

Пищевые ингредиенты, сырье и материалы Food ingredients, raw materials and materials

Научная статья
УДК 664.8.038+663
DOI: 10.14529/food250302

ПОЛУЧЕНИЕ БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ МАСЛИЧНОГО СЫРЬЯ

С.П. Меренкова, merenkovasp@susu.ru

И.В. Калинина, kalininaiv@susu.ru

С.А. Грачев, sava.gra4@gmail.com

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Целью настоящего исследования стала оценка возможности получения белковых концентратов из жмыха масличных культур с использованием процессов ферментативного гидролиза. Белок является одним из наиболее дефицитных нутриентов, нехватка которого в рационе питания человека может иметь крайне негативные последствия для организма. Согласно отчету ВОЗ, более 58 % населения планеты испытывают нехватку белка. Необходимость обеспечения населения белковыми компонентами приобретает особую значимость и привлекает все больше внимания исследователей в этой области. Важной задачей для решения этой проблемы является расширение сырьевой базы, поиск новых технологических приемов, позволяющих реализовать принципы биоэкономики замкнутого цикла и обеспечивать достаточную степень эффективности технологии получения белковых препаратов. В этом ключе особый интерес представляет использование ресурсосберегающих технологий и вторичных сырьевых ресурсов. Объектами настоящего исследования являлись образцы жмыха масличных культур, полученных после холодного прессования подсолнечника, конопли и льна. Получение белковых препаратов базировалось на использовании двух технологических подходов: солевая экстракция и ферментативный гидролиз с применением комплекса ферментов (Целлолюкс А + Глюкаваморин). Представлены результаты оценки химического состава исследуемых жмыхов, установлено, что наиболее высоким содержанием белка отличается жмых конопляный ($33,3 \pm 0,4$ %). Полученные результаты показали эффективность использования ферментативного гидролиза для увеличения выхода белка в сравнении с солевой экстракцией. Так, выход белка из жмыха подсолнечника увеличился на 33,1 %, из жмыха конопли – на 24,8 %, из жмыха льна – на 36,5 %. Исследование функционально-технологических свойств белковых препаратов показало более высокие значения оцениваемых показателей для белковых препаратов, полученных с применением ферментативного гидролиза.

Ключевые слова: жмых масличных культур, экстракция, ферментация, белковые концентраты

Для цитирования: Меренкова С.П., Калинина И.В., Грачев С.А. Получение белковых концентратов из продуктов переработки масличного сырья // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2025. Т. 13, № 3. С. 16–25. DOI: 10.14529/food250302

Original article
DOI: 10.14529/food250302

PRODUCTION OF PROTEIN CONCENTRATES FROM SECONDARY PRODUCTS OF OILSEEDS PROCESSING

S.P. Merenkova, merenkovasp@susu.ru

I.V. Kalinina, kalininaiv@susu.ru

S.A. Grachev, sava.gra4@gmail.com

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. The purpose of this study was to evaluate the possibility of obtaining protein concentrates from oilseed cake using enzymatic hydrolysis processes. Protein is one of the most deficient nutrients, the lack of which in the human diet can have extremely negative consequences for the body. According to the WHO report, more than 58 % of the world's population is deficient in protein. The need to provide the population with protein components is becoming particularly important, and is attracting more and more attention from researchers in this field. An important task to solve this problem is the expansion of the raw material base, the search for new technological techniques that make it possible to implement the principles of closed-loop bioeconomics and ensure a sufficient degree of efficiency of protein concentrates technology. In this context, the use of resource-saving technologies and secondary raw materials is of particular interest. The objects of this study were oilcake samples obtained after cold pressing of sunflower, hemp and flax seeds. The production of protein concentrates was performed by using two technological approaches: salt extraction and enzymatic hydrolysis using a complex of enzymes (Cellulux A + Glucavamorin). The results of the assessment of the chemical composition of the studied cakes are presented, it is established that hemp cake has the highest protein content (33.3 ± 0.4 %). The obtained results showed the effectiveness of using enzymatic hydrolysis to increase protein yield in comparison with salt extraction. Thus, the protein yield from sunflower oilcake increased by 33.1 %, from hemp oilcake – by 24.8 %, from flax oilcake – by 36.5 %. The study of the functional and technological properties of protein preparations showed higher values of the estimated parameters for protein preparations obtained by enzymatic hydrolysis.

Keywords: oilseed cake, extraction, fermentation, protein concentrates

For citation: Merenkova S.P., Kalinina I.V., Grachev S.A. Production of protein concentrates from secondary products of oilseeds processing. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2025, vol. 13, no. 3, pp. 16–25. (In Russ.) DOI: 10.14529/food250302

Введение

Производство пищевых ингредиентов является одним из основных направлений развития пищевой и перерабатывающей промышленности согласно Стратегии повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года и федеральных программ «Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы»; «Программа развития пищевой и перерабатывающей промышленности до 2025 года» [1–3, 5].

На текущий момент наблюдается стремительный рост спроса на растительные белковые ингредиенты. Использование белковых ингредиентов широко распространено во многих областях пищевой промышленности. Например, только за 2017 год их использование выросло на 41 % [5, 6–9]. Потребность в бел-

ковых ингредиентах растёт и за счёт увеличения спроса на продукты спортивного, детского и лечебного питания. Так, по прогнозам экспертных организаций сегмент белковых продуктов питания для спортсменов к 2028 г. достигнет более 20 млн долл.

Основным поставщиком сырья для получения белковых ингредиентов на сегодняшний день в России является молочная промышленность. Из молока вырабатывают концентраты и изоляты молочного белка, мицеллярный казеин, нативный сывороточный белок и т. д. Среди растительных ингредиентов лидером является соя [4, 8–12].

Вместе с тем для преодоления существующей проблемы дефицита белковых препаратов остро стоит задача как расширения сырьевой базы, так и поиска новых техноло-

гических решений для развития отрасли получения белковых ингредиентов. Одним из перспективных направлений может стать использование ресурсосберегающих технологий переработки жмыхов масличных культур.

Жмых и шрот представляют собой побочные продукты производства растительного масла, которые образуются в больших количествах и преимущественно используются в качестве корма для скота. Вместе с тем, эти продукты содержат значительное количество ценного белка, который может быть использован для пищевой промышленности. Рост посевных площадей и урожая масличных культур, наблюдаемый в последние годы в России, только усиливает актуальность обозначенного направления. По прогнозам Института конъюнктуры аграрного рынка (ИКАР), в сезоне 2025–2026 урожай масличных культур в России может составить 33 млн тонн [8, 9, 13–16].

Для развития технологий глубокой переработки масличных культур, позволяющей наряду с растительным маслом получать и качественные белковые препараты, необходим поиск эффективных устойчивых технологий, что и определяет цель настоящего исследования.

Цель работы – разработка биотехнологии получения белковых концентратов из вторичных продуктов переработки масличных культур (жмыха подсолнечника, конопли и льна) с применением процессов ферментации.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись образцы жмыха подсолнечника, конопли и льна, которые были получены после производства масла методом холодного прессования. Жмых измельчали и просеивали через сито с диаметром отверстий 50 мкм. Далее жмых обезжиривали гексаном (пропорция 1:10 в течение 4 часов) с последующей промывкой и фильтрацией.

Была проведена оценка химического состава полученных образцов жмыха с учетом номенклатуры показателей: массовая доля жира, массовая доля белка, массовая доля углеводов, массовая доля пищевых волокон, массовая доля золы. Для определения указанных показателей были использованы стандартные методы анализа.

Из образцов жмыха были получены белковые препараты с использованием двух технологических подходов: солевой экстракции и

ферментации с применением комплекса ферментов Целлолюкс А + Глюкаваморин.

Краткое описание методов представлено ниже.

Экстракция белка солевым методом. Экстрагирование проводили 0,7 М раствором NaCl в гидромодуле 1:10 при температуре 40–45 °С в течение 2 ч. Устанавливали уровень pH = 8,5–9,0 в зависимости от вида растительного жмыха. Полученный экстракт использовали для отделения осадка центрифугированием в течение 6 мин при скорости 4000 об/мин. Затем отбирали надосадочную жидкость и проводили осаждение белка с помощью 10 % раствора HCl при установленном уровне pH в зависимости от изоэлектрической точки белка (PI). Коагулированный белок отделяли повторным центрифугированием при режимах: 6 мин при 4000 об/мин. Надосадочную жидкость удаляли, далее белковую пасту подвергли промывке водой, сушке при температуре 55 °С.

Ферментативный гидролиз. Использовали амилоферментный комплекс (Целлолюкс А + Глюкаваморин). Ферментативную экстракцию белка осуществляли в следующих условиях: гидромодуль 1:10, pH = 4,4–4,7, количество вносимого ферментного комплекса – 500 мг/100 г жмыха. Гидролиз проводили 3 часа при температуре 55 °С при постоянном перемешивании (150 об/мин). Осаждение белка проводили тем же способом, что и при солевой экстракции.

Для полученных образцов белковых препаратов была применена кодировка, представленная в табл. 1.

Для всех образцов белковых препаратов были определены показатели, характеризующие функционально-технологические свойства белков как пищевых ингредиентов:

- водоудерживающая способность (вус), %
- жируудерживающая способность (жус), %
- пенообразующая способность (по), %
- эмульгирующая способность (эс), %
- стабильность эмульсии (сэ), %.

Влагосвязывающую способность определяли путем расчета количества добавленной воды, при котором не наблюдается отделение водной фазы из 1 г белкового продукта в процессе испытания.

Жиросвязывающую способность определяли весовым методом, устанавливая количество масла, поглощенного 1 г белкового продукта.

Таблица 1

**Коды и характеристика образцов белковых препаратов в зависимости
от применяемого жмыха и способа получения**

Код образца белкового концентрата	Жмых для экстрагирования	Технология выделения белка
БК 1	Конопляный	Солевая экстракция
БЛ 1	Льняной	Солевая экстракция
БП 1	Подсолнечный	Солевая экстракция
БК 1Ф	Конопляный	Ферментативный гидролиз
БЛ 1Ф	Льняной	Ферментативный гидролиз
БП 1Ф	Подсолнечный	Ферментативный гидролиз

Пенообразующую способность определяли путем оценки высоты пены, образующейся после гомогенизации белкового продукта.

Эмульгирующую способность оценивали путем определения количества жировой фракции, удерживаемой 1 г белкового продукта при центрифугировании.

Стабильность полученной эмульсии оценивали, используя термическое воздействие и центрифугирование. Рассчитывали процент выделившегося масла.

Результаты и их обсуждение

Жмыхи из семян масличных культур – богатый источник белка, углеводов, минеральных веществ и пищевых волокон. Ранее основным направлением использования жмыхов являлось добавление его в кормовые рационы животных. Однако дефицит белка, все более обостряющийся в последние годы, заставил искать новые сырьевые источники для получения белковых ингредиентов, применимых в технологиях пищевых производств. Использование жмыхов в качестве источника белка стало перспективным направлением, которое позволяет комплексно решить проблему рациональной утилизации органических отходов и дефицита белка. Наиболее популярным стала переработка жмыха сои, однако в последнее время все большее внимание привлекают менее популярные культуры масличных, в том числе конопляные, льняные [6, 17–20].

Важным этапом оценки целесообразности переработки жмыха является исследование его исходного химического состава, в том числе потенциальное количество белка. Ре-

зультаты оценки химического состава исследуемых образцов жмыха по ключевым нутриентам представлены в табл. 2.

Данные табл. 2 позволяют установить, что наибольшее содержание белка отмечено в конопляном жмыхе, около 33 % белка, а наименьшее количество в подсолнечном жмыхе – 26,5 %. Содержание углеводов в разных видах растительного жмыха колебалось от 41 до 46 %, часть из которых представлена пищевыми волокнами (19,0–28,4 %). Высокое содержание белка и пищевых волокон в жмыхе обусловлено их высоким содержанием в семенах конопли, льна и подсолнечника. При этом содержание основных макронутриентов может колебаться в зависимости от сорта культуры, условий произрастания, параметров процесса извлечения жира и других факторов.

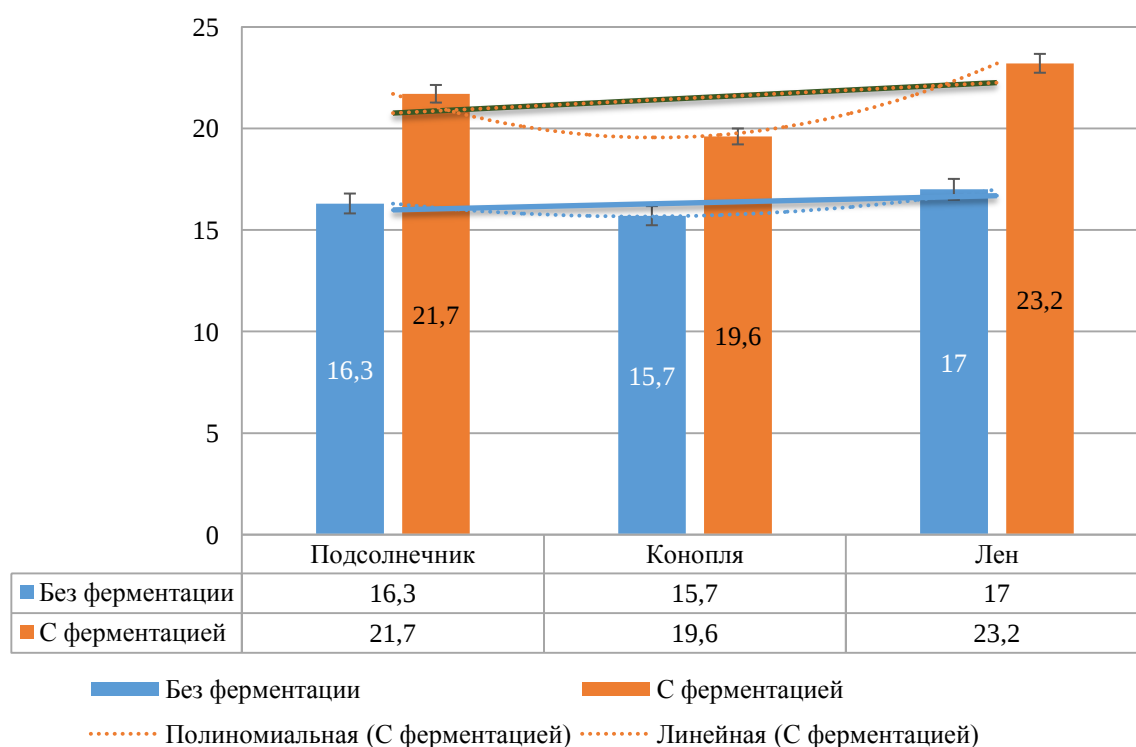
Сравнение двух технологических подходов по эффективности извлечения белка из жмыха составляет ключевую задачу настоящего исследования. Результаты представлены на рисунке.

Выход белка с использованием метода солевой экстракции в зависимости от вида жмыха варьировался в диапазоне 15,7–17 %. При использовании ферментативного гидролиза удалось добиться выхода белка в диапазоне 19,6–23,2 %, что, вероятно, обусловлено разрушающим действием ферментов на растительные клетки и, как следствие, увеличением растворимой фракции белка. Таким образом, применение ферментации при получении белка из вторичного сырья масличных культур увеличивает выход белка: для жмыха подсолнечника на 33,1 %, конопли – на 24,8 %, льна – на 36,5 %.

Таблица 2

Химический состав исследуемых образцов жмыха

Наименование жмыха	Массовая доля белка, %	Массовая доля жира, %	Массовая доля клетчатки, %	Массовая доля углеводов, в том числе пищевых волокон, %	Массовая доля золы, %
Конопляный	33,3 ± 0,4	11,5 ± 0,7	26,0 ± 0,2	41,0 ± 0,1	8,0 ± 0,4
Льняной	28,2 ± 0,5	9,8 ± 0,3	19,0 ± 0,6	46,0 ± 0,4	6,0 ± 0,7
Подсолнечный	26,5 ± 0,3	10,5 ± 0,5	28,4 ± 0,9	44,0 ± 0,3	10,0 ± 0,5



Результаты оценки выхода белка из жмыха масличных культур

Наибольший выход белка, независимо от используемого метода, был установлен для подсолнечного жмыха, что, вероятно, обусловлено наиболее высоким содержанием в нем солерастворимой белковой фракции.

Полученные результаты указывают на необходимость поиска технологических подходов, нацеленных на повышение эффективности извлечения белковой фракции из жмыха. Однако, наряду с количественными показателями, важную роль имеют качественные характеристики извлекаемых белков. Функционально-технологические требования к белкам как пищевым ингредиентам, в первую очередь, связаны с их способностью эффек-

тивно взаимодействовать с водными растворами и маслами, пенообразованием. Результаты исследования функционально-технологических свойств полученных нами белковых концентратов представлены в табл. 3.

При анализе функционально-технологических свойств было доказано, что полученные белковые концентраты характеризуются приемлемым уровнем жироудерживающей, водоудерживающей и пенообразующей способности. Было установлено, что уровень pH среды оказывает значительное влияние на функциональные свойства белков, – чем более удалено значение реакции среды от изоэлектрической точки белков, тем активнее прояв-

ляются данные свойства. При значении $pH = 11,0$ уровни ВУС колебались в пределах 183,0–284,0 %, ЖУС 120–160 %. Причем значения в большей степени увеличивались для образцов, полученных методом ферментации. При нейтральном уровне $pH 7,0$ значения ВУС колебались в пределах 95,0–149,0 % и ЖУС 115,0–128,0 %, что соответствует наиболее высокой растворимости белков масличных культур при уровне $pH = 10,0–11,0$.

Наиболее высокие показатели ФТС установлены для концентратов белка из льняного и конопляного жмыха, что может быть связано с глобулярной структурой белков в составе компонента и более открытыми для взаимодействия с молекулами воды или жира карбоксильными и гидроксильными группами.

Влагоудерживающая и жиरोудерживающая способности имеют важное технологическое значение в пищевой промышленности, определяя текстуру продукта и существенно влияя на

его вкус и органолептические свойства.

В табл. 4 представлены результаты исследования эмульгирующей способности белковых концентратов и стабильности полученных эмульсий.

Эмульсии придают пищевым продуктам определенные свойства, такие как желаемый внешний вид, текстура, вкусовые ощущения. Кроме того, эмульсии являются широко используемым средством для инкапсуляции и доставки биоактивных соединений. Эмульгирующая способность и стабильность эмульсии концентратов растительного белка значительно возрастали с увеличением значения pH . Так, при $pH = 11$, эмульгирующая способность конопляного и льняного белка при ферментативной экстракции составила 50,0 и 46,0 % соответственно, тогда как при $pH = 7,0$ – 30,8 и 25,5 % соответственно. Ферментативной гидролиз оказал положительное влияние на эмульгирующие свойства белка, что воз-

Таблица 3
Результаты исследования функционально-технологических свойств белковых концентратов

Код образца	Жиросодерживающая способность (ЖУС), %		Водосодерживающая способность (ВУС), %		Пенообразующая способность (ПО), %	
	$pH 7,0$	$pH 11,0$	$pH 7,0$	$pH 11,0$	$pH 7,0$	$pH 11,0$
БК 1	$98,0 \pm 0,4$	$145,0 \pm 0,6$	$128,0 \pm 0,8$	$189,0 \pm 0,5$	$28,0 \pm 0,3$	$52,0 \pm 0,4$
БЛ 1	$104,0 \pm 0,2$	$135,0 \pm 0,3$	$124,0 \pm 0,5$	$183,0 \pm 0,9$	$30,5 \pm 0,7$	$60,0 \pm 0,6$
БП 1	$95,0 \pm 0,7$	$120,0 \pm 0,4$	$115,0 \pm 0,6$	$184,0 \pm 0,2$	$24,5 \pm 0,6$	$38,0 \pm 0,8$
БК 1 Ф	$125,0 \pm 0,4$	$160,0 \pm 0,6$	$135,0 \pm 0,8$	$262,0 \pm 0,5$	$27,5 \pm 0,3$	$64,0 \pm 0,4$
БЛ 1 Ф	$128,0,2$	$155,0 \pm 0,3$	$149,0 \pm 0,5$	$284,0 \pm 0,9$	$34,0 \pm 0,7$	$65,0 \pm 0,6$
БП 1 Ф	$113,0 \pm 0,7$	$130,5 \pm 0,4$	$120,0 \pm 0,6$	$229,0 \pm 0,2$	$26,0 \pm 0,6$	$42,0 \pm 0,8$

Таблица 4
Результаты исследования эмульгирующей способности белковых концентратов

Код образца белкового кон- центрата	Эмульгирующая способность (ЭС), %		Стабильность эмульсии (СЭ), %	
	$pH 7,0$	$pH 11,0$	$pH 7,0$	$pH 11,0$
БК 1	30,8	38,5	36,3	40,2
БЛ 1	25,5	34,5	31,8	49,0
БП 1	26,8	28,0	27,0	44,8
БК 1Ф	38,8	50,0	34,1	45,0
БЛ 1Ф	27,4	46,0	35,5	50,1
БП 1Ф	30,4	40,7	30,0	45,0

можно связано с высвобождением функциональных групп молекулы белка.

Существует прямая связь между эмульгирующей способностью и растворимостью белка: наибольшая эмульгирующая способность отмечена при щелочных значениях pH, в которых белок демонстрирует более высокую растворимость. Высокая эмульгирующая способность при pH = 11 указывала на то, что более высокое содержание растворенного белка привело к эффективной адсорбции его на границе раздела вода – масло. В целом, концентраты конопляного и льняного белка показали хорошую эмульгирующую способность и стабильность, что подчеркивает их потенциальное применение в пищевой промышленности.

Расчет критерия Пирсона позволяет оценить степень корреляционной связи между показателями, характеризующими функционально-технологические свойства и массовой долей белка в концентратах (табл. 5).

корреляции для показателей: пенообразующая способность и эмульгирующая способность – корреляционная связь для них является статистически незначимой, так как рассчитанное значение менее $t_{\text{крит}}$.

Выводы

В результате экспериментальных исследований нами установлено, что как солевое экстрагирование, так и ферментативный гидролиз позволяют извлекать белковую фракцию из жмыхов масличных культур. Однако применение в технологии ферментативного комплекса позволяет увеличить выход белковых компонентов на 8,3–11,7 % в сравнении с солевой экстракцией.

Полученные белковые концентраты отличались высокими функциональными свойствами, что определяет существенный потенциал их дальнейшего использования как для продуктов функционального и специализированного назначения, так и в качестве компонента продуктов общего назначения. Данная

Таблица 5

Корреляционная зависимость для показателей функционально-технологических свойств белковых концентратов

Массовая доля белка	Коэффициент корреляции Пирсона для показателей				
	ЖУС	ВУС	ПОС	ЭС	СЭ
Коэффициент корреляции (r)	0,996	0,793	0,960	0,986	0,275
Уровень достоверности (t_r)	13,243***	13,837***	3,329*	2,919*	7,596**

* $p \leq 0,10$; ** $p \leq 0,05$; *** $p \leq 0,01$

Установлена положительная линейная зависимость между анализируемыми показателями: массовая доля белка в концентратах и их функционально-технологическими свойствами.

Данная корреляционная связь является статистически значимой, кроме коэффициента

разработка глобально направлена на решение проблемы импортозамещения пищевых ингредиентов в России и обеспечения технологического лидерства отечественных производителей.

Список литературы

1. Доктрина продовольственной безопасности РФ: утв. Указом Президента Российской Федерации от 21.01.2020 г. № 20.
2. Стратегии повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 1364-р
3. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы. URL: www.mcsx.ru.
4. Иванова С.А. Пенообразующие свойства концентрата белков обезжиренного молока // Техника и технологии пищевых производств. 2018. № 4. С. 12–21. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-4-12-21
5. Зеленина О.Н., Галиахметова И.А., Серков В.А. Перспектива использования технической конопли в фармакологических целях // Инновационная техника и технология. 2016. № 4. С. 11–13.
6. Кудинов П.И., Щеколдина Т.В., Слизыкая А.С. Современное состояние и структура мировых ресурсов растительного белка. // Известия вузов. Пищевая технология. 2012. № 4. С. 124–130.
7. Кулабухова Д.Ю. Продовольственная безопасность: проблема обеспечения человечества белком // Аллея науки. 2017. Т. 4, № 16. С. 321–324.
8. Патент № 2437552. Способ получения белка жмыха семян льна / В.А. Зубцов, Т.И. Лебедева, Л.Л. Осипова, Н.В. Антонова; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИМЛ Россельхозакадемии. Заявл. 09.07.2010; опублик. 27.12.2011; Бюл. № 36.
9. Andre C.M., Hausman J.F., Guerriero G. Cannabis sativa: The plant of the thousand and one molecules // Frontiers in Plant Science. 2016. Vol. 7. P. 1–17. DOI: 10.3389/fpls.2016.00019
10. Engberg R.M., Jakobsen K., Hartfill W. The biological activity of natural source tocopherols in pigs fed on a linoleic acid rich die // Fat Science Technology. 1993. Vol. 95. P. 537–542. DOI: 10.1002/lipi.19930951408
11. Hu Y., Hall C., Wolf-Hall C. Antifungal activity stability of flaxseed protein extract using response surface methodology // J. Food Sci. 2008. Vol. 73 (1). P. 9–14. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00576.x
12. Ibrahim R.K., Shaw M. Phenolic constituents of the oil flax (*Linum usitatissimum*) // Phytochemistry. 1970. Vol. 9, no. 8. P. 1855–1858. DOI: 10.1016/S0031-9422(00)85604-6
13. Kajla P., Sharma A., Sood D.R. Flaxseed – a potential functional food source // J Food Sci Technol. 2015. Vol. 52 (4). P. 1857–1871. DOI: 10.1007/s13197-014-1293-y
14. Koller G., Bikoff E. Industrial production of leaf protein in the United States // Sources of dietary protein. Spike. 1979. P. 123–145.
15. Liu X., Zhang S., Bae J. The impact of renewable energy and agriculture on carbon dioxide emissions: Investigating the environmental Kuznets curve in four selected ASEAN countries. // Journal of Cleaner Production. 2017. Vol. 164. P. 1239–1247. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.07.086
16. Mudasir A., Charanjiv S. Improvement of functional properties of sunflower protein isolates near isoelectric point: Application of heat treatment // Department of Food Engineering and Technology, Sant Longowal Institute of Engineering and Technology. 2018. Vol. 98. P. 411–417. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.09.009
17. Sobhy A., Androsova N., Toshev A., Hesham A. Nutritional Quality, Chemical, and Functionl Characteristics of Hemp (*Cannabis sativa* ssp. *sativa*) Protein Isolate // Plat Bioactive Compounds and Prosprecrts. 2022. Vol. 11. P. 54–61. DOI: 10.3390/plants11212825
18. Sun X., Sun Y., Li Y., Wu Q. et al. Identification and Characterization of the Seed Storage Proteins and Related Genes of *Cannabis sativa* L. // Frontiers in Nutrition. 2021. Vol. 8. P. 1–14. DOI: 10.3389/fnut.2021.678421
19. Warrand J., Michaud P., Picton L. et al. Flax (*Linum usitatissimum*) seed cake: A potential source of high molecular weight arabinoxylans // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005. V. 53, no. 5. P. 1449–1459. DOI: 10.1021/jf048910d
20. Warr J., Michaud P., Miller G. et al. Large-scale purification of water-soluble polysaccharides from flaxseed mucilage, and isolation of new anionic polymer // Chromatographia. 2003. V. 58. No. 5. P. 331–335. DOI: 10.1365/s10337-003-0060-4

References

1. *Doktrina prodovol'stvennoy bezopasnosti RF* [The Food Security Doctrine of the Russian Federation]. Approved by By Decree of the President of the Russian Federation dated January 21, 2020, No. 20.
2. *Strategii povysheniya kachestva pishchevoy produktsii v RF do 2030 goda* [Strategies for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030]. Approved by Decree of the Government of the Russian Federation No. 1364-r dated June 29, 2016
3. *Federal'naya nauchno-tekhnicheskaya programma razvitiya sel'skogo khozyaystva na 2017–2025 gody* [The Federal Scientific and Technical Program for the development of agriculture for 2017–2025]. URL: www.mcx.ru.
4. Ivanova S.A. Foaming properties of skimmed milk protein concentrate. *Machinery and technologies of food production*, 2018, no. 4, pp. 12–21. (In Russ.) DOI: 10.21603/2074-9414-2018-4-12-21
5. Zelenina O.N., Galiakhmetova I.A., Serkov V.A. The prospect of using technical cannabis for pharmacological purposes. *Innovative machinery and technology*, 2016, no. 4, pp. 11–13 (In Russ.).
6. Kudinov P.I., Shchekoldina T.V., Slinkaya A.S. The current state and structure of the world's vegetable protein resources. *Izvestiya vuzov. Food technology*, 2012, no. 4, pp. 124–130. (In Russ.).
7. Kulabukhova D.Y. Food security: the problem of providing humanity with protein. *Alley of Science*, 2017, vol. 4, no. 16, pp. 321–324. (In Russ.).
8. Zubtsov V.A., Lebedeva T.I., Osipova L.L., Antonova N.V. *Patent № 2437552. Sposob polucheniya belka zhmykha semyan l'na* [Patent No. 2437552. A method for obtaining flax seed cake protein]. Applicant and patent holder of GNU VNIIML Rosselkhoz nadzor. Application dated 07/09/2010; published on 12/27/2011; Byul No. 36
9. Andre C.M., Hausman J.F., Guerriero G. Cannabis sativa: The plant of the thousand and one molecules. *Frontiers in Plant Science*, 2016, vol. 7, pp. 1–17. DOI: 10.3389/fpls.2016.00019
10. Engberg R.M., Jakobsen K., Hartfill W. The biological activity of natural source tocopherols in pigs fed on a linoleic acid rich die. *Fat Science Technology*, 1993, vol. 95, pp. 537–542. DOI: 10.1002/lipi.19930951408
11. Hu Y., Hall C., Wolf-Hall C. Antifungal activity stability of flaxseed protein extract using response surface methodology. *J. Food Sci.*, 2008, vol. 73 (1), pp. 9 –14. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00576.x
12. Ibrahim R.K., Shaw M. Phenolic constituents of the oil flax (*Linum usitatissimum*). *Phytochemistry*, 1970, vol. 9, no. 8, pp. 1855–1858. DOI: 10.1016/S0031-9422(00)85604-6
13. Kajla P., Sharma A., Sood D.R. Flaxseed – a potential functional food source. *J Food Sci Technol.*, 2015, vol. 52 (4), pp. 1857–1871. DOI: 10.1007/s13197-014-1293-y
14. Koller G., Bikoff E. Industrial production of leaf protein in the United States. *Sources of dietary protein. Spike*, 1979, pp. 123–145.
15. Liu X., Zhang S., Bae J. The impact of renewable energy and agriculture on carbon dioxide emissions: Investigating the environmental Kuznets curve in four selected ASEAN countries. *Journal of Cleaner Production*, 2017, vol. 164, pp. 1239–1247. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.07.086
16. Mudasir A., Charanjiv S. Improvement of functional properties of sunflower protein isolates near isoelectric point: Application of heat treatment. *Department of Food Engineering and Technology, Sant Longowal Institute of Engineering and Technology*, 2018, vol. 98, pp. 411–417. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.09.009
17. Sobhy A., Androsova N., Toshev A., Hesham A. Nutritional Quality, Chemical, and Functionl Characteristics of Hemp (*Cannabis sativa* ssp. *sativa*) Protein Isolate. *Plat Bioactive Compounds and Prosprecrts*, 2022, vol. 11, pp. 54–61. DOI: 10.3390/plants11212825
18. Sun X., Sun Y., Li Y., Wu Q. et al. Identification and Characterization of the Seed Storage Proteins and Related Genes of *Cannabis sativa* L. *Frontiers in Nutrition*, 2021, vol. 8, pp. 1–14. DOI: 10.3389/fnut.2021.678421
19. Warrand J., Michaud P., Picton L., Muller G., Courtois B., Ralainirina R., Courtois J. Flax (*Linum usitatissimum*) seed cake: A potential source of high molecular weight arabinoxylans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, vol. 53, no. 5, pp. 1449–1459. DOI: 10.1021/jf048910d

20. Warr J., Michaud P., Miller G., Courtois D., Ralainirina R. Large-scale purification of water-soluble polysaccharides from flaxseed mucilage, and isolation of new anionic polymer. *Chromatographia*, 2003, vol. 58, no. 5, pp. 331–335. DOI: 10.1365/s10337-003-0060-4

Информация об авторах

Меренкова Светлана Павловна, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; merenkovasp@susu.ru

Калинина Ирина Валерьевна, доктор технических наук, профессор кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; kalininaiv@susu.ru

Грачев Савелий Александрович, аспирант кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; sava.gra4@gmail.com

Information about the authors

Svetlana P. Merenkova, candidate of Veterinary Sciences, associate Professor of Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; merenkovasp@susu.ru

Irina V. Kalinina, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; kalininaiv@susu.ru

Savely A. Grachev, Postgraduate Student of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; sava.gra4@gmail.com

Статья поступила в редакцию 10.06.2025

The article was submitted 10.06.2025