

## СЫРЬЕВОЙ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ МАСЛИЧНОГО ЖМЫХА В УСЛОВИЯХ РЕГИОНАЛЬНОГО АГРОПРОИЗВОДСТВА

**И.В. Калинина**, [kalininaiv@susu.ru](mailto:kalininaiv@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-6246-9870>

**С.А. Грачев**, [sava.gra4@gmail.com](mailto:sava.gra4@gmail.com)

**Р.И. Фаткуллин**, [fatkullinri@susu.ru](mailto:fatkullinri@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1498-0703>

**Н.В. Науменко**, [naumenkonv@susu.ru](mailto:naumenkonv@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9520-3251>

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

**Аннотация.** Рассмотрены современные тенденции развития масличного сектора Российской Федерации с акцентом на региональный аспект. Показано, что в целом по стране масличные культуры занимают около 15 млн га, а мировой объем их производства превышает 600 млн тонн в год. В структуре российского масличного производства ключевое значение имеют подсолнечник, соя и рапс, формирующие основу внутреннего рынка растительного масла и белоксодержащих продуктов переработки. В Челябинской области общая площадь посевов масличных культур в 2024 г. составила около 250 тыс. га. Показано, что в условиях Челябинской области, характеризующейся разнообразием агроклиматических зон и адаптивных систем земледелия, сформирован устойчивый масличный клин, включающий подсолнечник, лен масличный, рапс, сою и техническую коноплю. С учетом средней урожайности валовой сбор масличных семян обеспечивает формирование значительного объема побочного продукта – жмыха, потенциальное количество которого может превышать 170 тыс. тонн ежегодно. Содержание белка в жмыхе основных масличных культур варьирует от 30 до 40 %, что формирует существенный ресурс для получения белковых ингредиентов. Представлена сравнительная технологическая характеристика жмыха подсолнечника, льна, конопли, сои и рапса. Обоснованы направления его переработки, включающие экстракцию белковых концентратов (65–70 % белка) и изолятов (85–90 %), ферментативную модификацию, экструзионное текстурирование и биорефинерийный подход. Рассмотрены биохимические механизмы взаимодействия белков и полисахаридов, лежащие в основе формирования белково-полисахаридных композитов. Показано, что развитие технологий глубокой переработки масличного жмыха позволяет трансформировать его из побочного продукта масложировой отрасли в источник функционально-технологических ингредиентов для обогащения пищевых систем и решения технологических задач.

**Ключевые слова:** масличные культуры; масличный жмых; глубокая переработка сырья; функциональные ингредиенты; региональное агропроизводство

**Благодарности.** Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) в рамках проекта 24-16-20028.

**Для цитирования:** Сырьевой и биотехнологический потенциал масличного жмыха в условиях регионального агропроизводства / И.В. Калинина, С.А. Грачев, Р.И. Фаткуллин, Н.В. Науменко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2026. Т. 14, № 1. С. 18–29. DOI: 10.14529/food260102

Original article  
DOI: 10.14529/food260102

## RAW MATERIAL AND BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF OILSEED CAKE UNDER REGIONAL AGRICULTURAL PRODUCTION CONDITIONS

*I.V. Kalinina*, [kalininaiv@susu.ru](mailto:kalininaiv@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-6246-9870>

*S.A. Grachev*, [sava.gra4@gmail.com](mailto:sava.gra4@gmail.com)

*R.I. Fatkullin*, [fatkullinri@susu.ru](mailto:fatkullinri@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1498-0703>

*N.V. Naumenko*, [naumenkonv@susu.ru](mailto:naumenkonv@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9520-3251>

*South Ural State University, Chelyabinsk, Russia*

**Abstract.** The study examines current development trends in the oilseed sector of the Russian Federation with a focus on the regional dimension. It is shown that oilseed crops occupy approximately 15 million hectares nationwide, while the global production volume exceeds 600 million tons annually. In the structure of Russian oilseed production, sunflower, soybean, and rapeseed play a key role, forming the basis of the domestic vegetable oil market and protein-rich processing products. In the Chelyabinsk region, the total sown area of oilseed crops in 2024 amounted to about 250 thousand hectares. Under the agro-climatic conditions of the Chelyabinsk region, characterized by diverse agro-climatic zones and adaptive farming systems, a stable oilseed crop structure has been formed, including sunflower, oil flax, rapeseed, soybean, and industrial hemp. Considering average yields, the gross harvest of oilseeds ensures the formation of a significant volume of by-product – oilseed cake – whose potential annual output may exceed 170 thousand tons. The protein content in the cake of major oilseed crops ranges from 30 to 40 %, forming a substantial resource for the production of protein ingredients. A comparative technological characterization of sunflower, flax, hemp, soybean, and rapeseed cakes is presented. The main processing directions are substantiated, including extraction of protein concentrates (65–70 % protein) and isolates (85–90 %), enzymatic modification, extrusion texturization, and the biorefinery approach. The biochemical mechanisms of protein-polysaccharide interactions underlying the formation of protein-polysaccharide composites are discussed. It is demonstrated that the development of deep processing technologies for oilseed cake makes it possible to transform it from a by-product of the oil and fat industry into a source of functional and technological ingredients for food system enrichment and technological problem-solving.

**Keywords:** oilseed crops; oilseed cake; deep raw material processing; functional ingredients; regional agricultural production

**Acknowledgments.** The research was carried out with the financial support of a grant from the Russian Science Foundation (RSF) within the framework of project 24-16-20028.

**For citation:** Kalinina I.V., Grachev S.A., Fatkullin R.I., Naumenko N.V. Raw material and biotechnological potential of oilseed cake under regional agricultural production conditions. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2026, vol. 14, no. 1, pp. 18–29. (In Russ.) DOI: 10.14529/food260102

### Введение

Развитие масличного сектора занимает устойчивое положение в структуре сельскохозяйственного производства Российской Федерации и формирует значимый сегмент сырьевой базы агропромышленного комплекса. В последние годы наблюдаются расширение посевных площадей под масличными культурами, модернизация перерабатывающих мощностей и увеличение объемов производства белоксодержащих продуктов переработки. В целом по стране масличные культуры занимают около 15 млн га, что

формирует значительный потенциал сырьевой базы для масложировой отрасли. Наряду с развитием технологий получения растительных масел возрастает интерес к рациональному использованию побочных продуктов переработки, прежде всего масличного жмыха [3, 8, 9, 14]. Содержание белка в жмыхе основных культур достигает 30–40 %, что позволяет рассматривать его не только как кормовое сырье, но и как потенциальный источник функционально-технологических ингредиентов для пищевой промышленности. В условиях регионального агропроиз-

водства особое значение приобретает оценка ресурсного потенциала данного сырья.

Целью настоящей работы является оценка сырьевого и биотехнологического потенциала масличного жмыха в условиях Челябинской области и обоснование перспектив его глубокой переработки.

### 1. Материалы и методы

В основу исследования положены официальные статистические данные Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации и региональные материалы Министерства сельского хозяйства Челябинской области за 2020–2024 гг., включающие сведения о посевных площадях, урожайности и валовом сборе масличных культур.

Биотехнологический потенциал жмыха проанализирован на основе обобщения отечественных и зарубежных научных публикаций, представленных в базах данных eLIBRARY, Scopus и Web of Science за период 2000–2025 гг.

Использованы методы сравнительного анализа, структурно-логического обобщения, контент-анализа научных источников, а также расчетные методы оценки потенциального объема образования жмыха на основе средней урожайности культур и коэффициентов выхода побочного продукта переработки.

Систематизация данных осуществлялась с целью выявления структурно-химических особенностей жмыха различных масличных культур и определения технологически обос-

нованных направлений его глубокой переработки.

## 2. Результаты и обсуждение

### 2.1. Объем и структура производства масличных культур: общероссийский и региональный аспект

Общий объем мирового производства масличных культур превышает 600 млн тонн ежегодно, демонстрируя устойчивую тенденцию роста. В мировом производстве масличных культур доминирует соя, на долю которой приходится более половины общего объема, однако для Российской Федерации ключевое значение имеет подсолнечник, что определяет стратегическую роль данной культуры для внутреннего рынка растительного масла и белоксодержащих продуктов переработки [1–5, 9, 13].

Региональное распределение переработки носит выраженный территориальный характер: наибольшая концентрация предприятий масложировой отрасли наблюдается в Центральном, Южном и Приволжском федеральных округах РФ. Однако в последние годы усиливается роль регионов Уральского федерального округа, где формируется сырьевая база для развития глубокой переработки масличного жмыха [6–8, 12, 14].

Так, общая площадь посева масличных культур в Челябинской области в 2024 г. составила около 250 га, что обусловило рост значения данного показателя к 2023 г. на 5 % [4, 14] (рис. 1).

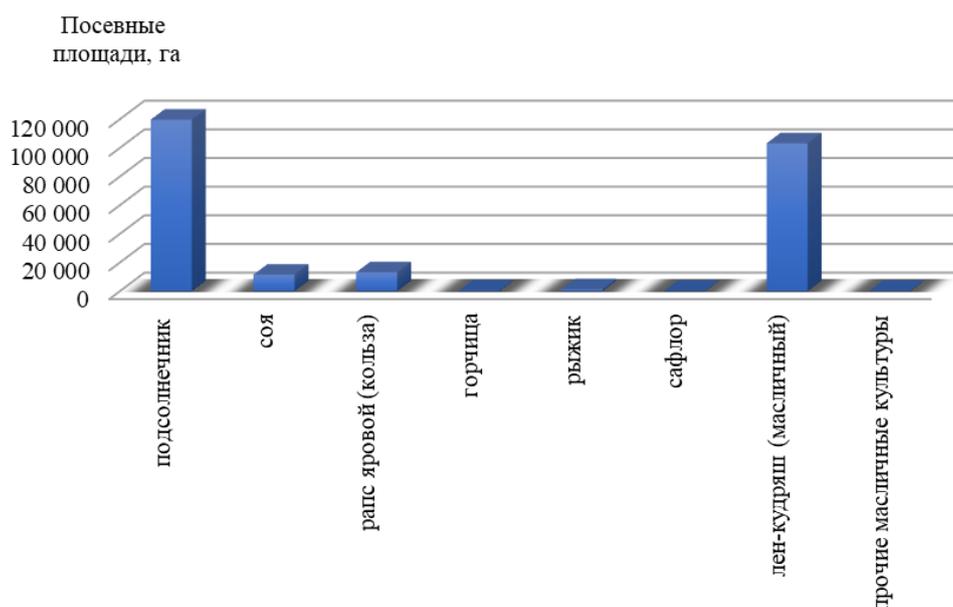


Рис. 1. Структура посевных площадей масличных культур в сельскохозяйственных организациях Челябинской области в 2024 г. [4, 14]

Челябинская область характеризуется сложной и разнообразной природно-климатической структурой. Территория региона включает несколько агроклиматических зон – лесостепную, степную и горно-лесную, что создает дифференцированные условия для выращивания сельскохозяйственных культур (рис. 2).

Наличие различных типов почв (черноземы, темно-серые лесные, каштановые почвы) и вариативность увлажнения позволяют формировать адаптивные системы земледелия.

Климат региона относится к резко континентальному, с продолжительной зимой и сравнительно коротким, но теплым вегетационным периодом. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 90–120 дней в зависимости от зоны. Такие условия благоприятны для выращивания подсолнечника и льна масличного при условии использования адаптированных сортов и соблюдения агротехнологических требований.

Сочетание различных климатических зон внутри одного региона формирует потенциал для диверсификации масличного производства. В степной зоне приоритетным остается подсолнечник, в лесостепной – лен, а конопля может эффективно интегрироваться в системы севооборота в зонах умеренного увлажнения. Такое распределение снижает риски монокультурного земледелия и повышает устойчивость аграрной системы.



Рис. 2. Агроклиматическое зонирование Челябинской области

В 2024 году площадь посевов подсолнечника в Челябинской области составила 119 687 га. Несмотря на незначительные ко-

лебания по годам, культура сохраняет ведущую роль среди масличных. При средней урожайности около 1,4–1,6 т/га валовой сбор семян оценивается в 170–190 тыс. тонн ежегодно. Подсолнечник отличается устойчивостью к засушливым условиям степной зоны региона, что делает его важным элементом структуры севооборота. Однако наряду с подсолнечником прослеживается тенденция увеличения посевных площадей других культур, в том числе льна, рапса, технической конопли. Лен масличный занимает второе место по площади среди масличных культур области – 103 175 га в 2024 году. Расширение посевов связано с относительно высокой адаптивностью культуры к климатическим условиям лесостепной зоны, а также с экономической привлекательностью. Средняя урожайность льна составляет 0,9–1,1 т/га, что обеспечивает валовой сбор свыше 100 тыс. тонн семян ежегодно. В условиях умеренного увлажнения лен демонстрирует устойчивость к температурным колебаниям и сравнительно низкую требовательность к агрофону. Наряду с подсолнечником и льном масличным в структуре масличного производства области присутствуют посевы рапса и сои. Рапс возделывается преимущественно в лесостепной зоне, где агроклиматические условия способствуют формированию стабильной урожайности. Культура отличается сравнительно высоким содержанием белка в шроте и востребована как в кормопроизводстве, так и в пищевой переработке. В последние годы наблюдается умеренное расширение посевных площадей рапса, что связано с устойчивым спросом на продукцию его переработки [1, 4, 9, 14].

Соя в условиях Челябинской области занимает ограниченные площади, однако рассматривается как перспективная культура при использовании раннеспелых сортов, адаптированных к короткому вегетационному периоду. Высокая протеиновая ценность соевого шрота и развитые технологии его переработки делают сою стратегически значимой культурой в контексте формирования белкового сырья. Включение сои в структуру севооборота также способствует улучшению азотного баланса почв за счет симбиотической фиксации азота.

Техническая конопля пока занимает ограниченные площади, однако агроклиматические условия региона позволяют рассматривать ее как перспективную культуру. Конопля

обладает высокой пластичностью, способностью формировать урожай в условиях недостаточного увлажнения и устойчивостью к ряду заболеваний. В степных и лесостепных зонах региона возможно расширение ее возделывания при соответствующей селекционной и агротехнической поддержке.

В Российской Федерации сохраняется положительная динамика переработки масличного сырья: производство жмыха и шрота ежегодно увеличивается, что отражает расширение перерабатывающих мощностей и повышение спроса на белковую продукцию. В 2020 году объем производства жмыха и шрота превысил 11 млн тонн, а в последующие периоды прирост сохранялся на уровне двузначных показателей [3–7, 9, 10].

С учетом ежегодных объемов посевных площадей, возделываемых под масличные культуры, превышающих 200 тыс. га, в Челябинской области даже при консервативной оценке урожайности формируется значительный объем маслосемян, что обеспечивает стабильный поток вторичного продукта переработки – жмыха. Потенциал ежегодного образования жмыха может превышать 170 тыс. тонн, что формирует значительную ресурсную основу для развития технологий глубокой переработки масличных культур и получение продуктов с добавленной стоимостью.

## **2.2. Биохимический потенциал жмыха масличных семян и направления его переработки**

Масличный жмых, образующийся в процессе механического прессования или экстракционного извлечения масла из семян, представляет собой сложную многокомпонентную систему, в которой белковая фракция сочетается с остаточными липидами, структурными полисахаридами и минеральными компонентами. В зависимости от вида культуры содержание белка в жмыхе составляет в среднем 30–40 %, доля остаточного жира варьирует в пределах 8–15 %, а углеводная часть представлена клетчаткой, гемицеллюлозами и пектиновыми веществами. Дополнительным фактором, определяющим специфику переработки, является присутствие фенольных соединений, особенно характерных для подсолнечника, способных взаимодействовать с белками и изменять их функциональные свойства [2, 6, 8, 17–21, 24–27, 36].

Традиционно жмых использовался преимущественно в кормовых целях, однако на-

копленные научные данные свидетельствуют о его значительном потенциале как источника растительных белковых ингредиентов. В этой связи современные направления переработки ориентированы на целенаправленное извлечение и модификацию белковой фракции с последующим формированием функциональных и структурированных продуктов [16, 22–25, 30–32].

Базовым этапом является выделение белка из матрицы жмыха. На практике применяются щелочная экстракция с изоэлектрической преципитацией, солевое фракционирование глобулинов, мембранные методы концентрирования и ферментативное высвобождение белка. Эффективность процесса во многом определяется структурными особенностями исходного сырья. Подсолнечный жмых требует предварительного снижения содержания фенольных соединений, способных образовывать белково-фенольные комплексы и снижать растворимость белка. Льняной жмых отличается присутствием слизистых полисахаридов, формирующих вязкую среду и затрудняющих фазовое разделение. Конопляный жмых характеризуется более высокой растворимостью белковой фракции и сравнительно упрощенной схемой экстракции [8–10, 14–17, 22–26, 31–35].

Полученные белковые концентраты (с содержанием белка 65–70 %) и изоляты (85–90 %) обладают выраженными функционально-технологическими свойствами – эмульгирующей способностью, гелеобразованием, способностью стабилизировать дисперсные системы. Выход концентратов может достигать 60–70 % от общего содержания белка, а изолятов – порядка 45–55 %, что при достаточном объеме сырья делает процесс экономически оправданным [4, 7, 8, 16, 18, 25, 32].

Наряду с выделением интактного белка активно применяется ферментативная модификация жмыха. Частичный гидролиз протеазами позволяет регулировать молекулярную массу белковых фракций, повышать их растворимость и корректировать функциональные характеристики. Одновременно применение карбогидраз способствует разрушению полисахаридной матрицы, снижению вязкости и повышению выхода растворимого белка. Регулирование степени гидролиза имеет принципиальное значение: при умеренном протеолизе образуются пептиды с молекулярной массой 5–20 кДа, сохраняющие способ-

ность к гелеобразованию и эмульгированию, тогда как избыточный гидролиз приводит к утрате структурообразующих свойств.

Понимание биохимических механизмов взаимодействия компонентов жмыха является ключевым для разработки композитных систем. Белковая фракция представляет собой совокупность глобулярных и частично денатурированных белков, находящихся в ассоциации с полисахаридной матрицей клеточных стенок. В процессе прессования и термической обработки происходит частичная денатурация белков, изменение их третичной структуры и формирование новых межмолекулярных связей. В основе образования белково-полисахаридных комплексов лежат электростатические, гидрофобные и водородные взаимодействия. Изменение pH среды определяет зарядовое состояние белков: в щелочной среде (pH 8,0–10,0) они диспергируются и переходят в раствор, тогда как при достижении изоэлектрической точки (pH 4,0–5,0) происходит агрегация и осаждение [4–8, 11–16, 29–32].

Полисахариды жмыха могут выступать как фактор, ограничивающий доступность белка, так и структурообразующий компонент композитов. В льняном жмыхе арабиноксиланы и пектиновые соединения формируют вязкие и гелеобразные системы, которые при контролируемом взаимодействии с белками образуют устойчивые матрицы с высокой влагоудерживающей способностью. В подсолнечном жмыхе углеводная часть представлена преимущественно клетчаткой и гемицеллюлозами, что требует механического или ферментативного разрушения клеточных структур для повышения доступности белковой фракции. Ключевые технологические свойства жмыхов разных масличных культур представлены в таблице.

При переработке жмыха масличных культур используют разные технологические подходы: экструзию, экстракцию, ферментацию и другие (рис. 3).

Один из подходов к получению белковых композитов предполагает смешивание концентрированной белковой фракции с полисахаридами или другими белками с последующей термообработкой. При нагревании происходит денатурация белка, раскрытие гидрофобных участков и формирование пространственной сетки, стабилизируемой межмолекулярными связями [19, 22–24, 33–37].

Альтернативный путь связан с экструзионным текстурированием, при котором при влажности 40–60 % и температуре 120–160 °C под действием сдвиговых напряжений формируется ориентированная волокнистая структура. Использование композитных смесей белков масличных культур и бобовых позволяет улучшить аминокислотный профиль и механические характеристики получаемых продуктов [4, 8, 17, 28, 31, 32, 37].

Комплексная переработка жмыха все чаще рассматривается в рамках биорефинерийного подхода, предусматривающего последовательное использование всех его компонентов. После извлечения белковой фракции полисахаридная часть может быть направлена на получение пищевых волокон или использоваться в микробиологических процессах, а остаточные липиды – вовлекаться в производство технических продуктов. Такой подход минимизирует отходы и повышает ресурсную эффективность производства.

В региональном контексте указанные направления приобретают практическую значимость. При существующих посевных площадях подсолнечника и льна в Челябинской области ежегодно формируется значительный объем жмыха, содержащий десятки тысяч тонн белка. Даже частичная его переработка позволяет создавать белковые концентраты, текстурированные композиты и функциональные смеси для пищевой промышленности. Комбинирование белков подсолнечника, льна и конопли дает возможность формировать системы с более сбалансированным аминокислотным профилем и улучшенными технологическими характеристиками.

Таким образом, современные направления переработки масличного жмыха основаны на понимании его биохимической структуры и закономерностей взаимодействия белков с полисахаридами. Развитие технологий экстракции, ферментативной модификации и текстурирования обеспечивает трансформацию жмыха из побочного продукта масложировой отрасли в высокотехнологичное сырье для производства белковых композитов и функциональных ингредиентов.

#### **Заключение**

Проведенный анализ свидетельствует о том, что масличные культуры занимают устойчивое положение в структуре сельскохозяйственного производства Российской Федерации. Челябинская область также обладает

Таблица  
 Технологическая характеристика жмыха основных масличных культур как сырья для получения белковых ингредиентов [11, 13, 15–17, 20, 24, 27–31, 35]

Культура	Содержание белка в жмыхе, %	Доминирующие белковые фракции	Структурно-химические особенности	Технологические ограничения	Функционально-технологические свойства	Перспективные направления переработки
<b>Подсолнечник</b>	30–40	11S-глобулины, 2S-альбумины	Склонность к образованию белково-фенольных комплексов; частичная денатурация при прессовании	Хлорогеновая кислота; потемнение; снижение растворимости	Хорошая эмульгирующая способность; формирование плотных гелей после термообработки	Экстракция с удалением фенолов; получение концентратов и изолятов; ферментативная детоксикация; применение в эмульсионных системах
<b>Лен масличный</b>	28–38	Глобулины, альбумины	Ассоциация белка со слизистыми полисахаридами (арабиноксиланы, пектины); высокая гидрофильность	Повышенная вязкость экстрактов; затрудненное фазовое разделение	Высокая влагоудерживающая способность; способность к гелеобразованию	Белково-полисахаридные композиты; гелеобразующие системы; структурирующие продукты; контролируемая ферментативная обработка
<b>Конопля</b>	30–35	Эдестин (11S-глобулин), альбумины	Хорошая растворимость; сбалансированный аминокислотный профиль; низкое содержание антипитательных факторов	Возможное присутствие остаточной клетчатки; умеренная гелеобразующая способность	Стабильность в эмульсиях; высокая биологическая ценность; умеренное текстурирование	Получение изолятов; экстрационное текстурирование; композитные смеси; функциональное питание
<b>Соя</b>	44–50 (шрот)	7S-глицинин, 11S-глобулины (β-конглицинин, глицинин)	Высокая растворимость; хорошо изученная структура; высокая степень денатурации при термообработке	Наличие ингибиторов трипсина (инактивируются термообработкой); аллергия	Выраженная эмульгирующая и гелеобразующая способность; высокая текстурируемость	Производство изолятов и текстуратов; экстразия; мясные аналоги; функциональные белковые концентраты
<b>Рапс</b>	34–40	Напин (2S-альбумин), круциферин (12S-глобулин)	Наличие серосодержащих аминокислот; хорошая растворимость при контроле pH	Глюкозинолаты (снижаются при селекции и обработке); специфический вкус	Хорошая пенообразующая способность; способность к формированию гелей	Щелочная экстракция с детоксикацией; получение концентратов; функциональные добавки; композитные белковые смеси



Рис. 3. Направления переработки жмыха масличных культур

сочетанием природно-климатических и агро-экономических предпосылок для развития масличного направления. Наличие разнообразных климатических зон, адаптированных сортов и устойчивых агротехнологий обеспечивает стабильное производство масличных семян, а значит, создает объективные условия для формирования регионального центра глубокой переработки жмыха в белковые концентраты и изоляты.

Жмых масличных культур представляет собой белоксодержащую многокомпонентную систему, обладающую высоким биотехнологическим потенциалом. Содержание белка на уровне 30–40 % и наличие функционально активных фракций создают предпосылки для его переработки в белковые концентраты, изоляты и композитные системы. Установлено, что структурно-химические особенности жмыха различных культур – наличие фенольных соединений у подсолнечника, слизистых полисахаридов у льна, специфических белковых фракций у сои, рапса и конопли – определяют необходимость дифференцированных

технологических подходов к экстракции и модификации белка.

Современные методы щелочной экстракции, ферментативной обработки и экструзионного текстурирования позволяют трансформировать масличный жмых из побочного продукта масложировой отрасли в источник функционально-технологических ингредиентов, пригодных для обогащения пищевых систем и решения прикладных технологических задач. Комплексная переработка с использованием биорефинерийного подхода обеспечивает рациональное вовлечение всех компонентов сырья и повышение экономической эффективности производства.

Таким образом, совокупность природно-климатических, агроэкономических и технологических предпосылок позволяет рассматривать Челябинскую область как перспективную площадку для развития глубокой переработки масличного сырья и формирования регионального сегмента производства растительных белковых ингредиентов с высокой добавленной стоимостью, что согласуется с ключевыми целями биоэкономики.

### Список литературы

1. Белова Е.И., Глотова И.А., Забурунов С.С. Перспективы вторичных продуктов переработки рапса в разработке комплексных пищевых белково-углеводных обогатителей // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 3. С. 58–59.
2. Бильтрикова Т.В., Битуева Э.Б. Биологически активные вещества *Raphanus sativus* L. // Фундаментальные исследования. 2014. № 9–3. С. 501–505.
3. Бочкарев М.С., Егорова Е.Ю. Качество и потенциал пищевого использования жмыхов масличного сырья, перерабатываемого в Алтайском крае // Ползуновский вестник. 2015. № 4. Т. 2. С. 19–22.
4. Бюллетень «Посевные площади Российской Федерации в 2024 году». URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 16.02.2026).
5. Быкова С.Ф., Давиденко Е.К., Минасян Н.М. Переработка семян крестоцветных (рапса, рыжика, сурепицы) современных сортов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2013. № 2. С. 5–8.
6. Глотова И.А., Забурунов С.С. Перспективы вторичных продуктов переработки рапса в обеспечении производства биологически полноценных продуктов питания на мясной и рыбной основе // Успехи современного естествознания. 2007. № 11. С. 47.
7. Горковенко Л.Г., Осепчук Д.В. Использование рапса и продуктов его переработки в кормлении свиней и мясной птицы. Краснодар: ГНУ СКНИИЖ Россельхозакадемии, 2011. 192 с.
8. Горпинченко Т.В. Актуальные вопросы продовольственного и кормового использования рапса (обзор) // Хранение и переработка сельхозсырья. 2003. № 7. С. 54–63.
9. Доморощенкова М.Л., Крылова И.В., Кандроков Р.Х. Исследование продуктов переработки подсолнечного шрота и жмыха, полученных механическим способом // Вестник ВНИИЖ. 2020. № 1–2. С. 30–36.
10. Егорова Е.Ю., Бочкарев М.С., Резниченко И.Ю. Определение технических требований к жмыхам нетрадиционных масличных культур пищевого назначения // Техника и технология пищевых производств. 2014. № 1. С. 131–138.
11. Егорова Т.А., Ленкова Т.Н. Рапс (*Brassica napus* L.) и перспективы его использования в кормлении птицы // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50, № 2. С. 172–182. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.2.172rus
12. Корнен Н.Н. и др. Пищевые и биологически активные добавки из вторичных ресурсов // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 121. DOI: 10.21515/1990-4665-121-064
13. Поморова Ю.Ю., Пятовский В.В., Бескоровайный Д.В., Болховитина Ю.С. Характеристика, методы выделения белковой фракции семян основных масличных культур (обзор) // Масличные культуры. 2019. № 4 (180). С. 161–169. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-4-180-161-169
14. Рынок масличных – тенденции и прогнозы. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/oilseeds.html> (дата обращения: 12.02.2026).
15. Щеколдина Т.В. Технологии получения белоксодержащего сырья из продуктов переработки семян подсолнечника // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 109.
16. Aluko R.E., McIntosh T. Limited enzymatic proteolysis increases the level of incorporation of canola proteins into mayonnaise // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2005. Vol. 6. P. 195–202.
17. Bautista J. et al. Production of soluble enzymatic protein hydrolysate from industrially defatted nondehulled sunflower meal // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1991. Vol. 39, no. 3. P. 447–450.
18. Carré P., Citeau M., Robin G., Estorges M. Hull content and chemical composition of whole seeds, hulls and germs in cultivars of rapeseed (*Brassica napus*) // OCL. 2016. Vol. 23, no. 3. Article A302. DOI: 10.1051/ocf/2016013.
19. Chmielewska A. et al. Canola/rapeseed protein – nutritional value, functionality and food application: A review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2021. Vol. 61, no. 22. P. 3836–3856. DOI: 10.1080/10408398.2020.1809342.
20. Fetzer A. et al. Influence of process conditions during aqueous protein extraction upon yield from pre-pressed and cold-pressed rapeseed press cake // Industrial Crops and Products. 2018. Vol. 112. P. 236–246. DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.12.011.

21. Fetzer A. et al. Rapeseed proteins for technical applications: Processing, isolation, modification and functional properties – A review // *Industrial Crops and Products*. 2020. Vol. 158. Article 112986. DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.112986
22. Garbacz K. et al. Recent trends in the application of oilseed-derived protein hydrolysates as functional foods // *Foods*. 2023. Vol. 12. Article 3861. DOI: 10.3390/foods12203861.
23. Granato D. et al. Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety // *Annual Review of Food Science and Technology*. 2020. Vol. 11. P. 93–118. DOI: 10.1146/annurev-food-032519-051708
24. Guo X. et al. Interactions between soy protein hydrolysates and wheat proteins in noodle making dough // *Food Chemistry*. 2018. Vol. 245. P. 500–507.
25. He R. et al. Antioxidant activities of rapeseed peptides produced by solid-state fermentation // *Food Research International*. 2012. Vol. 49. P. 432–438.
26. Kotecka-Majchrzak K. et al. Oilseed proteins – properties and application as a food ingredient // *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 106. P. 160–170. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.10.004.
27. Liu R. et al. Fabricating soy protein hydrolysate/xanthan gum as fat replacer in ice cream by combined enzymatic and heat-shearing treatment // *Food Hydrocolloids*. 2018. Vol. 81. P. 39–47.
28. Lomascolo A. et al. Rapeseed and sunflower meal: A review on biotechnology status and challenges // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2012. Vol. 95, no. 5. P. 1105–1114. DOI: 10.1007/s00253-012-4250-6.
29. Orio L.P. et al. New ACE-inhibitory peptides from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) proteins // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2017. Vol. 65. P. 10482–10488.
30. Prakash K. et al. Utilization of defatted sesame cake in enhancing the nutritional and functional characteristics of biscuits // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2018. Vol. 42. e13751.
31. Putnik P., Bursac Kovacevic D. Sustainable functional food processing // *Foods*. 2021. Vol. 10. Article 1438. DOI: 10.3390/foods10071438
32. Ren J., Sun X.H., Lin G.P. Isolation and characterization of sunflower protein isolates and sunflower globulins // *AISC*. 2012. No. 134.
33. Rudoy E.V. et al. Crop production in Russia 2030: Alternative data of the development scenarios // *Data in Brief*. 2020. Vol. 29. Article 105077. DOI: 10.1016/j.dib.2019.105077.
34. Sá A.G.A. et al. Oilseed by-products as plant-based protein sources: Amino acid profile and digestibility // *Future Foods*. 2021. Vol. 3. Article 100023. DOI: 10.1016/j.fufo.2021.100023.
35. Singh A. et al. Protein for human consumption from oilseed cakes: A review // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2022. Vol. 6. Article 856401. DOI: 10.3389/fsufs.2022.856401.
36. Tkaczewska J. Peptides and protein hydrolysates as food preservatives and bioactive components of edible films and coatings – A review // *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 106. P. 298–311. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.10.022
37. Uquiche E. et al. Extraction of oil and minor lipids from cold-press rapeseed cake with supercritical CO<sub>2</sub> // *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 2012. Vol. 29, № 3. P. 585–597. DOI: 10.1590/S0104-66322012000300016.

### References

1. Belova E.I., Glotova I.A., Zaburunov S.S. Prospects of rapeseed processing by-products in the development of complex protein-carbohydrate food enrichers. *Modern High Technologies*, 2010, no. 3, pp. 58–59.
2. Biltrikova T.V., Bitueva E.B. Biologically active substances of *Raphanus sativus* L. *Fundamental Research*, 2014, no. 9–3, pp. 501–505. (In Russ.)
3. Bochkarev M.S., Egorova E.Yu. Quality and potential of food use of oilseed press cakes processed in the Altai region. *Polzunovsky Vestnik*, 2015, no. 4, pp. 19–22. (In Russ.)
4. *Byulleten' «Posevnye ploshchadi Rossiyskoy Federatsii v 2024 godu»* [Bulletin “Sown Areas of the Russian Federation in 2024”]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (accessed 16 February 2026).
5. Bykova S.F., Davidenko E.K., Minasyan N.M. Processing of cruciferous seeds (rapeseed, camelina, field mustard) of modern varieties. *Bulletin of the All-Russian Research Institute of Fats*, 2013, no. 2, pp. 5–8. (In Russ.)

6. Glotova I.A., Zaburunov S.S. Prospects of rapeseed processing by-products in ensuring production of biologically complete meat- and fish-based food products. *Advances in Modern Natural Science*, 2007, no. 11, p. 47. (In Russ.)
7. Gorkovenko L.G., Osepchuk D.V. *Ispol'zovanie rapsa i produktov ego pererabotki v kormlenii sviney i myasnoy ptitsy* [Use of rapeseed and its processing products in feeding pigs and meat poultry]. Krasnodar, 2011. 192 p.
8. Gorpichenko T.V. Current issues of food and feed use of rapeseed (review). *Storage and Processing of Agricultural Raw Materials*, 2003, no. 7, pp. 54–63. (In Russ.)
9. Domoroshchenkova M.L., Krylova I.V., Kandrov R.Kh. Study of sunflower meal and press cake obtained by mechanical processing. *Bulletin of VNIIZH*, 2020, no. 1–2, pp. 30–36. (In Russ.)
10. Egorova E.Yu., Bochkarev M.S., Reznichenko I.Yu. Determination of technical requirements for press cakes of non-traditional oilseed crops for food purposes. *Equipment and Technology of Food Production*, 2014, no. 1, pp. 131–138. (In Russ.)
11. Egorova T.A., Lenkova T.N. Rapeseed (*Brassica napus* L.) and prospects of its use in poultry feeding. *Agricultural Biology*, 2015, vol. 50, no. 2, pp. 172–182. (In Russ.) DOI: 10.15389/agrobiology.2015.2.172rus
12. Kornen N.N. et al. Food and biologically active additives from secondary resources. *Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*, 2016, no. 121. (In Russ.) DOI: 10.21515/1990-4665-121-064
13. Pomorova Yu.Yu., Pyatovsky V.V., Beskorovainy D.V., Bolkhovitina Yu.S. Characteristics and methods of isolating the protein fraction of seeds of major oilseed crops (review). *Oil Crops*, 2019, no. 4(180), pp. 161–169. (In Russ.) DOI: 10.25230/2412-608X-2019-4-180-161-169
14. *Rynok maslichnykh – tendentsii i prognozy* [Market of sunflower seeds, sunflower oil and meal – trends and forecasts]. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/oilseeds/rynok-semyanpodsolnechnika-podsolnechnogo-masla-i-shrota-tendentsii-i-prognozy.html> (accessed 12 February 2026).
15. Shchekoldina T.V. Technologies for obtaining protein-containing raw materials from sunflower seed processing products. *Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*, 2015, no. 109. (In Russ.)
16. Aluko R.E., McIntosh T. Limited enzymatic proteolysis increases the level of incorporation of canola proteins into mayonnaise. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2005, vol. 6, pp. 195–202.
17. Bautista J. et al. Production of soluble enzymatic protein hydrolysate from industrially defatted nondehulled sunflower meal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1991, vol. 39, no. 3, pp. 447–450.
18. Carré P., Citeau M., Robin G., Estorges M. Hull content and chemical composition of whole seeds, hulls and germs in cultivars of rapeseed (*Brassica napus*). *OCL*, 2016, vol. 23, no. 3, article A302. DOI: 10.1051/ocl/2016013.
19. Chmielewska A. et al. Canola/rapeseed protein – nutritional value, functionality and food application: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2021, vol. 61, no. 22, pp. 3836–3856. DOI: 10.1080/10408398.2020.1809342.
20. Fetzer A. et al. Influence of process conditions during aqueous protein extraction upon yield from pre-pressed and cold-pressed rapeseed press cake. *Industrial Crops and Products*, 2018, vol. 112, pp. 236–246. DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.12.011.
21. Fetzer A. et al. Rapeseed proteins for technical applications: Processing, isolation, modification and functional properties – A review. *Industrial Crops and Products*, 2020, vol. 158, article 112986. DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.112986
22. Garbacz K. et al. Recent trends in the application of oilseed-derived protein hydrolysates as functional foods. *Foods*, 2023, vol. 12, article 3861. DOI: 10.3390/foods12203861.
23. Granato D. et al. Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2020, vol. 11, pp. 93–118. DOI: 10.1146/annurev-food-032519-051708
24. Guo X. et al. Interactions between soy protein hydrolysates and wheat proteins in noodle making dough. *Food Chemistry*, 2018, vol. 245, pp. 500–507.
25. He R. et al. Antioxidant activities of rapeseed peptides produced by solid-state fermentation. *Food Research International*, 2012, vol. 49, pp. 432–438.

26. Kotecka-Majchrzak K. et al. Oilseed proteins – properties and application as a food ingredient. *Trends in Food Science & Technology*, 2020, vol. 106, pp. 160–170. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.10.004.
27. Liu R. et al. Fabricating soy protein hydrolysate/xanthan gum as fat replacer in ice cream by combined enzymatic and heat-shearing treatment. *Food Hydrocolloids*, 2018, vol. 81, pp. 39–47.
28. Lomascolo A. et al. Rapeseed and sunflower meal: A review on biotechnology status and challenges. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2012, vol. 95, no. 5, pp. 1105–1114. DOI: 10.1007/s00253-012-4250-6.
29. Orio L.P. et al. New ACE-inhibitory peptides from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2017, vol. 65, pp. 10482–10488.
30. Prakash K. et al. Utilization of defatted sesame cake in enhancing the nutritional and functional characteristics of biscuits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2018, vol. 42. e13751.
31. Putnik P., Bursac Kovacevic D. Sustainable functional food processing. *Foods*, 2021, vol. 10, article 1438. DOI: 10.3390/foods10071438
32. Ren J., Sun X.H., Lin G.P. Isolation and characterization of sunflower protein isolates and sunflower globulins. *AISC*, 2012, no. 134.
33. Rudoy E.V. et al. Crop production in Russia 2030: Alternative data of the development scenarios. *Data in Brief*, 2020, vol. 29, article 105077. DOI: 10.1016/j.dib.2019.105077.
34. Sá A.G.A. et al. Oilseed by-products as plant-based protein sources: Amino acid profile and digestibility. *Future Foods*, 2021, vol. 3, article 100023. DOI: 10.1016/j.fufo.2021.100023.
35. Singh A. et al. Protein for human consumption from oilseed cakes: A review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2022, vol. 6, article 856401. DOI: 10.3389/fsufs.2022.856401.
36. Tkaczewska J. Peptides and protein hydrolysates as food preservatives and bioactive components of edible films and coatings – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 2020, vol. 106, pp. 298–311. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.10.022
37. Uquiche E. et al. Extraction of oil and minor lipids from cold-press rapeseed cake with supercritical CO<sub>2</sub>. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 2012, vol. 29, no. 3, pp. 585–597. DOI: 10.1590/S0104-66322012000300016.

#### **Информация об авторах**

**Калинина Ирина Валерьевна**, доктор технических наук, профессор кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; kalininaiv@susu.ru

**Грачев Савелий Александрович**, аспирант кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; sava.gra4@gmail.com

**Фаткуллин Ринат Ильгидарович**, кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; fatkullinri@susu.ru

**Науменко Наталья Владимировна**, доктор технических наук, профессор кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; naumenkonv@susu.ru

#### **Information about the authors**

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

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

**Rinat I. Fatkullin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Food Science and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; fatkullinri@susu.ru

**Natalia V. Naumenko**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Food Science and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; naumenkonv@susu.ru

**Статья поступила в редакцию 17.02.2026**

**The article was submitted 17.02.2026**