

Полная исследовательская публикация Тематический раздел: Биотехнологические исследования.
Утверждённая научная специальность ВАК: 1.4.16. Медицинская химия; 1.5.6. Биотехнология
Дополнительная научная специальность ВАК: 2.7.1. Биотехнологии пищевых продуктов, лекарственных
и биологически активных веществ
Идентификатор ссылки на объект – ROI: jbc-01/26-86-4-98
Цифровой идентификатор объекта – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-4-98
УДК 577.119. Поступила в редакцию 27 марта 2026 г.

Исследование функционально-технологических свойств экзополисахаридов молочнокислых бактерий

© Шапошникова Мария Станиславовна, Красноштанова*⁺ Алла Альбертовна
Кафедра биотехнологии. Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева.
Миусская пл., 9. г. Москва, 125047. Россия. Тел.: +7 (495) 495-23-79. E-mail: aak28@yandex.ru

*Ведущий направление; ⁺Поддерживающий переписку

Ключевые слова: экзополисахариды, молочнокислые закваски, функционально-технологические свойства, гидрогели, антиоксидантные свойства, антимикробная активность.

Аннотация

В настоящее время возрастает интерес к использованию бактериальных экзополисахаридов (ЭПС) во многих отраслях: пищевой, косметической промышленности, фармацевтике и медицине. Статья посвящена исследованию свойств экзополисахаридов йогуртовой закваски, включающей штаммы *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*. Исследованы функционально-технологические свойства ЭПС, полученного из йогуртовой закваски молочнокислых бактерий. Установлено, что образец ЭПС не обладает пенообразующей способностью, но обладает эмульгирующей способностью, что позволяет использовать его в пищевой, косметической и фармацевтической отраслях промышленности. ЭПС йогуртовой закваски обладают антимикробной активностью в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий при отсутствии фунгицидной активности. Данный факт, а также установленное наличие антиоксидантной активности позволяет рекомендовать исследуемый образец ЭПС к применению в пищевой промышленности в качестве стабилизатора, способного препятствовать развитию посторонней бактериальной микрофлоры, а также в медицине в качестве антибактериального препарата. Образец ЭПС йогуртовой закваски способен к образованию гелей. Показано, что для повышения степени набухания целесообразно получать композиты из хитозана или яичного альбумина и ЭПС в массовом соотношении 1:5. При этом композит хитозан:ЭПС в вышеуказанном соотношении имеет максимальную степень набухания равную 53%. Мукоадгезивная способность полученных гелей превышает пороговый уровень в 50 мг/см². Установлено, что сорбционная способность образца ЭПС по отношению к катионам трехвалентного железа составляет 0.125 мг/мг, что позволяет рекомендовать данный ЭПС в качестве БАД для доставки катионов макро- и микроэлементов в организм человека.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Шапошникова М.С., Красноштанова А.А. Исследование функционально-технологических свойств экзополисахаридов молочнокислых бактерий. *Бутлеровские сообщения*. 2026. Т.86. №4. С.98-106. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-4-98

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Шапошникова М.С., Красноштанова А.А. Исследование функционально-технологических свойств экзополисахаридов молочнокислых бактерий. *Бутлеровские сообщения* С. 2026. Т.13. №2. Id.3. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-4-98/ROI-jbc-C/26-13-2-3 (Russian)

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

Maria S. Shaposhnikova, Alla A. Krasnoshtanova. Study of functional and technological properties of exopolysaccharides of lactic acid bacteria. *Butlerov Communications* С. 2026. Vol.13. No.2. Id.3. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-4-98/ROI-jbc-C/26-13-2-3

Литература

- [1] Osama H. El Sayed, Abd El Kader M. El-Sayed, Hassan M. Salem, Manal G. Mahmoud, Mohsen S. Asker, Saher S. Mohamed. Isolation, characterization and biological activities of exopolysaccharide produced by *Bacillus marinus*. *Der Pharma Chem.* 2015. Vol.7. P.200-208. DOI: 10.1016/J.CARBPOL.2010.12.061
- [2] S. Wu, G. Liu, W. Jin, P. Xiu, C. Sun. Antibiofilm and anti-infection of a marine bacterial exopolysaccharide against *Pseudomonas aeruginosa*. *Front Microbiol.* 2016. Vol.7 P.102-117. DOI: 10.3389/fmicb.2016.00102

- [3] A.K. El Essawy, H. M. Abu Shady, A.M. Abu El Kher, M.M. Helal. Antimicrobial, anticoagulation, fibrinolytic and prebiotic activities of exopolysaccharide produced by marine *Klebsiella sp.* *The Egyptian Journal of Experimental Biology*. **2017**. Vol.12(2). P.267-274. DOI: 10.5455/EGYJEBB.20161115114843
- [4] R. Cao, W. Jin, Y. Shan, J. Wang, G. Liu, S. Kuang, C. Sun. Marine bacterial polysaccharide EPS11 inhibits cancer cell growth via blocking cell adhesion and stimulating anoikis. *Mar Drugs*. **2018**. Vol.16(3). P.85-103. DOI: 10.3390/md16030085
- [5] Макарова А.О., Зуева О.С., Богданова Л.Р., Сальников В.В., Зуев Ю.Ф. Биотехнология использования полисахаридных гидрогелей для доставки витаминов и диагностических маркеров. *Бутлеровские сообщения*. **2021**. Т.68. №10. С.147-155. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/21-68-10-147 [Anastasia O. Makarova, Olga S. Zueva, Lilia R. Bogdanova, Vadim V. Salnikov, Yury F. Zuev. Biotechnological approaches in polysaccharide hydrogels application for delivery of vitamins and diagnostic markers. *Butlerov Communications C*. **2021**. Vol.2. No.4. Id.17. DOI: 10.37952/ROI-jbc-C/21-2-4-17]
- [6] P. Priyanka, A.B. Arun, P. Ashwini, P.D. Rekha. Versatile properties of an exopolysaccharide R-PS18 produced by *Rhizobium sp.* PRIM-18. *Carbohydrate Polymers*. **2015**. Vol.126. P.215-221. DOI: 10.1016/j.carbpol.2015.03.017
- [7] U. Pachekrepapol, J.A. Lucey, Y. Gong, R. Naran, P. Azadi. Characterization of the chemical structures and physical properties of exopolysaccharides produced by various *Streptococcus thermophilus* strains. *Journal of Dairy Science*. **2017**. Vol.100(5). P.3424-3435. DOI: 10.3168/jds.2016-12125.
- [8] Исламов Б.Р., Горшков В.Ю. Экзополисахариды пектобактерий: структура и свойства. *Сборник трудов конференции молодых ученых «Молодежь и инновации Татарстана»*. **2020**. С.37. [B.R. Islamov, V.Yu. Gorshkov. Exopolysaccharides of pectobacteria: structure and properties. *Collection of Proceedings of the Conference of Young Scientists "Youth and Innovations of Tatarstan"*. **2020**. P.37. (Russian)]
- [9] Коннова С.А., Ибрахим М.И., Сигида Е.Н., Кокоулин М.С., Федоненко Ю.П. Полисахаридпродуцирующий экстремофильный представитель архей *Haloterrigena sp.* Eg3q157 как перспективный микроорганизм для биотехнологии. *Материалы VI Всероссийской конференции «Фундаментальная гликобиология»*. **2023**. С.107. [S.A. Konnova, M.I. Ibrahim, E.N. Sigida, M.S. Kokoulin, Yu.P. Fedonenko. Polysaccharide-producing extremophilic representative of archaea *Haloterrigena sp.* Eg3q157 as a promising microorganism for biotechnology. *Proceedings of the VI All-Russian Conference "Fundamental Glycobiology"*. **2023**. P.107. (Russian)]
- [10] Нагызбеккызы Э., Молдагулова Н.Б., Сембаева Д.Ж., Сембаев К.Д., Молдагулова Э.Б., Дуамбеков М.С. Подбор оптимальных параметров культивирования штаммов молочнокислых бактерий, перспективных в качестве стартерных культур при разработке закваски прямого внесения. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. **2019**. №7. С.14-18. [E. Nagyzbekkyzy, N.B. Moldagulova, D.Zh. Sembayeva, K.D. Sembayev, E.B. Moldagulova, M.S. Duambekov. Selection of optimal parameters for culturing lactic acid bacteria strains that are promising as starter cultures in the development of direct inoculation starter cultures. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. **2019**. No.7. P.14-18. (Russian)]
- [11] Федоненко Ю.П., Гринёв В.С., Сигида Е.Н., Трегуובה К.В., Егоренкова И.В. Оптимизация продукции экстраклеточных полисахаридов *Paenibacillus polymyxa* и перспективы их биотехнологического использования. *Материалы V Всероссийской конференции «Фундаментальная гликобиология»*. **2021**. С.72-72. [Yu.P. Fedonenko, V.S. Grinev, E.N. Sigida, K.V. Tregubova, I.V. Egorenkova. Optimization of production of extracellular polysaccharides by *Paenibacillus polymyxa* and prospects for their biotechnological use. *Proceedings of the V All-Russian Conference "Fundamental Glycobiology"*. **2021**. P.72. (Russian)]
- [12] Самсонов Ф.А. Изучение металлосвязывающей способности альгината натрия. *Литьё и металлургия*. **2015**. №1(78). С.77-79. [F.A. Samsonov. Study of metal-binding capacity of sodium alginate. *Casting and Metallurgy*. **2015**. No.1(78). P.77-79. (Russian)]
- [13] Курочкина А.С., Красноштанова А.А. Исследование сорбционной способности растворимых форм дрожжевого бета-глюкана. *Бутлеровские сообщения*. **2020**. Т.63. №9. С.43-50. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/20-63-9-43 [Anna S. Kurochkina, Alla A. Krasnoshtanova. Study of the sorption capacity of soluble forms of yeast beta-glucan. *Butlerov Communications*. **2020**. Vol.63. No.9. P.43-50. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/20-63-9-43 (Russian)]
- [14] Смирнова Т.А., Диденко Л.В., Азизбекян Р.Р., Романова Ю.М. Структурно-функциональная характеристика бактериальных биопленок. *Микробиология*. **2010**. Т.79(4). С.435-446. DOI: 10.1134/S002626171004003X [Smirnova T.A., Didenko L.V., Azizbekyan R.R., Romanova Yu.M. Structural and functional characteristics of bacterial biofilms. *Microbiology*. **2010**. Vol.79(4). P.435-446. DOI: 10.1134/S002626171004003X (Russian)]
- [15] F. Brian-Jaisson, M. Molmeret, A. Fahs, L. Guentas-Dombrowsky, G. Culioli, Y. Blache, S. Cérantola, A. Ortalo-Magné. Characterization and anti-biofilm activity of extracellular polymeric substances produced by the marine biofilm-forming bacterium *Pseudoalteromonas ulvae* strain TC14. *Biofouling*. **2016**. Vol.32(5). P.547-560. DOI: 10.1080/08927014.2016

- [16] Судобин Н.Г., Москвин А.В., Савельев Ю.С., Кагаян Я.М., Краснопевцева Н.В., Полищук А.М., Кудряшов Б.М., Власов С.А. Композиция для регулирования разработки нефтяных месторождений. *Патент РФ № 2240424*. опублик. 20.11.2004. [N.G. Sudobin, A.V. Moskvina, Yu.S. Savelyev, Ya.M. Kagayan, N.V. Krasnopevtseva, A.M. Polishchuk, B.M. Kudryashov, S.A. Vlasov. Composition for regulating the development of oil fields. *Patent Ru No. 2240424*. publ. 11/20/2004. (Russian)]
- [17] Урядова Г.Т., Фокина Н.А., Карпунина Л.В. Изучение антимикробных свойств экзополисахарида *Streptococcus thermophilus*. *Материалы научно-практической конференции «Актуальные проблемы ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий»*. 2008. №4. С.157. [G.T. Uryadova, N.A. Fokina, L.V. Karpunina. Study of antimicrobial properties of *Streptococcus thermophilus* exopolysaccharide. *Proceedings of the scientific and practical conference "Actual problems of veterinary medicine, food and biotechnology"*. 2008. No.4. P.157. (Russian)]
- [18] L.G. Phillips, Z. Haque, J.E. Kinsella. A method for the measurement of foam formation and stability. *Journal of Food Science*. 1987. Vol.52. No.4. P.1074-1077.
- [19] Кусакина М.Г., Суворов В.И., Чудинова Л.А. Большой практикум «Биохимия». Лабораторные работы: учеб. Пособие. *Перм. Гос. Нац. Исслед. Ун.* 2012. 147с. [Kusakina M.G., Suvorov V.I., Chudinova L.A. Large practical course "Biochemistry". Laboratory works: textbook. Manual. *Perm State National Research University*. 2012. 147p. (Russian)]
- [20] Сысоева Е.В., Прозорова И.Ш., Сысоева М.А., Парикова Ю.С. Метаболиты, синтезируемые *Rucnoporellus fulgens* KS12 при погруженном культивировании. *Бутлеровские сообщения*. 2024. Т.80. №12. С.175-184. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/24-80-12-175 [Elena V. Sysoeva, Ilyuzha Sh. Prozorova, Maria A. Sysoeva, Yulia S. Parikova. Metabolites synthesized by the *Rucnoporellus fulgens* KS12 during submerged cultivation. *Butlerov Communications C*. 2024. Vol.9. No.4. Id.29. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/24-80-12-175/ROI-jbc-C/24-9-4-29]
- [21] Адамович Т.Г., Гаврилова И.А., Кирильчик Е.Ю. Методы изучения антимикробной активности антибиотиков и антисептиков *in vitro*. *Современные технологии в медицинском образовании: материалы междунар. науч.-практ. конф.* 2021. С.1-5. [T.G. Adamovich, I.A. Gavrilova, E.Yu. Kirilchik. Methods for studying the antimicrobial activity of antibiotics and antiseptics *in vitro*. *Modern Technologies in Medical Education: Materials of the International Scientific and Practical Conference*. 2021. P.1-5. (Russian)]
- [22] Лияськина Е.В., Ревин В.В., Назаркина М.И., Богатырева А.О., Щанкин М.В. Биотехнология бактериальных экзополисахаридов. *Актуальная биотехнология*. 2015. №3. С.31а-32. [E.V. Liyaskina, V.V. Revin, M.I. Nazarkina, A.O. Bogatyreva, M.V. Shchankin. Biotechnology of bacterial exopolysaccharides. *Actual Biotechnology*. 2015. No.3. P.31a-32. (Russian)]
- [23] Курбонова М.К. Состояние проблемы по исследованию экзополисахаридов бактерий рода *Lactobacillus*. *Сборник трудов X Конгресса молодых ученых*. 2021. Т.2. С.111-113. [M.K. Kurbonova. "State of the art in the study of exopolysaccharides in *Lactobacillus* Bacteria. *Proceedings of the 10th Congress of Young Scientists*. 2021. Vol.2. P.111-113. (Russian)]
- [24] Maria S. Shaposhnikova, Alla A. Krasnoshtanova. Study of functional and technological properties of exopolysaccharides of lactic acid bacteria. *Butlerov Communications C*. 2026. Vol.13. No.2. Id.3. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-4-98/ROI-jbc-C/26-13-2-3
- [25] Шапошникова М.С., Красноштанова А.А. Исследование функционально-технологических свойств экзополисахаридов молочнокислых бактерий. *Бутлеровские сообщения C*. 2026. Т.13. №2. Id.3. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-4-98/ROI-jbc-C/26-13-2-3 (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/26-13-2-3

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-4-98/ROI-jbc-C/26-12-2-3

Study of functional and technological properties of exopolysaccharides of lactic acid bacteria

Maria S. Shaposhnikova, Alla A. Krasnoshtanova*⁺

*Department of Biotechnology. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia. Miusskaya Pl., 9.
Moscow, 125047. Russia. Phone: +7 (495) 495-23-79. E-mail: aak28@yandex.ru*

*Supervising author; ⁺Corresponding author

Keywords: exopolysaccharides, lactic acid starters, functional and technological properties, hydrogels, antioxidant properties, antimicrobial activity.

Abstract

Currently, there is growing interest in the use of bacterial exopolysaccharides (EPS) in many industries: food industry, cosmetics industry, pharmaceuticals and medicine. The article is devoted to the study of the properties of exopolysaccharides of yogurt starter culture, including strains of *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*. The functional and technological properties of EPS obtained from yogurt starter culture of lactic acid bacteria were studied. It was established that the EPS sample does not have foaming ability, but has emulsifying ability, which allows it to be used in the food, cosmetic and pharmaceutical industries. Yogurt starter EPS have antimicrobial activity against gram-positive and gram-negative bacteria in the absence of fungicidal activity. This fact, as well as the established presence of antioxidant activity, allows us to recommend the studied EPS sample for use in the food industry as a stabilizer capable of preventing the development of foreign bacterial microflora, as well as in medicine as an antibacterial drug. A sample of EPS yogurt starter is capable of forming gels. It has been shown that to increase the degree of swelling, it is advisable to obtain composites from chitosan or egg albumin and EPS in a mass ratio of 1:5. Moreover, the chitosan:EPS composite in the above ratio has a maximum swelling capacity of 53%. The mucoadhesive capacity of the resulting gels exceeds the threshold level of 50 mg/cm². The sorption capacity of the EPS sample for ferric iron cations was found to be 0.125 mg/mg, allowing this EPS to be recommended as a dietary supplement for delivering macro- and microelement cations to the human body.