

# Разработка биоразлагаемой упаковки с антимикробными свойствами для пищевых продуктов

П.В. Шабанова, А.В. Борисова

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

**Обоснование.** Снижение негативного воздействия на окружающую среду путем сокращения отходов неразлагаемой упаковки, а также испорченной пищевой продукции — важные задачи для пищевой промышленности, экологии в целом. Совместное решение этих задач возможно при создании активной упаковки, обладающей свойствами пролонгированного хранения пищевой продукции за счет антибактериальных агентов в своем составе, отличающемся полным разложением в почве.

**Цель** — разработать новый прототип активной биоразлагаемой пленки с антибактериальным и антиокислительным свойствами из полилактида с добавлением растительных экстрактов.

**Методы.** В качестве антимикробных агентов были выбраны эфирные масла розмарина, мяты, чайного дерева, лимона, апельсина, можжевельника, аниса. На основе литературного анализа был выбран экстракт зеленого чая с доказанным антибактериальными действиями [1–3]. В качестве носителя антимикробного агента использована бактериальная наноцеллюлоза (БЦ), предоставленная ИПХЭТ СО РАН. Основой пленки служил полилактид *PLA* торговой марки *Bestfilament*. В качестве пластификатора был выбран полисорбат ТВИН-80.

В растительных экстрактах и эфирных маслах определяли содержание фенольных веществ по методу Фолин – Чеколтеу, флавоноидов по [4], антиоксидантную активность по методу DPPH, восстанавливающую силу по методу FRAP [4]. В готовых пленках определяли толщину, паропроницаемость по [5], растворимость и степень набухания по [6], непрозрачность по [6], высвобождение антиоксидантного агента по [6].

**Результаты.** Схема технологии получения биоразлагаемой пленки из полилактида с антимикробными добавками представлена на рис. 1.

Проведены исследования на антиоксидантные свойства эфирных масел и выбраны образцы с самой высокой антиоксидантной активностью: мята ( $EC_{50}$  — 1,2 мг/мл), розмарин ( $EC_{50}$  — 3,0 мг/мл), шалфей ( $EC_{50}$  — 204,0 мг/мл).

Результаты исследования пленок с разным содержанием антимикробного агента представлены в таблице 1.

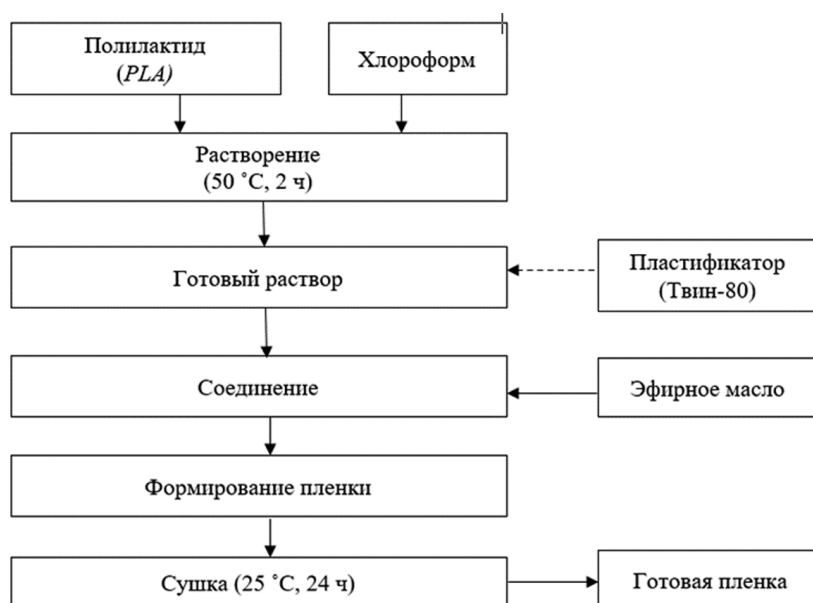


Рис. 1. Технологическая блок-схема изготовления активной пленки

Таблица 1. Физико-химические свойства пленок

Материал	Толщина, мм	Значение оптической плотности	Паропроницаемость ( $\times 10^{-11} \text{г/м}^2 \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Па}^{-1}$ )	Растворимость, %	Степень набухания, %	Высвобождение антиоксиданта, %		
						10 мин	15 мин	30 мин
Контроль, твин-80	0,900	1,150	5,600	0,820	–	84,51	84,55	84,54
Шалфей, 3 %, твин-80	0,020	13,356	3,100	1,030	0,350	84,61	84,62	84,66
Шалфей, 5 %, твин-80	0,018	17,580	2,300	2,800	0,650	84,64	84,66	84,63
Шалфей, 7 %, твин-80	0,010	8,580	0,950	3,350	0,500	84,62	84,59	84,62
Шалфей, 9 %, твин-80	0,150	6,360	26,000	6,900	5,700	84,63	84,64	84,63



Рис. 2. Внешний вид пленки с бактериальной наноцеллюлозой и экстрактом зеленого чая

Полилактидная пленка с добавлением пластификатора имеет более предпочтительные характеристики. Наиболее приемлемым по органолептическим показателям является пленка с добавлением эфирного масла шалфея, т. к. имеет менее резкий запах из всех трех вариантов эфирных масел. Пленки с добавлением масла шалфея и пластификатора имеют более низкую оптическую плотность, вследствие чего они более прозрачны и имеют однородную структуру и повышенную прочность.

Несмотря на хорошие физико-химические результаты пленок, было принято решение использовать водно-спиртовой экстракт зеленого чая, обладающего менее резким запахом. Водно-спиртовой экстракт зеленого чая иммобилизовали на бактериальной наноцеллюлозе. После высушивания готовили пленки по принятой технологии. Внешний вид пленки представлен на рис. 2.

Пленка соответствовала по органолептическим показателям ожиданиям, запах пленки можно охарактеризовать как нейтральный. В дальнейшем будут рассмотрены физико-химические свойства пленки.

**Выводы.** Была разработана технология активной пленки из полилактида с эфирными маслами. Получен прототип пленки с бактериальной наноцеллюлозой в качестве иммобилизационной матрицы для антимикробных экстрактов зеленого чая.

**Ключевые слова:** активная пленка; эфирное масло; бактериальная наноцеллюлоза; растительные экстракты.

## Список литературы

1. Герасимов А.В. Анализ цветовых параметров лепестков *Tagetes erecta* (L.) и *Hypericum perforatum* (L.) в цветовом режиме HSV // Вестник РАСХН. 2002. № 5. С. 87–88.
2. Raquel Torrijos. Phytochemical profiling of volatile and bioactive compounds in yellow mustard (*Sinapis alba*) and oriental mustard (*Brassica juncea*) seed flour and bran / Raquel Torrijos, Laura Righetti, Martina Cirlini, Luca Calani, Jordi Mañes, Giuseppe Meca, Chiara Dall'Asta // LWT. 2023. Vol. 173. P. 24–32. DOI: 10.1016/j.lwt.2022.114221
3. Wahran M. Saod, Layth L. Hamid, Nisreen Jassam Alaallah, Asmiet Ramizy, Biosynthesis and antibacterial activity of manganese oxide nanoparticles prepared by green tea extract, *Biotechnology Reports*. 2022. Vol. 34. P. 1–8. DOI: 10.1016/j.btre.2022.e00729
4. Chechetkina A., Iakovchenko N.V., Zabodalova L. The technology of soft cheese with a vegetable component // *Agronomy Research*. 2016. Vol. 14.0, No. 5. P. 1562–1572.
5. ГОСТ Р 54607.4-2015. Услуги общественного питания. Методы лабораторного контроля продукции общественного питания. Часть 4. Методы определения влаги и сухих веществ. Введ. 2016-06-01. Москва: Стандартинформ, 2019. 7 с.
6. Peng Y., Wu Y., Li Y. Development of tea extracts and chitosan composite films for active packaging materials // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2013. Vol. 59. P. 282–289. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2013.04.019

*Сведения об авторах*

**Полина Васильевна Шабанова** — студентка, группа 103М, Высшая биотехнологическая школа; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: shabanovapv@mail.ru

**Анна Викторовна Борисова** — научный руководитель, кандидат технических наук, доцент; доцент Высшей биотехнологической школы; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: anna\_borisova\_63@mail.ru