

Упаковочное покрытие на основе крахмала

Владислав А. Астахов	¹	astashik27v@mail.ru	 0009-0002-5462-0646
Марина И. Губанова	¹	gubanovami@mgupp.ru	 0000-0003-3547-716X
Али Я. Альхаир	¹	alkheerali@gmail.com	 0000-0002-9518-7781
Вячеслав А. Мерзляков	¹	sebastianvell1999@mail.ru	 0009-0002-9367-8947

¹ Российский биотехнологический университет, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080 Россия

Аннотация. Антимикробные упаковочные покрытия на основе природных полимеров являются более безопасными по сравнению с традиционной упаковкой для использования в пищевой промышленности. Использование такого вида упаковки способно не только повлиять на улучшение экологии, за счет замены синтетических полимерных упаковок с длительным сроком разложения, но и может увеличивать срок хранения продуктов питания при введении в них антимикробных добавок. В статье представлено научное исследование по разработке упаковочного покрытия на основе крахмала с добавлением экстракта корня аира, обладающего антимикробными свойствами, предназначенного для пролонгации сроков хранения продуктов питания. Проведено исследование биополимерных композиций, в состав которых вводили картофельный крахмал, глицерин, уксусную кислоту, и, в качестве антимикробной добавки экстракт корня аира в количестве 0,5; 1 и 3%. Экстракт был выделен из порошка корня аира в лабораторном аппарате Сокслета. Диско-диффузным методом проведены исследования полученных образцов материалов на антимикробную активность по отношению к различным микроорганизмам. В качестве тест-культур использовались микроорганизмы кандиды альбиканс (*Candida albicans*), сенная палочка (*Bacillus subtilis*), кишечная палочка (*Escherichia coli*) и аспергиллус нигер (*A.Niger*). Антимикробную активность оценивали визуально и считали среднее значение зоны подавления по степени развития тест-культур относительно поверхности контрольных и модифицированных образцов материалов. В результате исследования выявлено, что полученный экстракт корня аира проявляет антимикробную активность, при введении в состав композиции упаковочного материала на основе крахмала экстракта из порошка корня аира происходит подавление контаминации микроорганизмов.

Ключевые слова: активная упаковка, пленка на основе крахмала, экстракт корня аира, антимикробная пленка, антимикробное покрытие.

Starch-based packaging coating with the addition of calamus root extract

Vladislav A. Astakhov	¹	astashik27v@mail.ru	 0009-0002-5462-0646
Marina I. Gubanova	¹	gubanovami@mgupp.ru	 0000-0003-3547-716X
Ali Y. Alkhair	¹	alkheerali@gmail.com	 0000-0002-9518-7781
Vyacheslav A. Merzlyakov	¹	sebastianvell1999@mail.ru	 0009-0002-9367-8947

¹ Russian Biotechnological University, Volokolamsk highway, 11, Moscow, 125080 Russia

Abstract. Antimicrobial packaging coatings based on natural polymers are safer than traditional packaging for use in the food industry. The use of this type of packaging can not only affect the improvement of the environment by replacing synthetic polymer packages with a long decomposition period, but can also increase the shelf life of food products when antimicrobial additives are introduced into them. The article presents a study on the development of a starch-based packaging coating with the addition of calamus root extract, which has antimicrobial properties and is intended to prolong the shelf life of food. A study was conducted of compounds containing potato starch, glycerin, acetic acid, and calamus root extract in amounts of 0.5%, 1%, and 3% as an antimicrobial additive. The extract was isolated from calamus root powder in a Soxhlet laboratory apparatus. The samples were tested for antimicrobial activity against various microorganisms using the disco-diffuse method. Antimicrobial activity was assessed visually and the average value of the suppression zone was calculated depending on the degree of development of the test cultures relative to the surface of the control and modified material samples. As a result of the study, it was revealed that when the extract from the calamus root is introduced into the packaging material, microbial contamination is suppressed.

Keywords: active packaging, starch-based film, calamus root extract, antimicrobial film, antimicrobial coating.

Введение

При упаковке различных продуктов питания важную роль играет безопасность упаковочных материалов и их свойства, которые в первую очередь влияют на срок годности продуктов при хранении и транспортировке. В современном пищевом производстве используются, в основном, упаковочные моно-либо многослойные материалы

из синтетических полимеров, которые за счет барьерных свойств могут продлевать сроки хранения продуктов питания. Однако из-за длительных сроков разложения синтетических полимерных материалов экологическая обстановка ухудшается в связи с загрязнением основных компонентов природной среды: атмосферы, почвы, поверхностных и подземных вод.

Для цитирования

Астахов В.А., Губанова М.И., Альхаир А.Я., Мерзляков В.А. Упаковочное покрытие на основе крахмала // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87. № 2. С. 179–185. doi:10.20914/2310-1202-2025-2-179-185

For citation

Astakhov V.A., Gubanova M.I., Alkhair A.Ya., Merzlyakov V.A. Starch-based packaging coating with the addition of calamus root extract. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2025. vol. 87. no. 2. pp. 179–185. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2025-2-179-185

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Использование упаковочных материалов из природных полимеров, которые обладают способностью к биоразложению в короткие сроки, является перспективным, так как ведет к значительному улучшению экологии, уменьшив гигантский поток плохо перерабатываемого упаковочного материала [1, 2]. Таким образом, упаковка из природных полимеров, в том числе с антимикробными свойствами, набирает большую популярность и практическую применимость [3, 4]. В большинстве случаев в состав таких материалов и покрытий входит несколько природных полимеров, пластификатор в виде глицерина [5], а также добавки, в виде экстрактов и эфирных масел. В связи с этим разработка покрытий из природных полимеров с антимикробным эффектом является актуальным и перспективным направлением в пищевой отрасли, так как способствует увеличению сроков годности продуктов при хранении и транспортировке.

Для придания упаковочным пленкам и покрытиям на основе природных полимеров антимикробных свойств одним из перспективных способов является введение в состав натуральных антимикробных компонентов, таких как эфирные масла и различные экстракты. Эфирные масла содержат компоненты, которые являются противомикробными [6, 7]. По литературным данным, введение эфирных масел или экстрактов на основе природных полимеров в состав упаковочных пленок и покрытий позволяет улучшить физико-механические свойства [8], а также усовершенствовать упаковочный материал путем придания антимикробного действия [9], в результате увеличивается срок годности упакованных в данный материал продуктов за счет подавления патогенных микроорганизмов.

К достоинствам антимикробных покрытий можно отнести способность к предотвращению роста и размножения микроорганизмов на поверхности пищевых продуктов; обеспечение безопасности и увеличение сроков хранения продуктов; повышение качества продуктов, а к недостаткам – дополнительные затраты на производство и использование специальных добавок; возможное влияние на вкусовые качества продуктов; необходимость соблюдения определенных условий хранения и транспортировки для сохранения структуры упаковки, а также эффективности антимикробных свойств.

Одним из недорогих препаратов, используемых в фармацевтике растений, является корень аира. По литературным данным экстракт из корня аира имеет антимикробную активность по отношению к микроорганизмам *Lactobacillus*

acidophilus, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* [10, 11, 17]. Основными компонентами в экстракте корня аира являются: камфора, камфен, бутират α -терпинеола, акоренон, азарон [12, 13], а также β -кедрен [14, 15].

В фармацевтике корень аира применяется для изготовления лекарственных средств, например такого препарата, как «Стоматофит» (АО «Фитофарм Кленка», Польша) в состав которого входят различные растительные экстракты [16]. Также корень аира применяется для лечения широкого спектра воспалительных заболеваний различной этиологии [18, 19].

В пищевой промышленности эфирное масло аира используют в качестве антимикробной добавки с бактерицидными свойствами в рецептуре хлебобулочных изделий для улучшения пищевой ценности и физико-химических свойств хлеба [20].

Цель работы – разработка упаковочного покрытия на основе крахмала с использованием антимикробной добавки – экстракта корня аира (КА) для пролонгации сроков хранения пищевых продуктов.

Материалы и методы

Для получения образцов упаковочных покрытий были использованы следующие компоненты: картофельный крахмал, производитель ООО «ПЕЦ-ХААС» Россия, ГОСТР 53876–2010; глицерин, производитель ООО «ГЛИЦЕРИН СОЛЮШЕН» Россия, ГОСТ 6824–96; уксус столовый 9%, производитель ООО «БАСТИОН» Россия, ТУ 10.84.11–015–46896390–2005; аир корень (*Аcorus calamus*), производитель ООО «Русские Корни» Россия, г. Бийск, ТУ 10.89.19. – 001–49786532–2021.

Определение антимикробных свойств экстракта корня аира и упаковочного покрытия проводили методом дисков (МУК 4.2.1890–04 Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам). В качестве тест-культур использовались микроорганизмы кандиды альбиканс (*Candida albicans*), сенная палочка (*Bacillus subtilis*), кишечная палочка (*Escherichia coli*) и аспергиллус нигер (*A. Niger*).

Получение экстракта корня аира. Высушенный корень аира измельчали в порошок, помещали в фильтровальный пакет и проводили экстракцию в лабораторном аппарате Сокслета. Экстракция проводилась в течение 6 ч при температуре кипения растворителя, в качестве растворителя был использован этанол. Полученный экстракт корня аира сушили в сушильном шкафу при 40 °С до постоянной массы.

Изготовление покрытия с антимикробными свойствами. В дистиллированную воду вводили крахмал, глицерин, уксус и полученный экстракт КА с концентрацией 0,5–3%. Механически перемешивали исходные компоненты и нагревали полученный раствор на водяной бане при температуре $98 \pm 2^\circ\text{C}$ 5 минут. После нагревания раствор разливали в стеклянные формы и сушили пленки при комнатной температуре в течение 3 суток.

Результаты

На первом этапе эксперимента проводили исследования по выделению экстракта из корня айры и оценку его антимикробных свойств. Определение антимикробных свойств материалов проводили методом дисков. Антимикробную активность оценивали по зоне подавления тест-культур.

Время инкубирования составляло 24 часа, при температуре 36°C . Полученные результаты представлены на (рисунке 1).

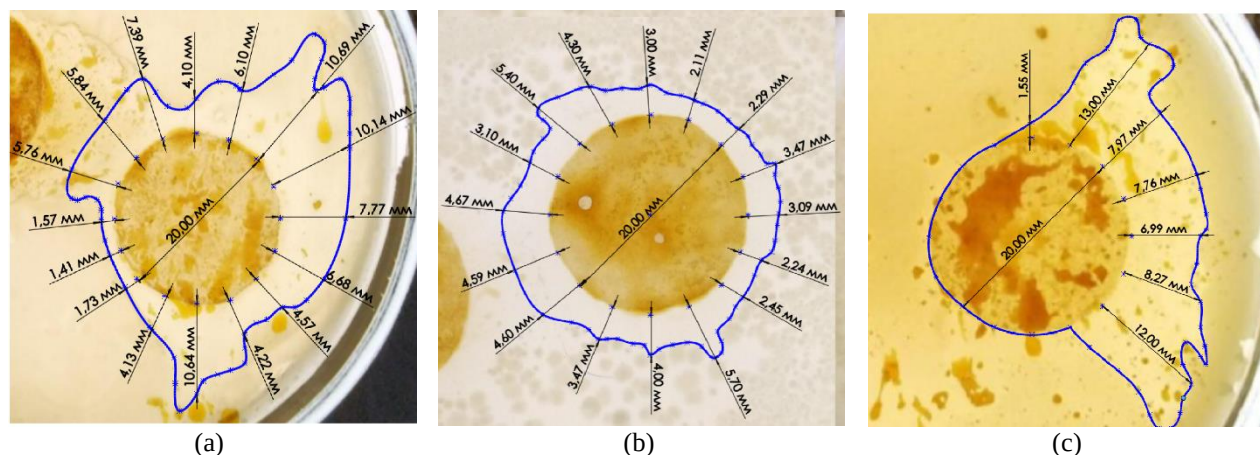


Рисунок 1. Определение антимикробных свойств экстракта корня айры, зона подавления по отношению к микроорганизмам: а) *Candida albicans* – среднее значение зоны подавления 5,8 мм; б) *Escherichia coli* – среднее значение зоны подавления 3,7 мм; в) *Bacillus subtilis* среднее значение зоны подавления 3,6 мм.

Figure 1. Determination of antimicrobial properties of calamus root extract, inhibition zone in relation to microorganisms: а) *Candida albicans* has an average suppression zone of 5.8 mm; б) *Escherichia coli* has an average suppression zone of 3.7 mm; в) *Bacillus subtilis* has an average suppression zone of 3.6 mm

На представленном рисунке 1 видно, что максимальная средняя зона подавления (5,8 мм) у экстракта корня айры по отношению к *Candida albicans*, по отношению к *Escherichia coli* и *Bacillus subtilis* средняя зона подавления составила 3,7 и 3,6 мм соответственно.

На следующем этапе были получены биополимерные пленки на основе крахмала, контрольные и с экстрактом КА с концентрацией 0,5–3% (рисунк 2).

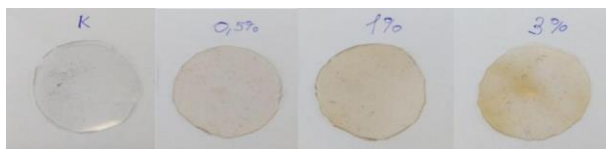


Рисунок 2. Биополимерные пленки на основе крахмала
Figure 2. Starch-based biopolymer films

Антимикробную активность оценивали визуально по степени развития тест-культур относительно поверхности контрольных и модифицированных материалов.

При визуальной оценке полученных пленок установлено, что с увеличением концентрации КА, пленка становится более интенсивного желтого цвета, а также на поверхности контрольных образцов происходит постепенный рост бактерий и грибов. При этом на поверхности образцов с экстрактом КА рост тест-культур незначительный, либо не наблюдается (рисунк 3, 4, 5).



Рисунок 3. Внешний вид пленок инокулированных с *Bacillus subtilis* в течение 24–72 ч: 1 – контроль, 2 – пленка с экстрактом КА 0,5%, 3 – пленка с экстрактом КА 1%, 4 – пленка с экстрактом КА 3%
Figure 3. Appearance of films inoculated with *Bacillus subtilis* for 24–72 hours: 1 – control, 2 – film with 0.5% KA extract, 3 – film with 1% KA extract, 4 – film with 3% KA extract



Рисунок 4. Внешний вид пленок инокулированных с *Candida albicans* в течение 24–72 ч: 1 – контроль, 2 – пленка с экстрактом КА 0,5%, 3 – пленка с экстрактом КА 1%, 4 – пленка с экстрактом КА 3%

Figure 4. Appearance of films inoculated with *Candida albicans* for 24–72 hours: 1 – control, 2 – film with 0.5% KA extract, 3 – film with 1% KA extract, 4 – film with 3% KA extract

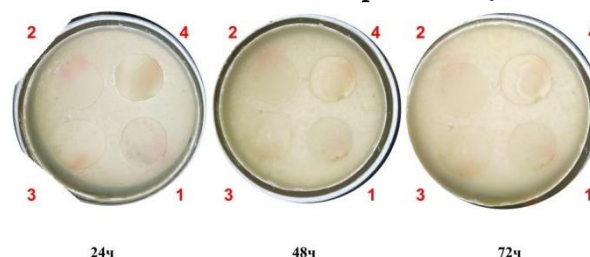


Рисунок 5. Внешний вид пленок инокулированных с *Escherichia coli* в течение 24–72 ч: 1 – контроль, 2 – пленка с экстрактом КА 0,5%, 3 – пленка с экстрактом КА 1%, 4 – пленка с экстрактом КА 3%

Figure 5. Appearance of films inoculated with *Escherichia coli* for 24–72 hours: 1 – control, 2 – film with 0.5% KA extract, 3 – film with 1% KA extract, 4 – film with 3% KA extract

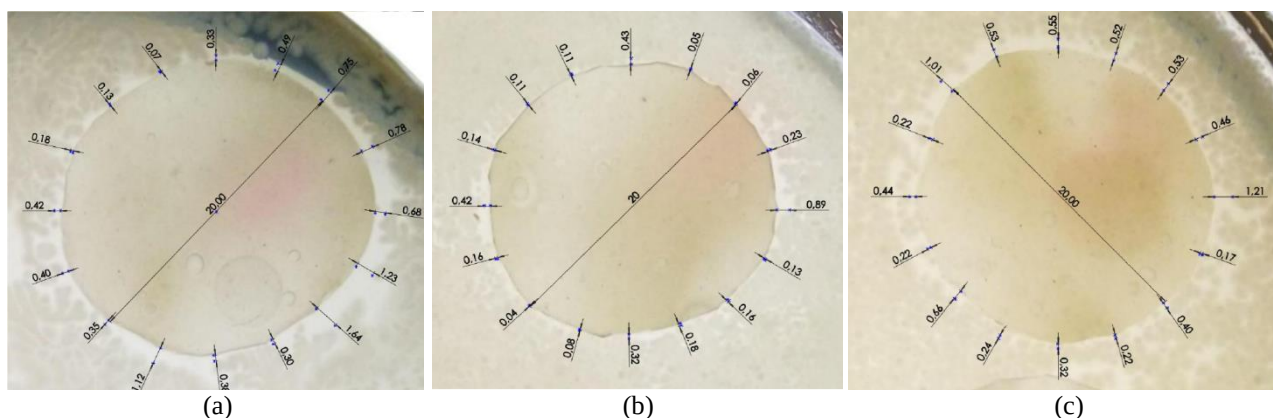


Рисунок 6. Антимикробная активность образцов материала с концентрацией 3% экстракта корня айры в течение 24 ч: а) *Candida albicans* – среднее значение зоны подавления 0,57 мм; б) *Escherichia coli* – среднее значение зоны подавления 0,21 мм; в) *Bacillus subtilis* среднее значение зоны подавления 0,48 мм

Figure 6. Antimicrobial activity of material samples with a concentration of 3% calamus root extract for 24 hours: a) *Candida albicans* – the average value of the suppression zone is 0.57mm; b) *Escherichia coli* – the average value of the suppression zone is 0.21mm; c) *Bacillus subtilis* – the average value of the suppression zone is 0.48mm

Проведенные исследования показали, что контрольные образцы без экстракта КА не обладают антимикробными свойствами; повышение концентрации экстракта КА в материале повышает его антимикробные свойства, образцы материала с концентрацией 3% экстракта КА, показали наилучшую антимикробную активность в течение 24 ч (рисунок 6).

При визуальной оценке установлено, что на поверхности контрольных образцов происходит рост бактерий, на поверхности образцов с экстрактом КА рост тест-культур замедляется, а при повышении концентрации экстракта КА до 3% роста тест-культуры не наблюдается, то есть указанные модифицированные образцы проявляют бактериостатические и фунгистатические свойства.

На (рисунке 7) представлены фото образцов пленок инкубированных *A. Niger* в течение 72 ч и 168 ч.

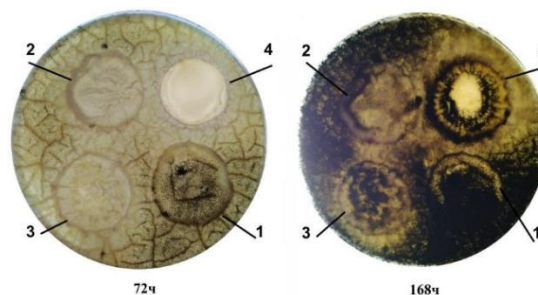


Рисунок 7. Внешний вид пленок инкубированных с *Aspergillus niger* в течение 72 ч и 168 ч: 1 – контрольный образец без антимикробной добавки; 2 – образец с концентрацией экстракта корня айры 0,5%; 3 – образец с концентрацией экстракта корня айры 1%; 4 – образец с концентрацией экстракта корня айры 3%

Figure 7. Appearance of films incubated with *Aspergillus niger* for 72 hours and 168 hours: 1 – control sample without antimicrobial additive; 2 – sample with 0.5% calamus root extract concentration; 3 – sample with 1% calamus root extract concentration; 4 – sample with 3% calamus root extract concentration

На представленном рисунке 7 видно, что на поверхности контрольных образцов материалов наблюдается наиболее интенсивный рост тест-культуры. У образцов с концентрацией экстракта КА 0,5 и 1% интенсивность роста тест-культуры ниже по сравнению с контрольным образцом. У образца с концентрацией экстракта КА 3% рост тест-культуры на поверхности полностью отсутствует через 72 часа. Через 168 часов у контрольного образца и у образцов с концентрацией экстракта КА 0,5 и 1% наблюдается полное зарастание поверхности тест-культурой, а у образца материала с концентрацией экстракта 3% поверхность заросла тест-культурой на 50–60%.

Заключение

Исследование доказало, что полученный экстракт корня айра проявляет антимикробную активность, а также придает образцам на основе крахмала бактериостатические и фунгистатические свойства. Данный экстракт показал

максимальный антимикробный эффект по отношению к *Candida albicans* со средней зоной подавления 5,8 мм. Использование экстракта корня айра в упаковочных покрытиях из природных полимеров с различными концентрациями 0,5%; 1%; 3% обладают антимикробной активностью по отношению к тест-культурам микроорганизмов. Проведенные эксперименты показали способность материала с концентрацией 3% экстракта КА к подавлению тест-культур микроорганизмов *Candida albicans*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*. А также данный образец проявил фунгистатические свойства по отношению к *Aspergillus niger* в течение 72 ч. В результате исследования было доказано, что экстракт корня айра в упаковочных покрытиях на основе крахмала может быть использован в качестве добавки для создания упаковочных покрытий, способных продлить срок годности пищевых продуктов за счет подавления роста микроорганизмов.

Литература

- 1 Ravichandran S., Jasim A., Rahul T. et al. Starch-based edible packaging: rheological, thermal, mechanical, microstructural, and barrier properties - a review // Sustainable Food Technology. 2024. Vol. 2. P. 307-330. doi: 10.1039/D3FB00211J
- 2 Цатуров А.В., Потороко И.Ю., Кади А.М.Я. и др. Биоразлагаемые экопленки на основе органического сырья с активными компонентами // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2023. № 3. С. 40-47.
- 3 Ashish T., Anurag T., Santosh K. et al. Perspectives for polymer-based antimicrobial films in food packaging applications // Nanobiotechnology for Food Processing and Packaging. 2024. P. 323-366. doi: 10.1016/B978-0-323-91749-0.00024-1
- 4 Бурак Л.Ч. Обзор разработок биоразлагаемых упаковочных материалов для пищевой промышленности // Ползуновский вестник. 2023. № 1. С. 91-105.
- 5 Zhu Y.B., Hayati S., Mohd F.Y. Glycerol: Its properties, polymer synthesis, and applications in starch based films // European Polymer Journal. 2022. Vol. 175. 111377. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2022.111377
- 6 El-Baky R.M.A., Shawky Z. Eugenol and linalool: Comparison of their antibacterial and antifungal activities // African Journal of Microbiology Research. 2016. Vol. 10. № 44. P. 1860-1872. doi: 10.5897/AJMR2016.8283
- 7 Аверьянова Е.В., Школьников М.Н., Павлова Н.В. и др. Микронизация в технологии минорного компонента консервирующего действия // Техника и технология пищевых производств. 2024. № 3. С. 508-521. doi: 10.21603/2074-9414-2024-3-2515
- 8 Sharma S., Barkauskaite S., Jaiswal A.K. et al. Essential oils as additives in active food packaging // Food Chemistry. 2021. Vol. 343. 128403. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128403
- 9 Альхаир А., Щукина Е.А., Губанова М.И. и др. Разработка и исследование активного упаковочного материала на основе крахмала с использованием в качестве антимикробной добавки натуральное эфирное масло // Хранение и переработка сельхозсырья. 2023. № 4. С. 16-31. doi: 10.36107/spfp.2023.4.474
- 10 Сибирцев В.С., Нечипоренко У.Ю., Кабанов В.Л. и др. Методика электрохимического микробиологического тестирования в применении к сравнительному анализу свойств различных растительных экстрактов // Журнал СФУ. Биология. 2023. № 1. С. 109-124.
- 11 Каурова З.Г., Умеренкова М.В. Антимикробная активность спиртовых экстрактов растений семейства бобовых // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 1-2(115). С. 19-22.
- 12 Зыкова И.Д., Ефремов А.А., Наймушина Л.В. Антирадикальная активность отдельных фракций эфирного масла корней айра болотного // Химия растительного сырья. 2020. № 2. С. 73-78.
- 13 Дадаев Х.А., Акилов Д.Х., Нурмухамедова Р.А. Айр болотный, применение в медицине // Биология и интегративная медицина. 2021. № 1. С. 218-232.
- 14 Рязанова Т.К., Куркин В.А. Актуальные вопросы стандартизации лекарственного растительного сырья и фармацевтических субстанций растительного происхождения, содержащих эфирные масла // Вестник Научного центра экспертизы средств медицинского применения. 2023. Т. 13. № 2. С. 146-153.
- 15 Кароматов И.Д., Тогбоев К.Т., Жамилов Н.А. Айр болотный - перспективное лекарственное растение // Биология и интегративная медицина. 2021. № 1(48). С. 264-295.
- 16 Жердева Г.В., Галкина О.П., Полещук О.Ю. Применение препарата «Стоматофит» при лечении гингивита у детей с экзогенно-конституционным ожирением // Вестник физиотерапии и курортологии. 2019. № 1. С. 64-67.

17 Beata O., Magdalena B. Is it safe to use *Acorus calamus* as a source of promising bioactive compounds in prevention and treatment of cardiovascular diseases // *Chemico-Biological Interactions*. 2018. Vol. 281. P. 32-36. doi:10.1016/j.cbi.2017.12.026

18 Небезина А.В., Фадеева Т.В. Антимикробный потенциал йодсодержащих веществ и материалов // *Acta Biomedica Scientifica*. 2023. Т. 8. № 5. С. 36-49.

19 Иванова Т.Н., Симоненкова А.П., Евдокимов Н.С. Обоснование рецептурного компонента растений при производстве продуктов функционального питания // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2024. № 2. С. 5-11.

20 Зимняков В.М., Гарькина П.К. Использование растительных ингредиентов для повышения потребительских свойств хлебобулочных изделий // *Инновационная техника и технология*. 2023. Т. 10. № 1. С. 24-27.

References

1 Ravichandran S., Jasim A., Rahul T., Preetam S. Starch-based edible packaging: rheological, thermal, mechanical, microstructural, and barrier properties. *Sustainable Food Technology*. 2024. vol. 2. pp. 307–330. doi:10.1039/D3FB00211J

2 Tsaturov A.V., Potoroko I.Y., Kadi A.M.Y., Shemek M., Malinin A.V. Biodegradable eco-films based on organic raw materials with active components. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2023. no. 3. pp. 40–47. (in Russian)

3 Ashish T., Anurag T., Santosh K., Shaline S., PK D. Perspectives for polymer-based antimicrobial films in food packaging applications. *Nanobiotechnology for Food Processing and Packaging*. 2024. pp. 323–366. doi:10.1016/B978-0-323-91749-0.00024-1

4 Burak L.Ch. Review of the development of biodegradable packaging materials for the food industry. *Polzunovsky vestnik*. 2023. no. 1. pp. 91–105. (in Russian)

5 Zhu Y.B., Hayati S., Mohd F.Y. Glycerol: Its properties, polymer synthesis, and applications in starch based films. *European Polymer Journal*. 2022. vol. 175. p. 111377. doi:10.1016/j.eurpolymj.2022.111377

6 El-Baky R.M.A., Shawky Z. Eugenol and linalool: Comparison of their antibacterial and antifungal activities. *African Journal of Microbiology Research*. 2016. vol. 10. no. 44. pp. 1860–1872. doi:10.5897/AJMR2016.8283

7 Averyanova E.V., Shkolnikova M.N., Pavlova N.V., Rozhnov E.D. Micronization in technology of a minor component of preservative action. *Technique and technology of food production*. 2024. no. 3. pp. 508–521. doi:10.21603/2074-9414-2024-3-2515 (in Russian)

8 Sharma S., Barkauskaite S., Jaiswal A.K., Jaiswal S. Essential oils as additives in active food packaging. *Food Chemistry*. 2021. vol. 343. p. 128403. doi:10.1016/j.foodchem.2020.128403

9 Alkhair A., Shchukina E.A., Gubanova M.I., Kirsh I.A., Ermilova A.M. Development and research of an active starch-based packaging material using natural essential oil as an antimicrobial additive. *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2023. no. 4. pp. 16–31. doi:10.36107/spfp.2023.4.474 (in Russian)

10 Sibirtsev V.S., Nechiporenko U.Y., Kabanov V.L., Kukin M.Y., Radin M.A. Methodology of electrochemical microbiological testing in application to comparative analysis of properties of various plant extracts. *Journal of SibFU, Biology*. 2023. no. 1. pp. 109–124. (in Russian)

11 Kaurova Z.G., Umerenkova M.V. Antimicrobial activity of alcohol extracts of plants of the legume family. *International scientific research journal*. 2022. no. 1-2(115). pp. 19–22. (in Russian)

12 Zyкова I.D., Efremov A.A., Naimushina L.V. Antiradical activity of individual fractions of essential oil of *calamus* roots of the marsh. *Chemistry of vegetable raw materials*. 2020. no. 2. pp. 73–78. (in Russian)

13 Dadaev H.A., Akilov D.H., Nurmukhamedova R.A. Air bolotny, application in medicine. *Biology and integrative medicine*. 2021. no. 1. pp. 218–232. (in Russian)

14 Ryazanova T.K., Kurkin V.A. Actual issues of standardization of medicinal plant raw materials and pharmaceutical substances of plant origin containing essential oils. *Vedomosti Nauchnogo tsentra ekspertizy sredstv meditsinskogo primeneniya*. 2023. vol. 13. no. 2. pp. 146–153. (in Russian)

15 Karomatov I.D., Togboev K.T., Shamilov N.A. Air bolotny promising medicinal plant (literature review). *Biology and integrative medicine*. 2021. no. 1(48). pp. 264–295. (in Russian)

16 Zherdeva G.V., Galkina O.P., Poleshchuk O.Y. The use of the drug "Stomatophyte" in the treatment of gingivitis in children with exogenous constitutional obesity. *Bulletin of Physiotherapy and Balneology*. 2019. no. 1. pp. 64–67. (in Russian)

17 Beata O., Magdalena B. Is it safe to use *Acorus calamus* as a source of promising bioactive compounds in prevention and treatment of cardiovascular diseases? *Chemico-Biological Interactions*. 2018. vol. 281. pp. 32–36. doi:10.1016/j.cbi.2017.12.026

18 Nevezhina A.V., Fadeeva T.V. Antimicrobial potential of iodine-containing substances and materials. *Acta Biomedica Scientifica*. 2023. vol. 8. no. 5. pp. 36–49. (in Russian)

19 Ivanova T.N., Simonenkova A.P., Evdokimov N.S. Substantiation of the prescription component of plants in the production of functional nutrition products. *Bulletin of the South Ural State University Food and Biotechnology*. 2024. no. 2. pp. 5–11. (in Russian)

20 Zimnyakov V.M., Garkina P.K. Use of plant ingredients to improve consumer properties of bakery products. *Innovative technique and technology*. 2023. vol. 10. no. 1. pp. 24–27. (in Russian)

Сведения об авторах

Владислав А. Астахов аспирант, кафедра промышленного дизайна, технологии упаковки и экспертизы, Российский биотехнологический университет, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080 Россия, astashik27v@mail.ru

 <https://orcid.org/0009-0002-5462-0646>

Марина И. Губанова к.т.н., доцент, кафедра промышленного дизайна, технологии упаковки и экспертизы, Российский биотехнологический университет, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080 Россия, gubanovami@mgupp.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3547-716X>

Али Я. Альхаир ассистент, кафедра промышленного дизайна, технологии упаковки и экспертизы, Российский биотехнологический университет, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080 Россия, alkheerali@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-9518-7781>

Вячеслав А. Мерзляков аспирант, кафедра промышленного дизайна, технологии упаковки и экспертизы, Российский биотехнологический университет, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080 Россия, sebastianvell1999@mail.ru

 <https://orcid.org/0009-0002-9367-8947>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Vladislav A. Astakhov graduate student, Department of Industrial Design, Packaging Technology and Expertise, Russian Biotechnological University, Volokolamsk highway, 11, Moscow, 125080, Russia, astashik27v@mail.ru

 <https://orcid.org/0009-0002-5462-0646>

Marina I. Gubanova Ph.D. assistant professor, Department of Industrial Design, Packaging Technology and Expertise, Russian Biotechnological University, Volokolamsk highway, 11, Moscow, 125080, Russia, gubanovami@mgupp.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3547-716X>

Ali Y. Alkhair Ass. Prof., Department of Industrial Design, Packaging Technology and Expertise, Russian Biotechnological University, Volokolamsk highway, 11, Moscow, 125080, Russia, alkheerali@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-9518-7781>

Vyacheslav A. Merzlyakov graduate student, Department of Industrial Design, Packaging Technology and Expertise, Russian Biotechnological University, Volokolamsk highway, 11, Moscow, 125080, Russia, sebastianvell1999@mail.ru

 <https://orcid.org/0009-0002-9367-8947>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 01/03/2025	После редакции 18/04/2025	Принята в печать 20/04/2025
Received 01/03/2025	Accepted in revised 18/04/2025	Accepted 20/04/2025