




Научная статья  
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)  
УДК 641.524.6

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.03.007

 EDN: UYKOAS

## ПИЩЕВАЯ ПЛЕНКА С БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗОЙ И ЭКСТРАКТОМ ПИЖМЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Дарья Романовна Червоткина <sup>1</sup>, Абаева Анна Викторовна <sup>2</sup>,

<sup>1,2</sup> Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

<sup>1</sup> dcher02@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3577-560X>

<sup>2</sup> anna\_borisova\_63@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0833-987X>

**Аннотация.** В последнее время растет потребительский спрос на продукты питания с длительным сроком хранения. Лимитирующим фактором является процесс окисления в продуктах. Для решения этой проблемы в настоящее время разрабатывается и совершенствуется активная упаковка. Она основана на включении в упаковочный материал веществ, обладающих антиоксидантными, антимикробными или абсорбирующими свойствами. Одним из растений с богатым антиоксидантным составом является пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.). Цель данного исследования – получение и изучение упаковочных материалов на основе бактериальной целлюлозы и экстракта пижмы обыкновенной. В экстракте пижмы было обнаружено большое количество фенольных соединений (1338,8 мг/100 г) и флавоноидов (716,4 мг/100 г), а также установлена высокая антирадикальная активность (Ес50 5,5 мг/мл). В ходе работы было получено 4 образца съедобных покрытий с различным содержанием бактериальной целлюлозы (5 %, 10 %, 15 %, 20 %). Все изделия достаточно прозрачные, слегка желтоватого оттенка, обусловленного наличием в их составе экстракта пижмы. В результате было доказано, что Экстракт пижмы обыкновенной целесообразно применять для создания упаковочного материала с антиоксидантными свойствами в комбинации с бактериальной целлюлозой в качестве иммобилизационной матрицы. Лучшим покрытием по физико-химическим показателям стала пленка с 20 %-ным содержанием бактериальной целлюлозы. Необходимы дальнейшие эксперименты по созданию пленок, чтобы уменьшить количество пузырьков, добиться более привлекательного внешнего вида покрытий и улучшить их физико-химические показатели.

**Ключевые слова:** альгинат натрия, съедобные покрытия, антиоксидантные свойства, фенольные вещества, флавоноиды, паропроницаемость, микроструктура, прозрачность.

**Благодарности:** авторы выражают признательность сотрудникам Института проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук Будаевой В. В., Скиба Е. А. за помощь в проведении исследований бактериальной целлюлозы.

**Для цитирования:** Червоткина Д. Р., Абаева А. В. Пищевая пленка с бактериальной целлюлозой и экстрактом пижмы обыкновенной // Ползуновский вестник. 2024. № 3. С. 47 – 54. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.03.007, EDN: <https://elibrary.ru/uykoas>.

Original article

## FOOD FILM WITH BACTERIAL CELLULOSE AND TANSY EXTRACT

Darya R. Chervotkina <sup>1</sup>, Anna V. Abaeva <sup>2</sup>

<sup>1,2,3</sup> Samara State Technical University, Samara, Russia

<sup>1</sup> dcher02@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3577-560X>

<sup>2</sup> anna\_borisova\_63@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0833-987X>

**Abstract.** Recently, consumer demand for food products with a long shelf life has been growing. The limiting shelf life factor is the oxidation process in the products. To solve this problem, active packaging is currently being developed and improved. It is based on the inclusion of substances in the packaging material that have antioxidant, antimicrobial or absorbent properties. One of the plants with a rich antioxidant composition is common tansy (*Tanacetum vulgare* L.). The purpose of this study is to obtain and study packaging materials based on bacterial cellulose and tansy extract. A large number of phenolic compounds (1338.8 mg/100 g) and flavonoids (716.4 mg/

© Червоткина Д. Р., Абаева А. В., 2024

100 g) were found in tansy extract, and high antiradical activity ( $EC_{50}$  5.5 mg/ml) was also established. During the work, 4 samples of edible coatings with different bacterial cellulose content were obtained (5 %, 10 %, 15 %, 20 %). All products are quite transparent, slightly yellowish shade, due to the presence of tansy extract in their composition. As a result, it was proved that Tansy extract is advisable to use to create a packaging material with antioxidant properties in combination with bacterial cellulose as an immobilization matrix. The film with a 20% bacterial cellulose content became the best coating in terms of physico-chemical parameters. Further experiments are needed to create films in order to reduce the number of bubbles, achieve a more attractive appearance of coatings and improve their physico-chemical parameters.

**Keywords:** sodium alginate, edible coatings, antioxidant properties, phenolic substances, flavonoids, vapor permeability, microstructure, transparency.

**Acknowledgements:** the authors express their gratitude to the staff of the Institute of Problems of Chemical and Energy Technologies of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Budaeva V. V., Skiba E. A. for their assistance in conducting research on bacterial cellulose.

**For citation:** Chervotkina, D. R. & Abaeva, A. V. (2024). Food film with bacterial cellulose and tansy extract. *Polzunovskiy vestnik*. (3), 47-54. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2024.03.007. EDN: <https://elibrary.ru/uykoas>.

## ВВЕДЕНИЕ

В последнее время растет потребительский спрос на продукты питания с длительным сроком хранения. При этом важным фактором является наличие кислорода в свободном пространстве упакованных продуктов. Продукты с высоким содержанием липидов особенно подвержены окислению вследствие образования свободных радикалов, из которых при взаимодействии с кислородом получаются гидропероксиды, а впоследствии – альдегиды, спирты и кислоты. Все эти вещества приводят к изменению органолептических свойств продуктов питания, таких как цвет, вкус и запах. Кроме того, из-за окисления снижается биологическая ценность продуктов [1–3].

Для решения этой проблемы в настоящее время разрабатывается и совершенствуется активная упаковка. Она основана на включении в упаковочный материал веществ, обладающих антиоксидантными, антимикробными или абсорбирующими свойствами. Активные вещества такой упаковки взаимодействуют с атмосферой пищевого продукта, сохраняя его качество и безопасность, и тем самым продлевая срок годности [1]. Это связано с их способностью ингибировать окисление липидов, предотвращать потерю влаги и изменение цвета, подавлять развитие бактерий и плесневых грибов [4].

Многообещающим ингредиентом для био-разлагаемой упаковки становятся растительные экстракты. Растительное сырье содержит большое количество фенольных соединений, флавоноидов и каротиноидов, а также витамины и минералы. Следовательно, растительные экстракты в составе упаковки могут стать эффективными деактиваторами окислительных процессов.

Одним из растений с богатым антиоксидантным составом является пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.). Ее цветки богаты эфирными маслами, органическими кислотами, дубильными веществами и флавоноидами – апигенином, акацетином, лютеолином [5]. Представители рода *Tanacetum* применяются в медицине

в качестве болеутоляющего, противовирусного, антибактериального, противодиабетического и противогельминтного средства [6].

Кроме того, набирает популярность использование бактериальной целлюлозы (БЦ) в качестве ингредиента упаковки. Она представляет собой уникальный природный наноматериал, характеризующийся эластичностью, механической прочностью, хорошей влагоудерживающей способностью и биоразлагаемостью, а также биосовместимостью и способностью принимать заданную форму в процессе биосинтеза [7–9]. Несмотря на идентичную полимерную структуру растительной и бактериальной целлюлозы, в бактериальной целлюлозе отсутствуют примеси лигнина и гемицеллюлоз, что делает ее более химически чистой [8]. К тому же, бактериальная целлюлоза образует в воде трехмерную сетку, которая придает стабильность дисперсиям и эмульсиям нерастворимых веществ и не изменяется под воздействием нагревания [10]. Следовательно, бактериальная целлюлоза может служить эффективной матрицей для иммобилизации растительных экстрактов.

Цель данного исследования – получение и изучение упаковочных материалов на основе бактериальной целлюлозы и экстракта пижмы обыкновенной.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) изучить антиоксидантный состав пижмы обыкновенной;
- 2) приготовить упаковочные покрытия с различным содержанием бактериальной целлюлозы;
- 3) изучить и сравнить физико-химические свойства полученных образцов покрытий.

## МЕТОДЫ

Сбор пижмы обыкновенной производили в Муранском бору – реликтовом сосновом лесу, расположенном в Шигонском районе Самарской области. Надземные части растения собирали в августе в период активного цветения: отбирали

## ПИЩЕВАЯ ПЛЕНКА С БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗОЙ И ЭКСТРАКТОМ ПИЖМЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

здоровые листья и соцветия без заметных повреждений. Для сохранения полезных веществ и естественной окраски пижмы ее сушку осуществляли в хорошо вентилируемом помещении, не допуская контакта с солнечными лучами.

Высушенные цветы пижмы измельчали с помощью лабораторной мельницы Вьюга при вращении ножа со скоростью 4000 об/мин до однородного порошкообразного состояния. В качестве экстрагента использовали 75 %-ный этиловый спирт, добавляя его в количестве 10 мл на 1 г растительного порошка. Полученное содержимое тщательно перемешивали, а затем в течение 35 с проводили активацию в поле токов сверхвысокой частоты (2450 МГц) для высвобождения экстрактивных веществ. Далее фильтровали экстракты с помощью ватных фильтров.

В экстракте определяли общее содержание фенольных соединений и флавоноидов, а также антирадикальную активность. Определение содержания фенольных соединений проводилось модифицированным методом Фолин-Чеколтеу с использованием одноименного реактива и насыщенного раствора карбоната натрия, где в качестве стандарта выступала галловая кислота. Содержание флавоноидов в пересчете на катехин измерялось с помощью фотоэлектроколориметрического метода, связанного с интенсивностью

протекания реакции с растворами хлорида алюминия и нитрита натрия. Антирадикальная активность была установлена и определена методом DPPH и выражена в виде концентрации исходного растительного сырья, при которой происходит связывание 50 % радикалов. Чем меньше ее значение, тем выше антиоксидантная активность исследуемого экстракта.

Для приготовления опытных образцов подложку бактериальной целлюлозы предварительно вымачивали в 100 мл экстракта пижмы обыкновенной в течение 30 мин, после чего для лучшего встраивания экстракта в поры целлюлозы гомогенизировали их смесь блендером. В химическом стакане смешивали альгинат натрия, глицерин, измельченную бактериальную целлюлозу со встроенным в нее экстрактом в различных концентрациях (5 %, 10 %, 15 %, 20 %) и воду. Полученные пленкообразующие растворы измельчали диспергатором для получения однородной консистенции и нагревали в течение 10 мин на электрической плитке при температуре разливали в чашки Петри по 30±5 мл в каждую и сушили пленки на воздухе. Состав приготовленных покрытий представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав пленкообразующих растворов / Table 1 – Composition of film-forming solutions

Вид покрытия	Количество альгината натрия, г	Количество глицерина, мл	Количество смеси бактериальной целлюлозы и экстракта пижмы, г	Количество воды, мл
Контроль	2	2	–	96
Контроль с БЦ	2	2	22 г чистой БЦ	74
5 % БЦ	2	2	5	91
10 % БЦ	2	2	10	86
15 % БЦ	2	2	15	81
20 % БЦ	2	2	20	76

Также были приготовлены контрольные пленки двух видов: без БЦ и с ней. В первом случае в химическом стакане смешивали альгинат натрия, глицерин и воду, после чего нагревали на плитке при перемешивании и разливали растворы в чашки Петри аналогично опытным образцам. Во втором случае к смеси альгината натрия, глицерина и воды добавляли предварительно измельченную блендером бактериальную целлюлозу. Аналогично опытным образцам раствор измельчали диспергатором, нагревали при перемешивании и разливали по чашкам Петри.

Микроскопическую структуру образцов пленок изучали с помощью микроскопа Celestron Laboratory. Толщину измеряли посредством цифрового микрометра FIT-19909. Для каждой пленки проводили одно измерение в центре и на четырех различных участках периметра. Толщину вычисляли как среднее арифметическое.

Непрозрачность пленок определяли методом Парка и Чжао путем измерения оптической плотности при длине волны 600 нм [11]. Определение паропроницаемости пленок проводили согласно ГОСТ 21472-81 «Материалы листовые. Гравиметрический метод определения паропроницаемости». Для определения влажности исследуемые образцы пленок взвешивали и высушивали в сушильном шкафу при температуре растворимости образцы пленок взвешивали и помещали в стеклянные баночки со 100 мл дистиллированной воды. Банки закрывали крышками и оставляли при комнатной температуре на 24 часа, после чего высушивали пленки и измеряли их массу. Высвобождение антиоксидантов из пленок проводили с помощью реактива DPPH. Образцы помещали в стаканы с дистиллированной водой и отбирали пробы в начальный момент времени, а затем через 1, 3, 6, 10, 15, 30, 45, 60,

120 и 180 мин, измеряя коэффициент пропускания при длине волны 517 нм [12]. Все измерения проводились в двукратной повторности.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Экстракт пижмы обыкновенной обладал характерным запахом исследуемого растения и

имел желто-зеленый оттенок. В экстракте было обнаружено большое количество фенольных соединений и флавоноидов, а также установлена высокая антирадикальная активность. Результаты антиоксидантного анализа экстракта представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Антиоксидантный анализ экстракта пижмы обыкновенной

Table 2 – Antioxidant analysis of tansy extract

Измеряемый параметр	Результат
Содержание фенольных веществ, мг галловой кислоты / 100 г исходного сырья	1338,8
Содержание флавоноидов, мг катехина / 100 г исходного сырья	716,7
Антирадикальная активность, ЕС <sub>50</sub> , мг/мл	5,5





Полученные результаты подтверждают литературные данные об антиоксидантной активности экстрактов пижмы. Высокое содержание фенольных веществ и флавоноидов говорит об оптимальных условиях освещенности, места произрастания и кислотности почв, а также об отсутствии «стрессовых» факторов, так как все эти показатели имеют большое влияние на накопление растением веществ антиоксидантного типа.

В ходе работы было получено 4 образца съедобных покрытий с различным содержанием бактериальной целлюлозы. Все изделия достаточно прозрачные, слегка желтоватого оттенка,

обусловленного наличием в их составе экстракта пижмы. Большое количество пузырьков на поверхности пленки вызвано тем, что благодаря интенсивной гомогенизации в смесь попадает множество пузырьков воздуха, но вследствие застывания смеси они не успевают выйти из пленки и остаются в ней, образуя структуру, близкую к твердой пене. Такая проблема свойственна многим полимерам, и авторы активно работают над ее решением. Внешний вид и микроскопическая структура пленок (увеличение 1000x) представлены в таблице 3.

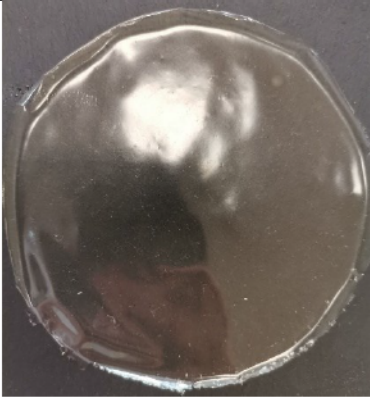

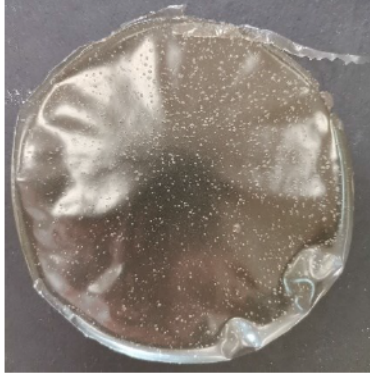



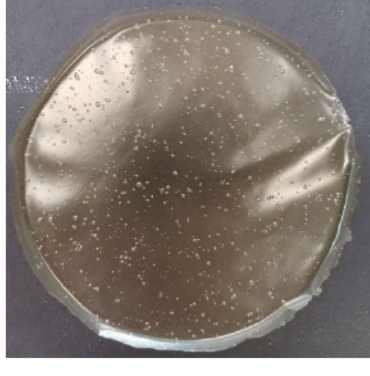

Таблица 3 – Внешний вид и микроскопическая структура полученных покрытий

Table 3 – Appearance and microscopic structure of the resulting coatings

Вид покрытия	Полученные образцы покрытий	
	Внешний вид	Микроструктура
1	2	3
Контроль		
Контроль с БЦ		

ПИЩЕВАЯ ПЛЕНКА С БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗОЙ И ЭКСТРАКТОМ  
ПИЖМЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Продолжение таблицы 3 / Continuation of table 3

1	2	3
5 % БЦ		
10 % БЦ		
15 % БЦ		
20 % БЦ		

Свойства полимерных микроструктур играют важную роль для производства упаковоч-

ных материалов. Полученные пленки имеют шероховатую поверхность, что предположительно было вызвано агрегацией соединений экстракта

пижмы, иммобилизованного в порах целлюлозы, и грубую текстуру, что указывает на пластичность пленки. Пленка с 10 %-ной концентрацией БЦ помимо большого числа пузырьков содержит длинные трещины, которые видны в микроскопе во всех полях зрения, что делает ее не пригодной для дальнейшего использования в качестве упаковки. С увеличением концентрации целлюлозы

в пленках растет также содержание кристалликов экстракта, собирающихся в небольшие агломераты. Скорее всего, именно они в дальнейшем отвечают за высвобождение антиоксидантов из покрытий. Контрольная пленка с БЦ имеет хорошо просматривающиеся поры и каналы.

В таблице 4 представлены физико-химические свойства исследуемых покрытий.

Таблица 4 – Физико-химические свойства образцов покрытий

Table 4 – Physicochemical properties of coating samples

Вид покрытия	Толщина, мкм	Влагосодержание, %	Непрозрачность пленок, $A_{600}/\text{мм}$	Паропроницаемость, $\cdot 10^{-10} \text{ г} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Па}^{-1}$
Контроль	65±2,3	40,02±1,33	1,015±0,055	1,628±0,09
Контроль с БЦ	112±3,1	42,55±1,42	3,460±0,190	2,563±0,11
5 % БЦ	103±3,7	15,74±0,61	1,065±0,075	3,120±0,13
10 % БЦ	133±4,3	15,59±0,57	1,905±0,110	4,196±0,26
15 % БЦ	117±3,9	17,29±0,75	2,060±0,130	3,517±0,21
20 % БЦ	122±4,1	20,16±0,89	1,815±0,095	3,356±0,19

Толщина – важный параметр, напрямую влияющий на механическую прочность, паропроницаемость, светопроницаемость и непрозрачность [13]. Полученные пленки практически не отличаются по толщине, однако можно сделать вывод, что по мере увеличения концентрации бактериальной целлюлозы и включенного в нее экстракта толщина покрытий увеличивается. Причиной увеличения толщины пленки с 10 %-ным содержанием БЦ могло стать нарушение организованной структуры матрицы пленки, так как этот образец имел множество трещин и наибольшее количество пузырьков. Исходя из результатов контрольных пленок, видно, что бактериальная целлюлоза увеличивает толщину пленок практически в 2 раза.

Влагосодержание отражает способность упаковочных материалов поглощать влагу из окружающей среды [13]. Контрольные пленки имеют более высокое влагосодержание по сравнению с опытными. Это связано с тем, что в них содержится большее количество несвязанной воды. В опытных образцах влагосодержание растет с увеличением концентрации бактериальной целлюлозы. Пленка с 20 %-ной концентрацией БЦ имеет высокую гигроскопичность (20,16 %), что связано с образовавшимися межмолекулярными водородными связями между водой и целлюлозой.

Прозрачность упаковки влияет на восприятие продуктов потребителем, поскольку дает ему более реалистичное представление о покупаемом продукте. С другой стороны, для продления сроков хранения и замедления процессов окисления необходима непрозрачная упаковка. В связи с большим количеством пузырьков на поверхности все пленки за исключением покрытия с 5 %-ным содержанием БЦ продемонстрировали достаточно схожие значения непрозрачности. Однако

стоит отметить, что с увеличением концентрации растительного экстракта пленка становится менее прозрачной.

Одной из основных функций упаковочных материалов в пищевой промышленности является ограничение переноса влаги между пищевыми продуктами и окружающей средой. Следовательно, низкая паропроницаемость позволяет продлить сроки годности продуктов питания [14]. Можно утверждать, что добавление бактериальной целлюлозы и экстракта пижмы значительно увеличивает паропроницаемость. Исследователями было доказано, что часть растительных экстрактов способна снижать значения паропроницаемости, а часть – повышать. Так, добавление кожуры красного винограда к хитозановым пленкам повышает паропроницаемость, а экстракт корок арбуза снижает ее [14]. Наиболее низкие значения паропроницаемости наблюдались в пленках с 5 и 20 %-ным содержанием БЦ. В первом случае это связано с равномерной однородной структурой матрицы пленки. Во втором случае пленка содержала наибольшее количество фенольных веществ. Согласно литературным данным, более низкая паропроницаемость пленок, содержащих фенольные соединения, напрямую связана с более высоким уровнем гидроксильных групп и образованием разного рода сшивок.

Значения растворимости исследуемых образцов получить не удалось, так как все они полностью растворялись в воде в течение одного часа. Это свидетельствует о полном биоразложении материала и возможности применения такой структуры для создания съедобного покрытия, но при этом ограничивает его использование для продуктов с большой влажностью.

Результаты высвобождения из пленок антиоксидантов представлены на рисунке 1.

## ПИЩЕВАЯ ПЛЕНКА С БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗОЙ И ЭКСТРАКТОМ ПИЖМЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

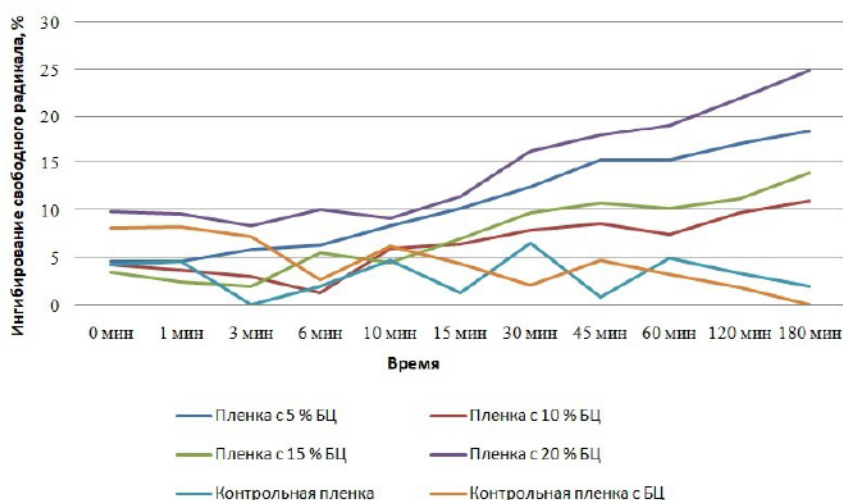


Рисунок 1 – Зависимость ингибирования свободного радикала от времени  
Figure 1 – Time dependence of free radical inhibition

Таким образом, опытные образцы заметно отличаются от контрольных в лучшую сторону. Худшие результаты продемонстрировала пленка с 10 %-ным содержанием БЦ вследствие многочисленных нарушений структуры. Стоит отметить неплохие показатели у пленки с 5 %-ным содержанием БЦ за счет гомогенной матрицы пленки и равномерного распределения экстракта. Однако лучшие показатели продемонстрировало покрытие с 20 %-ным содержанием целлюлозы. Из графика видно, что уже через полчаса происходит заметный скачок в замедлении окислительных процессов, а через 3 часа ингибируется четверть свободных радикалов, что является отличным показателем. В том числе, это говорит о высокой антиоксидантной активности экстракта пижмы обыкновенной.

### ВЫВОДЫ

В результате исследования были сформулированы следующие выводы.

1. Экстракт пижмы обыкновенной целесообразно применять для создания упаковочного материала с антиоксидантными свойствами. Возможно, что его комбинация с другими растительными экстрактами позволит снизить значения паропроницаемости и в то же время приумножить антирадикальную активность.

2. Бактериальная целлюлоза является перспективным материалом для иммобилизации различных веществ, в том числе растительных экстрактов.

3. Лучшим покрытием по физико-химическим показателям стала пленка с 20 %-ным содержанием бактериальной целлюлозы.

4. Необходимы дальнейшие эксперименты по созданию пленок, чтобы уменьшить количество пузырьков, добиться более привлекательного внешнего вида покрытий и улучшить их физико-химические показатели.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. New active packaging based on encapsulated carvacrol, with emphasis on its odour masking strategies / M. Wrona et al. // *Food Packaging and Shelf Life*. 2023. V. 40. P. 101177. doi: 10.1016/j.fpsl.2023.101177
2. Antimicrobial activity of biocomposite films containing cellulose nanofibrils and ethyl lauroyl arginate / F. Silva et al. // *Journal of Materials Science*. 2019. V. 54. P. 12159–12170. doi: 10.1007/s10853-019-03759-3
3. Dirpan A., Fadiyah Ainani A. & Djajal M. A bibliometrics visualization analysis of active packaging system for food packaging // *Heliyon*. 2023. V 9. P. e18457. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e18457
4. Active Packaging Applications for Food / S. Yildirim et al. // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2017. V. 17. P. 165–199. doi: 10.1111/1541-4337.12322.
5. Куркина А.В. Исследование флавоноидного состава цветков пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) // *Химия растительного сырья*. 2011. № 4. С. 209–212.
6. *Tanacetum vulgare* L. (Tansy) as an effective bio-resource with promising pharmacological effects from natural arsenal / G. Ak et al. // *Food and Chemical Toxicology*. 2021. V. 153. P. 112268. doi: 10.1016/j.fct.2021.112268.
7. Химические аспекты бактериальной наноцеллюлозы / Г.В. Сакович [и др.]. // *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Химия*. 2018. Т. 11. № 4. С. 531–542 doi: 10.17516/1998-2836-0097.
8. Гладышева Е.К., Скиба Е.А. Биосинтез бактериальной целлюлозы культурой *Medusomyces gisevii* // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2015. № 3 (65). С. 149–156.
9. Ситникова А.Е., Шавыркина Н.А., Будаева В.В. Получение пленок бактериальной целлюлозы с заданными свойствами для применения в медицине // *От биопродуктов к биоэкономике: материалы IV межрегиональной конференции (с международным участием)*. Барнаул : АлтГТУ, 2021. С. 24–26.
10. Червоткина Д.Р., Борисова А.В. Перспективы применения бактериальной целлюлозы в составе био-разлагаемой упаковки // *Экология и природопользование: устойчивое развитие сельских территорий: материалы III Всероссийской конференции*. Краснодар : КубГАУ, 2023. – С. 588–590.

11. Park S. & Zhao Y. Incorporation of a high concentration of mineral or vitamin into chitosan-based films // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004. V. 52. P. 1933–1939. doi: 10.1021/jf034612p

12. Peng Y., Wu Y. & Li Y. Development of tea extracts and chitosan composite films for active packaging materials // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2013. V. 59. P. 282–289. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2013.04.019

13. Antioxidant and pH-sensitive films developed by incorporating purple and black rice extracts into chitosan matrix / H. Yong et al. // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019. V. 137. P. 307–316. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.07.009

14. Kola V. & Carvalho I.S. Plant extracts as additives in biodegradable films and coatings in active food packaging // *Food Bioscience*. 2023. V. 54. P. 102860. doi: 10.1016/j.fbio.2023.102860.

### Информация об авторах

Д. Р. Червоткина – студент 4 курса Высшей биотехнологической школы Самарского государственного технического университета.

А. В. Абаева – кандидат технических наук, оцент Высшей биотехнологической школы Самарского государственного технического университета.

### REFERENCES

1. Wrona, M. et al. (2023). New active packaging based on encapsulated carvacrol, with emphasis on its odour masking strategies. *Food Packaging and Shelf Life*, (40), 101177. doi: 10.1016/j.fpsl.2023.101177

2. Silva, F. et al. (2019). Antimicrobial activity of bio-composite films containing cellulose nanofibrils and ethyl luroyl arginate. *Journal of Materials Science*, (54), 12159–12170. doi: 10.1007/s10853-019-03759-3

3. Dirpan, A., Fadiyah Ainani, A. & Djalal, M. (2023). A bibliometrics visualization analysis of active packaging system for food packaging. *Heliyon*, (9), e18457. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e18457

4. Yildirim, S. et al. (2017). Active Packaging Applications for Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, (17), 165–199. doi: 10.1111/1541-337.12322

5. Kurkina, A.V. (2011). Study of the flavonoid composition of tansy flowers (*Tanacetum vulgare* L.). *Khimiya astitel'nogo syr'ya*, (4), 209–212. (In Russ.).

6. Ak, G. et al. (2021). *Tanacetum vulgare* L. (Tansy) as an effective bioresource with promising pharmacological effects from natural arsenal. *Food and Chemical Toxicology*, (153), 112268. doi: 10.1016/j.fct.2021.112268

7. Sakovich, G.V. et al. (2018). Chemical aspects of bacterial nanocellulose. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Khimiya*, (4), 531–542. (In Russ.). doi: 10.17516/1998-2836-0097

8. Gladysheva, E.K. & Skiba, E.A. (2015). Biosynthesis of bacterial cellulose by the culture of *Medusomyces gisevii*. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy*, (3), 149–156. (In Russ.).

9. Sitnikova, A.E., Shavyrkina, N.A. & Budaeva V.V. Obtaining films of bacterial cellulose with specified properties for use in medicine. *Proceedings of the 4-th Interregional Conference (with International participation) «From bioproducts to bioeconomics»*. A.N. Luk'yanov (Ed.). Barnaul: ASTU. (In Russ.).

10. Chervotkina, D.R. & Borisova A.V. Prospects for the use of bacterial cellulose as part of biodegradable packaging. *Proceedings of the III All-Russian Conference «Ecology and environmental management: sustainable development of rural areas»*. N.V. Chernysheva (Ed.). Krasnodar: KubGAU. (In Russ.).

11. Park, S. & Zhao, Y. (2004). Incorporation of a high concentration of mineral or vitamin into chitosan-based films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (52), 1933–1939. doi: 10.1021/jf034612p

12. Peng, Y., Wu, Y. & Li, Y. (2013). Development of tea extracts and chitosan composite films for active packaging materials. *International Journal of Biological Macromolecules*, (59), 282–289. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2013.04.019

13. Yong, H. et al. (2019). Antioxidant and pH-sensitive films developed by incorporating purple and black rice extracts into chitosan matrix. *International Journal of Biological Macromolecules*, (137), 307–316. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.07.009

14. Kola, V. & Carvalho, I.S. (2023). Plant extracts as additives in biodegradable films and coatings in active food packaging. *Food Bioscience*, (54), 102860. doi: 10.1016/j.fbio.2023.102860.

### Information about the authors

D. R. Chervotkina, student of the High Biotechnological School of the Samara State Technical University  
A. V. Abaeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the High Biotechnological School of the Samara State Technical University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 07 декабря 2023; одобрена после рецензирования 20 сентября 2024; принята к публикации 04 октября 2024.

The article was received by the editorial board on 07 Dec 2023; approved after editing on 20 Sep 2024; accepted for publication on 04 Oct 2024.