук Т. В., Мелишкевич Ю. И., 2025

² Sakhalin Research Institute of Agriculture - branch of the Federal Research Center "All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after. N.I. Vavilov" (VIR), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, kirena2010@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3428-4235>

³ Federal State Budgetary Institution "FSC of Agrobiotechnologies of the Far East named after A.K. Chaika, Ussuriysk, Russia, fe.smc_rf@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7112-7856>

⁴ ershova.ta@dvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3996-9105>

⁵ senotrusova.ta@dvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0580-3235>

⁶ lyakh.va@dvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6999-2210>

⁷ levchuk.tv@dvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1320-1787>

⁸ melishkevich.iui@dvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7498-7061>

Abstract. The article describes the experience of processing alfalfa into dietary fiber and amino acid concentrate. The purpose of the study is to consider the possibility of using the processing of variable alfalfa (variety Demetra, Nakhodka, Sarga) to obtain dietary fiber. Research objectives: to determine the yield of soluble and insoluble dietary fiber from alfalfa; determine the content of amino acids in the juice of alfalfa. Isolation of alfalfa dietary fiber was carried out as follows. Alfalfa was divided into flower, stems and leaves. Two components were obtained from the leaves - juice and pulp (green mass). Subsequently, the juice was a source of soluble dietary fiber and amino acids; the pulp and stems served as a source of insoluble dietary fiber. As a result of analyzing the content of insoluble dietary fiber obtained from the processing of alfalfa pulp and stems, it was established that the mass fraction of insoluble Alfalfa dietary fiber was in the range of 25 to 30%. The highest yield of insoluble dietary fiber was noted for the Nakhodka variety, the lowest for the Demetra variety. Essential amino acids were found in alfalfa juice: arginine, valine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, threonine and phenylalanine, which makes it possible to use it as an additional source of enrichment for dry protein mixtures.

Keywords: alfalfa, dietary fiber, crude fiber, soluble dietary fiber, amino acids, specialty foods.

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the State assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project No. FZNS-2022-0012, project theme "Development of domestic technologies for dry mixtures enriched with vitamin complexes, omega fatty acids with probiotic activity for therapeutic oral nutrition, including children and hospital patients, together with the R&D center and on the basis of the high-tech enterprise Arnika LLC."

For citation: Li, N.G., Ivanova, E.P., Emelyanov, A.N., Ershova, T.A., Senotrusova, T.A., Lyakh, V.A., Levchuk, T.V. & Melishkevich, Yu.I. (2025). Use of alfalfa to obtain components of specialty food products. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 137-142. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2025.02.021. EDN: <https://elibrary.ru/TEDYDJ>.

ВВЕДЕНИЕ

В XXI веке стремительно развиваются инновационные биотехнологии, разрабатываются новые источники энергии, продукты питания [1]. Упор делается на функциональные продукты (детские, диетические, спортивные, для лиц с ослабленным здоровьем и т.д.).

Клетчатка имеет решающее значение для сбалансированного корма животных и пищи человека. Согласно современным подходам к определению качества корма, стандартный анализ корма в настоящее время должен включать нейтрально-детергентную (НДК) и кислотно-детергентную (КДК) клетчатки. Авторами был рассмотрен фракционный состав углеводов в образцах зеленой массы многолетней культуры (тимOFFеевки) и однолетней (овса), отобранных в 2019 году на опытном поле ФГБОУ ВО Приморская ГСХА. Анализ проведен в ООО Научно-испытательный центр «Черкизово» (г. Москва) на автоматическом анализаторе клетчатки ANKOM A2000. Установлено, что сумма гемицеллюлозы и целлюлозы у многолетней культуры тимOFFеевки выше на 7 %, чем у однолетнего овса (69 % против 62 %). Растительная масса тимOFFеевки содержит 75,1 % НДК, на 6,6 % уступает фитомассе овса [2].

Однако наибольший интерес представляют исследования по использованию растительных пищевых волокон в составе пищевых продуктов. Использование пищевых волокон находит в последнее время широкое применение не только в специализированных продуктах питания [3], но и в пищевых продуктах общего назначения [4]. Выявлена положительная связь между общим количеством пищевых волокон на каждую килокалорию энергии, поступающую с пищевыми продуктами, составом микробиома кишечника [5].

Различные исследователи показали, что люцерна может быть перспективным источником растительного белка для применения в нутрицевтической, фармацевтической и функциональной пищевой промышленности. Люцерна богата ценными питательными веществами, включая незаменимые аминокислоты, минералы, витамины и пищевые волокна [6].

Кроме того, белки люцерны содержат сбалансированный аминокислотный состав и обладают желательными техно-функциональными свойствами, включая удерживающие жидкость, эмульгирующие, пенообразующие и желеобразующие свойства, которые могут использоваться в широком спектре пищевых рецептур [7].

В связи с этим, актуальными являются исследования, направленные на создание пищевых продуктов функционального и специализированного профиля, обладающих профилактическим, диетическим и лечебным спектром действия за счет обогащения их состава жизненно необходимыми компонентами пищи (минеральные вещества, витамины и др.), позволяющим улучшить рацион благодаря его коррекции по дефицитным макро- и микронутриентам.

Люцерна – уникальное растение, благотворно воздействующее на органы и системы организма человека. В древности арабы называли люцерну прародительницей всей пищи, «основой всех благ», для многих народов она была и едой, и лекарством (её называли травой лечухой). Биолог Фрэнк Бовуэр определил, что зеленые листья люцерны содержат восемь эссенциальных аминокислот, невоспроизводимых человеческим организмом, назвав люцерну «великой целительницей». Кроме высоких урожайных и кормовых достоинств, люцерна является источником получения мёда, энзимов, биотоплива, сырья для пищевой, лекарственной, косметической промышленности и т.д.

Современными исследованиями доказано, что люцерна повышает иммунитет, обладает антиоксидантным и антиканцерогенным действием. Она содержит

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

жит как минимум один белок с доказанной противоопухолевой активностью и пищевые волокна, такие как пектин, которые связывают и нейтрализуют канцерогены в кишечнике. Многолетними исследованиями с люцерной, проведенными Ивановой Е.П., показано, что люцерна может занять достойное место в АПК Дальнего Востока [8]. Люцерна даёт энергонасыщенные высокобелковые корма. По данным большого количества анализов в различных регионах страны, в люцерне содержится (на сухую массу): 12–27 % сырого протеина, 2–4 % жира, 21–46 % клетчатки, 32–54 % БЭВ, 6–16 % золы [9].

Многолетними исследованиями подтверждены существенные различия между сортами люцерны по показателям качества. Нами в вегетационном периоде 2023 года на травостоях второго года жизни были продолжены исследования по агроэкологическому испытанию современных сортов люцерны различного эколого-географического происхождения в условиях ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки». В лаборатории агрохимических анализов указанного учреждения проведены химические анализы растительных образцов люцерны, результаты которых показали варьирование показателей качества по сортам люцерны. Так, в среднем по двум укосам содержание сырого протеина по сортам варьировало от 15,0 до 19,4 %, а содержание сырой клетчатки – от 17,7 до 22,3 %. Все изучаемые сорта показали достаточно высокую обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином, в целом высокую питательную ценность.

С целью получения растворимых и нерастворимых пищевых волокон как компонента смесей сухих белковых для энтерального питания была выбрана люцерна изменчивая 3 сортов: сорта Находка, Сарга, Деметра.

Цель исследования – рассмотреть возможность использования переработки люцерны изменчивой для получения пищевых волокон. Задачи исследования: определить выход растворимых и нерастворимых пищевых волокон из 3 сортов люцерны изменчивой; определить содержание аминокислот в соке люцерны изменчивой.

МЕТОДЫ

Вегетативная часть люцерны второго укоса массой по 0,5 кг каждого сорта, произведенного в конце июля, была передана с опытного участка селекционного севооборота лаборатории полевого и лугопастбищного кормопроизводства ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки».

Выделение пищевых волокон люцерны осуществляли следующим образом. Люцерну разделяли на цветки, стебли и листья. Из листьев были получены две составные части – сок и жом (зеленая масса). В последующем сок являлся источником растворимых пищевых волокон и аминокислот, жом и стебли служили источником выделения нерастворимых пищевых волокон.

Для получения растворимых пищевых волокон и аминокислот листья люцерны измельчали, после чего прессовали. После прессования получали сок и жом. Сок выделялся очень интенсивно; это была темно-зеленая густая жидкость, по консистенции схожая с молоком, имеющая запах и вкус свежей травы. Сок фильтровали и нагревали при температуре 45–50 °С. Сгустившуюся массу пропускали через центрифугу 2 раза, сушили на вакуумной сублимационной сушилке FD-1A-50 и полученный сухой остаток измельчали в однородный порошок на планетарной шаровой мельнице QM-2A. В итоге получили основной продукт (2–3 % исходного сырья) зеленого цвета.

Для получения нерастворимых пищевых волокон стебель и жом люцерны перед обработкой высушивают и измельчают, а для обработки используют водный раствор азотной кислоты концентрацией от 0,3 до 0,5 % в течение 60 минут при гидромодуле 7–10. Затем нагревают при температуре 95–100 °С. Полученный продукт сушат при температуре 55–60 °С и измельчают до порошкообразного состояния на ножевой мельнице. При выборе условий выделения пищевых волокон было установлено, что наиболее значимыми параметрами являются: концентрация кислоты, гидромодуль, время обработки.

Пищевые волокна, получаемые по заявляемому способу, представляют собой порошки серо-зеленого цвета с размером частиц 0,25–0,5 мм (рисунок 1).



Рисунок 1 – Нерастворимые пищевые волокна люцерны, полученные из жома и стеблей люцерны

Figure 1 – Insoluble dietary fiber from alfalfa, obtained from alfalfa pulp and stalks

Аминокислотный состав определяли с помощью методики М-04-94-2021, которая предназначена для измерений массовой доли 21 аминокислоты: двадцати протеиногенных и гидроксипролина в пробах пищевой продукции методом капиллярного электрофореза (КЭ) с использованием системы КЭ «КАПЕЛЬ®» [11].

Массовую долю сырой клетчатки определяли по ГОСТ 31675-2012 [12]. Метод основан на последовательной обработке навески испытуемой пробы растворами кислоты и щелочи, озолинии и количественном определении органического остатка весовым методом. Содержание сырой клетчатки выражают в виде массовой доли в процентах или в граммах на 1 кг сухого вещества.

Массовую долю влаги определяли по ГОСТ 33331-2015 [13]. Метод основан на удалении (испарении) воды из навески исследуемого образца и определении изменения его массы взвешиванием. Диапазон измерений массовой доли воды от 5,0 % до 96,0 %.

Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон проводили ферментативно-гравиметрическим методом по ГОСТ Р 54014-2010 [14]. Метод основан на ферментативном гидролизе крахмальных и некрахмальных соединений с помощью α -амилазы, протеазы и амилоглюкозидазы до моно-, ди-, олигосахаридов и пептидов. Пищевые волокна осаждают этиловым спиртом, высушивают и определяют гравиметрическим методом. Общую массовую долю пищевых волокон выражают в процентах или (г/100 г).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате проведения анализа содержания нерастворимых пищевых волокон, полученных при переработке жома и стеблей люцерны, установлено, что массовая доля нерастворимых пищевых волокон люцерны состав-

ляла в диапазоне от 25 до 30 % (таблица 1). Наибольший выход нерастворимых пищевых волокон отмечен для сорта Находка, наименьший – для сорта Деметра.

Высокая сорбционная способность пищевых волокон является одним из важнейших их свойств. Благодаря этому свойству пищевые волокна могут связывать на своей поверхности не только молекулы воды, моносахариды, аминокислоты, холестерин, жирные кислоты, макро- и микроэлементы, витамины,

Таблица 1 – Содержание нерастворимых пищевых волокон в жоме и стеблях люцерны изменчивой

Table 1 – Content of insoluble dietary fiber in pulp and stems of alfalfa

Показатель	Сорт Находка	Сорт Деметра	Сорт Сарга
Массовая доля сырой клетчатки, %	30,1±2,4	18,1±1,8	25,2±1,5
Массовая доля влаги, %	8,4±0,7	9,0±0,7	8,8±0,7
Массовая доля сырой клетчатки (в пер. на а.с.в.), %	32,9±2,6	19,9±1,9	28,6±2,4

Установлено, что наибольший выход нерастворимых и растворимых пищевых волокон (ПВ) отмечен для люцерны сорта Находка (рисунок 2).



Рисунок 2 – Содержание нерастворимых и растворимых пищевых волокон, выделенных из люцерны

Figure 2 – Content of insoluble and soluble dietary fiber isolated from alfalfa

Ввиду того, что люцерна является источником растительного протеина, было проведено количественное определение аминокислотного состава сока, полученного в результате комплексной переработки люцерны изменчивой (сорт Деметра, Находка, Сарга). В соке люцерны были обнаружены такие незаменимые аминокислоты, как валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин и фенилаланин (рисунок 3). Выявлено наличие незаменимой аминокислоты аргинин, которая является предшественником множества биологически активных молекул, таких как азотистый оксид (NO), пролин, креатин и др. Участвует в регуляции иммунной системы и сосудистого тонуса, синтезе протеинов, аммиака, мочевины.

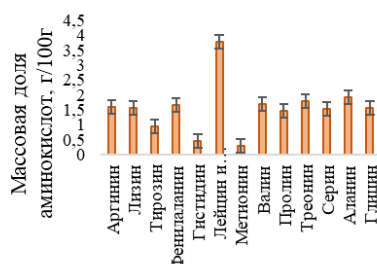


Рисунок 3 – Содержание аминокислот в соке люцерны

Figure 2 – Amino acid content in alfalfa juice

ОБСУЖДЕНИЕ

Растительные белки привлекают внимание ввиду роста экологических, этических и проблем безопасности, связанных с белками животного происхождения. Помимо этого, наиболее значимыми аллергенами

но и более крупные пищевые субстраты (белки).

Пищевые волокна также активно связывают пищеварительные ферменты, желчные кислоты, фармпрепараты, ксенобиотики, тяжелые металлы, токсические вещества, энтеротоксины бактерий, канцерогены и многие другие вещества. В литературных источниках отмечена высокая сорбционная способность нерастворимых пищевых волокон люцерны связывать желчные кислоты *in vitro*.

раннего возраста являются белки коровьего молока, которые входят в состав таких специализированных пищевых продуктов, как спортивное питание и детские сухие смеси. Замена животных белков растительными позволит решить эту проблему.

На сегодняшний день большинство растительных белков выделяют из пшеницы и соевых бобов, которые входят в группу большой восьмерки пищевых аллергенов.

Например, семена сои, согласно справочным данным, содержат приблизительно от 42,95 до 46,32 %, который включает несколько аминокислот (г/100 г белка), таких как аланин (3,59), аргинин (6,67), аспарагиновая кислота (10,2), цистин (1,46), глутаминовая кислота (17,45), глицин (3,6), гистидин (2,3), изолейцин (4,25), лейцин (6,78), лизин (5,33), метионин (1,13), фенилаланин (4,59), пролин (4,96), серин (4,59), треонин (3,14), триптофан (1,12), тирозин (3,22) и валин (4,1).

Различные фракции люцерны, включая сушеные листья, сушеные стебли, листовой сок, листовой жом, содержат разное количество белка. Сообщается, что содержание белка в сушеных листьях люцерны примерно в два раза больше, чем в сушеных стеблях люцерны [15]. Среди белков в листьях люцерны водорастворимые белки (альбумин) составляют основную фракцию (260 г/кг), в то время как солерастворимые белки (глобулин) составляют лишь незначительную фракцию (69 г/кг).

Растворимость является одним из важнейших свойств белков во многих пищевых продуктах, поскольку существенно влияет на их другие важные функциональные свойства, такие как связывание, эмульгирование, вспенивание и гелеобразование пищевой системы.

В исследовании авторов Lamsal и др. (2007) [16] сообщается, что температура термической денатурации белков люцерны составляет около 80 °С. Этот фактор важен, поскольку термическая денатурация белков влияет на их растворимость, загущение, гелеобразование, пенообразование и эмульгирующие свойства. В нашем исследовании для получения аминокислот сок люцерны фильтровали и нагревали при температуре 45–50 °С.

Для получения растворимых пищевых волокон и аминокислот сок, отделенный от жома, сушили способом вакуумной сублимационной сушки (лиофилизация). Процесс сушки методом вакуумной сублимации осуществлялся с высокой скоростью в условиях минусовых температур (–50 °С) и низкого давления. Данные параметры обеспечивают максимальное сохранение аминокислот, что под-

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

тверждено данными аминокислотного анализа, проведенного методом капиллярного электрофореза.

Содержание растворимых пищевых волокон, высокая доля водорастворимых белков, а также сбалансированный профиль аминокислот сока люцерны позволяют использовать его как дополнительный источник обогащения специализированных пищевых продуктов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время люцерну преимущественно используют в качестве кормовой добавки для сельскохозяйственных животных, и лишь незначительная роль ей отводится в секторе продуктов питания. Однако люцерна является перспективным источником высококачественных белков и аминокислот для использования в пищевых продуктах. Полученные результаты комплексной переработки люцерны изменчивой показали целесообразность использования данной культуры для получения растворимых и нерастворимых пищевых волокон, аминокислот с целью последующей фортификации специализированных и функциональных пищевых продуктов. В соке люцерны были обнаружены незаменимые аминокислоты: аргинин, валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин и фенилаланин, что позволяет использовать его как дополнительный источник обогащения сухих белковых смесей. Люцерна является перспективным источником пищевых волокон. Массовая доля пищевых волокон люцерны составляла от 25 до 30 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидоренко О.Л. Биоконверсия вторичных продуктов агропромышленного комплекса : учебник. М. : ИНФРА-М, 2017. 296 с.
2. Иванова Е.П. Фракционный состав клетчатки в оценке качества современных кормов // Аграрный вестник Приморья. 2020. № 3 (19). С. 17–22.
3. Гаппарова К.М., Чехонина Ю.Г. Роль специализированных пищевых продуктов в диетотерапии ожирения // Вопросы диетологии. 2023. № 3. С. 50–54.
4. Королёв А.А., Корнева Л.Я., Коптяева И.С. Применение льна и люцерны в технологии пищевых концентратов // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. 2018. № 9 (9). С. 98–107.
5. Кобелькова И.В., Коростелева М.М. Влияние основных пищевых веществ на состав кишечного микробиома и оптимизацию адаптационного потенциала спортсмена // Наука и спорт: современные тенденции. 2022. Т. 10. № 2. С. 15–26.
6. Hadidi M., Hossienpour Y., Nooshkam M., Mahfouzi M., Gharagozlou M., Aliakbari F.S., McClement D.J. Green leaf proteins: a sustainable source of edible plant-based proteins // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2023. 64(29). P. 10855–10872. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.222943>.
7. Kobbi S., Bougatef A., Le flem G., Balti R., Micskael C., Fertin B., Chaabouni S., Dhulster P. & Nedjar N. Purification and Recovery of RuBisCO Protein from Alfalfa Green Juice: Antioxidative Properties of Generated Protein Hydrolysate. // Waste and Biomass Valorization. 2017. 8(2). P. 493–504. DOI:10.1007/s12649-016-9589-y.
8. Иванова Е.П. Проблемы и перспективы возделывания люцерны на Дальнем Востоке // Кормопроизводство. 2021. № 7. С. 26–29.
9. Смирнов В.А. Люцерна // Биоклиматология бобовых и злаковых трав. Л. : Гидрометеиздат, 1981. С. 18–36.
10. Сорта кормовых культур селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса» : монография / ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». М. : ООО «Угрешская Типография», 2019. 92 с.

11. Методика М-04-94-2021 Определение аминокислот в пищевой продукции. (ФР.1.31.2022.43167). URL: https://www.lumex.ru/complete_solutions/22aru03_12_21.php. (дата обращения: 24.04.2024).

12. ГОСТ 31675-2012 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации (Переиздание): введ. 2013-07-01. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт». (дата обращения: 24.04.2024). <https://docs.cntd.ru/document/1200097397>.

13. ГОСТ 33331-2015 Водоросли, травы морские и продукция из них. Методы определения массовой доли воды, золы и посторонних примесей (с Поправкой): введ. 2017-01-01. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт» (дата обращения: 24.04.2024). <https://docs.cntd.ru/document/1200123368>.

14. ГОСТ Р 54014-2010 Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом (Переиздание): введ. 2012-01-01. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт» (дата обращения: 24.04.2024). <https://docs.cntd.ru/document/1200082847>.

15. Firdaous L., Dhulster P., Amiot J., Gaudreau A., Lecouturier D., Kapel R., Lutin F., Vézina L-Ph., Bazinet L. Concentration and selective separation of bioactive peptides from an alfalfa white protein hydrolysate by electrodialysis with ultrafiltration membranes // Journal of Membrane Science. 329(1–2). 2009. P. 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2008.12.012>.

16. Lamsa B.P., Koegel R.G. & Gunasekaran S. Some physicochemical and functional properties of alfalfa soluble leaf proteins // LWT - Food Science and Technology, 40(9). 2007. P. 1520–1526. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.11.010>.

Информация об авторах

Н. Г. Ли – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевой и клеточной инженерии Факультета агропищевых биотехнологий и пищевой инженерии, Передовая инженерная школа «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» ДВФУ.

Е. П. Иванова – кандидат с.-х. наук, доцент, старший научный сотрудник, Сахалинский НИИ сельского хозяйства – филиал ФНЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» (ВИР).

А. Н. Емельянов – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник по специальности 06.01.09 – «Растениеводство», директор ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки.

Т. А. Ершова – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой пищевой и клеточной инженерии Факультета агропищевых биотехнологий и пищевой инженерии, Передовая инженерная школа «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» ДВФУ.

Т. А. Сенотрусова – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевой и клеточной инженерии Факультета агропищевых биотехнологий и пищевой инженерии, Передовая инженерная школа «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» ДВФУ.

В. А. Лях – кандидат технических наук, декан Факультета агропищевых биотехнологий и пищевой инженерии, Передовая инженерная школа «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» ДВФУ.

Т. В. Левчук – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевой и клеточной инженерии Факультета агропищевых биотехнологий и пищевой инженерии, Передовая инженерная школа «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» ДВФУ.

Ю. И. Мелишкевич – младший научный сотрудник, аспирант кафедры пищевой и клеточной инженерии Факультета агропищевых биотехнологий и пищевой инженерии, Передовая инженерная школа «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» ДВФУ.

REFERENCES

1. Sidorenko, O.L. (2017). Biokonversija vtorichnykh produktov agropromyshlennogo kompleksa: Uchebnik. M. : INFRA-M. (In Russ.).
2. Ivanova, E.P. Frakcionnyy sostav kletchatki v ocenke kachestva sovremennykh kormov. *Agrarnyy vestnik Primor'ya*, 2020, (19), 17-22. (In Russ.).
3. Gapparova, K.M. & Chehonina, Ju.G. Rol' specializirovannykh pishhevyykh produktov v dietoterapii ozhireniya. *Voprosy dietologii*, 2023, (3), 50-54. (In Russ.).
4. Korol'ov, A.A., Korneva, L.Ja. & Koptjaeva, I.S. Primenenie l'na i ljucerny v tehnologii pishhevyykh koncentratov. *Innovacionnye tehnologii proizvodstva i hraneniya material'nykh cennostey dlja gosudarstvennykh nuzhd*, 2018, (9), 98-107. (In Russ.).
5. Kobel'kova, I.V. & Korosteleva, M.M. Vlijanie osnovnykh pishhevyykh veshchestv na sostav kishhechnogo mikrobioma i optimizaciju adaptacionnogo potentsiala sportsmena. *Nauka i sport: sovremennye tendencii*, 2022, (10), 15-26. (In Russ.).
6. Hadidi, M., Hossienpour, Y., Nooshkam, M., Mahfouzi, M., Gharagozlou, M., Aliakbari, F.S., McClement, D.J. Green leaf proteins: a sustainable source of edible plant-based proteins // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023. 64(29). P. 10855-10872. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.222943>.
7. Kobbi, S., Bougatef, A., Le flem, G., Balti, R., Mickael, C., Fertin, B., Chaabouni, S., Dhulster, P. & Nedjar, N. Purification and Recovery of RuBisCO Protein from Alfalfa Green Juice: Antioxidative Properties of Generated Protein Hydrolysate // *Waste and Bio-mass Valorization*. 2017. 8(2). P. 493-504. DOI:10.1007/s12649-016-9589-y.
8. Ivanova, E.P. Problemy i perspektivy vozdeystviya ljucerny na Dal'nem Vostoke. *Kormoproizvodstvo*, 2021, (7), 26-29. (In Russ.).
9. Smirnov, V.A. Ljucerna. *Bioklimatologija bobovykh i zlakovykh trav*. L.: Gidrometeoizdat, 1981, 18-36. (In Russ.).
10. Sorta kormovykh kul'tur selekcii FGBNU «Federal'nyy nauchnyy centr kormoproizvodstva i agroekologii imeni V.R. Vil'jamsa»: monografiya / FNC «VIK im. V.R. Vil'jamsa». M. : OOO «Ugreshskaja Tipografiya», 2019. 92 s. (In Russ.).
11. Metodika M-04-94-2021 Opredelenie aminokislot v pishhevoj produkcii. (FR.1.31.2022.43167). Retrieved from. URL : https://www.lumex.ru/complete_solutions/22aru03_12_21.php (data obrashheniya: 24.04.2024). (In Russ.).
12. GOST 31675-2012 Korma. Metody opredeleniya soderzhanija syroj kletchatki s primeneniem promezhutochnoj fil'tracii (Pereizdanie): vved. 2013-07-01. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Tehjeksport» (data obrashheniya : 24.04.2024). Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/1200097397>. (In Russ.).
13. GOST 33331-2015 Vodorosli, travy morskije i produkcija iz nih. Metody opredelenija massovoj doli vody, zoly i postoronnih primesej (s Popravkoj): vved. 2017-01-01. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Tehjeksport» (data obrashheniya: 24.04.2024). Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/1200123368>. (In Russ.).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 06 мая 2024; одобрена после рецензирования 20 мая 2025; принята к публикации 26 мая 2025.

The article was received by the editorial board on 06 May 2024; approved after editing on 20 May 2025; accepted for publication on 26 May 2025.

14. GOST R 54014-2010 Produkty pishhevyh funkcional'nye. Opredelenie rastvorimyh i nerastvorimyh pishhevyykh volokon fermentativno-gravimetricheskimi metodami (Pereizdanie): vved. 2012-01-01. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Tehjeksport» (data obrashheniya: 24.04.2024). Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/1200082847>. (In Russ.).

15. Firdaous, L., Dhulster, P., Amiot, J., Gaudreau, A., Lecouturier, D., Kapel, R., Lutin, F., Vézina, L-Ph., Bazinet, L. Concentration and selective separation of bioactive peptides from an alfalfa white protein hydrolysate by electrodialysis with ultrafiltration membranes // *Journal of Membrane Science*. 329(1–2). 2009. P. 60-67. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2008.12.012>.

16. Lamsal, B.P., Koegel, R.G. & Gunasekaran, S. Some physicochemical and functional properties of alfalfa soluble leaf proteins // *LWT - Food Science and Technology*, 40(9). 2007. P. 1520-1526. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.11.010>.

Information about the authors

N.G. Li - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food and Cellular Engineering of the Faculty of Agro-Food Biotechnologies and Food Engineering, Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems" FEPU.

E.P. Ivanova - candidate of agricultural sciences Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Sakhalin Research Institute of Agriculture - branch of the Federal Research Center "All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov" (VIR).

A.N. Emelyanov - candidate of agricultural sciences Sciences, senior researcher, specialty 01/06/09 - "Crop Growing", Director of the Federal State Budgetary Institution "FSC of Agrobiotechnologies of the Far East named after A.K. Chaika.

T.A. Ershova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Food and Cellular Engineering of the Faculty of Agro-Food Biotechnologies and Food Engineering, Advanced Engineering School "Institute of Biotechnologies, Bioengineering and Food Systems" FEPU.

T.A. Senotrusova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food and Cellular Engineering of the Faculty of Agro-Food Biotechnologies and Food Engineering, Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems" FEPU.

V.A. Lyakh - Candidate of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Agro-Food Biotechnologies and Food Engineering, Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems" FEPU.

T.V. Levchuk - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food and Cellular Engineering, Faculty of Agro-Food Biotechnology and Food Engineering, Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems" FEPU.

Yu.I. Melishkevich - junior researcher, graduate student of the Department of Food and Cellular Engineering, Faculty of Agro-Food Biotechnologies and Food Engineering, Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems" FEPU.