

Maigul Mursalykova – Dr. PhD, postdoctoral fellow, Shakarim University, Republic of Kazakhstan, Semey city; e-mail: maigul_85@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5904-9544>.

Serik Tumenov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Scientific Officer of Astana Branch of LLP «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry», Republic of Kazakhstan, Astana city; e-mail: s.tumenov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3086-1533>.

Редакцияға енуі 02.06.2025
Өңдеуден кейін түсуі 12.08.2025
Жариялауға қабылданды 13.08.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4\(20\)-53](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4(20)-53)



MPHTI: 65.63.33

Е.С. Жарыкбасов¹, Ж.Х. Какимова^{*}, К.С. Жарыкбасова², А.К. Какимов¹, А.Е. Бепеева¹

¹Шәкәрім Университет,

071412, Республика Казахстан, область Абай, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

²Alikhan Bokeikhan University,

071400, Республика Казахстан, область Абай, г. Семей, ул. Мәңгілік Ел, 11

*e-mail: zhaynagul.kakimova@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОСТБИОТИКОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫХОДА ПРЕПАРАТОВ ИЗ ШТАММОВ МИКРООРГАНИЗМОВ

Аннотация: В статье представлены результаты исследования, направленные на сравнительный анализ методов выделения постбиотиков и определение выхода и антиоксидантной активности препаратов, полученных из штаммов *Lactocaseibacillus* sp., *Leuconostoc* sp. и *Saccharomyces* sp., выделенных из традиционных ферментированных продуктов (шубат, квашеная капуста и кумыс). На основании анализа литературных источников для экспериментальных исследований были выбраны три метода: термическая инактивация клеток, осаждение этанолом и ультрафильтрация, отличающиеся технологической простотой, экономичностью и способностью сохранять биологически активные компоненты. Выход постбиотиков определяли гравиметрическим методом, антиоксидантную активность – по DPPH и ABTS-тестам, микробиологическую безопасность – по отсутствию роста жизнеспособных клеток. Установлено, что термический метод обеспечивает наибольший выход сухого вещества (90-92 %), высокую антиоксидантную активность (86-89 %) и полную микробиологическую безопасность по сравнению с другими методами. Мягкий режим инактивации (70°C в течение 30 мин) позволил сохранить функциональные метаболиты без разрушения низкомолекулярных антиоксидантов и экзополисахаридов, участвующих в восстановительно-окислительных процессах. Наибольшие значения активности получены у штамма *Leuconostoc* sp., что связано с наличием экзополисахаридной матрицы, стабилизирующей активные соединения. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения термической инактивации в качестве эффективного и доступного метода выделения постбиотиков для разработки функциональных молочных продуктов и расширения биотехнологических направлений пищевой промышленности.

Ключевые слова: постбиотики, штаммы микроорганизмов, молочные продукты, методы выделения постбиотиков.

Введение

В последние годы возрастает интерес к использованию постбиотиков при разработке технологий функциональных молочных продуктов. Постбиотики, представляющие собой инактивированные клетки и их метаболиты, рассматриваются как безопасная и стабильная альтернатива пробиотикам, особенно для продуктов с длительным сроком хранения. Они сохраняют полезные свойства – укрепляют иммунную систему, улучшают пищеварение и баланс кишечной микрофлоры, а также повышают микробиологическую безопасность и срок годности молочных продуктов за счёт антимикробного действия [1-6].

Методы выделения постбиотиков существенно влияют на их состав и функциональную активность. Наиболее распространённым подходом является получение клеточно-свободного супернатанта (CFS) после ферментации и центрифугирования, что позволяет извлечь растворимые метаболиты – органические кислоты, короткоцепочечные жирные

кислоты, пептиды и бактерицины [7]. Однако при таком подходе отсутствуют структурные клеточные компоненты, также обладающие биологической активностью.

Одним из наиболее применяемых и технологически доступных является термический метод, при котором клетки микроорганизмов инактивируются нагревом при 65-121°C в течение 10-60 мин. Такой способ обеспечивает полное подавление жизнеспособности при сохранении липотейхоевых кислот, белков и экзополисахаридов, что подтверждено для штаммов *Lactocaseibacillus* и *Leuconostoc* [8, 9]. Этот метод характеризуется низкими затратами, простотой масштабирования и совместимостью с пищевыми матрицами.

Наряду с термическим методом исследуются и другие способы: ультразвуковая дезинтеграция, обеспечивающая высвобождение внутриклеточных белков и нуклеотидов [10], осаждение экзополисахаридов этанолом, позволяющее концентрировать высокомолекулярные фракции [11], а также ультрафильтрация и диализ, применяемые для фракционирования активных соединений по молекулярной массе [12, 13]. Несмотря на эффективность, данные методы требуют дополнительного оборудования и дополнительных финансовых затрат.

На основании анализа литературных источников для проведения экспериментальных исследований по выделению постбиотиков из штаммов микроорганизмов были выбраны три метода: термический, осаждение этанолом и ультрафильтрация, поскольку они сочетают технологическую простоту, экономическую доступность и возможность сохранения биологически активных соединений, что делает их наиболее воспроизводимыми и перспективными среди других методов.

Целью данного исследования является сравнительный анализ методов выделения постбиотиков и определение процента выхода постбиотиков, а также сохранности антиоксидантной активности препаратов, полученных из штаммов *Lactocaseibacillus* sp., *Leuconostoc* sp. и *Saccharomyces* sp., выделенных из традиционных ферментированных продуктов – шубата, квашеной капусты и кумыса.

Методы исследования

В качестве объектов исследования были использованы штаммы *Lactocaseibacillus* sp. (из шубата), *Leuconostoc* sp. (из квашеной капусты) и *Saccharomyces* sp. (из кумыса). Идентичность подтверждали микроскопией и стандартными культуральными признаками.

Выход сухого вещества определяли гравиметрическим методом при 105 ± 2°C до постоянной массы.

Антиоксидантную активность постбиотических образцов оценивали по методам DPPH и ABTS по снижению оптической плотности растворов стабильных радикалов при 517 нм и 734 нм соответственно.

Микробиологическую безопасность постбиотических препаратов устанавливали по отсутствию роста жизнеспособных клеток (0 CFU/мл) на питательной среде MRS-агар после 48 ч инкубации при 37°C.

Для культивирования исследуемые штаммы микроорганизмов выращивали в MRS-бульоне при 37°C, 24-48 ч, дрожжи - в YPD при 30 °C, 24-48 ч. Культуры центрифугировали при 180 об/мин в течение 10-15 мин и осадки дважды промывали 0,9 % NaCl.

Для термической инактивации для получения постбиотиков осадки повторно перемешивали в воде при pH 6,0-6,5 и нагревали при двух режимах: 70 °C в течение 30 мин и 85 °C в течение 10 мин, время отсчитывали после достижения целевой температуры в пробе. Образцы быстро охлаждали до 4°C. Отсутствие жизнеспособных клеток подтверждали посевом 0,1 мл на MRS-агар, 37 °C, 48 ч.

Для определения выхода постбиотиков навеску исходной биомассы сушили при 105 °C до постоянной массы. После термообработки осадок сушили аналогично до постоянной массы.

Процент выхода постбиотиков рассчитывали по формуле (1):

$$Y = \frac{m_{\text{терм}}}{m_{\text{исх}}} \times 100 \quad (1),$$

где:

Y – процент выхода постбиотика, %

$m_{\text{терм}}$ – масса постбиотиков после термообработки, г

$m_{\text{исх}}$ – масса исходной биомассы, г.

Антиоксидантную активность постбиотических образцов определяли по способности нейтрализовать стабильный радикал 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил (DPPH). К 1,00 мл 0,10 мМ раствора DPPH в метаноле добавляли 0,10 мл исследуемого образца, нормированного по содержанию сухого вещества. Смесь инкубировали 30 мин в термостате при температуре 25 °С, после чего измеряли оптическую плотность при длине волны 517 нм относительно контрольного раствора (метанол + DPPH без образца).

Антиоксидантную активность (%) постбиотических образцов рассчитывали по формуле (2):

$$AA = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100 \quad (2),$$

где:

A_0 – оптическая плотность контрольного раствора;

A_1 – оптическая плотность раствора после добавления образца.

Результаты исследования

На основании проведенных исследований проведено сравнительное определение выхода сухого вещества, антиоксидантной активности и микробиологической безопасности образцов постбиотических препаратов, полученных различными методами выделения. Оценка проводилась для штаммов *Lactocaseibacillus* sp., *Leuconostoc* sp. и *Saccharomyces* sp., что позволило установить влияние природы микроорганизма и способа обработки на эффективность получения постбиотика.

Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Выход сухого вещества образцов постбиотических препаратов

№	Метод выделения	<i>Lactocaseibacillus</i> sp., %	<i>Leuconostoc</i> sp., %	<i>Saccharomyces</i> sp., %
1	Термическая инактивация	92,4±2,1	90,7±2,8	91,8±2,3
2	Осаждение этанолом	74,0±2,7	71,5±3,3	74,2±3,2
3	Ультрафильтрация	69,2±2,5	67,4±2,6	68,8±3,1

Результаты исследования определения антиоксидантной активности постбиотических образцов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Антиоксидантная активность образцов постбиотических препаратов

№	Метод выделения	<i>Lactocaseibacillus</i> sp., %	<i>Leuconostoc</i> sp., %	<i>Saccharomyces</i> sp., %
1	Термическая инактивация	89,1±2,4	86,7±3,0	89,3±2,7
2	Осаждение этанолом	74,6±2,8	71,9±3,2	75,3±2,7
3	Ультрафильтрация	77,4±3,1	70,6±3,0	72,5±2,7

На следующем этапе проведены исследования по микробиологической безопасности образцов постбиотических препаратов. Установлено, что во всех образцах, подвергнутых термической инактивации, рост жизнеспособных клеток отсутствовал после 48 ч инкубации на среде MRS при 37 °С. Аналогичные результаты отмечены и при применении ультрафильтрации, в то время как в отдельных образцах после осаждения этанолом наблюдались единичные колонии (< 10 CFU/мл), что указывает на необходимость дополнительной термообработки или фильтрации для полной инактивации.

На основании проведенных экспериментальных исследований установлено, что из трёх исследованных методов (термическая инактивация, осаждение этанолом и ультрафильтрация) термический метод является наиболее эффективным и технологически обоснованным для выделения постбиотиков. Как видно из таблиц 1 и 2 термический метод обеспечивает наибольший выход сухого вещества в среднем 90-92 %, высокую антиоксидантную активность 86–89 % и полную микробиологическую безопасность независимо от штамма микроорганизма (*Lactocaseibacillus* sp., *Leuconostoc* sp., *Saccharomyces* sp.).

Для определения процента выхода постбиотиков по отношению к общей биомассе микроорганизмов при применении термического метода их выделения была проведена

термическая инаktivация штаммов микроорганизмов после культивирования при следующих режимах: 70 °С в течение 30 мин и 85 °С в течение 10 мин.

Результаты исследования процента выхода постбиотиков после термической инаktivации представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Процент выхода постбиотиков после термической инаktivации

№	Штаммы микроорганизмов	Режимы	Выход, %
1	Lactiseibacillus sp.	70 °С, 30 минут	88,0±3,0
		85 °С, 10 минут	78,0±2,0
2	Leuconostoc sp.	70 °С, 30 минут	92,0±2,0
		85 °С, 10 минут	81,0±2,0
3	Saccharomyces sp.	70 °С, 30 минут	85,0±3,0
		85 °С, 10 минут	74,0±3,0

В таблице 4 представлены результаты исследования по стабильности антиоксидантной активности постбиотиков.

Таблица 4 – Антиоксидантная активность постбиотиков после термической инаktivации

№	Штаммы микроорганизмов	Режимы	АОА, %
1	Lactiseibacillus sp.	70 °С, 30 минут	85,0±4,0
		85 °С, 10 минут	80,0±3,0
2	Leuconostoc sp.	70 °С, 30 минут	90,0±3,0
		85 °С, 10 минут	83,0±3,0
3	Saccharomyces sp.	70 °С, 30 минут	82,0±4,0
		85 °С, 10 минут	78,0±2,0

Согласно данным, представленным в таблицах 3 и 4, при применении термического метода инаktivации клеток получены количественные значения выхода постбиотических препаратов и их антиоксидантной активности для трёх исследованных штаммов микроорганизмов. Показатели отражают различия в величине выхода сухого вещества и степени сохранности активности при двух режимах обработки (70 °С × 30 мин и 85 °С × 10 мин), что позволяет оценить влияние температурных условий на формирование постбиотических продуктов. Полученные значения использованы для последующего сравнительного анализа эффективности выбранных режимов термической инаktivации.

Обсуждение научных результатов

Проведённый сравнительный анализ трёх методов выделения постбиотиков (термическая инаktivация, осаждение этанолом и ультрафильтрация) показал, что эффективность получения постбиотических препаратов зависит как от метода обработки, так и от вида микроорганизма-продуцента. Полученные данные согласуются с результатами зарубежных ученых, подтверждающих влияние физико-химических условий инаktivации на сохранность биологически активных компонентов.

Термическая инаktivация обеспечила наибольший выход постбиотиков (90-92 %) и высокую антиоксидантную активность (86-89 %), что свидетельствует о сохранении функциональных метаболитов после нагрева. Такие результаты объясняются тем, что при умеренных температурах (70 °С в течение 30 мин) происходит денатурация клеточных мембран без разрушения низкомолекулярных антиоксидантов, пептидов и экзополисахаридов, участвующих в восстановительно-окислительных реакциях. Такая же закономерность описана в трудах ученых [8], которые отметили, что при температуре выше 85 °С снижается активность антиоксидантных соединений вследствие термической деградации.

При осаждении экзополисахаридов этанолом и ультрафильтрации выход был ниже (67-75 %), что связано с частичными потерями веществ при промывке и разделении фаз. Эти методы позволяют получать более очищенные фракции, но требуют дополнительных стадий концентрирования и не всегда обеспечивают полную инаktivацию клеток. В отдельных пробах после осаждения этанолом обнаруживались единичные колонии (< 10 CFU/мл), что подтверждает необходимость дополнительной термообработки.

Сравнение режимов термической обработки показало, что более мягкий режим (70 °С в течение 30 мин) обеспечивает оптимальное соотношение выхода (85-92 %) и антиоксидантной активности (82-90 %) для всех исследованных штаммов (*Lactocaseibacillus* sp., *Leuconostoc* sp., *Saccharomyces* sp.). При повышении температуры до 85 °С наблюдалось незначительное снижение этих показателей (на 8-10 %), что указывает на чувствительность антиоксидантных компонентов к перегреву. Особенно высокие значения активности зафиксированы у штамма *Leuconostoc* sp., вероятно, благодаря наличию экзополисахаридной матрицы, защищающей метаболиты от термического разрушения.

Заключение

В результате проведённых исследований установлено, что выбор метода выделения постбиотиков существенно влияет на их выход и сохранение функциональной активности. Сравнительный анализ трёх методов (термическая инактивация, осаждение этанолом и ультрафильтрация) показал, что именно термическая обработка обеспечивает наилучшее сочетание технологической эффективности и биологической сохранности активных соединений. Применение мягкого режима инактивации (70 °С в течение 30 мин) позволило получить максимальный выход сухого вещества и высокий уровень антиоксидантной активности при полной микробиологической безопасности препаратов. Таким образом, термический метод можно рассматривать как наиболее рациональный и перспективный способ получения постбиотиков для дальнейшего использования в разработке функциональных молочных продуктов и других биотехнологических направлений пищевой промышленности.

Список литературы

1. Бегунова А.В. Оценка потенциала пропионовокислых бактерий для получения постбиотиков / А.В. Бегунова, Н.А. Жижин // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2022. – № 4. – С.102-112.
2. Рожкова И.В. Постбиотики как потенциальные компоненты кисломолочных продуктов с функциональными свойствами / И.В. Рожкова, В.А. Леонова, А.В. Бегунова // *Молочная промышленность*. – 2022. – № 3. – С.16-18.
3. Колоколова А.Ю. Изучение изменения органолептического профиля кисломолочной продукции с добавлением постбиотика / А.Ю. Колоколова, И.В. Рожкова, В.А. Леонова // *Пищевая промышленность*. – 2024. – № 6. – С. 52-55.
4. Сазанова С.Н. Получение мороженого с пробиотиками и постбиотиками *SacchromycesBoulardii* / С.Н. Сазанова, С.А. Рябцева, С.С. Аванесян // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. – 2024. – № 2-3(396). – С. 48-54.
5. Paraprobiotics and postbiotics: concepts and potential applications in dairy products / С.Р. Barros et al // *Current Opinion in Food Science*. – 2020. – Vol. 32. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.12.003>.
6. Development and properties of functional yoghurt enriched with postbiotic produced by yoghurt cultures using cheese whey and skim milk / S. Sadighbathi et al // *Frontiers*. – 2023. – Vol. 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1276268>.
7. Păcularu-Burada B. Freeze-dried biotics based on *Lactiplantibacillus plantarum* with functional properties / B. Păcularu-Burada, M.M. Stanciu, M.A. Vasile // *Food Science and Technology (LWT)*. – 2024. – № 203(12). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116339>.
8. Abitha Eswari U. Thermal methods of postbiotics preparation / U. Abitha Eswari, K. Ramesh, T. Rajasekar // In: *Postbiotics: Methods and Protocols in Food Science*. – New York: Humana Press, 2024. – 424 p.
9. Paul Beulah B.F. Preparation of postbiotics from *Bacillus* spp / B.F. Paul Beulah, T. Rajasekar // In: *Postbiotics: Methods and Protocols in Food Science*. New York: Humana Press, 2024. – 424 p.
10. The Effects of Substrates and Sonication Methods on the Antioxidant Activity of Kefir Postbiotics / G. Chávez-Alzaga et al // *Fermentation*. – 2024. – Vol. (9). <https://doi.org/10.3390/fermentation10090492>.
11. Duarte M. Current postbiotics in the cosmetic market: perspectives for food applications / M. Duarte, G. Vinderola, E. Salvucci // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2022. – Vol. 106(12). – P. 5879-5891.

12. Cimini D. Optimization of growth and postbiotic production by *Levilactobacillus brevis* SP48 / D. Cimini, G. Mezzapesa, S. Fedi // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. – 2022. – Vol. 10. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.1007004>.
13. Леонова В.А. Методы получения постбиотиков / В.А. Леонова, И.В. Рожкова // *Молочная промышленность*. – 2022. – № 4. – С. 24-25.

References

1. Begunova A.V. Otsenka potentsiala propionovokislykh bakterii dlya polucheniya postbiotikov / A.V. Begunova, N.A. Zhizhin // *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. – 2022. – № 4. – S.102-112. (In Russian).
2. Rozhkova I.V. Postbiotiki kak potentsial'nye komponenty kislomolochnykh produktov s funktsional'nymi svoistvami / I.V. Rozhkova, V.A. Leonova, A.V. Begunova // *Molochnaya promyshlennost'*. – 2022. – № 3. – S.16-18. (In Russian).
3. Kolokolova A.YU. Izuchenie izmeneniya organolepticheskogo profilya kislomolochnoi produktsii s dobavleniem postbiotika / A.YU. Kolokolova, I.V. Rozhkova, V.A. Leonova // *Pishchevaya promyshlennost'*. – 2024. – № 6. – S. 52-55. (In Russian).
4. Sazanova S.N. Poluchenie morozhenogo s probiotikami i postbiotikami *Sacchromyces Boulardii* / S.N. Sazanova, S.A. Ryabtseva, S.S. Avanesyan // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya*. – 2024. – № 2-3(396). – S. 48-54. (In Russian).
5. Paraprobiotics and postbiotics: concepts and potential applications in dairy products / C.P. Barros et al // *Current Opinion in Food Science*. – 2020. – Vol. 32. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.12.003>. (In Russian).
6. Development and properties of functional yoghurt enriched with postbiotic produced by yoghurt cultures using cheese whey and skim milk / S. Sadighbathi et al // *Frontiers*. – 2023. – Vol. 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1276268>. (In English).
7. Păcularu-Burada B. Freeze-dried biotics based on *Lactiplantibacillus plantarum* with functional properties / B. Păcularu-Burada, M.M. Stanciu, M.A. Vasile // *Food Science and Technology (LWT)*. – 2024. – № 203(12). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116339>. (In English).
8. Abitha Eswari U. Thermal methods of postbiotics preparation / U. Abitha Eswari, K. Ramesh, T. Rajasekar // In: *Postbiotics: Methods and Protocols in Food Science*. – New York: Humana Press, 2024. – 424 p. (In English).
9. Paul Beulah B.F. Preparation of postbiotics from *Bacillus* spp / B.F. Paul Beulah, T. Rajasekar // In: *Postbiotics: Methods and Protocols in Food Science*. New York: Humana Press, 2024. – 424 p. (In English).
10. The Effects of Substrates and Sonication Methods on the Antioxidant Activity of Kefir Postbiotics / G. Chávez-Alzaga et al // *Fermentation*. – 2024. – Vol. (9). <https://doi.org/10.3390/fermentation10090492>. (In English).
11. Duarte M. Current postbiotics in the cosmetic market: perspectives for food applications / M. Duarte, G. Vinderola, E. Salvucci // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2022. – Vol. 106(12). – R. 5879-5891. (In English).
12. Cimini D. Optimization of growth and postbiotic production by *Levilactobacillus brevis* SP48 / D. Cimini, G. Mezzapesa, S. Fedi // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. – 2022. – Vol. 10. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.1007004>. (In English).
13. Leonova V.A. Metody polucheniya postbiotikov / V.A. Leonova, I.V. Rozhkova // *Molochnaya promyshlennost'*. – 2022. – № 4. – S. 24-25. (In Russian).

Материалы подготовлены в рамках научного проекта грантового финансирования ИРН АР26198315 «Научно-практические аспекты разработки технологии функциональных молочных продуктов на основе БАД нового поколения».

Е.С. Жарыкбасов¹, Ж.Х. Какимова^{*}, К.С. Жарыкбасова², А.К. Какимов¹, А.Е. Бепеева¹

¹Шәкәрім Университет,

071412, Қазақстан Республикасы, Абай облысы, Семей қаласы, Глинки көшесі 20А

²Alikhan Bokeikhan University,

071400, Қазақстан Республикасы, Абай облысы, Семей қаласы, Мәңгілік Ел көшесі 11

*e-mail: zhaynagul.kakimova@mail.ru

**ПОСТБИОТИКТАРДЫҢ ОҚШАУ ӘДІСТЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ ЖӘНЕ
МИКРООРГАНИЗМДЕРДЕН ДӘРІЛЕРДІҢ ШЫҒЫНДЫСЫН АНЫҚТАУ**

Мақалада постбиотикалық оқшаулау әдістерін салыстырмалы талдауға және дәстүрлі ашытылған өнімдерден (шұбат, қырыққабат және қымыз) бөлінген *Lacticasibacillus sp.*, *Leuconostoc sp.* және *Saccharomyces sp.* штамдарынан алынған препараттардың өнімділігі мен антиоксиданттық белсенділігін анықтауға бағытталған зерттеу нәтижелері ұсынылған. Әдеби дереккөздерді талдау негізінде эксперименттік зерттеулер үшін үш әдіс таңдалды: термиялық жасушаларды инактивтеу, этанолды тұндыру және ультрафилтрация, олар технологиялық қарапайымдылықпен, үнемділікпен және биологиялық белсенді компоненттерді сақтау мүмкіндігімен сипатталады. Постбиотиктердің өнімділігі гравиметриялық, антиоксиданттық белсенділік DPPH және ABTS сынақтарымен, ал микробиологиялық қауіпсіздік өміршең жасуша өсуінің болмауымен анықталды. Термиялық әдіс басқа әдістермен салыстырғанда ең жоғары құрғақ заттардың өнімділігін (90-92%), жоғары антиоксиданттық белсенділікті (86-89%) және толық микробиологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ететіні анықталды. Жұмсақ инактивация режимі (70°C температурада 30 минут) тотығу-тотықсыздану процестеріне қатысатын төмен молекулалық салмақтағы антиоксиданттар мен экзополисахаридтерді бұзбай функционалды метаболиттерді сақтап қалды. Белсенді қосылыстарды тұрақтандыратын экзополисахарид матрицасының болуына байланысты *Leuconostoc sp.* штаммы үшін ең жоғары белсенділік мәндері алынды. Алынған нәтижелер функционалды сүт өнімдерін әзірлеу және тамақ өнеркәсібінде биотехнологиялық тәсілдерді кеңейту үшін постбиотиктерді бөліп алудың тиімді және қолжетімді әдісі ретінде термиялық инактивацияның орындылығын растайды.

Түйін сөздер: постбиотиктер, микробтық штамдар, сүт өнімдері, постбиотиктерді бөліп алу әдістері.

Y. Zharykbasov¹, Zh. Kakimova*, K. Zharykbasova², A. Kakimov¹, A. Bepeyeva¹

¹Shakarim University,

071412, Republic of Kazakhstan, Abai region, Semey city, Glinki street 20A

²Alikhan Bokeikhan University,

071400, Republic of Kazakhstan, Abai region, Semey city, Mangilik street 11

*e-mail: zhaynagul.kakimova@mail.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF ISOLATION OF POSTBIOTICS AND DETERMINATION OF THE YIELD OF DRUGS FROM MICROORGANISMS

The article presents the results of a study aimed at a comparative analysis of postbiotic isolation methods and determining the yield and antioxidant activity of preparations obtained from *Lacticasibacillus sp.*, *Leuconostoc sp.*, and *Saccharomyces sp.* strains isolated from traditional fermented products (shubat, sauerkraut, and kumiss). Based on an analysis of literary sources, three methods were selected for experimental studies: thermal cell inactivation, ethanol precipitation, and ultrafiltration, characterized by technological simplicity, cost-effectiveness, and the ability to preserve biologically active components. The yield of postbiotics was determined gravimetrically, antioxidant activity by DPPH and ABTS tests, and microbiological safety by the absence of viable cell growth. It was found that the thermal method provides the highest dry matter yield (90-92%), high antioxidant activity (86-89%), and complete microbiological safety compared to other methods. A gentle inactivation regime (70°C for 30 min) preserved functional metabolites without destroying low-molecular-weight antioxidants and exopolysaccharides involved in redox processes. The highest activity values were obtained for the *Leuconostoc sp.* strain, which is due to the presence of an exopolysaccharide matrix stabilizing the active compounds. The obtained results confirm the feasibility of thermal inactivation as an effective and affordable method for isolating postbiotics for the development of functional dairy products and the expansion of biotechnological approaches in the food industry.

Key words: postbiotics, microbial strains, dairy products, methods for isolating postbiotics.

Сведения об авторах

Ерлан Сауықович Жарықбасов – PhD, ассоциированный профессор, декан Исследовательской школы физических и химических наук; Шәкәрім Университет, г. Семей, Республика Казахстан; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9707-0539>.

Жайнагуль Хасеновна Какимова* – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Биоинженерлік жүйелер», Шәкәрім Университет, г. Семей, Республика Казахстан; e-mail: zhaynagul.kakimova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3501-3042>.

Клара Сауықовна Жарықбасова – доктор технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Прикладная биология»; Alikhan Bokeikhan University, г. Семей, Республика Казахстан; e-mail: Klara_zharykbasova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2027-3183>.

Айтбек Калиевич Какимов – доктор технических наук, профессор кафедры «Биоинженерлік жүйелер», Шәкәрім Университет, г. Семей, Республика Казахстан; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Айгерим Ергалиевна Бепеева – PhD; старший преподаватель кафедры «Биоинженерлік жүйелер», Шәкәрім Университет, г. Семей, Республика Казахстан; e-mail: bepeyeva1987@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0097-8466>.

Авторлар туралы мәліметтер

Ерлан Сауықович Жарықбасов – PhD, қауымдастырылған профессор, Физика және химия ғылымдары зерттеу мектебінің деканы, Шәкәрім Университет, Семей қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9707-0539>.

Жайнагуль Хасеновна Какимова* – техника ғылымдарының кандидаты; «Биоинженерлік жүйелер» кафедрасының қауымдастырылған профессор, Семей қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: zhaynagul.kakimova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3501-3042>.

Клара Сауықовна Жарықбасова – техника ғылымдарының докторы, «Прикладная биология» кафедрасының қауымдастырылған профессор, Alikhan Bokeikhan University, Семей қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: Klara_zharykbasova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2027-3183>.

Айтбек Калиевич Какимов – техника ғылымдарының докторы, «Биоинженерлік жүйелер» кафедрасының профессоры; Шәкәрім Университет, Семей қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Айгерим Ергалиевна Бепеева – PhD; «Биоинженерлік жүйелер» кафедрасының аға оқытушы, Шәкәрім Университет, Семей қаласы, Қазақстан Республикасы, e-mail: bepeyeva1987@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0097-8466>.

Information about the authors

Yerlan Zharykbasov – PhD, Associate Professor, Dean Research School of Physical and Chemical Sciences; Shakarim University, Semey city; Republic of Kazakhstan; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9707-0539>.

Zhaynagul Kakimova* – Candidate of Technical Sciences; Associate Professor of «Department of Bioengineering Systems», Shakarim University, Semey city, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhaynagul.kakimova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3501-3042>.

Klara Zharykbasov – Doctor of Technical Science, Associate Professor of «Applied biology», Alikhan Bokeikhan University, Semey city, Republic of Kazakhstan; e-mail: Klara_zharykbasova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2027-3183>.

Aitbek Kakimov – Doctor of Technical Science, Professor of «Department of Bioengineering Systems», Shakarim University, Semey city, Republic of Kazakhstan; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Aigerim Bepeyeva – PhD; senior lecture of «Department of Bioengineering Systems», Shakarim University, Semey city; Republic of Kazakhstan Қазақстан Республикасы; e-mail: bepeyeva1987@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0097-8466>.

Поступила в редакцию 01.11.2025
Поступила после доработки 11.11.2025
Принята к публикации 12.11.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4\(20\)-54](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4(20)-54)

IRSTI: 62.09.29; 62.09.37



A.E. Daniyarova^{1*}, K.S. Bekbayev¹, A. Toleugazykyzy², Zh. Kalibekkyzy¹, K.P. Moldakashev¹

¹Shakarim University,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

²S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University

010011, Republic of Kazakhstan, Astana, 62 Zhenis Avenue

*e-mail: ayaulim.dd@gmail.com

INHIBITORS OF LIGNOCELLULOSIC BIOMASS: MECHANISMS OF ACTION AND IMPACT ON THE EFFICIENCY OF BIOLOGICAL HYDROGEN PRODUCTION (REVIEW)

Abstract: *The work is devoted to the study of inhibitory factors limiting the yield of biohydrogen during the processing of lignocellulosic biomass (LCB). In this context, dark fermentation is considered one of the most promising biological methods for producing hydrogen, since it does not require an external energy source, is compatible with modern reactor technologies and allows the use of a wide range of substrates. The main barrier to its industrial application remains the accumulation of toxic compounds formed during the pre-*