

Полная исследовательская публикация Тематический раздел: Биотехнологические исследования.
Утверждённая научная специальность ВАК: 1.4.16. Медицинская химия; 1.5.4. Биохимия; 1.5.6. Биотехнология
Идентификатор ссылки на объект – ROI: jbc-01/26-85-3-94
Цифровой идентификатор объекта – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-94
УДК 602; 604.2; 606. Поступила в редакцию 13 февраля 2026 г.

Культивирование ацидофильных лактобацилл в биореакторах различных типов в условиях космического полета

© Савин*⁺ Илья Игоревич, Кобатов Алексей Иванович, Виноходов Дмитрий Олегович
Кафедра молекулярной биотехнологии. Санкт-Петербургский государственный
технологический институт (технический университет). Московский пр-т,
24-26/49 литера А. г. Санкт-Петербург, 190013. Россия. E-mail: 36545@mail.ru

*Ведущий направление; ⁺Поддерживающий переписку

Ключевые слова: биотехнология, технические науки, культивирование ацидофильных лактобактерий на борту МКС, *Lactobacillus acidophilus*, биореактор, функциональный профилактический пробиотический продукт, условия космического полета.

Аннотация

Представленное исследование посвящено разработке технологии культивирования ацидофильных лактобактерий в биореакторах различных типов в условиях космического полета для последующего получения функционального профилактического пробиотического продукта (ФППП) непосредственно на борту пилотируемого космического корабля для минимизации негативного воздействия факторов космического полета на организм человека.

Целью исследования явилось изучение основы для последующей разработки технологии получения ФППП в условиях микрогравитации. Исследования включали комплекс стандартных методов микробиологической оценки полученных образцов, включая определение микробиологической активности, кислотности, органолептических показателей и времени инактивации. Особое внимание уделялось сравнению полученных результатов с земными (контрольными) образцами.

В качестве объекта исследования был выбран симбиотический комплекс двух лактобактерий *Lactobacillus acidophilus*. Культивирование лактобактерий проводили в условиях космического полета на борту Международной космической станции (МКС) в экспедициях МКС – 15, 17, 18, 19, 29, 31, 33, 35, 36.

Полученные результаты демонстрируют успешность реализации поставленных целей. ФППП показал высокую биологическую активность, стабильность свойств и приятные органолептические показатели. Установлено, что конструкции используемых биореакторов могут быть существенно упрощены за счет исключения перемешивающего устройства, что позволит снизить вес используемого оборудования, а также уменьшить количество технологических операций.

Установлено, что малостадийная технология получения ФППП на борту МКС из сухих компонентов является перспективной, что открывает новые возможности для обеспечения космонавтов свежими пробиотическими продуктами непосредственно на борту пилотируемого космического корабля. Исследование вносит существенный вклад в развитие биотехнологических методов поддержания здоровья космонавтов в длительных экспедициях.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Савин И.И., Кобатов А.И., Виноходов Д.О. Культивирование ацидофильных лактобацилл в биореакторах различных типов в условиях космического полета. *Бутлеровские сообщения*. 2026. Т.85. №3. С.94-100. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-94

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Савин И.И., Кобатов А.И., Виноходов Д.О. Культивирование ацидофильных лактобацилл в биореакторах различных типов в условиях космического полета. *Бутлеровские сообщения* С. 2026. Т.12. №1. Id.17. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-94/ROI-jbc-RC/26-12-1-17

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

Ilya I. Savin, Alexey I. Kobatov, Dmitry O. Vinokhodov. Cultivation of acidophilic lactobacilli in bioreactors of various types under space flight conditions. *Butlerov Communications* С. 2026. Vol.12. No.1. Id.17. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-94/ROI-jbc-C/26-12-1-17

Литература

- [1] G.L. Douglas, A.A. Voorhies. Evidence based selection of probiotic strains to promote astronaut health or alleviate symptoms of illness on long duration spaceflight missions. *Benef Microbes*. **2017**. №8(5). P.727-737. DOI: 10.3920/BM2017.0027.
- [2] F.S. Arora, S. Puri, N. Bhambri. A designer diet layout for astronauts using a microbiome mediated approach. *FEMS Microbiology Letters*. **2022**. Vol.369. Iss.1. DOI: 10.1093/femsle/fnac049.
- [3] S. Eltin, J. Rose, L. Bielski, *et al.* The human microbiome in space: parallels between Earth-based dysbiosis, implications for long-duration spaceflight, and possible mitigation strategies. *ASM Journals. Clinical Microbiology Reviews*. **2024**. Vol.37. No.3. DOI: 10.1128/cmr.00163-22
- [4] J. Hicks, M. Olson, C. Mitchell, *et al.* The Impact of Microgravity on Immunological States. *Immunohorizons*. **2023**. No.7(10). P.670-682. DOI: 10.4049/immunohorizons.2200063.
- [5] Afsharian Z., Salatifar M., Darini K.K. Impact of simulated microgravity on bioremoval of heavy-metals by *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 from water. *Heliyon*. **2022**. №8(12). DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e12307
- [6] Ильин В.К., Воложин А.И., Виха Г.В. Колонизационная резистентность организма в измененных условиях обитания. *Москва: Наука*. **2005**. 275с. [V.K. Ilyin, A.I. Volozhin, G.V. Vikha. Colonization resistance of an organism in altered habitat conditions. *Moscow: Nauka*. **2005**. 275p. (Russian)]
- [7] N.D. Novikova. Review of the knowledge of microbial contamination of the russian manned spacecraft. *Microbial Ecology*. **2004**. Vol.47. Iss.2. P.127-132. DOI: 10.1007/s00248-003-1055-2
- [8] Ардатская М.Д. Пробиотики и метабиотики в клинической практике. *Москва: ГЭОТАР-Медиа*. **2024**. 264с. [M.D. Ardatskaya. Probiotics and metabiotics in clinical practice. *Moscow: GEOTAR-Media*. **2024**. 264p. (Russian)]
- [9] Глушакова Н.А., Шендеров Б.А. Взаимоотношение пробиотических и индигенных лактобацилл хозяина в условиях совместного культивирования *in vitro*. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии*. **2005**. №2. С.56-61. [N.A. Glushakova, B.A. Shenderov. Relationship between probiotic and indigenous host lactobacilli under conditions of co-cultivation *in vitro*. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunology*. **2005**. No.2. P.56-61. (Russian)]
- [10] D. Shao, L. Yao, M.S. Riaz, *et al.* Simulated microgravity affects some biological characteristics of *Lactobacillus acidophilus*. *Appl Microbiol Biotechnol*. **2017**. №101(8). P. 3439-3449. DOI: 10.1007/s00253-016-8059-6.
- [11] G. Senatore, F. Mastroleo, N. Leys, *et al.* Growth of *Lactobacillus reuteri* DSM17938 under two simulated microgravity systems: changes in reuterin production, gastrointestinal passage resistance, and stress genes expression response. *Astrobiology*. **2020**. No.20(1). P.1-14. DOI: 10.1089/ast.2019.2082
- [12] G. Senatore, F. Mastroleo, N. Leys, *et al.* Effect of microgravity & space radiation on microbes. *Future Microbiol*. **2018**. No.13. P.831-847. DOI: 10.2217/fmb-2017-0251
- [13] B. Huang, Y. Huang, C-T. Li. Effects of spaceflight and simulated microgravity on microbial growth and secondary metabolism. *Mil. Med. Res*. **2018**. No.5(1). DOI: 10.1186/s40779-018-0162-9
- [14] Кобатов А.И., Добролеж О.В., Вербицкая Н.Б., Петров Л.Н., Добрица В.П. Сухой пробиотически активный биопрепарат и способ получения кисломолочного напитка на его основе. *Патент РФ №2425576*. М. кл. А23С9/123, А61К35/74. 10.08.2011 г. [A.I. Kobatov, O.V. Dobrolezh, N.B. Verbitskaya, L.N. Petrov, V.P. Dobritsa. Dry probiotically active biopreparation and method for producing a fermented milk drink based on it. *Patent RU*. No.2425576. IPC A23C9/123, A61K35/74. 10.08.2011. (Russian)]
- [15] Попова Е.В., Кутник И.В., Кобатов А.И., Вербицкая Н.Б., Чурилова И.В., Леонова Н.В. Пробиотики на борту Международной Космической Станции: от космического эксперимента к изготовлению бортовых продуктов. *Пилотируемые полеты в космос*. **2020**. №1(34). С.104-119. [E.V. Popova, I.V. Kutnik, A.I. Kobatov, N.B. Verbitskaya, I.V. Churilova, N.V. Leonova. Probiotics onboard the International Space Station: From a space experiment to the manufacturing of onboard products. *Manned Spaceflights*. **2020**. No.1(34). P.104-119. (Russian)]
- [16] Pya I. Savin, Alexey I. Kobatov, Dmitry O. Vinokhodov. Cultivation of acidophilic lactobacilli in bioreactors of various types under space flight conditions. *Butlerov Communications C*. **2026**. Vol.12. No.1. Id.17. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-94/ROI-jbc-C/26-12-1-17
- [17] Савин И.И., Кобатов А.И., Виноходов Д.О. Культивирование ацидофильных лактобацилл в биореакторах различных типов в условиях космического полета. *Бутлеровские сообщения C*. **2026**. Т.12. №1. Id.17. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-94/ROI-jbc-RC/26-12-1-17

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/26-12-1-17

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-94/ROI-jbc-C/26-12-1-17

Cultivation of acidophilic lactobacilli in bioreactors of various types under space flight conditions

Илья И. Савин, Алексей И. Кобатов, Дмитрий О. Виноходов

Department of Molecular Biotechnology. Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University). Moscow Ave., 24-26/49, Building A. Saint Petersburg, 190013. Russia. E-mail: 36545@mail.ru

*Supervising author; *Corresponding author

Keywords: biotechnology, technical sciences, cultivation of acidophilic lactobacilli on board the ISS, *Lactobacillus acidophilus*, bioreactor, functional preventive probiotic product, conditions of space flight.

Abstract

This study focuses on the development of a technology for cultivating acidophilic lactobacilli in various types of bioreactors under spaceflight conditions for the subsequent production of a functional prophylactic probiotic product (FPPP) directly onboard a manned spacecraft to minimize the negative impact of spaceflight factors on the human body.

The aim of the study was to establish the basis for the subsequent development of a technology for producing FPPP under microgravity conditions.

The study included a set of standard methods for microbiological evaluation of the obtained samples, including determination of microbiological activity, acidity, organoleptic properties, and inactivation time. Particular attention was paid to comparing the obtained results with terrestrial (control) samples.

A symbiotic complex of two lactobacilli, *Lactobacillus acidophilus*, was chosen as the object of study.

Lactobacilli were cultivated under spaceflight conditions aboard the International Space Station (ISS) during ISS Expeditions 15, 17, 18, 19, 29, 31, 33, 35, and 36.

The results demonstrate the successful achievement of the stated objectives. FPPP demonstrated high biological activity, stable properties, and pleasant organoleptic properties. It was established that the design of the bioreactors used can be significantly simplified by eliminating the mixing device, which will reduce the weight of the equipment used and also reduce the number of process steps.

It was established that the low-step technology for producing FPPP from dry components aboard the ISS is promising, opening up new possibilities for providing astronauts with fresh probiotic products directly on board manned spacecraft. This study makes a significant contribution to the development of biotechnological methods for maintaining the health of astronauts on long-term expeditions.