

Разработка технологии ферментированной субстанции на основе листьев *Arctium lappa* L.

© Хайбуллин* Руслан Гайсаевич, Волкова Лариса Владимировна*⁺

Кафедра охраны окружающей среды. Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Комсомольский пр-т, д.29. г. Пермь, 614990. Пермский край. Россия.

E-mail: ruslan.khaibullin@yandex.ru ; wolkowalw@mail.ru

*Ведущий направление; ⁺Поддерживающий переписку

Ключевые слова: *A. lappa* L., микробная ферментация, *L. plantarum* 8P-A3, математическое моделирование, порошок, фильтр-пакеты.

Аннотация

Рост распространенности метаболических нарушений, ассоциированных с дисбиозом кишечника, обуславливает интерес к получению функциональных ферментированных биопрепаратов с пребиотическим потенциалом. Одним из перспективных, но недооцененных видов сырья для получения таких препаратов служит биомасса листьев лопуха большого (*Arctium lappa* L.), богатая водорастворимыми полисахаридами, фенольными соединениями и органическими кислотами. В качестве эффективного биологического агента для процесса ферментации рассматриваются пробиотические штаммы микроорганизмов, в частности *Lactobacillus plantarum* 8P-A3. Однако процесс направленной микробной ферментации требует математического обоснования и оптимизации биотехнологических параметров процесса, а для максимального раскрытия функциональной эффективности продукта необходима разработка рациональной формы его применения. В связи с этим целью данного исследования являлась разработка и оптимизация технологии направленной микробной ферментации биомассы листьев *A. lappa* L. при помощи штамма *L. plantarum* 8P-A3 с применением математического планирования эксперимента, а также обоснование рациональной формы применения получаемой ферментированной субстанции.

В результате исследования разработана и математически оптимизирована технология направленной микробной ферментации листьев *A. lappa* L. штаммом *L. plantarum* 8P-A3. Проведенное математическое моделирование и полученные регрессионные модели позволили установить оптимальный диапазон технологических условий проведения процесса ферментации: температура 38.0-39.0 °C, время 14.5-15.5 ч, доза инокулята 0.6-1.0·10¹⁰ КОЕ/кг, обеспечивающий максимальный выход экстрактивных веществ 39.68% и полисахаридов 14.12%. Обоснована рациональная форма применения ферментированной субстанции – дозированный порошок в фильтр-пакетах. Установлено, что фракция порошка 0.5-1.5 мм и навеска 3.0 г на фильтр-пакет обеспечивают оптимальные технологические характеристики и максимальную полноту экстракции целевых компонентов >90% при настаивании в течение 15 минут.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Хайбуллин Р.Г., Волкова Л.В. Разработка технологии ферментированной субстанции на основе листьев *Arctium lappa* L. *Бутлеровские сообщения*. 2026. Т.87. №9. С.113-123. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-113

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Хайбуллин Р.Г., Волкова Л.В. Разработка технологии ферментированной субстанции на основе листьев *Arctium lappa* L. *Бутлеровские сообщения* С. 2026. Т.14. №3. Id.19. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-113/ROI-jbc-C/26-14-3-19 (Russian)

The output for citing the English online version of the article:

Ruslan G. Khaibullin, Larisa V. Volkova. Development of the fermented substance technology based on *Arctium lappa* L. leaves. *Butlerov Communications* C. 2026. Vol.14. No.3. Id.19. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-113/ROI-jbc-C/26-14-3-19

Литература

- [1] E.E. Canfora, R.C.R. Meex, K. Venema, E.E. Blaak. Gut microbial metabolites in obesity, NAFLD and T2DM. *Nature Reviews Endocrinology*. **2019**. Vol.15. No.5. P.261-273. DOI: 10.1038/s41574-019-0156-z
- [2] G.R. Gibson, R. Hutkins, M.E. Sanders, *et al.* Expert consensus document: The international scientific association for probiotics and prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. **2017**. Vol.14. No.8. P.491-502. DOI: 10.1038/nrgastro.2017.75
- [3] H. Tilg, N. Zmora, T.E. Adolph, E. Elinav. The intestinal microbiota fuelling metabolic inflammation. *Nature Reviews Immunology*. **2020**. Vol.20. No.1. P.40-54. DOI: 10.1038/s41577-019-0198-4
- [4] Несчисляев В.А. Сравнительное исследование бактериотропного действия метабитиков. *Медицинский Совет*. **2019**. №21. С.154-158. DOI: 10.21518/2079-701X-2019-21-154-158 [V.A. Neschislyayev. Comparative study of the bacteriotropic action of metabiotics. *Medical Council*. **2019**. No.21. P.154-158. (Russian) DOI: 10.21518/2079-701X-2019-21-154-158]
- [5] Р.Г. Хайбуллин, Л.В. Волкова. Перспективы получения биологически активных субстанций из биомассы растений методом микробной ферментации (обзор). *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. **2021**. Т.24. №4. С.3-8. DOI: 10.29296/25877313-2021-04-01 [R.G. Khaibullin, L.V. Volkova. Perspectives for production plant biomass biologically active product by the microbial fermentation method (review). *Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*. **2021**. Vol.24. No.4. P.3-8. DOI: 10.29296/25877313-2021-04-01 (Russian)]
- [6] M. Roberfroid. Prebiotics: The concept revisited. *The Journal of Nutrition*. **2007**. Vol.137. No.3 Suppl.2. P.830S-837S. DOI: 10.1093/jn/137.3.830S
- [7] Лопуха корни: фармакопейная статья ФС.2.5.0025.15. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. Т.4. Москва. **2018**. С.6228-6236. [E.E. Canfora, R.C.R. Meex, K. Venema, E.E. Blaak. Gut microbial metabolites in obesity, NAFLD and T2DM. *Nature Reviews Endocrinology*. **2019**. Vol.15. No.5. P.261-273. DOI: 10.1038/s41574-019-0156-z (Russian)]
- [8] R. Ferracane, G. Graziani, M. Gallo, V. Fogliano, A. Ritieni. Metabolic profile of the bioactive compounds of burdock (*Arctium lappa*) seeds, roots and leaves. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. **2010**. Vol.51. No.2. P.399-404. DOI: 10.1016/j.jpba.2009.03.018
- [9] Настои и отвары: общая фармакопейная статья ОФС.1.4.1.0018. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV издание. Т.1. Москва. **2023**. С.2506-2512. [G.R. Gibson, R. Hutkins, M.E. Sanders, *et al.* Expert consensus document: The international scientific association for probiotics and prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. **2017**. Vol.14. No.8. P.491-502. DOI: 10.1038/nrgastro.2017.75 (Russian)]
- [10] Порошки: Общая фармакопейная статья ОФС.1.4.1.0010. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV издание. Т.1. Москва. **2023**. С.2451-2456. [Powders: *General Pharmacopoeial Monograph* OFS.1.4.1.0010. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. 15th edition. Vol.1. Moscow. **2023**. P.2451-2456. (Russian)]
- [11] ICH Q8(R2). *Pharmaceutical Development*. International council for harmonisation of technical requirements for pharmaceuticals for human use. **2009**. (Russian)
- [12] Р.Г. Хайбуллин, Е.Ю. Тумилович, Л.В. Волкова и др. Методики количественного определения короткоцепочечных жирных кислот в экстрактах биомассы листьев *Arctium lappa* L. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. **2022**. Т.25. №11. С.16-22. DOI: 10.29296/25877313-2022-11-03 [H. Tilg, N. Zmora, T.E. Adolph, E. Elinav. The intestinal microbiota fuelling metabolic inflammation. *Nature Reviews Immunology*. **2020**. Vol.20. No.1. P.40-54. DOI: 10.1038/s41577-019-0198-4 (Russian)]
- [13] Ruslan G. Khaibullin, Larisa V. Volkova. Development of the fermented substance technology based on *Arctium lappa* L. leaves. *Butlerov Communications C*. **2026**. Vol.14. No.3. Id.19. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-113/ROI-jbc-C/26-14-3-19
- [14] Хайбуллин Р.Г., Волкова Л.В. Разработка технологии ферментированной субстанции на основе листьев *Arctium lappa* L. *Бутлеровские сообщения C*. **2026**. Т.14. №3. Id.19. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-113/ROI-jbc-C/26-14-3-19 (Russian)

The English version of the article has been published in the international edition of the journal

Butlerov Communications C
Advances in Biochemistry & Technologies

The Reference Object Identifier – ROI: jbc-C/26-14-3-19

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-113/ROI-jbc-C/26-14-3-19

Development of the fermented substance technology based on *Arctium lappa* L. leaves

Ruslan G. Khaibullin,⁺ Larisa V. Volkova^{*+}

Department of Environmental Protection, Komsomol Ave., 29. Perm National Research Polytechnic University. Perm, 614990. Perm Kray. Russia. E-mail: ruslan.khaibullin@yandex.ru ; wolkowalw@mail.ru

*Supervising author; ⁺Corresponding author

Keywords: *A. lappa* L., microbial fermentation, *L. plantarum* 8P-A3, mathematical modeling, powder, filter bags.

Abstract

The increasing prevalence of metabolic disorders associated with gut dysbiosis has stimulated interest in functional fermented biopreparations with prebiotic potential. Biomass of large burdock (*Arctium lappa* L.) leaves is a promising yet insufficiently studied plant material for this purpose. The leaves contain polysaccharides and other extractable compounds that can serve as a substrate for microbial bioconversion. *Lactobacillus plantarum* 8P-A3 was selected as the biological agent for targeted fermentation. However, development of a reproducible fermentation process requires quantitative optimization of the principal technological parameters, while practical application of the resulting fermented material requires selection of an appropriate standardized dosage form. Therefore, the aim of this study was to develop and optimize targeted microbial fermentation of *A. lappa* L. leaf biomass using *L. plantarum* 8P-A3 by design of experiments and regression modeling, and to substantiate a suitable form of application for the resulting fermented substance.

The study resulted in the development and mathematical optimization of a targeted microbial fermentation process for *A. lappa* L. leaves using *L. plantarum* 8P-A3. Regression models established an optimal operating range of 38.0-39.0 °C, 14.5-15.5 h, and an inoculum dose of 0.6-1.0·10¹⁰ CFU/kg, providing yields of 39.68% extractive substances and 14.12% polysaccharides. A standardized powder packed in filter bags was substantiated as a practical form of application of the fermented substance. A particle-size fraction of 0.5-1.5 mm and a 3.0 g fill per filter bag provided favorable technological characteristics and extraction completeness exceeding 90% for both extractive substances and polysaccharides after 15 min of infusion.