

Literatura

1. Orlova O.V. Aktivnoe organicheskoe veshhestvo kak reguljator processov transformacii azota i ugleroda v demovo-podzolistyh pochvah: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. – SPb., 2013. – 46 с.
2. Pochvozashhitnoe i resursosberegajushhee zemledelie: teorija i praktika. – Ankara, 2015. – 188 s.
3. Anan'eva N.D. Mikrobiologicheskie aspekty samoochishhenija i ustojchivosti pochv. – M.: Nauka, 2003.
4. Vorob'eva L.A. Teorija i praktika himicheskogo analiza pochv. – M.: GEOS, 2006. – 400 s.
5. Blagodatskij S.A., Panikov N.S. Kolichestvennaja ocenka razmerov biologicheskoj immobilizacii azota v pochvennyh mikro-organizmah // Biologicheskie nauki. – 1989. – № 8. – S. 96–102.
6. Semenov V.M., Kravchenko I.K., Ivannikova L.A. [i dr.]. Jeksperimental'noe opredelenie aktivnogo organicheskogo veshhestva pochvy prirodnyh i sel'skohozjajstvennyh jekosistem // Pochvovedenie. – 2006. – № 3. – S. 282–292.
7. Shikula N.K. Pochvozashhitnaja bespluzhnaja obrabotka polej // Sel'skoe hozjajstvo. – M., 1990. – № 3. – 64 s.
8. Chimitdorzhieva Je.O., Bodeeva E.A. Plododie chernozemov i kashtanovyh pochv Zabajkal'ja // Aktual'nye problemy jekologii, morskoy biologii i biotehnologii. – Vladivostok, 2010.



УДК 631.559:677.0161

*И.В. Кротова, И.Д. Гродницкая,
А.Н. Кузина, О.Э. Кондакова, И.В. Шишкина*

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ КОРЫ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

*I.V. Krotova, I.D. Grodnitskaya,
A.N. Kuzina, O.E. Kondakova, I.V. Shishkina*

THE RESEARCH OF WATER EXTRACT LARCH SIBERIAN BARK ANTIBACTERIAL ACTIVITY

Кротова И.В. – д-р пед. наук, канд. хим. наук, проф., зав. каф. товароведения и экспертизы товаров Торгово-экономического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: irakrotova@inbox.ru

Гродницкая И.Д. – д-р биол. наук, доц., зав. лаб. микробиологии и экологической биотехнологии ФИЦ КНЦ ИЛ СО РАН, г. Красноярск. E-mail: igrod@ksc.krasn.ru

Кузина А.Н. – асп. каф. товароведения и экспертизы товаров Торгово-экономического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: irakrotova@inbox.ru

Кондакова О.Э. – асп. ФИЦ КНЦ ИЛ СО РАН, г. Красноярск. E-mail: igrod@ksc.krasn.ru

Krotova I.V. – Dr. Ped. Sci., Cand. Chem. Sci., Prof., Head, Chair of Merchandizing and Examination of Goods, Trade and Economic Institute, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: irakrotova@inbox.ru

Grodnitskaya I.D. – Dr. Biol. Sci., Assoc. Prof., Head, Lab. of Microbiology and Ecological Biotechnology FRC KRC SB RAS FI SB RAS, Krasnoyarsk. E-mail: igrod@ksc.krasn.ru

Cuzina A.N. – Post-Graduate Student, Chair of Merchandizing and Examination of Goods, Trade and Economic Institute, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: irakrotova@inbox.ru

Kondakova O.E. – Post-Graduate student FRC KRC SB RAS FI SB, Krasnoyarsk. E-mail: igrod@ksc.krasn.ru

Шишкина И.В. – канд. хим. наук, доц. каф. товароведения и экспертизы товаров Торгово-экономического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: tei_nauka@mail.ru

Проблема утилизации отходов лесозаготовки и лесопереработки на протяжении многих десятилетий не теряет своей актуальности. Известно, что кора лиственницы сибирской обладает бактерицидными свойствами. Одним из возможных направлений использования биоцидной активности водных экстрактов коры лиственницы сибирской может явиться создание текстильных материалов с бактерицидными и фунгицидными свойствами. Ранее проведенные авторами настоящей статьи исследования красящей способности водных экстрактов коры лиственницы сибирской показали, что их применение в различной степени разведения целесообразно для окрашивания полиамидных волокон. При этом получается гамма бежево-коричневых тонов, особенно востребованная в чулочно-носочном производстве. В связи с этим целью настоящего исследования явилось изучение бактерицидной активности водных экстрактов коры лиственницы сибирской в зависимости от их концентрации и длительности хранения, а также окрашенных ими полиамидных волокон. В качестве тест-объектов использовали музейные культуры условно патогенных бактерий *Pseudomonas aeruginosa* НТСС 27885, *Klebsiella pneumonia* Т 904, *Escherichia coli* ATCC 39/21141, *Staphylococcus aureus* ATCC 25922, а также штаммы сапротрофных бактерий *Pseudomonas* sp., *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*. Условно-патогенные бактерии (3–4 класс опасности) в разной степени способны вызывать септические осложнения и отличаются повышенной устойчивостью ко многим дезинфицирующим средствам и антибиотикам. Эти бактерии являются санитарно показательными и часто встречаются при осложнениях различных заболеваний в клиниках. Сапротрофные бактерии обладают антагонистической активностью ко многим микроорганизмам (например к фитопатогенным). Они часто встречаются в почве, воде,

Shishkina I.V. – Cand. Chem. Sci., Assoc. Prof., Chair of Merchandizing and Examination of Goods, Trade and Economic Institute, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: tei_nauka@mail.ru

на продуктах питания, где, развиваясь в больших количествах, способны вызывать их порчу. Показано, что не только экстракты, но и сухой концентрат полифенольного комплекса коры лиственницы сибирской, разбавленный дистиллированной водой до максимально возможной концентрации, сдерживает рост всех тестируемых бактерий на протяжении 72 часов. Срок хранения исследованных водных экстрактов влияет на их бактерицидную активность. Установлено, что через 120 суток она сохраняется лишь по отношению к двум из четырех исследованных условно патогенных тест-культур (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*). По отношению к сапротрофным бактериям биоцидная активность экстрактов коры лиственницы сибирской не меняется. Полиамидное волокно, окрашенное исследуемыми экстрактами, проявляет бактерицидную активность только по отношению к культуре *Bacillus amyloliquefaciens*. Причем данное свойство сохраняется и после пяти стирок, что позволяет рекомендовать обработанные полиамидные нити в качестве сырья для изготовления чулочно-носочных изделий с антимикробными свойствами.

Ключевые слова: кора лиственницы, экстракция, условно-патогенные бактерии, сапротрофные бактерии, бактерицидная активность, полиамидное волокно.

The problem of utilization of timber processing and timber cutting waste has not lost its relevance for many decades. It is known that the bark of Siberian larch has bactericidal properties. One of possible applications of using biocidal activity of water extracts of Siberian larch bark is the creation of textile materials with bactericidal and fungicidal properties. The researches of the painting ability of water extracts of Siberian larch bark conducted earlier by the authors of the present study showed that their application in various extent of cultivation is expedient for coloring of polyamide fibers. Thus

the scale of beige-brown tones especially demanded in hosiery production turns out. In this regard the purpose of the real research was studying of bactericidal activity of water extracts of bark of a Siberian larch depending on their concentration and storage period, and also polyamide fibers painted by them. As test objects museum cultures of conditionally pathogenic bacteria of Pseudomonas aeruginosa HTCC 27885, Klebsiella pneumonia T 904, Escherichia coli ATCC 39/21141, Staphylococcus aureus ATCC 25922, as well as strains of saprotrophic bacteria Pseudomonas sp., Bacillus subtilis, Bacillus amyloliquefaciens were used as test objects. Opportunistic bacteria (hazard class 3–4) are able to cause septic sequel and are highly resistant to many disinfectants and antibiotics. These bacteria are sanitary-indicatory microorganisms and are often found in complications of various diseases in clinics. Saprotrophic bacteria have antagonistic activity to many microorganisms (for example, to phytopathogenic ones). They are often found in soil, water, on food in large numbers, are capable to cause damage. It is shown that not only extracts, but also dries and concentrate polyphenolic Siberian larch bark complex, diluted with distilled water to maximum possible concentration, inhibits the growth of all tested bacteria tested for 72 hours. The shelf life of investigated water extracts influences their bactericidal activity. It was found out that after 120 days it remains only in relation to two of four studied conditionally pathogenic bacteria test cultures (Escherichia coli, Staphylococcus aureus). With respect to saprotrophic bacteria, biocidal activity of the extracts of Siberian larch bark does not change. The polyamide fiber dyed by studied extracts, exhibits bactericidal activity only towards Bacillus amyloliquefaciens culture. And this property is retained after five washes. And this property remains and after five washings that allows to recommend the processed polyamide threads as raw materials for production of hosiery with antimicrobial properties.

Keywords: larch bark, extraction, opportunistic bacteria, saprotrophic bacteria, bactericidal activity, polyamide fiber.

Введение. Промышленное использование древесины лиственницы сибирской ежегодно

дает около 45 млн м³ коры [1], которая в незначительных количествах используется на сжигание и в сельском хозяйстве [2]. Основную же массу отходов окорки вывозят в отвалы, отсутствие утилизации которых приводит к значительным экологическим проблемам. В связи с этим остро встает вопрос переработки коры в практически полезные продукты.

Известно, что кора лиственницы сибирской обладает бактерицидными свойствами. Неслучайно из этой биомассы получается превосходная мульча, которая не загнивает и помогает поддерживать оптимальную влажность почвы. Кроме того, установлено, что водные экстракты из компостированной коры лиственницы сибирской обладают биологической активностью [3]. Другим возможным направлением использования биоцидной активности водных экстрактов коры лиственницы сибирской может явиться создание текстильных материалов с бактерицидными и фунгицидными свойствами.

В настоящее время известны различные технологии придания биоцидных свойств текстильным материалам, такие как заключительная отделка (аппретирование), инъекционная обработка, прививка активного вещества [4]. Однако, как отмечают специалисты, при разработке материалов с антимикробными свойствами необходимо учитывать тот факт, что многие биоциды могут оказывать вредное воздействие на организм человека [5].

В связи с этим поиск веществ, обладающих противомикробными свойствами и в то же время не вызывающих аллергических и сенсибилизирующих реакций организма, является важной задачей.

Проведенные нами исследования красящей способности водных экстрактов коры лиственницы сибирской показали, что их применение в различной степени разведения целесообразно для окрашивания полиамидных волокон [6]. При этом получается гамма бежево-коричневых тонов, особенно востребованная в чулочном производстве.

Цель исследования: изучение бактерицидной активности водных экстрактов коры лиственницы сибирской в зависимости от их концен-

трации и длительности хранения, а также окрашенных ими полиамидных волокон.

Задачи исследования:

1. Изучить антибактериальную активность водных экстрактов коры лиственницы сибирской различной концентрации (100, 50, 20, 10 %) по отношению к условно патогенным и сапротрофным микроорганизмам.

2. Исследовать влияние срока хранения анализируемых водных экстрактов на их биоцидную активность.

3. Выявить наличие антибактериальной активности полиамидных нитей, окрашенных водным экстрактом коры лиственницы сибирской, и исследовать сохраняемость данного свойства после 1, 5 и 10 стирок.

Объекты и методы исследования. В качестве исходного сырья использовалась кора лиственницы сибирской (*Larix sibirica* L.), измельченная до фракции 1–3 мм и отобранная методом квартования.

Для изучения бактерицидной активности водного экстракта исследуемую биомассу заливали дистиллированной водой в соотношении 1:50 и кипятили с обратным холодильником в течение часа. После охлаждения полученный экстракт фильтровали через бумажный фильтр (белая лента).

В качестве тест-объектов использовали музейные культуры условно патогенных бактерий *Pseudomonas aeruginosa* NTCC 27885, *Klebsiella pneumoniae* T 904, *Escherichia coli* ATCC 39/21141, *Staphylococcus aureus* ATCC 25922, полученные из Всероссийской коллекции микроорганизмов и ГИСК им. Тарасевича, и штаммы сапротрофных бактерий *Pseudomonas sp.*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* из коллекции микроорганизмов Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (г. Красноярск). Условно-патогенные бактерии (3–4 класс опасности) в разной степени способны вызывать септические осложнения и отличаются повышенной устойчивостью ко многим дезинфицирующим средствам и антибиотикам. Эти бактерии являются санитарно-показательными и часто встречаются

при осложнениях различных заболеваний в клиниках. Сапротрофные бактерии обладают антагонистической активностью ко многим микроорганизмам (например к фитопатогенным). Они часто встречаются в почве, воде, на продуктах питания, где, развиваясь в больших количествах, способны вызывать их порчу.

Бактерии выращивали на плотной питательной среде – мясо-пептонном агаре (МПА) в течение 20 часов. Затем микробную массу смывали физиологическим раствором и готовили рабочую суспензию по оптическому стандарту мутности 10 единиц (ориентировочно она содержит 10^9 КОЕ/мл). Из полученной взвеси готовили 10-кратные разведения до концентрации 10^7 КОЕ/мл и вносили по 0,1 мл в 5 мл исследуемого экстракта и его разведений. Таким образом, микробная нагрузка составляла $1 \cdot 10^6$ КОЕ/мл. Культуры бактерий в исследуемых экстрактах инкубировали в течение суток при комнатной температуре (22–23 °С), затем в течение 3–5 суток при температуре 27–29 °С. Посевы сопровождались контролем стерильности экстрактов и физиологического раствора. Для определения наличия роста микроорганизмов пробирки с экстрактами просматривали в проходящем свете. О росте микроорганизмов судили по наличию бактериальной пленки, осадка, помутнению исследуемых препаратов.

С целью изучения антибактериальной активности полиамидных нитей, окрашенных водным экстрактом коры лиственницы сибирской, в чашках Петри на МПА засеивали газон тест-руемые культуры. На засеянную поверхность укладывали нити (по 5–7 кусочков на чашку). Затем чашки инкубировали при 27 °С в термостате. Учитывали результаты опыта на 5-е сутки. Наблюдения проводили в трехкратной повторности.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты исследования антимикробной активности водных экстрактов коры лиственницы сибирской на выбранные тест-культуры представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Влияние водного экстракта коры лиственницы на условно патогенные бактерии*

Исследуемый препарат	<i>K. pneumonia</i>		<i>P. aeruginosa</i>		<i>S. aureus</i>		<i>E. coli</i>	
	22 ч	72 ч	22 ч	72 ч	22 ч	72 ч	22 ч	72 ч
Свежеприготовленный экстракт	-	-	-	-	-	-	-	-
Свежеприготовленный экстракт в разведении 1:1	-	+	-	+	-	+	-	+
Свежеприготовленный экстракт в разведении 1:5	-	+	-	-	-	-	-	+
Свежеприготовленный экстракт в разведении 1:10	-	-	-	-	-	-	+	-
Препарат из сухого концентрата	-	-	-	-	-	-	-	-
Экспозиция экстракта 1 сутки	+	++	-	++	-	+	-	+
Экспозиция экстракта 20 суток	+	++	+	++	-	+	-	+
Экспозиция экстракта 120 суток	-	+	-	+	-	-	-	-

* «+» – наличие роста тест-культур; «-» – отсутствие роста тест-культур.

Таблица 2

Влияние водного экстракта коры лиственницы на сапротрофные бактерии*

Исследуемый препарат	<i>Ps. sp</i>		<i>Bac. subtilis</i>		<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	
	22 ч	72 ч	22 ч	72 ч	22 ч	72 ч
Свежеприготовленный экстракт	-	-	-	-	-	-
Свежеприготовленный экстракт в разведении 1:1	-	-	-	-	-	-
Свежеприготовленный экстракт в разведении 1:5	-	-	-	-	-	-
Свежеприготовленный экстракт в разведении 1:10	-	-	-	-	-	-
Препарат из сухого концентрата	-	-	-	-	-	-
Экспозиция экстракта 1 сутки	-	+	-	+	-	++
Экспозиция экстракта 20 суток	-	+	-	+	-	+
Экспозиция экстракта 120 суток	-	-	-	+	-	+

* «+» – наличие роста тест-культур; «-» – отсутствие роста тест-культур.

В ходе проведенных микробиологических исследований установлено, что 100 % экстракт и его разведения (1:1, 1:5 и 1:10) сдерживают рост всех тестируемых культур в течение 22 часов. При этом бактерицидная активность экстракта и его разведений держится в течение 3 суток по отношению к сапротрофным бактериям, а по отношению к условно-патогенным бактериям в разведениях на третьи сутки отмечено появление пленки и осадка. Сухой концентрат, разбав-

ленный дистиллированной водой до максимально возможной концентрации, сдерживал рост всех тестируемых бактерий на протяжении трех суток.

Суточный и 20-суточный экстракты красителя на развитие культур *Klebsiella pneumoniae* и *Pseudomonas aeruginosa* не оказывали бактерицидного действия. В пробирках отмечено помутнение, наличие обильного хлопьевидного осадка. Кроме того, эти же препараты на третьи

сутки не сдерживали роста и других тестируемых бактерий.

На развитие *Klebsiella pneumoniae* разведения водного экстракта коры лиственницы сибирской (кроме 100 % экстракта) мало повлияли. Это можно объяснить тем, что в отличие от других культур *Klebsiella pneumoniae* по своей морфологии имеет капсульную форму, способствующую ее большей устойчивости. По-видимому, в связи с этим *Klebsiella pneumoniae* не испытывает угнетающего действия фитопрепарата и способна развиваться при любых концентрациях.

Бактерицидная активность свежеекрашенного полиамидного волокна, а также после одной и пяти стирок проявилась по отношению к культуре *Bacillus amyloliquefaciens*. Зона отсутствия роста бактерий составляла от 2 до 5 мм. На другие бактерии окрашенные нити не оказывали подобного действия, т. е. не сдерживали рост тест-культуры.

Выводы

1. Свежеприготовленные водные экстракты коры лиственницы сибирской обладают биоцидной активностью по отношению к условно патогенным бактериям в течение 22 часов, а к сапротрофным бактериям – в течение 72 часов.

2. Срок хранения исследованных водных экстрактов влияет на их бактерицидную активность. Установлено, что через 120 суток она сохраняется лишь по отношению к двум из четырех исследованных условно-патогенных тест-культур (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*). По отношению к сапротрофным бактериям биоцидная активность экстрактов коры лиственницы сибирской не меняется.

3. Сухой концентрат полифенольного комплекса коры лиственницы сибирской, разбавленный дистиллированной водой до максимально возможной концентрации, сдерживает рост всех тестируемых бактерий на протяжении 72 часов.

4. Полиамидное волокно, окрашенное исследуемыми экстрактами, проявляет бактерицидную активность только по отношению к культуре *Bacillus amyloliquefaciens*. Причем данное свойство сохраняется и после пяти стирок, что позволяет рекомендовать обработанные полиамидные нити в качестве сырья для изготовле-

ния чулочно-носочных изделий с антимикробными свойствами.

Литература

1. Житков А.В. Утилизация древесной коры. – М., 1985. – 135 с.
2. Беседина И.Н., Симкин Ю.Я., Петров В.С. Получение углеродных материалов из отходов сухой окорки лиственницы сибирской. Особенности отходов сухой окорки как сырья для получения углеродных материалов // Химия растительного сырья. – 2002. – № 2. – С. 63–66.
3. Ульянова О.А., Тарабанько В.Е. Изучение биологической активности водных экстрактов из коры лиственницы и компостов на ее основе // Вестн. КрасГАУ. – 2009. – № 6. – С. 93–97.
4. Дянкова Т.Ю., Труевцева О.А., Кармазина Д.Д. Оценка биоцидных свойств текстильных материалов различными методами // Технология легкой промышленности. – 2015. – № 4. – С. 52–56.
5. Разуваев А.В. Биоцидная отделка текстильных материалов // Рынок легкой промышленности. – 2009. – № 64. – С. 22–25.
6. Кротова И.В., Кондратюк Т.А., Шишкина И.В. и др. Возможности комплексного использования коры лиственницы сибирской // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сб. ст. IV Междунар. науч. эколог. конф. (Краснодар, 24–25 марта 2015 г.). – Краснодар, 2015. – Ч. 1. – С. 125–129.

Literatura

1. Zhitkov A.V. Utilizacija drevesnoj kory. – M., 1985. – 135 s.
2. Besedina I.N., Simkin Ju.Ja., Petrov V.S. Poluchenie uglerodnyh materialov iz othodov suhoj okorki listvennicy sibirskoj. Osobennosti othodov suhoj okorki kak syr'ja dlja poluchenija uglerodnyh materialov // Himija rastitel'nogo syr'ja. – 2002. – № 2. – S. 63–66.
3. Ul'janova O.A., Taraban'ko V.E. Izuchenie biologicheskoj aktivnosti vodnyh jekstraktov iz kory listvennicy i kompostov na ejo osnove // Vestn. KrasGAU. – 2009. – № 6. – S. 93–97.

4. *Djankova T.Ju., Truevceva O.A., Karmazina D.D.* Ocenka biocidnyh svojstv tekstil'nyh materialov razlichnymi metodami // *Tehnologija legkoj promyshlennosti.* – 2015. – № 4. – S. 52–56.
5. *Razuvaev A.V.* Biocidnaja otelka tekstil'nyh materialov // *Rynok legkoj promyshlennosti.* – 2009. – № 64. – S. 22–25.
6. *Krotova I.V., Kondratjuk T.A., Shishkina I.V.* i dr. Vozmozhnosti kompleksnogo ispol'zovaniya kory listvennicy sibirskoj // *Problemy rekul'tivacii othodov byta, promyshlennogo i sel'skhozajstvennogo proizvodstva: sb. st. IV Mezhdunar. nauch. jekolog. konf. (Krasnodar, 24–25 marta 2015 g.).* – Krasnodar, 2015. – Ch. 1. – S. 125–129.

