



Научная статья
4.3.3. – Пищевые системы (технические науки)
УДК577.112.5

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.01.023

EDN: XGUEMM

ПОЛУЧЕНИЕ БИОАКТИВНЫХ ПЕПТИДОВ ИЗ ВТОРИЧНЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ МЕТОДОМ ФЕРМЕНТАЦИИ

Ольга Викторовна Чугунова ¹, Дмитрий Иванович Девяткин ²,
Павел Станиславович Бикбулатов ³, Наталия Валерьевна Заворохина ⁴

^{1, 2, 3, 4} Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

¹ chugun.ova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7039-4047>

² devyatkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5457-1613>

³ bikbulatovpavel@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1285-4797>

⁴ ip@usue.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5458-8565>

Аннотация. Масличные культуры представляют большую ценность в сельскохозяйственной промышленности благодаря высокому содержанию растительных жиров. Вовлечение в оборот вторичного сырьевого ресурса обработки семян, – жмыха, является актуальной проблемой для предприятий, поскольку процентное содержание данного продукта составляет в среднем 60–70 % от массы первоначального сырья. В настоящее время перспективным направлением признано использование растительных белков в качестве альтернативы белкам животного происхождения. Жмых подсолнечника является ценным источником питательных веществ и содержит до 19,9–44,9 % белка. Целью настоящей работы является получение гидролизата белка и анализ биоактивных свойств выделенных пептидов. В раствор изолята, полученного методом щелочной экстракции с последующим осаждением органическим растворителем, вносили протеолитические ферменты микробного происхождения. После осаждения непрогидролизованного белка трихлоруксусной кислотой количество гидролизата определяли спектрофотометрически с использованием калибровочной кривой по методу Лоури. Методом *in silico* при помощи инструментов программы BIOPEP-UWM изучили биоактивные свойства выделенных пептидов на основе аминокислотных паттернов. Степень гидролиза при использовании протеиназы P1 (лактосепина) составила 76 %, полученный гидролизат белка подсолнечника содержит пептиды со следующими биологическими свойствами: ингибиторы АПФ, ренина, ДПП-3, ДПП-4 и неприлизина; пептид, стимулирующий усвоение глюкозы, гипоурикемический пептид, регуляторный пептид.

Ключевые слова: шрот подсолнечника, щелочная экстракция, изолят белка, биоактивные пептиды, ферментативный гидролиз, биоактивные свойства, последовательность аминокислот, протеазы.

Для цитирования: Чугунова О. В., Девяткин Д. И., Бикбулатов П. С., Заворохина Н. В. Получение биоактивных пептидов из вторичных сырьевых ресурсов методом ферментации // Ползуновский вестник. 2026. № 1, С. 152–157. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.01.023. EDN: <https://elibrary.ru/XGUEMM>.

Original article

PRODUCTION OF BIOACTIVE PEPTIDES FROM SECONDARY RAW MATERIALS BY FERMENTATION

Olga V. Chugunova ¹, Dmitry I. Devyatkin ², Pavel S. Bikbulatov ³,
Natalia V. Zavorokhina ⁴

^{1, 2, 3, 4} UralState University of Economics, Ekaterinburg, Russia

¹ chugun.ova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7039-4047>

² devyatkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5457-1613>

³ bikbulatovpavel@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1285-4797>

⁴ ip@usue.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5458-8565>

Abstract. Oilseeds are of great value in the agricultural industry due to their high content of vegetable fats. The handling of the main process of seed treatment, oil cake, is an urgent problem for enterprises, since the percentage of the by-product is on average 60–70% of the initial raw material. Currently, the use of plant proteins as an alternative to animal proteins is recognized as a promising direction. Sunflower cake is a valuable source of nutrients with a protein content of 19.9–44.9%. The purpose of this work is to obtain protein hydrolysate and predictive analysis of the bioactive properties of the isolated peptides. Proteolytic enzymes of microbial origin were introduced into the isolate solution obtained by alkaline extraction followed by precipitation with an organic solvent. After precipitation of the non-hydrolyzed protein with trichloroacetic acid, the amount of hydrolysate was determined spectrophotometrically using a calibration curve using the Lowry method. The bioactive properties of the isolated peptides based on amino acid patterns were studied using the *in silico* method and the tools of the BIOPEP-UWM program. The degree of hydrolysis using proteinase P1 (lactosepin) was 76%, the resulting sunflower pro-

© Чугунова О. В., Девяткин Д. И., Бикбулатов П. С., Заворохина Н. В., 2026

ПОЛУЧЕНИЕ БИОАКТИВНЫХ ПЕПТИДОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ФЕРМЕНТАЦИИ

teinhydrolysate contains peptides with the following biological properties: inhibitors of ACE, renin, DPP-3, DPP-4 and non-lysine; a peptide that stimulates glucose uptake, hypouricemic peptide, regulatory peptide.

Keywords: sunflower meal, alkaline extraction, protein isolate, bioactive peptides, enzymatic hydrolysis, bioactive properties, amino acid sequence, proteases.

For citation: Chugunova, O. V., Devyatkin, D. I., Bikbulatov, P. S. & Zavorokhina, N. V. (2025). Production of bioactive peptides from secondary raw materials by fermentation. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 152-157. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2026.01.023. EDN: <https://elibrary.ru/XGUEMM>.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с данными Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), проблема недостаточного удовлетворения организма человека в белках характерна для всех регионов мира и в перспективе имеет тенденцию к ухудшению [1]. Согласно расчетам Института питания РАМН, дефицит пищевого белка в Российской Федерации по состоянию на 2024 год составляет 1 млн. т. [2, 3].

С учетом повышения спроса на растительные продукты, поиск новых источников белка в контексте альтернативного питания является актуальной задачей пищевой промышленности [4]. В целом отходы пищевых производств характеризуются богатым компонентным составом, традиционным же направлением их использования до сих пор остается изготовление удобрений и кормов для скота [5].

Доля вторичного сырьевого ресурса после обработки семян масличных культур при получении растительного масла составляет 60–70 % от массы первоначального сырья. Жмых подсолнечника является ценным источником питательных веществ с содержанием углеводов – 17,4–33,4 %, жира – 7,0–16,6 % и «сырого» протеина – 19,9–44,9 % [6–9].

Направление использования белка из расти-

тельных отходов с его включением в рацион питания человека признано перспективным, однако важно учитывать его потенциальную биологическую ценность, иначе говоря, – аминокислотный состав макро-нутриента, определяющий его полноценность и биологические свойства пептидов [10].

Общий аминокислотный профиль подсолнечного белка представлен в таблице 1.

Белок жмыха подсолнечника содержит рекомендуемый ФАО и ВОЗ процент незаменимых аминокислот за исключением метионина (М), в данном случае являющимся лимитирующей аминокислотой. Для восполнения её недостатка в питании важно сочетать белки из нескольких сырьевых источников.

К одному из способов повышения усвояемости макронутриента относится ферментативный гидролиз выделяемого белка с образованием биологически активных пептидов, состоящих из 2–20 соединенных аминокислотных остатков [11, 12].

Биоактивные пептиды обладают профилактическими и лечебными свойствами благодаря своим многообразным действиям, включая антиоксидантное, антигипертензивное, иммуномодулирующее, противомикробное, противоаллергическое и противовоспалительное воздействие [2].

Таблица 1 – Аминокислотный профиль белка подсолнечника г/100 г

Table 1 – Amino acid profile of sunflower protein g/100 g

Аминокислота	Содержание		Эталонный белок по ФАО/ВОЗ	
	Семена	Жмых	дети	взрослые
Незаменимые аминокислоты				
V (валин)	3,5±0,7	5,8±0,0	4,3	4,0
L (лейцин)	5,45±1,35	7,8±0,0	6,6	6,1
I (изолейцин)	4,25±0,85	4,6±0,0	3,2	3,0
M (метионин)	3,7±0,8	1,4±0,0 (лимитирующая)	2,7	2,3
F (фенилаланин)	7,3±1	5,5±0,0	5,2	4,1
T (треонин)	3,45±0,65	3,8±0,0	3,1	2,5
K (лизин)	2,6±0,6 (лимитирующая)	6,1±0,0	5,7	4,8
H (гистидин)	2,6±0,8	2,4±0,0	2,0	1,6
Заменимые аминокислоты				
A (аланин)	5,55±1,15	–	–	–
D (аспаргиновая кислота)	9,7±1,5	–	–	–
C (цистеин)	4,2±1,5	1,6±0,0	2,7	2,3
E (глутаминовая кислота)	24,4±3	–	–	–
G (глицин)	8,1±0,7	4,5±0,0	–	–
P (пролин)	5,85±0,95	–	–	–
S (серин)	5,3±0,9	–	–	–
Y (тирозин)	2,05±0,55	3,5±0,0	5,2	4,1

В основном, получение биологически активных пептидов происходит в результате ферментативного гидролиза белков, при этом важно сохранить уникальную комбинацию активных аминокислотных последовательностей [3].

Целью исследования является получение гидролизата белка жмыха семян подсолнечника и анализ биологических свойств выделенных пептидов.

Пептиды различаются количеством аминокис-

лот, аминокислотным составом и порядком соединения аминокислот. Пептидные связи очень прочные, и для их химического гидролиза требуются жесткие условия: высокие температура и давление, кислая среда и длительное время. В живой клетке пептидные связи могут разрываться с помощью протеолитических ферментов, называемых протеазами, или пептидгидролазами [13].

Биоактивные пептиды широко используются в функциональных продуктах питания благодаря своей

высокой эффективности, избирательности и низкой токсичности [14].

Биоактивные пептиды, также известные как биопептиды, представляют собой фрагменты белков, состоящие из 2–20 аминокислот, соединённых пептидными связями, и обладающие молекулярной массой менее 6 кДа. В последние годы интерес к биологической активности биопептидов, получаемых из пищевых белков, возрос как в научных исследованиях, так и в промышленности [14].

В отличие от физических смесей аминокислот аналогичного количества, короткоцепочечные пептиды, особенно ди- и трипептиды, легче усваиваются человеческим организмом благодаря наличию специфических транспортных систем для пептидов и улучшенной стабильности и/или растворимости пептидов. На сегодняшний день основными методами получения биопептидов из продуктов питания являются микробная ферментация и ферментативный гидролиз пищевых белков [10, 11].

МЕТОДЫ

Для получения изолята белка жмыха семян подсолнечника отделили (экстрагировали) прочие макронутриенты от исходного сырья в следующем порядке: углеводы, остаток жира. В качестве реактивов использовались растворы щелочей и кислот, а также органические растворители. Выбор данной методики обоснован высоким выходом конечного продукта с использованием минимального количества лабораторного оборудования [15].

Первый этап исследования – добавление к жмыху дистиллированной воды, гидромодуль – 1:10, для исследования взяли 10 г сырья. Осаждение углеводов проводилось путем щелочной экстракции с использованием 0,1 N раствора NaOH при уровне pH среды, равном 9. При повышении активной кислотности среды существует вероятность денатурации белка с потерей его свойств [16].

После добавления необходимого количества щелочи раствор перемешивали при температуре 40 °C с использованием лабораторного шейкера (100–150 об/мин) в течение 60 мин. Далее раствор центрифугировали при помощи лабораторной центрифуги в течение 5 мин при 10 000 об/мин. Надосадочную жидкость отделяли от образовавшегося осадка углеводов [16, 17].

Для экстракции белка при помощи 0,1 N раствора HCl уровень pH среды доводили до значения 6,5, считающимся изоэлектрической точкой белка, при котором он выпадает в осадок.

С целью ускорения процесса осаждения белка и растворения оставшегося в сырье жира в раствор вносили органический растворитель (95 % этиловый спирт) в количестве 30 %. Раствор перемешивали на лабораторном шейкере при 100–150 об/мин в течение 60 мин и центрифугировали в течение 5 мин при 10 000 об/мин [17, 18]. Осадок (изолят) белка отделяли от надосадочной жидкости, высушивали при помощи сушильного шкафа при температуре 50–65 °C в течение 40 мин., взвешивали при помощи лабораторных весов, промывали и разбавляли водой: установлена концентрация белка 1000 мкг/мл [16].

В полученный раствор изолята вносили протеолитический фермент микробного происхождения протеиназу P1 (лактосепин) в соотношении с субстратом 25:1, продуцентами являются молочнокислые бактерии *Lactococcus lactis*. Гидролиз производился в течение 60 мин при 30 °C согласно методике ГОСТ 34430-2018 «Ферментные препараты для пищевой промышлен-

ности. Метод определения протеолитической активности» [16, 19]. Осаждение непрогидролизованного белка проводили с добавлением трихлоруксусной кислоты в количестве 2 мл, раствор выдерживали в течение 10 мин, осадок отделяли центрифугированием при 10 000 об/мин в течение 5 мин.

Количество гидролизованного белка определяли спектрофотометрически с использованием калибровочной кривой по методу Лоури. Интенсивность окраски (оптическую плотность) измеряли на спектрофотометре при длине волны 760 нм.

Методом *insilico* при помощи инструментов программы BIOPEP-UWM с базой данных белков и ферментов различного происхождения проведен анализ биоактивных свойств выделенных пептидов на основе аминокислотных паттернов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Масса высушенного изолята белка, полученного из жмыха семян подсолнечника, составила 32 % от массы сырья, что с учетом среднего содержания макронутриента в рассматриваемом сырьевом ресурсе (19,9–44,9 %) говорит о целесообразности использования метода кислотно-щелочной экстракции белка.

Значение оптической плотности раствора гидролизата белка составило 0,41, что по калибровочной кривой, представленной на рисунке 1, соответствует концентрации 240 мкг/мл.

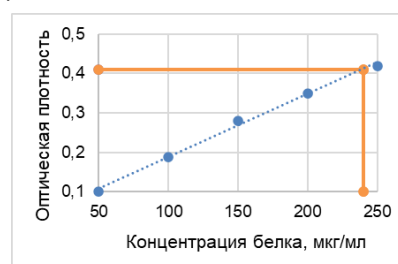


Рисунок 1 – Оптическая плотность раствора гидролизата белка

Figure 1 – Organoleptice valuation profile

Cutting sequence	C-terminus	N-terminus
Q	☒	☐
V	☒	☐
P	☐	☒
Q	☐	☒
P	☒	☐
S	☐	☒
L	☒	☐
L	☐	☒

Рисунок 2 – Последовательность распознавания для активной протеиназы P1

Figure 2 – Recognition sequence for active proteinase P1

Поскольку концентрация изолята белка в растворе с дистиллированной водой составляла 1000 мкг/мл, значение степени ферментативного гидролиза макронутриента равно 76 %.

На основании предиктивного анализа свойств выделяемых биоактивных пептидов с использованием программы BIOPEP-UWM выявлен механизм воздействия микробной протеиназы P1 (лактосепина) на структуру бел-

ПОЛУЧЕНИЕ БИОАКТИВНЫХ ПЕПТИДОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ФЕРМЕНТАЦИИ

ка. Данные представлены на рисунке 2, в программе используется однобуквенное обозначение аминокислот (Q – глутамин, V – валин, P – пролин, S – серин, L – лейцин).

Микробные протеиназы наряду с протеазами животного происхождения используются для гидролиза пептидных связей при определении аминокислотной последовательности белков и полипептидных фрагментов [13].

Фермент воздействует на карбоксильную группу (С-конец) и аминогруппу (N-конец) аминокислот белка. На

рисунке 3 представлен профиль биологической активности в гидролизате белка жмыха подсолнечника, знаком «–» обозначены места разрыва пептидной связи.

Аминокислотные паттерны образовавшихся пептидов определяют их биологические свойства. В таблице 2 представлена краткая характеристика биоактивных пептидов гидролизата белка (АПФ – ангиотензинпревращающий фермент, ДПП-3 и ДПП-4 – дипептидилпептидаза-3 и дипептидилпептидаза-4 соответственно).

Results of enzyme action
MA-SKAT-L-L-L-AFT-L-L-FATCIARH-Q-Q-R-Q-Q-Q-Q-N-Q-C-Q-L-Q-NIEA-L-E-P-IEV-I-Q-AEAGV-TEIWDAYD-Q-Q-F-Q-CAW-SI-L-FDTGFN-L-V-AF-SC-L-P-T-ST-P-L-FW-P-S-SREGV-I-L-P-GCRRTYEY-S-Q-E-Q-Q-F-SGEGRRGGGEGTFRV-IRK-L-EN-L-KEGDV-V-AI-P-TGTAHW-L-HNDGTE-L-V-V-V-F-L-DT-Q-NHEN-Q-L-DEN-Q-RRFF-L-AGN-P-Q-A-Q-A-Q-S-Q-Q-Q-R-Q-P-R-Q-Q-S-P-Q-R-Q-R-Q-Q-R-Q-G-Q-G-Q-NAGNIFNGFT-P-E-L-IA-Q-SFNV-D-Q-ETA-Q-K-L-Q-G-Q-ND-Q-RGHIV-NV-G-Q-D-L-Q-IV-R-P-P-Q-DRR-S-P-R-Q-Q-Q-E-Q-AT-S-P-R-Q-Q-Q-E-Q-Q-Q-GRRGGW-SNGV-EETIC-SMKFKV-NIDN-P-S-Q-ADFV-N-P-Q-AG-SIAN-L-N-SFKF-P-I-L-EH-L-R-L-SV-ERGE-L-R-P-NAI-Q-S-P-HWTINAHN-L-L-VV-TEGA-L-RV-Q-IV-DN-Q-GN-SV-FDNE-L-REG-Q-V-V-V-I-P-Q-NFAV-IKRANE-Q-G-SRWV-SFKTNDNMIAN-L-AGRV-SA-SAA-S-P-L-T-L-WANRY-Q-L-SREEA-Q-Q-L-KF-S-Q-RETV-L-FA-P-SF-SRG-Q-GIRA-SR

Рисунок 3 – Профиль биологической активности пептидов в гидролизатах белка подсолнечника

Figure 3 – Profile of biological activity of peptides in sunflower protein hysrolysates

Таблица 2 – Биоактивные свойства пептидов гидролизата белка жмыха семян подсолнечника

Table 2 – Bioactiveproperties of peptides of sunflowerseedcakeproteinhydrolysate

Биологическая активность	Аминокислотные паттерны пептидов	Физиологическая роль
Ингибитор АПФ	IA (изолейцин, аланин)	Расширение просвета сосудов, снижение артериального давления и нагрузки на сердце, улучшение кровообращения, нефропротективное действие
	AF (аланин, фенилаланин)	
	AG (аланин, глицин)	
	SF (серин, фенилаланин)	
	KF (лизин, фенилаланин)	
	AI (аланин, изолейцин)	
	FW (фенилаланин, триптофан)	
	YV (тирозин, валин)	
Ингибитор ренина	ST (серин, треонин)	Кардио-, нефропротекторный и антигипертензивный эффект
	KF (лизин, фенилаланин)	
Ингибитор ренина	SF (серин, фенилаланин)	Кардио-, нефропротекторный и антигипертензивный эффект
	SF (серин, фенилаланин)	
Пептид, стимулирующий усвоение глюкозы	IV (изолейцин, валин)	Снижает концентрацию глюкозы в крови, регулирует метаболизм. Глюкоза преобразуется в гликоген и триглицериды в печени, жировой ткани и скелетных мышцах
Ингибитор ДПП-4	IA (изолейцин, аланин)	Инкретиновая активность, увеличение секреции инсулина, снижение выработки глюкагона
	MA (метионин, аланин)	
	FA (фенилаланин, аланин)	
	AF (аланин, фенилаланин)	
	AG (аланин, глицин)	
	AT (аланин, треонин)	
	DN (аспартат, аспарагин)	
	EH (глутамат, гистидин)	
	KF (лизин, фенилаланин)	
	ND (аспарагин, аспартат)	
	NV (аспарагин, валин)	
	SF (серин, фенилаланин)	
	SI (серин, изолейцин)	
	SV (серин, валин)	
	YV (тирозин, валин)	
Ингибитор ДПП-3	RV (аргинин, валин)	Ген ДПП-3 кодирует белок, повышенная активность которого приводит к раку эндометрии и яичников. ДПП-3 угнетает работу сердца
	FA (фенилаланин, аланин)	
Гипоурикемический пептид	FW (фенилаланин, триптофан)	Регулирует уровень мочевой кислоты в сыворотке крови, снижая риск возникновения острой почечной недостаточности
Ингибитор неприлизина	FW (фенилаланин, триптофан)	Ингибирует активность неприлизина, расщепляющий сигнальные пептиды, обеспечивающие транспорт белка
Регуляторный пептид	FW (фенилаланин, триптофан)	Класс физиологически активных веществ, участвующих в регуляции и реализации разнообразных функций организма

Таким образом, обосновано использование основного отхода обработки семян подсолнечника при получении растительного масла (жмыха) в качестве сырья для получения гидролизата белка. Из 1 кг семян образуется 60–70 % жмыха, методом кислотнo-щелочной экстракции из него возможно выделить 32 % белка от общей массы отхода; количество гидролизованного белка составляет 76 % от массы макронутриента.

На основании вышеизложенного сделан вывод, что из 1 кг семян в среднем можно получить около 158,08 г гидролизата белка с повышенной усвояемостью и биологической ценностью. Поскольку метионин является лимитирующей аминокислотой, для восполнения ее недостатка в питании рекомендуется сочетать употребление полученного продукта с прочими видами растительного или животного белка.

При применении микробного фермента протеиназы Р1, продуцентом которого являются молочно-кислые бактерии *Lactococcus lactis*, выделенные из изолята биоактивные пептиды обладают следующими свойствами: ингибируют АПФ, ренин, ДПП-3, ДПП-4 и неприлизин; стимулируют усвоение глюкозы, обладают гипотрикемическим эффектом, выполняют регулирующую функцию.

В целом, развитие представленного направления научных исследований обладает большим потенциалом и направлено на решение двух актуальных проблем: обращение с отходами масложировой промышленности и восполнение дефицита белка в питании путем получения макронутриента в легкоусвояемой форме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование метода кислотнo-щелочной экстракции белка из жмыха семян подсолнечника, образующегося при производстве растительного масла и последующий ферментативный гидролиз изолята с применением протеиназы Р1 позволяет получить высокий выход макронутриента с высокой степенью усвояемости и повышенной биологической ценностью. Подобранный технология обладает следующими особенностями:

- использование недорогостоящих альтернативных источников белка как перспективный способ обращения с растительными отходами;
- минимальное количество применяемого лабораторного оборудования;
- позволяет восполнить дефицит макронутриента в питании при сочетании с прочими видами белка с достаточным количеством аминокислоты метионина.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлева А.А. Перспективы использования семян конопли и льна в качестве источника пищевого белка // Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2024. Т. 4, № 2(12). С. 3–9. DOI: 10.54016/SVITOK.2024.29.57.001.
2. Рождественская Л.Н., Бычкова Е.С., Бычков А.Л. Анализ вызовов и современных тенденций развития технологий на рынке белков // Пищевая промышленность. 2018. № 5. С. 42–47.
3. Дериглазова Г.М. Современные тенденции возделывания сои в России // АгроЗooТехника. 2022. Т. 5, № (3), статья 1. <https://doi.org/10.15838/alt.2022.5.3.1>.
4. Лаптиева А.Р., Ольховая Е.Д., Лидохова О.В. Вегетарианство и веганство: исследование сбалансированности и влияния диет на организм // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 115–10. С. 63–66. DOI: 10.18411/trnio-11-2024-449.
5. Baykova O.V. (2024). Food waste and its valorization into value added products (case study of the international experi-

ence of Asian countries). *Theoretical and Applied Ecology*, (4), 225–234. (In Russ.). DOI: 10.25750/1995-4301-2024-4-225-234.

6. Брашко И.С., Позняковский В.М., Донскова Л.А. Характеристика ферментных препаратов и разработка нового технического решения для биоконверсии коллагенсодержащего сырья // Индустрия питания. 2024. Т. 9, № 1. С. 50–59. DOI: 10.29141/2500-1922-2024-9-1-6.

7. Белковый потенциал семян подсолнечника. Исследования процессов получения пищевых белков из подсолнечного шрота / М.Л. Доморощенкова [и др.] // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2020. № 1–2. С. 24–29.

8. Морозова И.М., Мазурова Н.Н., Морозов И.М. Биохимический состав семян масличных культур, используемых при производстве кормовой продукции // Вестник Витебского государственного университета. 2022. № 1(114). С. 48–53.

9. Получение растительного белка из семян и жмыха промышленной конопли: обзор способов переработки для использования в пищевой промышленности / Д.И. Алексаночкин [и др.] // Пищевые системы. 2024. Т. 7, № 2. С. 188–197. DOI: 10.21323/2618-9771-2024-7-2-188-197.

10. Герасимов А.Б. Проблема дефицита полноценного белка в питании современного человека: пути решения // Стихия Земля : сборник научных трудов Межрегиональной научно-практической конференции. Санкт-Петербург : ООО "Издательский Дом СТЕЛЛА", 2024. С. 107–112.

11. Белковый гидролизат как источник биоактивных пептидов в пищевой продукции диетического питания / О.В. Зинина [и др.] // Пищевые системы. 2023. Т. 6, № 4. С. 440–448. DOI: 10.21323/2618-9771-2023-6-4-440-448.

12. Бикбулатов П.С., Арисов А.В., Чугунова О.В. Ферментные препараты и биокаталитические процессы в пищевой промышленности // Вестник биотехнологии. 2023. № 4(37).

13. Козлова О.В. Биологически активные пептиды из белков молока / О.В. Козлова, И.С. Разумникова, А.Ю. Просяков // Молочная промышленность. 2010. № 9. С. 68–69.

14. Короткие пептиды как компоненты питания: молекулярные основы регуляции гомеостаза / В.А. Тутельян, В.Х. Хавинсон, Г.А. Рыжак, Н.С. Линькова // Успехи современной биологии. 2014. Т. 134. № 3. С. 227–235.

15. О кинетике экстракции из растительного сырья и оптимальном времени экстракции / А.М. Кармишин [и др.] // Химия и технология органических веществ. 2023. № 3(27). С. 36–53.

16. Альянцева Ю.В., Борисова И.И., Бараненко Д.А. Обзор технологий выделения белка из нута // Ползуновский вестник. 2024. № 2. С. 27–36. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.004.

17. Nguyen H.L. (2021). Research on the extraction of polysaccharides from *Ganoderma lucidum*. *Science, Education and Innovations in the context of modern problems*, (2), 226–235. (In Russ.). DOI: 10.5281/zenodo.6299094.

18. Эффективный способ определения содержания кислот в составе растительных масел / Д.Э. Ибрагимов, Х.Ш. Гулахмадов, Т.М. Махмудова, И. Ибрагимов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2020. № 3. С. 221–229. (In Russ.).

19. Мезенова О.Я. Перспективы получения и использования протеинов из вторичного рыбного сырья // Вестник Международной академии холода. 2018. № 1. С. 5–10. DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-1-5-10.

20. Коновалова А.А. Оценка аминокислотного состава гидролизата соевого белка / А.А. Коновалова, Е.Г. Ковалева, Н.В. Баракова // Всероссийская конференция молодых ученых с международным участием «Актуальные вопросы нутрициологии, биотехнологии и безопасности пищи». Москва, 2017. С. 170–173. 58.

Информация об авторах

О. В. Чугунова – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология пи-

ПОЛУЧЕНИЕ БИОАКТИВНЫХ ПЕПТИДОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ФЕРМЕНТАЦИИ

тания» Уральского государственного экономического университета.

Д. И. Девяткин – аспирант кафедры «Технология питания» Уральского государственного экономического университета.

П. С. Бикбулатов – аспирант кафедры «Технология питания» Уральского государственного экономического университета.

Н. В. Заворохина – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология питания» Уральского государственного экономического университета.

REFERENCES

1. Yakovleva, A.A. (2024). Prospects of using hemp and flax seeds as a source of dietary protein. *Industrial crops. Scientific Agricultural Journal*, (12), 3-9. (In Russ.). DOI: 10.54016/SVITOK.2024.29.57.001.
2. Rozhdestvenskaya, L.N., Bychkova, E.S. & Bychkov, A.L. (2018). Analysis of challenges and current trends in the development of technologies in the protein market. *Food Industry*, (5), 42-47. (In Russ.).
3. Deriglazova, G.M. (2022). Current trends in soybean cultivation in Russia. *Agricultural and Livestock Technology*, (3), Article 1. (In Russ.). <https://doi.org/10.15838/alt.2022.5.3.1>.
4. Laptieva, A.R., Olkhovaya, E.D. & Lidokhova, O.V. (2024). Vegetarianism and veganism: a study of the balance and influence of diet on the body. *Trends in the development of science and education*, (115-10), 63-66. (In Russ.). DOI: 10.18411/trnio-11-2024-449
5. Baykova, O.V. (2024). Food waste and its valorization into value-added products (case study of the international experience of Asian countries). *Theoretical and Applied Ecology*, (4), 225-234. (In Russ.). DOI: 10.25750/1995-4301-2024-4-225-234.
6. Brashko, I.S., Poznyakovskiy, V.M. & Donskova, L.A. (2024). Characterization of enzyme preparations and development of a new technical solution for the bioconversion of collagen-containing raw materials. *Nutrition Industry*, (1), 50-59. (In Russ.). DOI: 10.29141/2500-1922-2024-9-1-6.
7. Domoroshchenkova, M.L., Demyanenko, T.F., Krilova, I.V. & Kamisheva, I.M. (2020). Protein opportunities of sunflower seeds. research of processes of food protein production from sunflower oil meal. *Vestnik of the All-Russian Scientific Research Institute of Fats*, (1-2), 24-29. (In Russ.).
8. Morozova, I.M., Mazurova, N.N. & Morozov, I.M. (2022). Biochemical composition of oil seeds used in the production of feed products. *Vestnik Visebskaya dzyarzhaynaya university*, (1(114)), 48-53. (In Russ.).
9. Aleksanochkin, D.I., Fomenko, I.A., Alexeyeva, E.A., Chernukha, I.M. & Mashentseva, N.G. (2024). Production of vegetable protein from seeds and commercial hemp cake: a review of processing methods for use in the food industry. *Food systems*, (2), 188-197. (In Russ.). DOI: 10.1323/2618-9771-2024-7-2-188-197.
10. Gerasimov, A.B. The problem of high-grade protein deficiency in modern human nutrition: solutions. *Element Earth: Collection of scientific papers of the Interregional Scientific and Practical Conference*. St. Petersburg: STELLA

Publishing House, LLC, 2024. 107-112. (In Russ.).

11. Zinina, O.V., Nikolina, A.D., Khvostov, D.V., Rebezov, M.B., Zavyalov, S.N. & Akhmetzyanov, R.V. (2023). Protein hydrolysates as a source of bioactive peptides in antibiotic nutrition products. *Food Systems*, (4), 440-448. (In Russ.). DOI: 10.1323/2618-9771-2023-6-440-448.

12. Bikbulatov, P.S., Arisov, A.V. & Chugunova, O.V. (2023). Enzyme preparations and biocatalytic processes in the food industry. *Bulletin of Biotechnology*, (4(37)). (In Russ.).

13. Kozlova, O.V., Razumnikova, I.S., Prosekov, A.Yu. Biologically active peptides from milk proteins. *Dairy industry. Molochnaya promyshlennost'*, (9), 68-69. (In Russ.).

14. Tutelyan, V.A., Khavinson, V.H., Ryzhak, G.A., Linkova, N.S. (2014). Short peptides as components of nutrition: the molecular foundations of homeostasis regulation. *Successes of modern biology. Uspekhi sovremennoy biologii*, 3 (134), 227-235. (In Russ.).

15. On the kinetics of extraction from plant raw materials and optimal extraction time / A.M. Karmishin [et al.]. *Chemistry and technology of organic substances*, 2023.3(27), 36-53. (In Russ.).

16. Apyantseva, Yu.V., Borisova, I.I. & Baranenko, D.A. (2024). Review of protein extraction technologies from chickpeas. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 27-36. (In Russ.). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.004.

17. Nguyen, H.L. (2021). Research on the extraction of polysaccharides from *Ganoderma lucidum*. *Science, Education and Innovations in the context of modern problems*, (2), 226-235. (In Russ.). DOI: 10.5281/zenodo.6299094.

18. Ibragimov, D.E., Gulakhmadov, H.S., Makhmudova, T.M., Ibrahimov, I. (2020). An effective method for determining the acid content in vegetable oils. *Bulletin of the Tajik National University. Series of Natural Sciences. Vestnik Tadjikskogo nacional'nogo universiteta. Seriya estestvennyye nauki*, (3), 221-229. (In Russ.).

19. Mezenova, O.Ya. (2018). Prospects of obtaining and using proteins from secondary fish raw materials. *Bulletin of the International Academy of Refrigeration*, (1), 5-10. (In Russ.). DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-1-5-10.

20. Konovalova, A.A., Kovaleva, E.G., Barakova, N.V. (2017). Assessment of the amino acid composition of soy protein hydrolysate. All-Russian Conference of young scientists with international participation "Topical issues of nutrition, biotechnology and food safety". *Aktual'nye voprosy nutricologii, biotekhnologii i bezopasnosti pishchi*, 170-173. (In Russ.).

Information about the authors

O.V. Chugunova - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Nutrition Technology at the Ural State University of Economics.

D.I. Devyatkin - postgraduate student at the Department of Nutrition Technology at the Ural State University of Economics.

P.S. Bikbulatov - a postgraduate student at the Department of Nutrition Technology of the Ural State University of Economics.

N.V. Zavorokhin - a Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor at the Department of Nutrition Technology of the Ural State University of Economics.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 07 октября 2025; одобрена после рецензирования 24 февраля 2026; принята к публикации 16 марта 2026.

The article was received by the editorial board on 07 Oct 2025; approved after editing on 24 Feb 2026; accepted for publication on 16 Mar 2026.