

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 59.084; 608
<https://agroconf.sgau.ru>

**Получение и свойства пленочных покрытий, созданных на основе
экзополисахаридов молочнокислых бактерий**

**Галина Тимофеевна Урядова, Надежда Александровна Фокина,
Лидия Владимировна Карпунина**

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г.
Саратов, Россия.
e-mail: karpuninal@mail.ru

Аннотация. Созданы пленочные покрытия на основе экзополисахаридов *Lactococcus lactis* В-1662 и *Streptococcus thermophilus*. Изучены их некоторые физические свойства.

Ключевые слова: молочнокислые бактерии, *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, экзополисахариды, пленочные покрытия, животные, крысы, ожог.

Для цитирования: Урядова Г.Т., Фокина Н.А., Карпунина Л.В. Получение и свойства пленочных покрытий, созданных на основе экзополисахаридов молочнокислых бактерий // Аграрные конференции. 2021. № 30(6). С. 15-20. <http://agroconf.sgau.ru>

NATURAL SCIENCES

Original article

**Biotechnological aspects of creating film coatings based on exopolysaccharides
of lactic acid bacteria**

Galina T. Uryadova, Nadezhda A. Fokina, Lidia V. Karpunina

Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia
karpuninal@mail.ru

Abstract. The physical properties of film coatings based on *Lactococcus lactis* В-1662 and *Streptococcus thermophilus* exopolysaccharides have been created and studied. The prospects for the use of film coatings in the healing of burn wounds in rats are shown.

Keywords: lactic acid bacteria, *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, exopolysaccharides, film coatings, animals, rats, burns.

For citation: Uryadova G.T., Fokina N.A., Karpunina L.V. Biotechnological aspects of creating film coatings based on exopolysaccharides of lactic acid bacteria. Agrarnye konferentsii = Agrarian Conferences, 2021;(30(6)): 15-20 (In Russ.).<http://agroconf.sgau.ru>

Введение. Известно, что некоторые полисахариды микробного происхождения, такие как ксантан, геллановая камедь, хитозан, применяют для создания пленочных покрытий, которые находят применение в пищевой и перерабатывающей промышленности для сохранения овощей, фруктов, мяса, хлебобулочных изделий, в сельском хозяйстве и т.д. [1 – 4]. В литературе встречаются немногочисленные работы об использовании экзополисахаридов (ЭПС) при создании раневых покрытий, однако они касаются, в основном, ЭПС грибов [5, 6], водорослей [7]. Имеются публикации и о пленочных покрытиях, созданных на основе ЭПС молочнокислых бактерий – *Lactobacillus delbrueckii*, обладающие антимикробными и ранозаживляющими свойствами [8, 9]. Сведений о создании пленочных покрытий с использованием ЭПС молочнокислых кокков в доступной литературе не обнаружено. В связи с этим получение и изучение пленочных покрытий на основе ЭПС *Lactococcus lactis* B-1662 и *Streptococcus thermophilus* является интересным и актуальным.

Методика исследований. Объектом исследований являлись ЭПС молочнокислых бактерий *L. lactis* B-1662 и *S. thermophilus*, полученные нами ранее [10, 11]. Создание пленочных покрытий на основе ЭПС молочнокислых бактерий проводили по методам [2, 12] в нашей модификации.

Определение показателей прочности и растяжимости пленочных покрытий проводили на приборе «СТЗ 4500 Brookfield», США. Толщину пленочных покрытий определяли толщинометром Roadweller RW-TM-05, Китай. Динамическую вязкость растворов пленочных покрытий определяли с помощью ротационного вискозиметра Themo Haake Viskoteter R-7 (Нидерланды) с ротором R5 и скоростью вращения от 60 – 100 мин⁻¹.

Результаты исследований. Для создания пленочных покрытий в качестве основы использовали водный раствор ЭПС (0,06 г/л) *L. lactis* B-1662 или *S. thermophilus*, в качестве структурообразователя – карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ) (15 г/л) («Fluka», Швейцария). Полученные растворы ЭПС и КМЦ объединяли и перемешивали до полного растворения образовавшихся сгустков. Смесь помещали в термостат на 2-3 минуты при температуре 38°C, затем добавляли пластификатор (глицерин) и получившуюся смесь распределяли на подложке из стекла. Формирование пленочных покрытий происходило в течение 20 – 24 ч при комнатной температуре (18 – 25 °C). Нами было рассмотрено несколько вариантов состава пленочных покрытий с различным соотношением ЭПС и КМЦ (1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 2:1, 3:1, 4:1 соответственно) и 0,5 частью глицерина. Только при соотношении 1:1:0,5 получали однородный, прозрачный, студнеобразный гель, который, застывая, образовывал прозрачную пленку, легко отделяющуюся от стекла.

Важными показателями качества любого пленочного покрытия являются прочность, растяжимость, толщина, вязкость. Испытания по определению этих показателей пленочных покрытий проводили при температуре воздуха 22°C и относительной влажности воздуха 65%.

Было установлено, что, созданные нами, пленочные покрытия обладают примерно такими же прочностными характеристиками, что и применяемая в пищевой промышленности полиэтиленовая пленка [13]. Однако, нами было показано (см. таблицу), что пленочные покрытия, созданные на основе ЭПС *L. lactis* В-1662, *S.thermophilus*, по показателям растяжимости превосходили пищевую полиэтиленовую пленку и пленку, созданную на основании бактериальных ЭПС для пищевых продуктов [3].

Определение толщины пленочных покрытий показало, что пленочные покрытия, изготовленные на основе ЭПС молочнокислых бактерий *L. lactis* В-1662 и *S.thermophilus*, были толще, чем пищевая полиэтиленовая пленка и пленка на основе бактериальных ЭПС для пищевых продуктов.

Результаты растяжимости, прочности, толщины образцов

Образцы	Прочность	Растяжимость	Толщина
Пленочное покрытие ЭПС <i>L. lactis</i> В-1662	21,130 МПа	34,870 мм	1,700 мм
Пленочное покрытие <i>S. thermophilus</i>	21,080 МПа	33,950 мм	1,700 мм
Пищевая полиэтиленовая пленка фирмы «Золушка», Россия	22,010 МПа	21,850 мм	0,040 мм
Пищевая полиэтиленовая пленка (ГОСТ)	12,700 – 23,400 МПа	10 – 36 мм	0,015 – 0,500 мм
Пленочное покрытие на основе бактериальных ЭПС для пищевых продуктов [3]	3,28 Па	12,48 мм	0,012 мм

Также была определена динамическая вязкость созданных пленочных покрытий, которая составила 550 мПа·с для пленочного покрытия на основе ЭПС *L. lactis* В-1662 и 520 мПа·с для пленочного покрытия на основе ЭПС

S. thermophilus. Вязкость была в 2 раза ниже по сравнению с пленочным покрытием, созданным на основе бактериального полисахарида – ксантана (1210 мПа·с) [3].

Ранее нами было показано [14], что применение пленочных покрытий на основе ЭПС *L. lactis* В-1662 и *S. thermophilus* оказывало благоприятное действие на заживление ожоговых ран у крыс. Восстановление кожно-шерстного покрова у животных происходило на 4 (в случае с ЭПС *L. lactis* В-1662 и 7 (в случае с ЭПС *S. thermophilus*) суток раньше по сравнению с животными без лечения; на 2 и 4 суток соответственно с применением коммерческого препарата – 5% декспантенола. Наибольший регенерирующий эффект был выявлен в отношении пленочного покрытия, созданного на основе ЭПС стрептококка.

Заключение. Таким образом, созданные пленочные покрытия на основе ЭПС *L. lactis* В-1662 и *S. thermophilus*, характеризуются высокой прочностью и растяжимостью. Данные, полученные при их использовании в заживлении ожоговых ран у лабораторных животных, могут быть использованы в перспективе в медицине и ветеринарии.

Список литературы

1. Пат.2436402 Российская Федерация, МПК А23И 7/16. Защитная среда для хранения очищенных овощей / Е. Н. Бухарова, В. Ф. Кащенко, Г. Е. Рысмухамбетова; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова». № 2010116939/13; заявл. 28.04.2010; опубл. 20.12.2011, Бюл. № 35. – 8 с.

2. Пат. 2532180 Российская Федерация, МПК С08L 5/00. Пищевое пленочное покрытие / М.Н. Денисова, С.Г. Жук, Е.Н. Бухарова [и др.]; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова». № 2013134600/05; заявл. 23.07.2013; опубл. 27.10.2014, Бюл. № 30. – 8 с.

3. Пат. 2662008 Российская Федерация, МПК С08L 5/00. Биоразлагаемое пищевое пленочное покрытие / К.Е. Белоглазова, А.А. Ульянин, А.Д. Горневская [и др.]; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова». № 2017142702; заявл. 12.07.2017; опубл. 23.07.2018, Бюл. № 21. – 8 с.

4. KELCOGEL® Gellan Gum// CPKelco [Electronic resource]. 2016. Mode of access: <http://www.cpkelco.com/marketserved/household>.

5. Пат. №2091082С1 Российская Федерация, А61L 15/28, 15/30. Покрытие для ран и способ его получения / Б.К. Гаврилюк, Рочев Ю.А., Паклин Е.Л.; патентообладатель: Гаврилюк Б.К., Ю.А. Рочев, Е.Л. Паклин. № 93052315/14; заявл. 18.11.1993; опубл. 27.09.1997.

6. Пат. №2385744С1 Российская Федерация, А61М 35/00, А61К 31/717, А61К 35/12, А61Р 17/02. Способ лечения глубоких ран / А.А. Алексеев, Б.К. Гаврилюк, Салахиддинов К.З. [и др.]; патентообладатель: Алексеев А.А., Гаврилюк Б.К. № 2008135151/14; заявл. 02.09.2008; опубл. 10.04.2010.
7. Polysaccharide thin solid films for analgesic drug delivery and growth of human skin cells / T. Maver et al. // Front Chem. 2019. No. 7. P. 217 – 214.
8. Правдивцева М.И. Бактерицидные свойства гелей, созданных на основе экзополисахаридов бактерий // Успехи современного естествознания. 2009. № 4. С. 49.
9. Правдивцева, М.И. Ранозаживляющие свойства экзополисахаридов бактерий рода *Lactobacillus* / М.И. Правдивцева [и др.] // Вавиловские чтения – 2009: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Саратов, 2009. С. 292 – 293.
10. Фокина Н.А., Урядова Г.Т., Карпунина Л.В. Выделение экзополисахарида из *Lactococcus lactis* при различных условиях // Аграрный научный журнал. 2016. № 12. С. 40 – 42.
11. Фокина Н.А., Урядова Г.Т., Карпунина Л.В. Влияние условий культивирования на продукцию экзополисахарида *Streptococcus thermophilus* // Изв. Сарат. ун-та. Нов.сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2018. Т. 18. Вып. 2. С. 179 – 181.
12. Пассаглия Э., Маршессо Р. Приготовление и исследование пленок // Методы исследования углеводов. М., 1975. С. 413 – 428.
13. ГОСТ 10354-82. Пленка полиэтиленовая. М., 2007.
14. Изучение влияния пленочных покрытий на основе экзополисахаридов молочнокислых бактерий на заживление ожогов у крыс / Г.Т. Урядова [и др.] // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2018. Т. 18. Вып. 2. С. 192–195.

References

1. Pat. 2436402 Russian Federation, IPC A23I 7/16. Protective environment for storing peeled vegetables / E. N. Bukharova, V. F. Kashchenko, G. E. Rysmuhambetova; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. No. 2010116939/13; dec. 04/28/2010; publ. 20.12.2011, Bull. No. 35. - 8 p.
2. Pat. 2532180 Russian Federation, IPC C08L 5/00. Food film coating / M.N. Denisova, S.G. Zhuk, E.N. Bukharova et al. Patent holder Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. No. 2013134600/05; dec. 07/23/2013; publ. 27.10.2014, Bull. No. 30. - 8 p.
3. Pat. 2662008 Russian Federation, IPC C08L 5/00. Biodegradable food film coating / K.E. Beloglazova, A.A. Ulyanin, A.D. Gornevskaya [and others]; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saratov State Agrarian

University named after N.I. Vavilov. No. 2017142702; dec. 07/12/2017; publ. 07/23/2018, Bull. No. 21. - 8 p.

4. KELCOGEL® Gellan Gum// CPKelco [Electronic resource]. 2016. Mode of access: <http://www.cpkelco.com/marketserved/household>.

5. Pat. No. 2091082C1 Russian Federation, A61L 15/28, 15/30. Coating for wounds and the way to obtain it / B.K. Gavriilyuk, Rochev Yu.A., Paklin E.L.; patentee: Gavriilyuk B.K., Yu.A. Rochev, E.L. Paklin. No. 93052315/14; dec. 11/18/1993; publ. 09/27/1997.

6. Pat. No. 2385744C1 Russian Federation, A61M 35/00, A61K 31/717, A61K 35/12, A61R 17/02. Method for the treatment of deep wounds / A.A. Alekseev, B.K. Gavriilyuk, Salakhiddinov K.Z. [and etc.]; patent holder: Alekseev A.A., Gavriilyuk B.K. No. 2008135151/14; dec. 09/02/2008; publ. 04/10/2010.

7. Polysaccharide thin solid films for analgesic drug delivery and growth of human skin cells / T. Maver et al. *Front Chem.* 2019; 7: 217 – 214.

8. Pravdivtseva M.I. Bactericidal properties of gels based on exopolysaccharides of bacteria. *Successes of modern natural science.* 2009; 4: 49.

9. Wound healing properties of exopolysaccharides of bacteria of the genus *Lactobacillus* / M.I. Pravdivtseva et al. *Vavilov Readings - 2009.* Saratov, 2009: 292-293.

10. Fokina N.A., Uryadova G.T., Karpunina L.V. Isolation of exopolis-charide from *Lactococcus lactis* under various conditions. *Agrarian scientific journal.* 2016; 12: 40 – 42.

11. Fokina N.A., Uryadova G.T., Karpunina L.V. Effect of cultivation conditions on the production of exopolysaccharide *Streptococcus thermophilus*. *Izv. Sarat. university New Ser. Ser. Chemistry. Biology. Ecology.* 2018; 18; 2: 179 - 181.

12. Passaglia E., Marchesso R. Preparation and study of films. *Methods for the study of carbohydrates.* Moscow, 1975: 413 - 428.

13. GOST 10354-82. The film is polyethylene. Moscow, 2007.

14. Study of the effect of film coatings based on exopolysaccharides of lactic acid bacteria on the healing of burns in rats / G.T. Uryadova et al. *Proceedings of the Saratov University. New episode. Series Chemistry. Biology. Ecology.* 2018; 18; 2; 192–195.

Статья поступила в редакцию 5.10.2021; одобрена после рецензирования 25.10.2021; принята к публикации 5.11.2021.

The article was submitted 5.10.2021; approved after reviewing 25.10.2021; accepted for publication 5.11.2021.