

Влияние ультразвуковой обработки на выделение полисахарида кефирана из биомассы кефирных зёрен

© **Абрамова Ли́ра Алиевна, Сироткин Александр Семенович,
Салина*⁺ Альбина Айратовна**

*Кафедра промышленной биотехнологии. Казанский национальный исследовательский
технологический университет. ул. К. Маркса, 68. г. Казань, 420015.
Республика Татарстан. Россия. Тел.: +7 (843) 231-43-28. E-mail: salinalbina@yandex.ru*

*Ведущий направление; ⁺Поддерживающий переписку

Ключевые слова: кефиран, кефирные зерна, ультразвуковая обработка, экзополисахариды.

Аннотация

В данной работе было изучено выделение кефирана из биомассы кефирных зёрен путем воздействия низкочастотного ультразвука.

В качестве объекта исследования выступала биомасса кефирных зёрен в производстве кисломолочных продуктов на ООО «Казанский молочный комбинат». В лабораторных условиях микробную культуру поддерживали на пастеризованном молоке 2.5% жирности. Обработку кефирных зёрен проводили с использованием ультразвуковой установки УЗГ2-22 в течение трех минут при частоте 20 и 40 кГц.

Установлено, что ультразвуковая обработка способствует увеличению выхода кефирана по сравнению с контролем. Отмечено повышение выхода кефирана в среду после ультразвуковой обработки кефирных зёрен частотой 20 кГц по сравнению с контрольным образцом от 4.6 до 6.2%, после обработки частотой 40 кГц – от 3.1% до 5.0% по сравнению с контролем (1.6-4.9%). Средние значения по сериям: контроль – $3.07 \pm 1.68\%$; 20 кГц – $5.17 \pm 0.90\%$; 40 кГц – $4.50 \pm 1.23\%$. Наибольший прирост выхода – в 2.8 раза – наблюдался в серии с минимальным контрольным значением (1.6%). Результаты свидетельствуют об интенсификации выделения кефирана под действием кавитационных эффектов, приводящих к разрушению поверхностных структур кефирных зёрен. На основе полученных данных предложена модифицированная технологическая схема получения кефирана, включающая ультразвуковую предобработку биомассы, экстракцию при 95-100 °С, ферментативный гидролиз белков, микрофльтрацию и осаждение этиловым спиртом. Предложенный подход обеспечивает повышение выхода полисахарида, сокращение времени экстракции и ресурсосбережение, что делает его перспективным для применения на молокоперерабатывающих предприятиях.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Абрамова Л.А., Сироткин А.С., Салина А.А. Влияние ультразвуковой обработки на выделение полисахарида кефирана из биомассы кефирных зёрен. *Бутлеровские сообщения*. 2026. Т.87. №9. С.124-130. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-124

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Абрамова Л.А., Сироткин А.С., Салина А.А. Влияние ультразвуковой обработки на выделение полисахарида кефирана из биомассы кефирных зёрен. *Бутлеровские сообщения* С. 2026. Т.14. №3. Id.20. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-124/ROI-jbc-C/26-14-3-20 (Russian)

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

Lira A. Abramova, Alexander S. Sirotkin, Albina A. Salina. The effect of ultrasonic treatment on the extraction of the polysaccharide kefiran from kefir grain biomass. *Butlerov Communications* C. 2026. Vol.14. No.3. Id.20. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-124/ROI-jbc-C/26-14-3-20

Литература

- [1] Шапошникова М.С., Красноштанова А.А. Исследование функционально-технологических свойств экзополисахаридов молочнокислых бактерий. *Бутлеровские сообщения*. 2026. Т.86. №4. С.98-106. [M.S. Shaposhnikova, A.A. Krasnoshtanova. Study of functional and technological properties of exopolysaccharides of lactic acid bacteria. *Butlerov Communications*. 2026. Vol.86. No.4. P.98-106. (Russian)] DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-4-98.

- [2] K.L. Rodrigues, L.R.G. Caputo, Carvalho J.C.T., J. Evangelista, J.M. Schneedorf. Antimicrobial and healing activity of kefir and kefiran extract. *International Journal of Antimicrobial Agents*. **2005**. Vol.25. No.5. P.404-408. DOI: 10.1016/j.ijantimicag.2004.09.020
- [3] R.H. Hernández-Figueroa, A. López-Malo, E. Mani-López. Lactic Acid Bacteria-Derived Exopolysaccharides: dual roles as functional ingredients and fermentation agents in food applications. *Fermentation*. **2025**. Vol.11. No.9. P.538. DOI: 10.3390/fermentation11090538
- [4] Градова Н.Б., Хохлачева А.А., Мурзина Е.Д., Мясоедова В.В. Микробные компоненты кефирных грибов как продуценты экзополисахарида кефирана. *Биотехнология*. **2014**. №6. С.18-26. [N.B. Gradova, A.A. Khokhlacheva, E.D. Murzina, V.V. Myasoedova. Microbial components of kefir grains as producers of exopolysaccharide kefiran. *Biotechnology*. **2014**. No.6. P.18-26. (Russian)]
- [5] Фильчакова С.А. Разработка технологии получения биомассы кефирных грибов с целью использования её в производстве кисломолочных продуктов. *Дис. ... канд. техн. наук. Москва*. **1999**. 134с. [S.A. Filchakova. Development of a technology for producing kefir grain biomass for use in fermented milk production. *PhD Thesis in Engineering. Moscow*. **1999**. 134p. (Russian)]
- [6] Z. Ahmed, Y. Wang, N. Anjum, A. Ahmad, S.T. Khan. Characterization of exopolysaccharide produced by *Lactobacillus kefiranofaciens* ZW3 isolated from tibet kefir – Part II. *Food Hydrocolloids*. **2013**. Vol.30. No.1. P.343-350. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2012.06.009
- [7] Атласова Д.В., Бояринцева И.В. Экзополисахариды в пищевых технологиях. В сб.: Горизонты биотехнологии. *Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Орёл*. **2024**. С.23-25. [D.V. Atlasova, I.V. Boyarinova. Exopolysaccharides in food technologies. In: Horizons of biotechnology. *Proceedings of the international scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists. Oryol*. **2024**. P.23-25. (Russian)]
- [8] Мартиросян В.В., Костюченко М.Н., Рейнов М.В., Тюрина О.Е., Савкина О.А. Исследование продуцирования экзополисахаридов молочнокислыми бактериями, применяемыми в хлебопекарной промышленности, и сравнение методов их определения. *Пищевая метаянженерия*. **2024**. Т.2. №4. С.12-25. [V.V. Martirosyan, M.N. Kostyuchenko, M.V. Reynov, O.E. Tyurina, O.A. Savkina. Study of exopolysaccharide production by lactic acid bacteria used in the baking industry and comparison of methods for their determination. *Food Metaengineering*. **2024**. Vol.2. No.4. P.12-25. (Russian)] DOI: 10.37442/fme.2024.4.67
- [9] Дин Фань, Стоянова Л.Г., Нетрусов А.И. Микробиом и метабитические свойства кефирных зёрен и кефиров на их основе. *Микробиология*. **2022**. Т.91. №4. С.391-409. [F. Ding, L.G. Stoyanova, A.I. Netrusov. Microbiome and metabiotic properties of kefir grains and kefirs based on them. *Microbiology*. **2022**. Vol.91. No.4. P.391-409 (Russian).] DOI: 10.31857/S0026365622100214
- [10] Петухова Е.В., Крыницкая А.Ю. Исследование влияния сока калины на микрофлору кефирной закваски. *Бутлеровские сообщения*. **2022**. Т.71. №9. С.96-104. [E.V. Petukhova, A.Yu. Krynetskaya. Study of the effect of viburnum juice on the microflora of kefir starter culture. *Butlerov Communications*. **2022**. Vol.71. No.9. P.96-104. (Russian)] DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/22-71-9-96
- [11] Ботвинникова В.В. Формирование улучшенных потребительских свойств кисломолочных напитков с применением эффектов ультразвукового воздействия. *Дис. ... канд. техн. наук. Челябинск*. **2015**. 178с. [V.V. Botvinnikova. Improving the consumer properties of fermented milk beverages using ultrasonic treatment. *PhD Thesis in Engineering. Chelyabinsk*. **2015**. 178p. (Russian)]
- [12] Евдокимов И.А., Куликовский А.В. Применение ультразвука в пищевой промышленности. *Пищевая промышленность*. **2014**. №5. С.18-21. [I.A. Evdokimov, A.V. Kulikovskiy. Application of ultrasound in the food industry. *Food Industry*. **2014**. No.5. P.18-21. (Russian)]
- [13] B. Degeest, F. Vaningelgem, L. De Vuyst. Microbial physiology, fermentation kinetics, and process engineering of heteropolysaccharide production by lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*. **2001**. Vol.11. No.9. P.747-757. DOI: 10.1016/S0958-6946(01)00118-2
- [14] S. Kentish, H. Feng. Applications of power ultrasound in food processing. *Annual Review of Food Science and Technology*. **2014**. Vol.5. No.1. P.263-284. DOI: 10.1146/annurev-food-030212-182537
- [15] Абрамова Л.А., Сироткин А.С. Выделение бактериального экзополисахарида кефирана из кефирных грибов. В сб.: Пищевые технологии и биотехнологии: материалы XVII Всероссийской конференции молодых учёных, аспирантов и студентов с международным участием (Казань, 20-23 апреля 2021 г.). *Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет*. **2021**. [L.A. Abramova, A.S. Sirotkin. Isolation of Bacterial Exopolysaccharide Kefiran from Kefir Grains. In: Food Technologies and Biotechnology. *Proceedings of the XVII All-Russian conference of young scientists, postgraduates and students with international participation (Kazan. April 20-23. 2021)*. *Kazan: Kazan National Research Technological University*. **2021** (Russian)]
- [16] Еникеев Р.Р., Бобошко Д.Н., Зимичев А.В. Влияние условий накопления бактериальных полисахаридов при производстве кефира. *Известия вузов. Пищевая технология*. **2010**. №5-6. С.17-19. [R.R. Enikeev, D.N. Boboshko, A.V. Zimichev. Influence of conditions for bacterial polysaccharide accumulation in kefir production. *News of Institutes of Higher Education. Food Technology*. **2010**. No.5-6. P.17-19. (Russian)]
- [17] Патент РФ № 2450021 С2, МПК C08B 37/00. Способ получения кефирана. Еникеев Р.Р., Зимичев А.В., Кашаев А.Г., Пашенко Д.И. Заявитель и патентообладатель Самарский государственный технический университет. № 2010104593/13. Заявл. 09.02.2010. Опубл. 10.05.2012. Бюл. № 13. [Patent RU No. 2450021

- Полная исследовательская публикация** _____ Абрамова Л.А., Сироткин А.С., Салина А.А.
C2, IPC C08B 37/00. Method for Producing Kefiran. R.R. Enikeev, A.V. Zimichev, A.G. Kashaev, D.I. Pashchenko.
Applicant and Patent Holder: Samara State Technical University. Application No. 2010104593/13. Filed February 9, 2010. Published May 10, **2012**. Bulletin No.13. (Russian)]
- [18] Lira A. Abramova, Alexander S. Sirotkin, Albina A. Salina. The effect of ultrasonic treatment on the extraction of the polysaccharide kefiran from kefir grain biomass. *Butlerov Communications C*. **2026**. Vol.14. No.3. Id.20. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-124/ROI-jbc-C/26-14-3-20
- [19] Абрамова Л.А., Сироткин А.С., Салина А.А. Влияние ультразвуковой обработки на выделение полисахарида кефирана из биомассы кефирных зёрен. *Бутлеровские сообщения C*. **2026**. Т.14. №3. Id.20. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-124/ROI-jbc-C/26-14-3-20 (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/26-14-3-20

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-124/ROI-jbc-C/26-14-3-20

The effect of ultrasonic treatment on the extraction of the polysaccharide kefiran from kefir grain biomass

Lira A. Abramova, Alexander S. Sirotkin, Albina A. Salina*⁺

*Department of Industrial Biotechnology. Kazan National Research Technological University. K. Marx St., 68.
Kazan, 420015. Republic of Tatarstan. Russia. Phone: +7 (843) 231-43-28. E-mail: salinalbina@yandex.ru*

*Supervising author; ⁺Corresponding author

Keywords: kefiran, kefir grains, ultrasonic treatment, exopolysaccharides.

Abstract

This study investigated the extraction of kefiran from kefir grain biomass using low-frequency ultrasound. The research material was kefir grain biomass obtained from the production of fermented milk products at Kazan Dairy Plant LLC. Under laboratory conditions, the microbial consortium was maintained in pasteurized milk with a fat content of 2.5%. Kefir grains were subjected to ultrasonic treatment using a UZG2-22 ultrasonic system for 3 min at frequencies of 20 and 40 kHz.

Ultrasonic treatment was found to increase kefiran yield compared with the untreated control. The yield of kefiran released into the surrounding medium following ultrasonic treatment at 20 kHz ranged from 4.6% to 6.2%, whereas treatment at 40 kHz resulted in yields ranging from 3.1% to 5.0%, compared with 1.6–4.9% in the control samples. The mean yields across the experimental series were $3.07 \pm 1.68\%$ for the control, $5.17 \pm 0.90\%$ for treatment at 20 kHz, and $4.50 \pm 1.23\%$ for treatment at 40 kHz. The greatest relative increase in kefiran yield (2.8-fold) was observed in the experimental series with the lowest control value (1.6%).

These findings indicate that ultrasound-induced cavitation enhances kefiran release by disrupting the surface structures of kefir grains. Based on the experimental results, a modified technological process for kefiran recovery was proposed, incorporating ultrasonic pretreatment of the biomass, extraction at 95–100 °C, enzymatic hydrolysis of proteins, microfiltration, and ethanol precipitation. The proposed approach offers the potential to increase polysaccharide yield, reduce extraction time, and improve resource efficiency, making it a promising technology for implementation in dairy processing facilities.