

# Проектирование и моделирование новых продуктов питания Engineering and modeling new food products

Научная статья  
УДК 641.12  
DOI: 10.14529/food250405

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ЛАКТАТА КАЛЬЦИЯ, ПРОТЕАЗЫ И ЦЕЛЛЮЛАЗЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛКОВОГО ГИДРОЛИЗАТА ИЗ ПОДСОЛНЕЧНОГО ШРОТА

**П.С. Бикбулатов**, [bikbulatovpavel@mail.ru](mailto:bikbulatovpavel@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1284-4797>  
**О.В. Чугунова**, [chugun.ova@yandex.ru](mailto:chugun.ova@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7039-4047>  
**Н.В. Заворохина**, [ip@usue.ru](mailto:ip@usue.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5458-8565>

Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Российская Федерация имеет значительные объемы вторичного высокобелкового продукта переработки семян подсолнечника – подсолнечного шрота. Целью данной работы является научное обоснование эффективной технологии получения высококачественного белкового гидролизата из подсолнечного шрота с применением комбинации лактата кальция, протеазы и целлюлазы. Показано, что комплексный ферментативный гидролиз направлен на повышение выхода, функциональных свойств и питательной ценности гидролизата за счет синергетического разрушения клеточных стенок и белковой матрицы, а также модификации фенольных соединений. Определено, что протеаза катализирует гидролиз пептидных связей; лактат кальция предотвращает окисления полифенолов; целлюлазный комплекс гидролизует  $\beta$ -1,4-гликозидные связи в целлюлозе, что приводит к разрушению клеточных стенок, облегчает доступ воды и протеолитических ферментов к белкам, заключенным внутри клеток. Приведена вариabельная технологическая схема ферментативного гидролиза подсолнечного шрота. Представлены данные о влиянии степени гидролиза на органолептические показатели гидролизатов белка и представлены их сенсорные профили. Установлено, что с увеличением степени гидролиза от 8,53 % (ГБП 2) до 12,0 % (ГБП 3) отмечается снижение общего выхода полученного гидролизата с 28,4 до 22,3 г и повышение массовой доли белка до 68,9 %. Представлены физико-химические показатели белковых гидролизатов подсолнечного шрота. Предложенный подход позволяет преодолеть ключевые технологические ограничения, связанные с переработкой подсолнечного шрота. Дальнейшие исследования должны быть сфокусированы на оптимизации режимов гидролиза.

**Ключевые слова:** подсолнечный шрот, ферментативный гидролиз, гидролизат белка, протеаза, целлюлаза, лактат кальция

**Для цитирования:** Бикбулатов П.С., Чугунова О.В., Заворохина Н.В. Исследование синергетического эффекта лактата кальция, протеазы и целлюлазы в технологии получения белкового гидролизата из подсолнечного шрота // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2025. Т. 13, № 4. С. 43–53. DOI: 10.14529/food250405

Original article  
DOI: 10.14529/food250405

## INVESTIGATION OF THE SYNERGISTIC EFFECT OF CALCIUM LACTATE, PROTEASE AND CELLULASE IN THE TECHNOLOGY OF OBTAINING PROTEIN HYDROLYSATE FROM SUNFLOWER MEAL

**P.S. Bikbulatov**, *bikbulatovpavel@mail.ru*, <https://orcid.org/0000-0002-1284-4797>  
**O.V. Chugunova**, *chugun.ova@yandex.ru*, <https://orcid.org/0000-0002-7039-4047>  
**N.V. Zavorokhina**, *ip@usue.ru*, <https://orcid.org/0000-0001-5458-8565>

*Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia*

**Abstract.** The Russian Federation has significant volumes of a secondary high-protein sunflower seed processing product, sunflower meal. The purpose of this work is to scientifically substantiate an effective technology for producing high-quality protein hydrolysate from sunflower meal using a combination of calcium lactate, protease and cellulase. It has been shown that complex enzymatic hydrolysis is aimed at increasing the yield, functional properties and nutritional value of the hydrolysate due to the synergistic destruction of cell walls and protein matrix, as well as modification of phenolic compounds. It was determined that protease catalyzes the hydrolysis of peptide bonds; calcium lactate prevents the oxidation of polyphenols; the cellulase complex hydrolyzes  $\beta$ -1,4-glycoside bonds in cellulose, which leads to the destruction of cell walls, facilitates the access of water and proteolytic enzymes to proteins enclosed inside cells. A variable technological scheme of enzymatic hydrolysis of sunflower meal is presented. Data on the effect of the degree of hydrolysis on the organoleptic parameters of protein hydrolysates and their sensory profiles are presented. It was found that with an increase in the degree of hydrolysis from 8.53 % to 12.0 %, there was a decrease in the total yield of the resulting hydrolysate from 28.4 to 22.3 g and an increase in the mass fraction of protein to 68.9 %. The physico-chemical parameters of protein hydrolysates of sunflower meal are presented. The proposed approach makes it possible to overcome the key technological limitations associated with the processing of sunflower meal. Further research should focus on optimizing hydrolysis modes.

**Keywords:** sunflower meal, enzymatic hydrolysis, protein hydrolysate, protease, cellulase, calcium lactate

**For citation:** Bikbulatov P.S., Chugunova O.V., Zavorokhina N.V. Investigation of the synergistic effect of calcium lactate, protease and cellulase in the technology of obtaining protein hydrolysate from sunflower meal. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2025, vol. 13, no. 4, pp. 43–53. (In Russ.) DOI: 10.14529/food250405

### Введение

Мировое производство белков из растительного сырья в последние годы стремительно растет [1, 2]. По прогнозам, к 2027 году рынок растительных белков составит 17,4 млрд долларов, увеличившись за пять лет на 42,6 % [2, 3].

Российская Федерация утвердилась в качестве глобального лидера в агропромышленном секторе, что в полной мере относится к рынку подсолнечника. Ценность этой культуры определяется не только производством масла, но и генерацией значительных объемов вторичных продуктов переработки, ключевым из которых является подсолнечный шрот –

высокобелковое сырье, представляющее стратегический интерес для переработки с целью решения задач импортозамещения и обогащения пищевых продуктов.

По данным Росстата, посевные площади подсолнечника в России демонстрируют стабильный рост и в 2023 году составили около 9,5–10,0 млн гектаров [4].

Валовой сбор семян подсолнечника в последние годы колеблется в диапазоне 15,5–17,5 млн тонн в зависимости от агроклиматических условий. Например, в 2022 году был собран рекордный урожай – свыше 19 млн тонн, а в 2023 году – около 16,5 млн тонн [3, 5].

Объем производства шрота напрямую коррелирует с объемом переработанных семян на масло. В среднем, из 1 тонны семян подсолнечника получают около 350–400 кг масла, отходы составляют 500–550 кг шрота [6].

Согласно оценкам Масложирового Союза России, ежегодное количество подсолнечного шрота в России составляет от 8,5 до 10,5 млн тонн [7].

Значительная часть этого объема (около 70–80 %) традиционно экспортируется, в основном, в качестве кормового продукта для животноводства. Турция, Беларусь и страны ЕС являются крупнейшими покупателями.

Подсолнечный шрот, являясь побочным продуктом, обладает значительным недооцененным потенциалом для пищевой промышленности. Однако его широкое использование в пищевых целях сдерживается рядом факторов: наличие прочной фиброзной структуры клеточных стенок, низкая степень экстракции белка, присутствие антипитательных соединений, в первую очередь, полифенолов (хлорогеновой кислоты), которые окисляются с образованием хинонов, взаимодействующих с белками и ухудшающих их функциональные свойства, могут придавать горьковатый вкус и темный цвет.

Содержание белка в шроте достигает 35–45 %, а после дополнительной обработки (очистки от оболочки, обесцвечивание) может быть получен концентрат белка с содержанием до 60–70 % [8].

Белок подсолнечника обладает хорошими эмульгирующими и гидрофильными свойствами, что делает его перспективным ингредиентом для мясных, молочных и хлебобулочных изделий.

Использование шрота, который является вторичным ресурсом, позволяет значительно снизить себестоимость конечных продуктов, обогащенных белком, создавая основу для экономики замкнутого цикла в АПК [9].

Целью данной работы является научное обоснование комбинированного использования лактата кальция, протеазы и целлюлазы в технологии получения гидролизата белка из подсолнечного шрота.

Основными задачами использования данной комбинации являлось разрушение клеточных стенок подсолнечного шрота с целью увеличения доступности растворимых белков и увеличение выхода белкового гидролизата.

Клеточные стенки подсолнечного шрота состоят в основном из целлюлозы, гемицеллюлоз и пектинов. Целлюлазный комплекс гидролизует  $\beta$ -1,4-гликозидные связи в целлюлозе. Это приводит к разрушению клеточных стенок, облегчает доступ воды и протеолитических ферментов к белкам, заключенным внутри клеток [10]. Увеличивается экстрагируемость белка на последующих стадиях.

Нативные белки подсолнечника представлены в основном гелиантуином и альбуминами. Протеаза (например, нейтральная или щелочная, такая как «Протозим Н») катализирует гидролиз пептидных связей. Это приводит к повышению растворимости за счет расщепления крупных белковых агрегатов на мелкие пептиды и аминокислоты, особенно в изоэлектрической точке белка.

Гидролиз способствует улучшению функциональных свойств (эмульгирующая, пенообразующая и влагоудерживающая способности). Образование низкомолекулярных пептидов облегчает их усвоение [11, 12].

Использование лактата кальция является необходимым для предотвращения окисления полифенолов. Ионы кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) способны образовывать нерастворимые комплексы с окисленными формами полифенолов (хинонами), предотвращая их необратимое связывание с amino- и сульфгидрильными группами белков. Это позволяет получить гидролизат более светлого цвета и с лучшей растворимостью [13].

Лактат кальция может участвовать в поддержании оптимального pH, необходимого для действия ферментов. Кроме того, влияет на функциональные свойства конечного продукта за счет улучшения гелеобразующей способности [14, 15].

#### **Объекты и методы исследования**

Объектом для получения гидролизатов стал шрот подсолнечника, полученный в результате холодного отжима масла (Тамбовская область, 2024 г.), а также гидролизаты белка подсолнечного шрота (ГБП 1, ГБП 2, ГБП 3), полученные при различных режимах ферментативного гидролиза по следующей методике.

Очищенный от примесей подсолнечный шрот измельчали до размера частиц не более 300 мкм, после чего диспергировали в воде в соотношении 1:10 для получения основной суспензии. Гидролиз белка проводили парал-

лельно тремя методами с целью определения наиболее эффективного из них:

1) ГБП 1 – водную суспензию выдерживали в течение 2 часов при 25 °С, после чего центрифугировали при 10000×g, 5 мин, 20° и фильтровали с последующей сушкой сухого остатка;

2) ГБП 2 – водную суспензию доводили раствором 1М NaOH до pH 8,0, вносили фосфатный буфер и нагревали до t 50–55 °С, после чего вносили 0,5 % лактата кальция от массы суспензии и 1,5 % протеазы от массы измельченного подсолнечного шрота. Полученную суспензию выдерживали в течение 1,5 часов при постоянной t, после чего центрифугировали при 10000×g 5 мин при 20° и фильтровали с последующей сушкой сухого остатка;

3) ГБП 3 – водную суспензию доводили раствором 10 % лимонной кислоты до pH 4,2–5,6, после чего нагревали до 50–55 °С, вносили 1 % целлюлазы и выдерживали в течение 50–60 мин при постоянном перемешивании. Полученную суспензию центрифугировали, после чего твердую фазу отделяли с последующей сушкой и повторно диспергировали водой. Вторичную водную суспензию доводили раствором 1М NaOH до pH 8,0. Далее в ГБП 2 и ГБП 3 вносили фосфатный буфер и нагревали до t 50–55°С, после чего вносили 0,5 % лактата кальция от массы суспензии и 1,5 % протеазы от массы сухого остатка первичного гидролиза. Полученную суспензию выдерживали в течение 1,5 часов при постоянной t и перемешивании, после чего центрифугировали при 10000×g, 5 мин, 20° и фильтровали с последующей сушкой сухого остатка.

Схема проведения экспериментальной части, направленной на получение гидролизата белка подсолнечного шрота, представлена на рис. 1.

В третьем варианте благодаря предварительной деструкции клеточных стенок протеаза получает прямой доступ к белкам, что увеличивает скорость и степень гидролиза.

В работе использовали следующие стандартные методы исследования:

Массовую долю влаги определяли гравиметрически по ГОСТ 15113.4-2021. Массовую долю белка методом Кьельдаля по ГОСТ 10846-91.

Степень гидролиза (СГ) белка определяли по формуле:

$$СГ = \frac{(N_{AA} - N_{AA0})}{(N_{OA} - N_{AA0})} \times 100 \%,$$

где  $N_{OA}$  – содержание общего азота, %;  $N_{AA0}$  – содержание азота в негидролизованном сырье, %;  $N_{AA}$  – содержание аминного азота в гидролизате после гидролиза в течение некоторого периода времени, % [16].

Содержание аминного азота в негидролизованном сырье и белковом гидролизате определяли методом формольного титрования (метод Серенса) по ОФС.1.2.3.0022.15. Сущность метода состоит в защите формальдегидом свободных аминогрупп (образование оснований Шиффа) и алкалометрическом титровании эквивалентного количества карбоксильных групп.

Концентрацию общего азота определяли с реактивом Несслера по ОФС. 1.7.2.0027.15. Метод основан на способности реактива Несслера давать цветную реакцию с ионами аммония, которые образуются после минерализации белковых продуктов.

Органолептические показатели – ГОСТ 15113.3-77.

Количественное определение суммы фенольных соединений в пересчете на хлорогеновую кислоту выполняли методом спектрофотометрии. Измерения оптической плотности проводили в области спектра 200–400 нм с использованием спектрофотометра СФ-2000 (Россия). В качестве стандарта применяли хлорогеновую кислоту (Chlorogenic acid CRS, код: Y0000569, чистотой 97,1 %). Расчет осуществляли по калибровочному графику (рис. 2), построенному на основе удельного показателя поглощения стандартного раствора хлорогеновой кислоты в 70 % этаноле, в соответствии с методикой, изложенной в ФС.2.5.0019.15 [17].

### **Результаты и их обсуждение**

Результаты физико-химических показателей образцов гидролизатов белка подсолнечного шрота (ГБП 1, ГБП 2, ГБП 3), полученные при различных режимах ферментативного гидролиза, представлены в табл. 1.

Установлено, что с увеличением степени гидролиза от 7,53 % (ГБП 2) до 12,0 % (ГБП 3) отмечается снижение общего выхода полученного гидролизата с 28,4 до 22,3 г и повышение массовой доли белка до 68,9 %. Таким образом, использование целлюлазы в общем про-

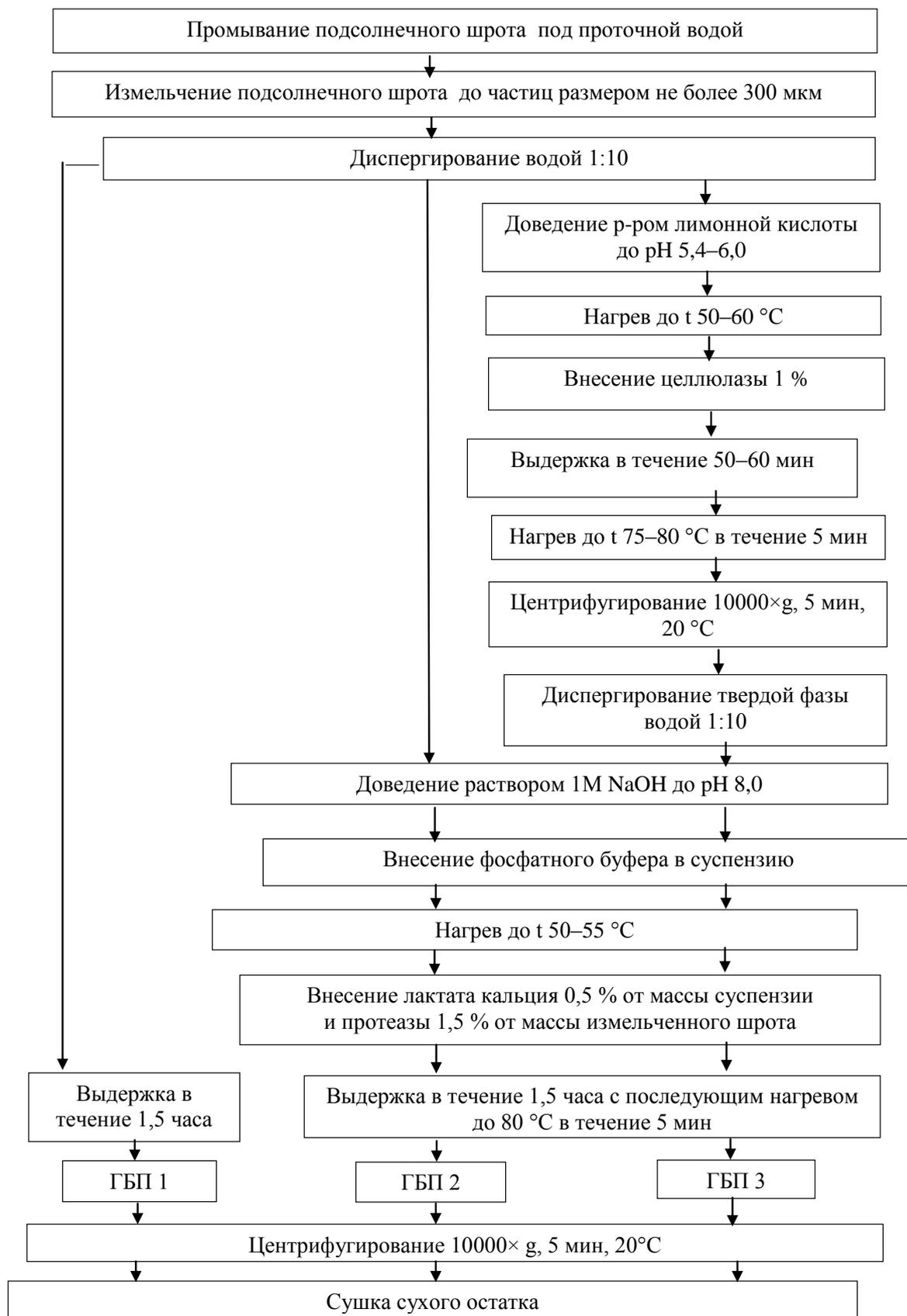


Рис. 1. Схема получения гидролизата белка подсолнечного шрота

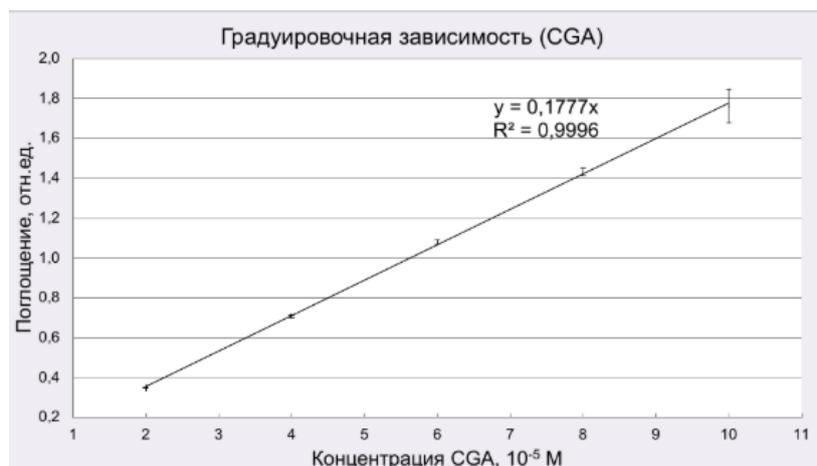


Рис. 2. Градуировочная зависимость для хлорогеновой кислоты

Таблица 1

Физико-химические показатели гидролизатов белка подсолнечного шрота

Показатель	ГБП 1	ГБП 2	ГБП 3
Выход, г	32,1 ± 0,2	28,4 ± 0,2	22,3 ± 0,2
Массовая доля влаги, %	8,1 ± 0,2	7,5 ± 0,2	6,1 ± 0,2
Массовая доля белка, %	41,1 ± 0,2	50,8 ± 0,2	68,9 ± 0,2
Массовая доля аминного азот, мг/100 г	447,11 ± 22,36	466,67 ± 23,33	586,83 ± 29,34
Степень гидролиза, %	0,52	7,53	12,00
Содержание хлорогеновой кислоты, %	1,381	1,723	2,850

цессе гидролиза позволяет повысить общую эффективность ферментативной обработки, позволяя расщепить и удалить небелковые компоненты, снижающие общую пищевую и биологическую ценность гидролизата.

Далее изучены органолептические показатели растительных белков, полученных при различных режимах ферментативного гидролиза.

Согласно исследованиям Chatterjee S., Gleddie S. & Xiao C.W., гидролиз эффективно решает ключевую проблему растительных белков – наличие специфических «растительных», «травянистых» тонов и горького привкуса [18]. В качестве основных дескрипторов, формирующих флейвор, определяли основные вкусы (кислый, сладкий, горький, соленый), привкусы (щелочной, вяжущий) и ретроназально ароматические тона (растительный). Длительность послевкусия в полной мере коррелировала с насыщенностью вкуса.

На рис. 3 приведены сравнительные сенсорные профили полученных белковых гидролизатов с указанием основных дескрипторов и их интенсивности, выраженных по 5-балльной шкале.

Наиболее индифферентным по органолептическим показателям является образец ГБП 2, он характеризуется интенсивностью запаха ниже среднего, вкус – обволакивающий с легкой горчинкой. Хотя основные вкусы показывают низкую интенсивность, высокая насыщенность вкуса и длительное послевкусие обусловлены белковой природой продукта и его специфическим взаимодействием с рецепторами языка, создавая объемный вкус.

Органолептические характеристики гидролизатов подсолнечного белка существенно зависят от степени гидролиза (СГ), определяя их применимость в пищевых продуктах.

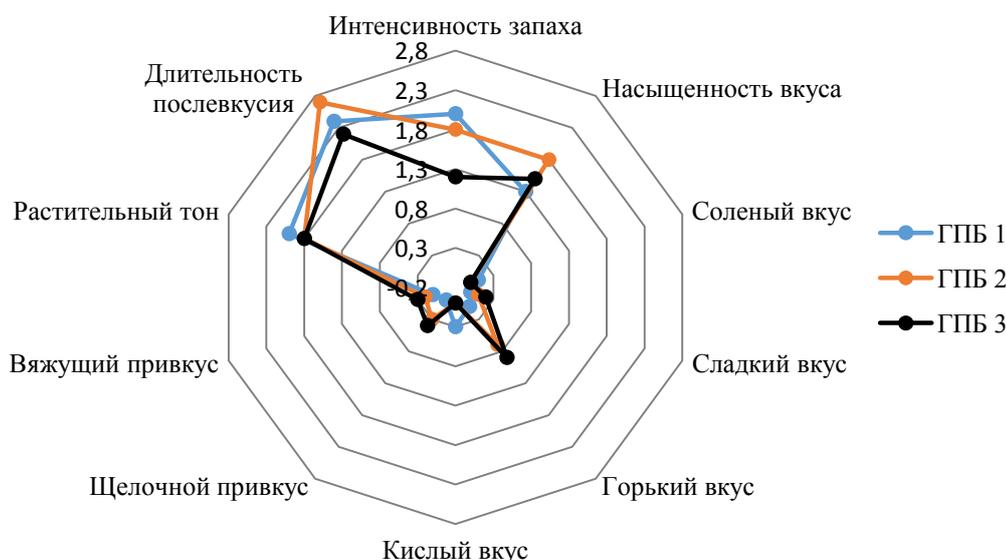


Рис. 3. Сенсорные профили белковых гидролизатов, полученных из подсолнечного шрота

Наиболее значимый негативный фактор при гидролизе растительных белков – горький вкус. Образование коротких пептидов (2–8 аминокислот) с гидрофобными радикалами (лейцин, изолейцин, фенилаланин, триптофан, валин, пролин) оказывают влияние на рецепторы горького вкуса на языке. Интенсивность горького вкуса зависит от типа используемых для гидролиза протеаз и степени гидролиза [19, 20].

С повышением СГ концентрация свободных аминокислот растет, усиливая вкус умами, сформированный за счет глутаминовой аминокислоты, использование которой в синергизме к инозинатом и гуанилатом дает объемный вкус и солоноватый вкус. Это может быть позитивным фактором за счет маскировки горького вкуса и возможного снижения количества хлорида натрия в рецептуре пищевого продукта.

Подсолнечный шрот содержит значительное количество полифенолов (в основном хлорогеновой кислоты). В зависимости от степени гидролиза содержание хлорогеновой кислоты увеличивается с 1,381 до 2,850 % (см. табл. 1), что связано с переходом хлорогеновой кислоты в раствор вместе с белком и влияет на усиление выраженного горького вкуса в ГПБ 3 (см. рис. 3).

При контакте с кислородом воздуха и под действием фермента полифенолоксидазы полифенолы окисляются до хинонов, которые затем полимеризуются, образуя темноокрашенные пигменты [20]. Показано, что с увеличением СГ цвет белкового гидролизата становится интенсивно коричневым, темным из-за усиления контакта полифенолов с кислородом и взаимодействия продуктов реакции Майяра (между аминокетонами пептидов и восстановленными сахарами) с полифенолами.

#### Выводы

Научно обоснованная комбинация лактата кальция, целлюлазы и протеазы представляет собой перспективную технологию для переработки подсолнечного шрота. Повышение степени гидролиза с 7,53 до 12,0 % приводит к снижению выхода продукта (с 28,4 до 22,3 г), но повышает массовую долю белка в нём до 68,9 %. Это подтверждает, что целлюлаза эффективно разрушает небелковые компоненты (клетчатку), удаляя балластные вещества и тем самым концентрируя белковую фракцию, что повышает пищевую и биологическую ценность гидролизата.

Влияние степени гидролиза на органолептические показатели носит нелинейный характер. Низкая степень гидролиза (3–8 %) обеспечивает максимальное сохранение нативного вкуса с минимальным проявлением

Влияние степени гидролиза на органолептические показатели гидролизатов подсолнечного белка

Органолептические показатели	Степень гидролиза, %		
	Низкая (3–8 %)	Средняя (8–15 %)	Высокая (>15–20 %)
	ГПБ 1	ГПБ 2	ГПБ 3
Горький вкус	Слабый	Отчетливый	Выраженный
Цвет	Светло-коричневый	Коричневый	Темно-коричневый
Растительный» тон	Умеренный	Слабый	Очень слабый
Вкус умами	Слабый	Умеренный	Выраженный

горечи, но могут сохраняться остаточные «растительные» оттенки. Средняя степень гидролиза (8–15 %) характеризуются появлением выраженного вкуса умами при одновременном нарастании горьких нот за счет образования низкомолекулярных пептидов.

Гидролиз так же влияет на цвет, так как ионы кальция «перехватывают» хиноны, образующиеся в процессе гидролиза, защищая пептиды от потемнения и потери функциональных свойств [21]. Таким образом, синергетический эффект от использования комбинации лактата кальция, целлюлазы и протеазы показывает, что данный подход позволяет комплексно решить основные технологические проблемы, связанные с использованием подсолнечного шрота, и получить высококачественный гидролизат белка, конкуренто-

способный на рынке функциональных пищевых ингредиентов и продуктов спортивного питания [9]. Дальнейшие исследования должны быть сфокусированы на оптимизации режимов гидролиза (температура, pH, продолжительность, соотношение ферментов и реагентов) и углубленном изучении структурно-функциональных свойств получаемого продукта.

Активное внедрение технологий глубокой переработки для производства пищевых концентратов и изолятов белка из подсолнечного шрота может стать драйвером для создания новой высокотехнологичной отрасли в рамках политики импортозамещения, обеспечивая отечественную пищевую промышленность доступным, качественным источником растительного белка.

### Список литературы

1. Ресурсный потенциал сортов гороха Свердловской области для получения белковых гидролизатов / О.В. Чугунова, П.С. Бикбулатов, Д.И. Девяткин [и др.] // Индустрия питания. 2025. Т. 10, № 3. С. 53–61. DOI: 10.29141/2500-1922-2025-10-3-6. EDN: BIOAPP.
2. Куликов Д.С., Аксенова Л.М., Самойлова А.М. Функционально-технологические свойства белковых продуктов из зернобобовых культур и их модификация под влиянием различных факторов. Часть 1 // Пищевая промышленность. 2024. № 3. С. 20–25. DOI: 10.52653/PPI.2024.3.3.004. EDN: PDLFCY.
3. Прогноз сбора подсолнечника в России на 2025 год: влияние засухи и региональные особенности / Экспертно-аналитический центр «СовЭкон». URL: <https://graininfo.ru/news/prognoz-sbora-podsolnechnika-v-rossii-na-2025-god-vliyanie-zasukhi-i-regionalnye-osobennosti/> (дата обращения: 10.10.2025).
4. Шейхова М.С., Сафонова С.Г. Динамика и структура рынка масличных культур в России // Московский экономический журнал. 2025. № 1. С. 36–48.
5. Тугачева Л.В., Борода О.В. Экономическая эффективность производства масличных культур и масложирового производства // Экономические науки. 2023. № 220. С. 147–154. DOI: 10.14451/1.220.147. EDN: YLVCRS.
6. Тухина Н.Ю. Роль рынка подсолнечника в структуре Российской экономики и тенденции его изменения // Никоновские чтения. 2019. № 24. С. 209–212. EDN: QRMNBQ.

7. Масложировой союз России – электронный ресурс. URL: <https://mzhsr.ru/>
8. Баурин Д.В. Комплексная технология переработки шрота подсолнечника с получением изолята белка и углеводно-белкового корма: специальность 02.00.03 «Органическая химия»: дис. ... канд. хим. наук. М., 2014. 160 с. EDN: VUVUDJ.
9. Позняковский В.М. Вызовы и стратегические мегатренды современной нутрициологии // Индустрия питания | Food Industry. 2024. Т. 9, № 2. С. 5–12. DOI: 10.29141/2500-1922-2024-9-2-1. EDN: CBXCZW.
10. Крылова И.В., Федоров А.В. Ферментативная экстракция белка из продуктов переработки подсолнечника // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2025. № 1 (63). С. 24–33. DOI: 10.17586/2310-1164-2025-18-1-24-33
11. Куликов Д.С., Королев А.А. Функционально-технологические свойства белковых продуктов из зернобобовых культур и их модификация под влиянием различных факторов. Часть 2 // Пищевая промышленность. 2024. № 8. С. 35–44. DOI: 10.52653/PPI.2024.8.8.007. EDN: VJNLUC.
12. Бикбулатов П.С., Чугунова О.В., Заворохина Н.В. Анализ современного рынка растительных белков и технологических решений их получения // Вестник КрасГАУ. 2025. № 5(218). С. 244–260. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-5-244-260. EDN: GROMJL.
13. Matoba T., Hata T. Relationship between bitterness of peptides and their chemical structures // Agric Biol Ghem. 1972. № 36. P. 1423–1431.
14. Зорин С.Н. Ферментативные гидролизаты пищевых белков для специализированных пищевых продуктов диетического (лечебного и профилактического) питания // Вопросы питания. 2019. Т. 88, № 3. С. 23–31. DOI: 10.24411/0042-8833-2019-10026. EDN: JMLHXW.
15. Leksrisompong P.P., Miracle R.E., Drake M.-A. Characterization of Flavor of Whey Protein Hydrolysates // J. Agric. Food Chem. 2010. № 58 (10). P. 6318–6327.
16. Ферментативный гидролиз соевого белка / Д.В. Соколов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53, № 1. С. 86–96. DOI: 10.21603/2074-9414-2023-1-2418
17. Государственная фармакопея Российской Федерации: XIV издание. Том 1. URL: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>, свободный (дата обращения: 21.10.2025).
18. Chatterjee C., Gleddie S., Xiao C.W. Soybean bioactive peptides and their functional properties // Nutrients. 2018. Vol. 10, No. 9. pii: E1211. DOI: 10.3390/nu10091211
19. Научно-методические подходы к развитию технологии белковых гидролизатов для специального питания. Часть 1. Технология производства и технические характеристики гидролизатов / Ю.Я. Свириденко, Д.С. Мягконос, Д.В. Абрамов, Е.Г. Овчинникова // Пищевая промышленность. 2017. № 5. С. 48–51. EDN: YPIXGD.
20. Van Boekel M. Formation of flavour compounds in the Maillard reaction // Biotechnology Advances. 2006. № 24 (2). P. 230–233.
21. Куликов Д.С., Королев А.А. Аспекты ферментативной модификации растительных белков // Пищевые системы. 2025. Т. 8, № 1. С. 22–28. DOI: 10.21323/2618-9771-2025-8-1-22-28. EDN: FFBYAA.

### References

1. Chugunova O.V., Bikbulatov P.S., Devyatkin D.I., Pastushkova E.V., Pankratieva N.A. Resource potential pea varieties of the Sverdlovsk region for obtaining protein hydrolysates. *Food Industry*, 2025, vol. 10, no. 3, pp. 53–61. (In Russ.) DOI: 10.29141/2500-1922-2025-10-3-6. EDN: BIOAPP.
2. Kulikov D.S., Aksenova L.M., Samoylova A.M. Functional properties of protein products from grain legumines and their modification under the influence of various factors. Part 1. *Pishcheyaya promyshlennost'* [Food Industry], 2024, no. 3, pp. 20–25. (In Russ.) DOI: 10.52653/PPI.2024.3.3.004. EDN: PDLFCY.
3. *Prognoz sbora podsolnechnika v Rossii na 2025 god: vliyanie zasukhi i regional'nye osobennosti* [Sunflower harvest forecast in Russia for 2025: the impact of drought and regional peculiarities]. SovEkon Expert and Analytical Center. URL: <https://graininfo.ru/news/prognoz-sbora-podsolnechnika-v-rossii-na-2025-god-vliyanie-zasukhi-i-regionalnye-osobennosti/> (accessed: 10.10.2025)

4. Sheykhova M.S., Safonova S.G. Dynamics and structure of the oilseed market in Russia. *Moscow Economic Journal*, 2025, vol. 10, no. 1, pp. 36–48. (In Russ.)
5. Tugacheva L.V., Boroda O.V. Economic efficiency of the production of oilseeds and fat-and-oil production. *Ekonomicheskie nauki*, 2023, no. 220, pp. 147–154. (In Russ.) DOI: 10.14451/1.220.147. EDN: YLVCRS.
6. Tukhina N.Yu. The role of the sunflower market in the structure of the Russian economy and trends in its changes. *Nikonovskie chteniya* [Nikonov Readings], 2019, no. 24, pp. 209–212. (In Russ.) EDN: QRMNBQ.
7. *Maslozhirovoy soyuz Rossii* [Fat and Oil Union of Russia]. URL: <https://mzhsr.ru/>
8. Baurin D.V. *Kompleksnaya tekhnologiya pererabotki shrota podsolnechnika s polucheniem izolyata belka i uglevodno-belkovogo korma* [Complex technology of processing sunflower meal to produce protein isolate and carbohydrate-protein feed]. Dis. Candidate of Chemical Sciences. Moscow, 2014. 160 p. EDN: VUVUDJ.
9. Poznyakovskiy V.M. Challenges and Strategic Megatrends of Modern Nutrition. *Food Industry*, 2024, vol. 9, no. 2, pp. 5–12. (In Russ.) DOI: 10.29141/2500-1922-2024-9-2-1. EDN: CBXCZW.
10. Krylova I.V., Fedorov A.V. Enzymatic protein extraction from sunflower processing products. *Processes and Food Production Equipment*, 2025, no. 1 (63), pp. 24–33. (In Russ.) DOI: 10.17586/2310-1164-2025-18-1-24-33
11. Kulikov D.S., Korolev A.A. Functional properties of protein products from grain legumines and their modification under the influence of various factors. Part 2. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 2024. № 8, pp. 35–44. (In Russ.) DOI: 10.52653/PPI.2024.8.8.007. EDN: VJNLUC.
12. Bikbulatov PS, Chugunova OV, Zavorokhina NV. Analysing the current market of plant proteins and technological solutions for their production. *Bulletin of KSAU*, 2025, no. 5(218), pp. 244–260. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-5-244-260.
13. Matoba T., Hata T. Relationship between bitterness of peptides and their chemical structures. *Agric Biol Ghem*, 1972, no. 36, pp. 1423–1431.
14. Zorin S.N. Enzymatic hydrolysates of food proteins for specialized foods for therapeutic and prophylactic nutrition. *Voprosy pitaniya*, 2019, vol. 88, no. 3, pp. 23–31. (In Russ.) DOI: 10.24411/0042-8833-2019-10026. EDN: JMLHXW.
15. Leksrisompong P.P., Miracle R.E., Drake M.-A. Characterization of Flavor of Whey Protein Hydrolysates. *J. Agric. Food Chem.*, 2010, no. 58 (10), pp. 6318–6327.
16. Sokolov D.V., Bolkhonov B.A., Zhamsaranova S.D., Lebedeva S.N., Bazhenova B.A. Enzymatic Hydrolysis of Soy Protein. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 86–96. (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2023-1-2418
17. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii* [The State Pharmacopoeia of the Russian Federation]. XIV editions. Volume 1. URL: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>, svobodnyy (accessed: 21.10.2025).
18. Chatterjee C., Gleddie S., Xiao C.W. Soybean bioactive peptides and their functional properties. *Nutrients*, 2018, vol. 10, no. 9, pii: E1211. DOI: 10.3390/nu10091211
19. Sviridenko Yu.Ya., Myagkonosov D.S., Abramov D.V., Ovchinnikova E.G. Theoretical and practical aspects of development technology of manufacturing protein hydrolysates for special nutrition use. Part 1. Technology of production and technical characteristics of hydrolysates. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 2017, no. 5, pp. 48–51. (In Russ.) EDN: YPIXGD.
20. Van Boekel M. Formation of flavour compounds in the Maillard reaction. *Biotechnology Advances*, 2006, no. 24 (2), pp. 230–233.
21. Kulikov D.S., Korolev A.A. Aspects of enzymatic modification of plant proteins. *Food Systems*, 2025, vol. 8, no. 1, pp. 22–28. (In Russ.) DOI: 10.21323/2618-9771-2025-8-1-22-28. EDN: FFBYAA.

***Информация об авторах***

**Бикбулатов Павел Станиславович**, аспирант кафедры технологии питания, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия, bikbulatovpavel@mail.ru

**Чугунова Ольга Викторовна**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии питания, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия, chugun.ova@yandex.ru

**Заворохина Наталия Валерьевна**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии питания, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия, ip@usue.ru

***Information about the authors***

**Pavel S. Bikbulatov**, Post-Graduate Student of the Food Technology Department, Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia, bikbulatovpavel@mail.ru

**Olga V. Chugunova**, Doctor of Technical Science, Professor, Head of the Food Technology Department, Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia, chugun.ova@yandex.ru

**Nataliya V. Zavorokhina**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Food Technology Department, Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia, ip@usue.ru

***Статья поступила в редакцию 25.09.2025***

***The article was submitted 25.09.2025***