Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2026-1-213-218 Оригинальная статья/Research article
УДК 664.923.034:613.2 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Биотехнологическая платформа для производства белкового концентрата из фасоли

Владимир И. Манжесов [1] mavik62_62@mail.ru 0000-0002-0468-8821
Светлана Ю. Чурикова [1] sveta-ch-vz@ya.ru 0000-0001-9210-9852
Артур А. Айрапетян [1] hayrapetyan.arthur1@mail.ru 0000-0001-8053-4317
Светлана Ф. Яковлева [2] svetlana.yakovleva.68@mail.ru 0000-0003-3686-9966

1 Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия
2 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В настоящем исследовании освещается задача создания ресурсоэффективных методов производства белковых препаратов из растительного сырья. Подчеркивается, что фасоль, обладающая значительным протеиновым потенциалом, до сих пор не имеет хорошо отработанных технологий переработки в изоляты и концентраты. Целью работы стала разработка и оптимизация экологичной биотехнологической платформы получения фасолевого белкового концентрата с применением ферментативной деградации балластных полисахаридов. В ходе исследований был проанализирован фракционный состав протеинов фасолевой муки, произведен рациональный подбор ферментных препаратов (амилосубтилин Г10х и глюкаваморин Г20х), а также оптимизированы ключевые параметры процесса гидролиза (гидромодуль, температура, уровень pH, продолжительность и соотношение ферментов). Установлено, что максимальный уровень гидролиза крахмала (76%) достигается при использовании ферментной композиции в пропорции 65:35, дозировке 2.5 ед/г крахмала, температуре 40°С, pH 4.6 и длительности процесса 4 часа. Разработана интегрированная технологическая схема, включающая стадии ферментации, седиментации белка в изоэлектрической точке, отмывки и лиофильной сушки. Выход целевого продукта составил 65.5% от исходного содержания протеина в сырье. Предложенная технология отличается сниженной энергоемкостью, исключением применения агрессивных химических реагентов и возможностью утилизации вторичных продуктов переработки.

Ключевые слова: белковый концентрат фасоли, ферментативный катализ, амилосубтилин, глюкаваморин, деструкция крахмала, изоэлектрическая седиментация, биотехнологическая платформа.

Biotech platform for the production of protein concentrate from beans

Vladimir I. Manzhesov [1] mavik62_62@mail.ru 0000-0002-0468-8821
Svetlana Y. Churikova [1] sveta-ch-vz@ya.ru 0000-0001-9210-9852
Arthur A. Hayrapetyan [1] hayrapetyan.arthur1@mail.ru 0000-0001-8053-4317
Svetlana F. Yakovleva [2] svetlana.yakovleva.68@mail.ru 0000-0003-3686-9966

1 Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, 1 Michurin str., Voronezh, 394087, Russia
2 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. This study highlights the task of creating resource-efficient methods for the production of protein preparations from plant raw materials. It is emphasized that beans, which have significant protein potential, still do not have well-developed technologies for processing into isolates and concentrates. The aim of the work was to develop and optimize an environmentally friendly biotechnological platform for the production of bean protein concentrate using enzymatic degradation of ballast polysaccharides. During the research, the fractional composition of bean flour proteins was analyzed, a rational selection of enzyme preparations (amylosubtilin G10x and glucavamorin G20x) was made, and key parameters of the hydrolysis process (hydromodule, temperature, pH level, duration and ratio of enzymes) were optimized. It was found that the maximum level of starch hydrolysis (76%) is achieved when using an enzyme composition in a ratio of 65:35, a dosage of 2.5 units / g of starch, a temperature of 40 °C, pH 4.6 and a process duration of 4 hours. An integrated technological scheme has been developed, including the stages of fermentation, protein sedimentation at an isoelectric point, washing and freeze drying. The yield of the target product was 65.5% of the initial protein content in the raw material. The proposed technology is characterized by reduced energy consumption, the exclusion of the use of aggressive chemicals and the possibility of recycling recycled products.

Keywords: bean protein concentrate, enzymatic catalysis, amylosubtilin, glucavamorin, starch degradation, isoelectric sedimentation, biotechnological platform.

Введение

Протеины растительного происхождения, представленные в форме муки, концентратов и изолятов, занимают важное место в пищевой индустрии [3]. Эти ингредиенты применяются для замещения дорогостоящих белков животного происхождения, повышения питательной ценности продуктов, разработки аналогов мясных и молочных изделий, а также продуктов специализированного и лечебно-профилактического назначения [1, 11]. Фасоль, характеризующаяся высоким содержанием белка (не менее 27.39% на сухое вещество), представляет собой перспективную сырьевую базу для производства подобных препаратов [5, 16].

Для цитирования
Манжесов В.И., Чурикова С.Ю., Айрапетян А.А., Яковлева С.Ф. Биотехнологическая платформа для производства белкового концентрата из фасоли // Вестник ВГУИТ. 2026. Т. 88. № 1. С. 213–218. doi:10.20914/2310-1202-2026-1-213-218

For citation
Manzhesov V.I., Churikova S.Y., Hayrapetyan A.A., Yakovleva S.F. Biotech platform for the production of protein concentrate from beans. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2026. vol. 88. no. 1. pp. 213–218. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2026-1-213-218

© 2026, Манжесов В.И. и др. / Manzhesov V.I. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Однако существующие методики переработки фасоли нельзя считать исчерпывающе разработанными, а данные о функционально-технологических характеристиках ее белков нуждаются в дополнении и анализе [9, 15]. Классические способы получения концентратов, базирующиеся на осаждении белка, нередко приводят к его денатурации и утрате функциональных качеств [19]. В этой связи применение биотехнологических методов, в частности, направленного ферментативного расщепления непротеиновых компонентов, является чрезвычайно перспективным [10, 12, 20].

Цель работы – создание технологической платформы производства концентрата белков фасоли с использованием ферментативной обработки для элиминации крахмала и других небелковых соединений.

Материалы и методы

Исследования проводились на фасолевой муке, полученной путем размола бобов фасоли и соответствующей нормам ГОСТ 7758–75 [1]. Физико-химические показатели муки приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Физико-химическая характеристика фасолевой муки

Table 1.

Physico-chemical characteristics of bean flour

Показатель | Indicator	Значение | Meaning
Цвет | Color	Кремовый с сероватым оттенком Creamy with a grayish tint
Массовая доля влаги, %, не более | Moisture content, %, no more than	12.16
Массовая доля протеина (на с.в.), %, не менее Protein content (d.s.), %, no less than	27.39
Крупность помола, проход через сито № 35, %, не менее Grinding fineness, passing through sieve No. 35, %, no less than	60.0

Фракционирование белков проводили методом последовательной экстракции в различных растворителях (вода, 10% раствор хлорида натрия, 0.8% раствор гидроксида натрия, этанол) по общепринятой методике [14].

Ферментативный гидролиз. Для деполимеризации крахмала использовали промышленные ферментные препараты микробного генеза: амилосубтилин Г10х (α-амилаза, активность 2600 ед./г) и глюкаваморин Г20х (глюкоамилаза, активность 3000 ед./г) [7]. Подготовку сырья осуществляли путем просеивания муки через сито с размером ячеек ≤ 100 мкм. Гидролиз проводили в водной суспензии муки при постоянном перемешивании. Интенсификацию процесса контролировали по накоплению редуцирующих веществ (РВ) с последующим расчетом степени гидролиза крахмала [6].

Формирование белкового концентрата. После завершения гидролиза суспензию подвергали центрифугированию. Белковую фракцию осаждали из надосадочной жидкости в изоэлектрической точке (pH 3.0–3.2), используя 40% раствор уксусной кислоты [4, 18]. Полученный осадок белка отмывали дистиллированной водой и высушивали методом лиофильной сушки (50 °С, давление 150–200 Па).

Результаты и обсуждение

Анализ фракционного состава протеинов фасолевой муки выявил доминирование солерастворимой фракции (82.6%), что свидетельствует о преобладании глобулинов, что типично для белков бобовых культур [5, 13] (таблица 2).

Таблица 2.

Фракционный состав белков муки бобов фасоли и нута, %

Table 1.

Fractional composition of flour, bean, and chickpea proteins, %

Культура Culture	Водорастворимая фракция Water-soluble fraction	Солерастворимая фракция (10% NaCl) Salt-soluble fraction (10% NaCl)	Щелочерастворимая фракция (0.8% NaOH) Alkali-soluble fraction (0.8% NaOH)	Спирторастворимая фракция Alcohol-soluble fraction
Фасоль | Beans	10.1	82.6	6.3	1.0
Нут | Chickpeas	12.2	78.5	7.9	1.4

Для эффективного удаления крахмальной фракции была изучена кинетика его гидролиза под действием индивидуальных ферментов и их синергетических композиций. Выявлено, что комбинация ферментов (амилосубтилин + глюкаваморин) демонстрирует более высокую

эффективность по сравнению с моопрепаратами (таблица 3). Синергизм объясняется комплементарным механизмом действия: α-амилаза осуществляет эндонуклеазное расщепление α-1,4 гликозидных связей с образованием олигосахаридов, в то время как глюкоамилаза последовательно отщепляет терминальные остатки глюкозы как от α-1,4-, так и от α-1,6 связей [7, 20].

Таблица 3.

Динамика гидролиза крахмала фасолевой муки под действием ферментных препаратов

Table 2.

Dynamics of hydrolysis of starch of bean flour under the action of enzyme preparations

Продолжительность процесса, ч Time, h	Накопление РВ с амилосубтилином, % RV accumulation with amylosubtilin, %	Накопление РВ с глюкаваморином, % RV accumulation with glucavamorin, %	Накопление РВ с композицией 65:35, % RV accumulation with a 65:35 composition, %
1	6.90	7.04	7.40
4	7.17	7.34	9.05
5	7.30	7.40	13.30
24	7.33	7.30	15.42

Максимальное накопление редуцирующих веществ (28.6%) и, соответственно, степень гидролиза крахмала (76%) были достигнуты при использовании композиции ферментов в соотношении 65:35 и дозировке 2.5 ед./г крахмала (рисунок 1). Продление процесса гидролиза свыше 4.5 часов было признано технологически нецелесообразным.

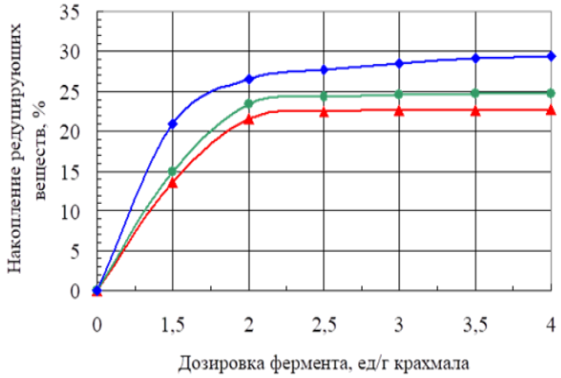


Рисунок 1. Кинетика накопления редуцирующих веществ под действием ферментных композиций (1 – соотношение 65:35; 2 – 60:40; 3 – 50:50)

Figure 1. Kinetics of accumulation of reducing substances under the action of enzyme compositions (1 – ratio 65:35; 2 – 60:40; 3 – 50:50)

Были установлены оптимальные параметры процесса:

- Температурный режим: Пик активности ферментной системы наблюдался в интервале 38–42 °C с максимумом при 40 °C (рисунок 2).
- Уровень pH: Наибольшая скорость процесса зарегистрирована при pH 4.6, что соответствует области перекрытия оптимумов активности используемых ферментов (рисунок 3).
- Гидромодуль: Наиболее сбалансированным признано соотношение «мука: вода» = 1 : 5, обеспечивающее высокую степень конверсии (45%) при экономически обоснованных энергозатратах (рисунок 4).

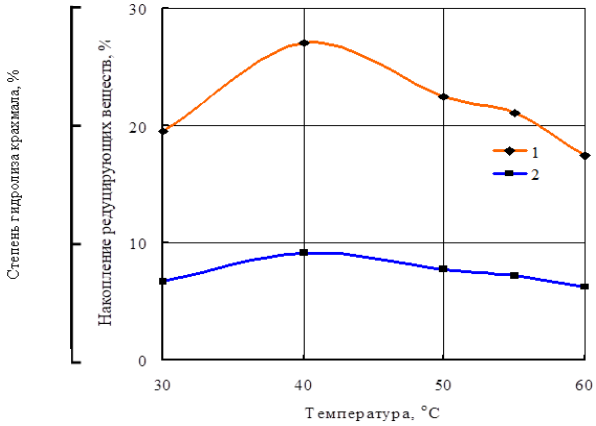


Рисунок 2. Влияние температуры на кинетику гидролиза: (1 – степень гидролиза; 2 – накопление РВ)

Figure 2. Influence of temperature on the kinetics of hydrolysis: (1 – degree of hydrolysis; 2 – accumulation of PB)

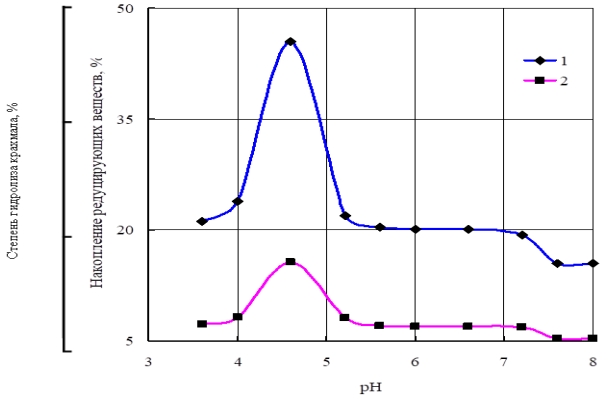


Рисунок 3. Влияние pH на кинетику гидролиза (1 – степень гидролиза; 2 – накопление РВ)

Figure 3. Effect of pH on the kinetics of hydrolysis (1 – degree of hydrolysis; 2 – accumulation of PB)

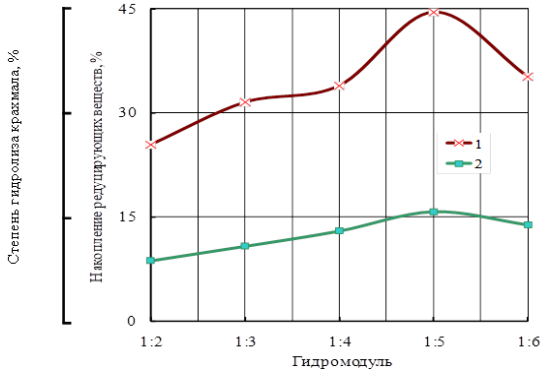


Рисунок 4. Влияние гидромодуля на кинетику гидролиза (1 – степень гидролиза; 2 – накопление РВ)

Figure 4. Effect of the hydromodule on the kinetics of hydrolysis (1 – degree of hydrolysis; 2 – accumulation of PB)

На основании полученных результатов была спроектирована технологическая схема производства белкового концентрата из фасоли (рисунок 5):

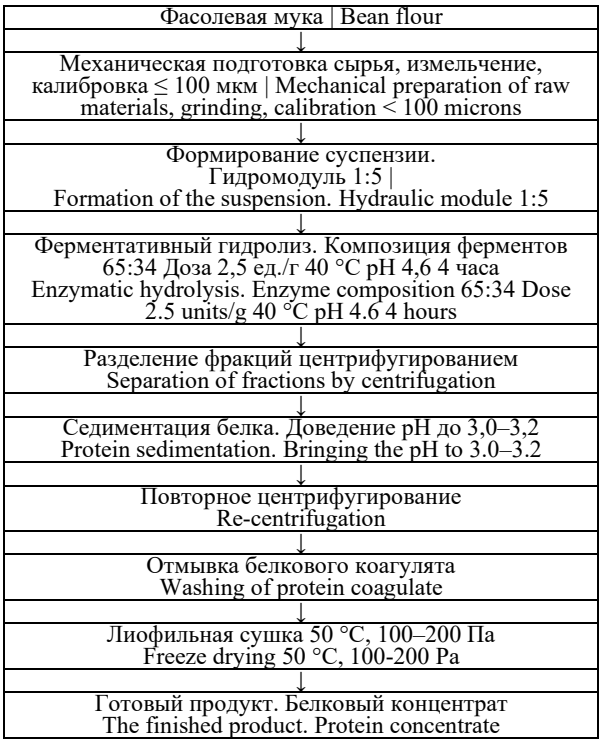


Рисунок 5. Технологическая схема получения концентрата белка фасоли

Figure 5. Technological scheme to produce bean protein concentrate

Проведенное комплексное исследование позволило сформулировать следующие основные выводы:

1. **Установлен сырьевой потенциал**: Фасолевая мука обладает высоким содержанием протеина (не менее 27.39% на сухое вещество) с преобладанием солерастворимой фракции глобулинов (82.6%), что подтверждает ее перспективность в качестве сырья для производства белковых концентратов.

2. **Обоснована эффективность ферментативного подхода**: доказано синергетическое действие композиции ферментов амилосубтилина Г10х и глюкаваморина Г20х, которая превосходит по эффективности моопрепараты и обеспечивает глубокий гидролиз балластного крахмала.

3. **Оптимизированы параметры процесса**: научно обоснованы и экспериментально установлены критические параметры гидролиза, обеспечивающие максимальную степень гидролиза крахмала на уровне 76%:

— соотношение ферментов в композиции – 65:35.
— дозировка – 2.5 ед./г крахмала.
— температура – 40°с.
— уровень ph – 4.6.
— продолжительность – 4 часа.
— гидромодуль – 1:5.

4. **Разработана и апробирована технологическая схема**: спроектирована завершенная технологическая схема, включающая этапы ферментации, разделения фракций, изоэлектрического осаждения белка и лиофильной сушки, которая обеспечивает выход готового концентрата на уровне 65.5% от массы белка в исходном сырье.

5. **Подтверждены преимущества технологии**: разработанный биотехнологический метод характеризуется низкой энергоемкостью, отсутствием агрессивных химических реагентов, применением щадящих режимов обработки, сохраняющих нативную структуру белка, и возможностью полной переработки вторичных продуктов.

Заключение

В результате проведенного исследования разработана инновационная и экологичная биотехнологическая платформа получения белкового концентрата из фасоли. Ключевыми достоинствами предложенного метода являются:

1. Применение направленного ферментативного катализа для селективной элиминации балластного крахмала [10, 17].
2. Оптимизация регламентных параметров процесса, обеспечивающая высокую степень гидролиза (76%) при минимальной продолжительности (4 ч).
3. Исключение из технологического цикла агрессивных химических реагентов.
4. Использование мягкого режима сушки, способствующего сохранению нативной конформации белковых молекул [15].
5. Низкая энергоемкость и замкнутость производственного цикла с возможностью переработки вторичных ресурсов [12].

Разработанная технология представляет значительный практический интерес для пищевой промышленности и может быть использована для выпуска функциональных пищевых ингредиентов с высоким содержанием белка [8, 9, 11].

Литература

1 Мазыкина Е.А., Зеленский Г.Л. Фасоль обыкновенная (Phaseolus vulgaris L.) как перспективная сельскохозяйственная культура (обзор) // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. 2025. № 208. С. 6.

2 Кияшко Н.В., Дуденко Г.А., Федореева О.Е. Качество пищевой продукции как один из факторов продовольственной безопасности // Продовольственная безопасность: прошлое, настоящее, будущее. 2023. № 2. С. 255.

3 Fang B., Peng Z., Chen B., Rao J. Unconventional sources of vegetable proteins: Technological properties // Current Opinion in Food Science. 2024. V. 57. P. 101150. doi: 10.1016/j.cofs.2024.101150

4 Nilghaz A., Mahdi Mousavi S., Amiri A. et al. Surface-enhanced Raman spectroscopy substrates for food safety and quality analysis // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2022. V. 70. № 18. P. 5463–5476. doi: 10.1021/acs.jafc.1c07979

5 Алексашина С.А., Белозёрова В.А. Использование альтернативного растительного сырья при производстве молочнокислых продуктов питания на основе растительных белков // Инновации и продовольственная безопасность. 2025. № 1. С. 6–22.

6 Jiménez D.J., Öztürk B., Wei R. et al. Merging plastics, microbes, and enzymes: highlights from an international workshop // Applied and Environmental Microbiology. 2022. V. 88. № 14. P. e00721-22. doi: 10.1128/aem.00721-22

7 Kurek M.A., Onopiuk A., Pogorzelska-Nowicka E. et al. Novel protein sources for applications in meat-alternative products—Insight and challenges // Foods. 2022. V. 11. № 7. P. 957. doi: 10.3390/foods11070957

8 Орловская Т.В., Шатров Л.Н. Исследование функционально-технологических свойств белковых концентратов из нетрадиционного растительного сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 4. С. 45–52.

9 Попелнюх Т.В., Зыбина О.В. Влияние ферментативной модификации на структурно-механические характеристики белково-углеводных систем бобовых культур // Известия вузов. Пищевая технология. 2020. № 2–3 (374–375). С. 56–59.

10 Донченко Л.В., Васильев А.А., Соболь И.В. и др. Тенденции в разработке пищевых добавок и биологически активных добавок к пище // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87. № 4.

11 Das R., Kayastha A.M. An overview on starch processing and key enzymes // Industrial Starch Debranching Enzymes. 2023. P. 1–20. doi: 10.1016/B978-0-323-99836-3.00001-9

12 Messina V., Skylas D.J., Roberts T.H. et al. Pulse Proteins: Processing, Nutrition, and Functionality in Foods // Foods. 2025. V. 14. № 7. P. 1151. doi: 10.3390/foods14071151

13 Náthia-Neves G., Getachew A.T., Santana Á.L., Jacobsen C. Legume Proteins in Food Products: Extraction Techniques, Functional Properties, and Current Challenges // Foods. 2025. V. 14. № 9. P. 1626. doi: 10.3390/foods14091626

14 Sun H., Sun J., Dou N. et al. Characterization and comparison of structure, thermal and functional characteristics of various commercial pea proteins // Food Bioscience. 2023. V. 53. P. 102740. doi: 10.1016/j.fbio.2023.102740

15 Gupta R.K. Legumes: An Overview // Gupta R.K., Gupta N., Bansal S. (eds.) Pulses: Processing and Product Development. Springer, 2020. P. 1–30. doi: 10.1007/978-3-030-38252-0_1

16 Thirulogasundar A., Shi D., Stone A.K. et al. Effect of enzyme hydrolysis on the functionality, protein quality, and flavour profile of lentil and chickpea protein isolates // Journal of Food Measurement and Characterization. 2024. V. 18. P. 1592–1609. doi: 10.1007/s11694-023-02228-5

17 Qin P., Wang T., Luo Y. A review on plant-based proteins from soybean: Health benefits and soy product development // Journal of Agriculture and Food Research. 2022. V. 7. P. 100265. doi: 10.1016/j.jafr.2021.100265

18 Renzetti S., Smid E.J. The role of enzymes in the design of healthy and sustainable foods // Current Opinion in Food Science. 2022. V. 48. P. 100914. doi: 10.1016/j.cofs.2022.100914

19 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.

20 Fang B., Peng Z., Chen B., Rao J. Unconventional sources of vegetable proteins: Technological properties // Current Opinion in Food Science. 2024. V. 57. P. 101150. doi: 10.1016/j.cofs.2024.101150

21 Hong S., Shen Y., Li Y. Physicochemical and Functional Properties of Texturized Vegetable Proteins and Cooked Patty Textures: Comprehensive Characterization and Correlation Analysis // Foods. 2022. V. 11. № 17. P. 2619. doi: 10.3390/foods11172619

22 Goldstein N., Reifen R. The potential of legume-derived proteins in the food industry // Grain & Oil Science and Technology. 2022. V. 5. № 4. С. 167–178. doi: 10.1016/j.gaost.2022.07.001

References

1 Mazy kina E.A., Zelensky G.L. Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) as a Promising Agricultural Crop (Review). Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2025. no. 208. p. 6. (in Russian).

2 Kiyashko N.V., Dudenko G.A., Fedoreeva O.E. Quality of Food Products as One of the Factors of Food Security. Food Security: Past, Present, Future. 2023. no. 2. p. 255. (in Russian).

3 Fang B., Peng Z., Chen B., Rao J. Unconventional sources of vegetable proteins: Technological properties. Current Opinion in Food Science. 2024. vol. 57. article 101150. doi: 10.1016/j.cofs.2024.101150.

4 Nilghaz A., Mahdi Mousavi S., Amiri A. et al. Surface-enhanced Raman spectroscopy substrates for food safety and quality analysis. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2022. vol. 70. no. 18. pp. 5463–5476. doi: 10.1021/acs.jafc.1c07979.

5 Aleksashina S.A., Belozerova V.A. The Use of Alternative Plant Raw Materials in the Production of Lactic Acid Food Products Based on Plant Proteins. Innovations and Food Security. 2025. no. 1. pp. 6–22. (in Russian).

6 Jiménez D.J., Öztürk B., Wei R. et al. Merging plastics, microbes, and enzymes: highlights from an international workshop. Applied and Environmental Microbiology. 2022. vol. 88. no. 14. article e00721-22. doi: 10.1128/aem.00721-22.

7 Kurek M.A., Onopiuk A., Pogorzelska-Nowicka E. et al. Novel protein sources for applications in meat-alternative products—Insight and challenges. Foods. 2022. vol. 11. no. 7. article 957. doi: 10.3390/foods11070957.

8 Orlovskaya T.V., Shatrov L.N. Study of Functional and Technological Properties of Protein Concentrates from Non-Traditional Plant Raw Materials. Storage and Processing of Agricultural Raw Materials. 2019. no. 4. pp. 45–52. (in Russian).

9 Popelnyukh T.V., Zybina O.V. Influence of Enzymatic Modification on Structural and Mechanical Characteristics of Protein-Carbohydrate Systems of Legumes. News of Universities. Food Technology. 2020. no. 2–3 (374–375). pp. 56–59. (in Russian).

10 Donchenko L.V., Vasiliev A.A., Sobol I.V. et al. Trends in the Development of Food Additives and Biologically Active Food Supplements. Bulletin of VSUET. 2025. vol. 87. no. 4. (in Russian).

11 Das R., Kayastha A.M. An overview on starch processing and key enzymes. In: Industrial Starch Debranching Enzymes. 2023. pp. 1–20. doi: 10.1016/B978-0-323-99836-3.00001-9.

12 Messina V., Skylas D.J., Roberts T.H. et al. Pulse Proteins: Processing, Nutrition, and Functionality in Foods. Foods. 2025. vol. 14. no. 7. article 1151. doi: 10.3390/foods14071151.

13 Náthia-Neves G., Getachew A.T., Santana Á.L., Jacobsen C. Legume Proteins in Food Products: Extraction Techniques, Functional Properties, and Current Challenges. Foods. 2025. vol. 14. no. 9. article 1626. doi: 10.3390/foods14091626.

14 Sun H., Sun J., Dou N. et al. Characterization and comparison of structure, thermal and functional characteristics of various commercial pea proteins. Food Bioscience. 2023. vol. 53. article 102740. doi: 10.1016/j.fbio.2023.102740.

15 Gupta R.K. Legumes: An Overview. In: Gupta R.K., Gupta N., Bansal S. (eds.) Pulses: Processing and Product Development. Springer, 2020. pp. 1–30. doi: 10.1007/978-3-030-38252-0_1.

16 Thirulogasundar A., Shi D., Stone A.K. et al. Effect of enzyme hydrolysis on the functionality, protein quality, and flavour profile of lentil and chickpea protein isolates. Journal of Food Measurement and Characterization. 2024. vol. 18. pp. 1592–1609. doi: 10.1007/s11694-023-02228-5.

17 Qin P., Wang T., Luo Y. A review on plant-based proteins from soybean: Health benefits and soy product development. Journal of Agriculture and Food Research. 2022. vol. 7. article 100265. doi: 10.1016/j.jafr.2021.100265.

18 Renzetti S., Smid E.J. The role of enzymes in the design of healthy and sustainable foods. Current Opinion in Food Science. 2022. vol. 48. article 100914. doi: 10.1016/j.cofs.2022.100914.

19 Bikbulatov P.S., Chugunova O.V., Zavorokhina N.V. Analysis of the Modern Market of Plant Proteins and Technological Solutions for Their Production. Bulletin of KrasGAU. 2025. no. 5 (218). pp. 244–260. (in Russian).

20 Fang B., Peng Z., Chen B., Rao J. Unconventional sources of vegetable proteins: Technological properties. Current Opinion in Food Science. 2024. vol. 57. article 101150. doi: 10.1016/j.cofs.2024.101150.

21 Hong S., Shen Y., Li Y. Physicochemical and Functional Properties of Texturized Vegetable Proteins and Cooked Patty Textures: Comprehensive Characterization and Correlation Analysis. Foods. 2022. vol. 11. no. 17. article 2619. doi: 10.3390/foods11172619.

22 Goldstein N., Reifen R. The potential of legume-derived proteins in the food industry. Grain & Oil Science and Technology. 2022. vol. 5. no. 4. pp. 167–178. doi: 10.1016/j.gaost.2022.07.001.

Сведения об авторах

Владимир И. Манжесов д.с-х.н., профессор, заведующий кафедрой, кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, mavik62_62@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-0468-8821

Светлана Ю. Чурикова к.с.-х.н., доцент, кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, , ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, sveta-ch-vz@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-9210-9852

Артур А. Айрапетян к.т.н., старший преподаватель, кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, , ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, hayrapetyan.arthur1@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-8053-4317

Светлана Ф. Яковлева к.т.н., доцент, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, svetlana.yakovleva.68@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3686-9966

Information about authors

Vladimir I. Manzhesov Dr. Sci. (Chem.), professor, technology of storage and processing of agricultural products department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Michurina St., 1, Voronezh, 394087, Russia, mavik62_62@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-0468-8821

Svetlana Y. Churikova Cand. Sci. (Chem.), docent, technology of storage and processing of agricultural products department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Michurina St., 1, Voronezh, 394087, Russia, sveta-ch-vz@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-9210-9852

Arthur A. Hayrapetyan Cand. Sci. (Engin.), senior lecturer, technology of storage and processing of agricultural products department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Michurina St., 1, Voronezh, 394087, Russia, hayrapetyan.arthur1@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-8053-4317

Svetlana F. Yakovleva Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, Department of Biochemistry and Biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, svetlana.yakovleva.68@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3686-9966

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 18/12/2025	**После редакции** 08/01/2026	**Принята в печать** 26/01/2026
Received 18/12/2025	**Accepted in revised** 08/01/2026	**Accepted** 26/01/2026