

Оценка антибактериальной активности экстрактов коры *Betula pendula* (березы повислой) в отношении уропатогенных микроорганизмов

Ю. В. ЧАПУРИН, *М. Д. А. МБАРГА, А. Н. СЕНЯГИН,
И. В. ПОДОПРИГОРА, РЕХАЙЛИЯ МАНАР

Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация

Evaluation of the Antibacterial Activity of Extracts of *Betula Pendula* (Silver Birch) Bark Against Uropathogenic Microorganisms

YURI V. CHAPURIN, *MBARGA MANGA JOSEPH ARSEN, ALEXANDER N. SENYAGIN,
IRINA V. PODOPRIGORA, MANAR REHAILIA

RUDN University, Moscow, Russian Federation

Резюме

Цель: оценить антибактериальную активность водного и спиртового экстрактов коры *Betula pendula* (березы повислой) в отношении различных микроорганизмов, вызывающих инфекции мочевыводящих путей.

Материал и методы. Были протестированы водный и этанольный экстракты биологически активных соединений из коры *Betula pendula* в отношении десяти клинических уропатогенных штаммов (грамположительные бактерии — *Kocuria rhizophila* 1542, *Staphylococcus simulans* 5882, *Enterococcus avium* 1669, *Enterococcus faecalis* 5960 и *Corynebacterium* spp. 1638; грамотрицательные бактерии — *Enterococcus cloacae*, *Morganella morganii* 6392, *Escherichia coli* 1449, *Serratia mangesens* 6441 и *Achromobacter xylosoxidans* 4892). *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 и *Escherichia coli* ATCC 25922 использовали как референс-стандарты грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов. Чувствительность опытных штаммов к антибиотикам оценивали диско-диффузионным методом Кирби–Бауэра, в то время как антибактериальную активность полученных экстрактов оценивали с использованием метода диффузии в агар. Также определили минимальную подавляющую концентрацию (МПК) и минимальную бактерицидную концентрацию (МБК) методом серийных разведений.

Результаты. Кора *B. pendula* содержала 78,85% сухого вещества. Объёмный выход водного (АЕ) и этанольного экстрактов (ЕЕ) составлял 74,66% и 86,66% (об./об.), соответственно, тогда как их массовые выходы составляли 6,59% и 10,65% (мас./мас.). *K. rhizophila* 1542 и *Corynebacterium* spp. 1638 были наиболее устойчивыми бактериями с индексом множественной лекарственной устойчивости 0,45. АЕ и ЕЕ были активны в отношении всех тестируемых микроорганизмов. МПК АЕ варьировала от 8 до 32 мг / мл, тогда как МПК — от 2 до 16 мг / мл.

Заключение. Водный экстракт коры *Betula pendula* проявляет слабую антимикробную активность, тогда как этанольный экстракт проявляет более выраженную антимикробную активность, но обладает бактериостатическим действием.

Ключевые слова: *Betula pendula*; береза повислая; антибактериальное средство; инфекции мочевыводящих путей; растительные антибиотики

Для цитирования: Чапурин Ю. В., Мбарга М.Д.А., Сенягин А. Н., Подопригора И. В., Манар Рехайлия. Оценка антибактериальной активности экстрактов коры *Betula pendula* (березы повислой) в отношении уропатогенных микроорганизмов. *Антибиотики и химиотерапия*. 2022; 67: 3–4: 29–35. doi: 10.37489/0235-2990-2022-67-3-4-29-35.

Abstract

The aim of this work was to evaluate the antibacterial activity of the aqueous and ethanolic extracts of *Betula pendula* (silver birch) bark against various microorganisms causing urinary tract infections.

Material and methods. Aqueous and ethanol extracts of biologically active compounds from *Betula pendula* bark were tested against ten clinical uropathogenic strains (gram-positive bacteria — *Kocuria rhizophila* 1542, *Staphylococcus simulans* 5882, *Enterococcus avium* 1669, *Enterococcus faecalis* 5960, and *Corynebacterium* spp. 1638; gram-negative bacteria — *Enterococcus cloacae*, *Morganella morganii* 6392, *Escherichia coli* 1449, *Serratia mangesens* 6441, and *Achromobacter xylosoxidans* 4892). *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 and *Escherichia coli* ATCC 25922 were used as reference standards for Gram-positive and Gram-negative microorganisms. The sensitivity of the experimental strains to the antibiotic was evaluated by the Kirby–Bauer disk diffusion method, while the antibacterial activity of the obtained extracts was evaluated using the agar diffusion method. The minimum inhibitory concentration (MIC) and the minimum bactericidal concentration (MBC) were also determined via the serial dilution method.

© Коллектив авторов, 2022

*Адрес для корреспонденции: ул. Миклухо-Маклая, 6,
РУДН, г. Москва, Российская Федерация, 117198.
E-mail: josepharsenembarga@yahoo.fr

© Team of Authors, 2022

*Correspondence to: 6 Miklukho-Maklaya st., RUDN University, Moscow, 117198 Russian Federation.
E-mail: josepharsenembarga@yahoo.fr

Results. The bark of *B.pendula* contained 78.85% of dry matter. The volume yield of the aqueous (AE) and ethanol extract (EE) was 74.66% and 86.66% (v/v), respectively, while their mass yields were 6.59% and 10.65% (w/w). *K.rhizophila* 1542 and *Corynebacterium* spp. 1638 were the most resistant bacteria with a multidrug resistance index of 0.45. AE and EE were active against all microorganisms tested. MIC of AE ranged from 8 to 32 mg/ml, while MIC of EE ranged from 2 to 16 mg/ml. **Conclusion.** An aqueous extract of *Betula pendula* bark exhibits weak antimicrobial activity, while the ethanol extract exhibits a more pronounced antimicrobial activity, but has a bacteriostatic effect.

Keywords: *Betula pendula*; silver birch; antibacterial agent; urinary tract infections; herbal antibiotics.

For citation: Chapurin Y. V., Mbarga M. J. A., Senyagin A. N., Podoprigora I. V., Manar Rehaila. Evaluation of the antibacterial activity of extracts of *Betula pendula* (Silver birch) bark against uropathogenic microorganisms. *Antibiotiki i Khimioter = Antibiotics and Chemotherapy*. 2022; 67: 3–4: 29–35. doi: 10.37489/0235-2990-2022-67-3-4-29-35.

Введение

Инфекции мочевыводящих путей (ИМП) — широко распространённые инфекции, представляя собой существенную проблему для общественного здравоохранения и являются причиной почти 150 млн случаев заболевания ежегодно во всем мире [1]. ИМП возникают на любом уровне мочевыделительной системы: ИМП чаще возникают у женщин [2]. Обычно возбудители, вызывающие ИМП, легко поддаются антибактериальной терапии [3], однако, к сожалению, антибиотикорезистентность, приобретающая всё более широкое распространение в последние десятилетия, значительно усложнила лечение этих инфекций. В нескольких последних исследованиях сообщалось о значительном повышении устойчивости уропатогенных бактерий к антибиотикам и беспрецедентном количестве бактерий с множественной лекарственной устойчивостью во всем мире [4, 5]. Чтобы скорректировать эту опасную ситуацию, исследовательские группы всего мира постоянно оценивают возможность использования альтернативных веществ, лекарственные растения показывают наиболее убедительные доказательства своей эффективности, учитывая то, что растения многими тысячелетиями использовались для профилактики и лечения заболеваний, включая и лечение ИМП [6]. В этом контексте такие широко распространённые (и поэтому доступные) растения, как *Betula pendula*, заслуживают пристального исследования на предмет их антибактериальных свойств.

Цель работы — оценка антибактериальных свойств спиртового и водного экстрактов коры *B.pendula* в отношении некоторых бактерий, ассоциированных с инфекциями мочевыводящих путей.

Материал и методы

Растительный материал. В качестве растительного материала в этом исследовании использовалась внутренняя кора берёзы повислой (*Betula pendula*), отобранной случайным образом. После сбора образцы были высушены при 37°C до постоянной массы, затем рассчитывали массу сухих образцов; измельчали до частиц менее 1 мм для дальнейшего использования.

Бактериальные штаммы, использованные для теста на антимикробную активность: 5 грамположительных — *Kocuria rhizophila* 1542, *Staphylococcus simulans* 5882, *Enterococcus avium* 1669, *Enterococcus faecalis* 5960 и *Corynebacterium* spp. 1638 и 5 грамотрицательных микроорганизмов — *Enterococcus cloacae* 6392, *Morganella morganii* 1543, *Escherichia coli*, *Achromobacter xylosoxidans* 4892). *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 и *Escherichia coli* ATCC 25922 использовали как стандартные грамположительные и грамотрицательные, соответственно. Все штаммы предоставлены кафедрой микробиологии и вирусологии Российского университета дружбы народов.

Химические вещества и питательные среды. Диметилсульфоксид (ДМСО) был приобретён в BDH Laboratories (VWR International Ltd., США), также использовали питательную среду BHI (HiMedia™ Laboratories Pvt. Ltd., Индия), агар Мюллера-Хинтона (MHA HiMedia™ Laboratories Pvt. Ltd., Индия), бульон Sabouraud Dextrose Broth (SDB, HiMedia™ Laboratories Pvt. Ltd., Индия).

Экстракция активных соединений. Для экстракции активных соединений из растений использовали раствор этанола (80%, об./об.) и дистиллированную воду. К 30 г измельчённого растительного материала добавляли 270 мл растворителя, плотно закупоривали и встряхивали на шейкер-инкубаторе (Heidolph Inkubator 1000 в сочетании с Heidolph Unimax 1010, Германия) при температуре 37°C и 300 об/мин в течение 24 ч. Далее смеси подвергали вакуумной фильтрации с использованием фильтровальной бумаги Whatman № 1, после чего концентрировали при 40°C в роторном испарителе (IKA RV8), оборудованном водяной баней IKA HB10 (IKA Werke, Staufen, Германия) и вакуумным насосом IKA. MVP10 (IKA Werke, Штауфен, Германия). Когда объём был достаточно мал, чтобы избежать потерь, предварительно взвешенные экстракты помещали в чашки Петри, затем инкубировали в открытом виде при 40°C до полного испарения жидкости. Окончательно высушенные неочищенные экстракты взвешивали. Объём экстракции и массовый выход определяли по формулам:

$$\text{Объёмный выход (\%)} = \frac{\text{Объём экстракта после фильтрации (мл)}}{\text{Начальный объём растворителя (мл)}} \times 100$$

$$\text{Выход массы (\%)} = \frac{\text{Масса извлечённых растительных материалов (г)}}{\text{Масса образца растительного сырья (г)}} \times 100$$

Приготовление антимикробного раствора. Неочищенный растительный экстракт растворяли в рассчитанном объёме ДМСО (5%, об./об.) для получения растворов в концентрации 128 мг/мл. Экстракты стерилизовали методом микрофильтрации на мембране (размер пор фильтра 0,22 мкм). Полученный раствор использовали для приготовления различных разведений, используемых в опытах.

Приготовление инокулята. Бактерии культивировали в течение 24 ч при 37°C в 10 мл бульона BHI. После инкубации клетки осаждали центрифугированием (7000 g при температуре 4°C, 10 мин), дважды промывали стерильным физиологическим раствором, а затем ресуспендировали в 5 мл стерильного физиологического раствора до достижения концентрации, эк-

Таблица 1. Сухое вещество, содержание воды, объём и масса экстракции коры *Betula pendula*
Table 1. Dry matter, water content, volume, and weight of *Betula pendula* bark extract

Показатель	Водный экстракт	Этанольный экстракт
Сухое вещество, %	78,85	
Содержание воды, %	21,15	
Объёмный выход, %	74,66	86,66
Массовый выход, %	6,59	10,65

вивалентной 0,5 по стандарту МакФарланда, с использованием денситометра МакФарланда DEN-1 (Грант-био).

Оценка чувствительности тест-бактерий к антибиотикам. Для изучения профиля антибиотикорезистентности каждого штамма бактерий использовали ранее описанный модифицированный диско-диффузный метод Кирби–Бауэра [7]. Использовали следующие антибиотики: амоксициллин — 30 мкг/диск; ампициллин (AMP) — 25 мкг/диск; цефазолин (CAZ) — 30 мкг/диск; цефазолин/клавулановая кислота (CAC) — 30/10 мкг/диск; цефтриаксон (CTR) — 30 мкг/диск; ципрофлоксацин (CIP) — 30 мкг/диск; фосфомицин (FO) — 200 мкг/диск; имипенем (IMP) — 10 мкг/диск; нитрофурантоин (NIT) — 200 мкг/диск; тетрациклин (TE) — 30 мкг/диск и триметоприм (TR) — 30 мкг/диск. Зоны задержки роста были измерены и интерпретированы согласно [8]. Определяли минимальную подавляющую концентрацию (МПК), минимальную бактерицидную концентрацию (МБК) экстрактов, а также соотношение МБК/МПК.

Характеристика антибактериальной активности экстрактов определялась соотношением МБК/МПК, указывающим на бактерицидное (МБК/МПК≤4) или бактериостатическое (МБК/МПК≥16) действие в отношении тестируемых штаммов [9].

Результаты и обсуждение

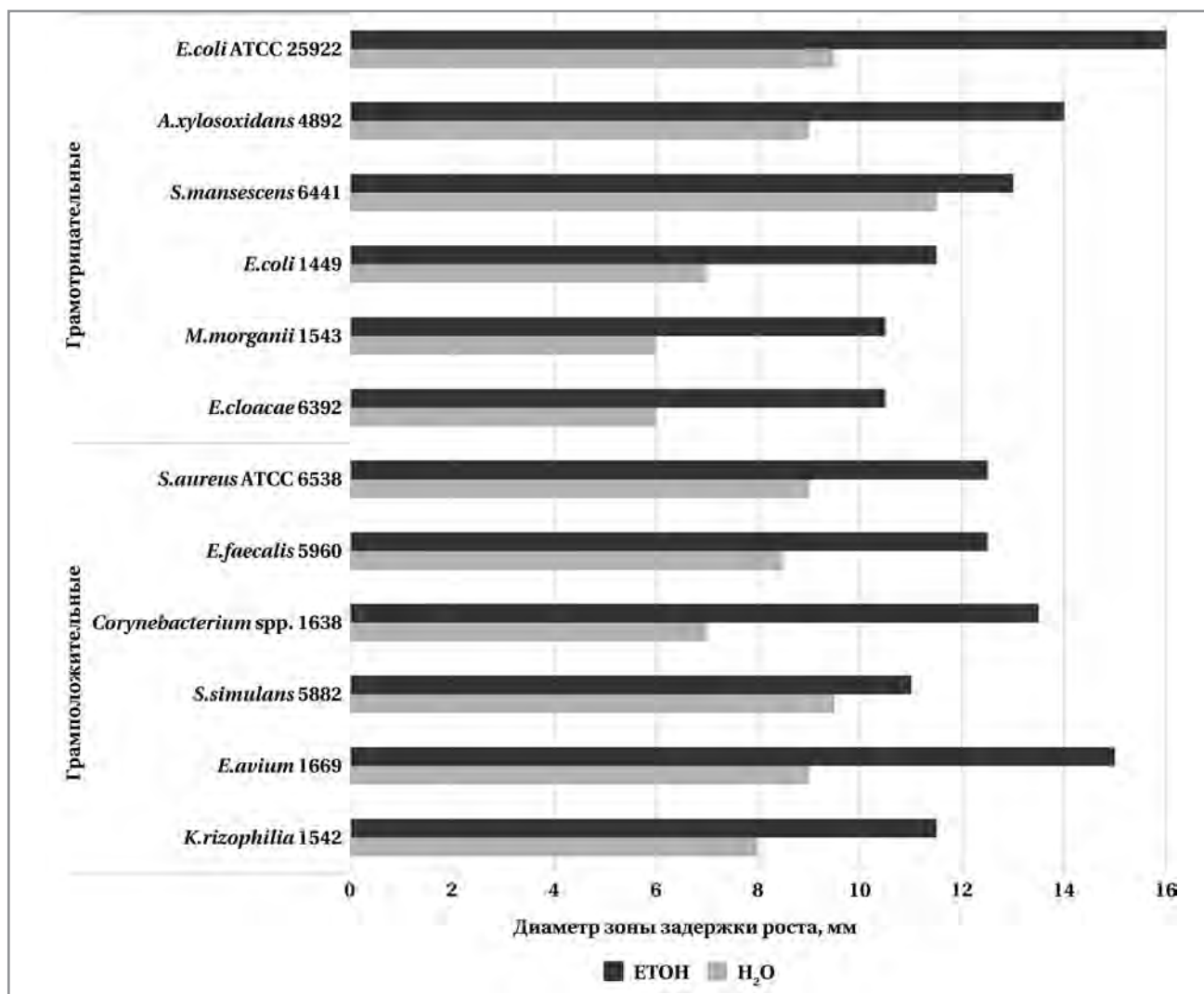
Сухое вещество и выход экстракции. Сухое вещество, содержание воды, массовые выходы и объём водного (АЕ) и этанольного (ЕЕ) экстрактов коры *Betula pendula* представлены в табл. 1. Кора *B. pendula* имела содержание сухого вещества 78,85%. Мы получили объёмный выход экстракции 74,66% с дистиллированной водой в качестве растворителя и 86,66% — с этанолом. Разницу в объёмах экстракции можно объяснить потерями в процессе экстракции и разными свойствами растворителей. Как сообщает М. М. J. Arsene и соавт. [10], что фильтрация этанольных экстрактов была быстрее (менее 5 мин для 300 мл) по сравнению с водным экстрактом, который занимал намного больше времени (более 50 мин в среднем для 300 мл) и требовал 6 замен фильтров. Несмотря на фильтрацию, АЕ все ещё оставался мутным, в то время как ЕЕ был полностью прозрачным. Некоторые авторы [10–12] сообщили о аналогичных наблюдениях, в то время как другие [13, 14] пришли к противоположным результатам. Поэтому, как указали М. М. J. Arsene и соавт. [10] в своей недавней работе, эффективность экстракции зависит от нескольких факторов, включая использованный метод, время экстракции, растворители и исполь-

Таблица 2. Профиль резистентности тестируемых уропатогенных бактерий к антибиотикам
Table 2. Antibiotic resistance profile of tested uropathogenic bacteria

Микроорганизмы	NIT	TE	CTR	AMC	FO	CAZ	IPM	CAC	CIP	AMP	TR	MDR
Грамположительные												
<i>K. rhizophila</i> 1542	10±0(R)	13±0(R)	22±0(S)	22±1(S)	28±2(S)	10±0(R)	23±1(S)	6±0(R)	30±1(S)	13±1(R)	21±2(S)	0,45
<i>E. avium</i> 1669	21±1(S)	6±0(R)	30±4(S)	25±3(S)	31±3(S)	23±1(S)	27±4(S)	24±2(S)	15±0(R)	6±0(R)	6±0(R)	0,36
<i>S. simulans</i> 5882	23±1(S)	20±2(S)	19±1(S)	27±3(S)	38±4(S)	11±0(R)	34±3(S)	11±0(R)	26±2(S)	6±0(R)	20±2(S)	0,27
<i>Corynebacterium</i> spp. 1638	20±0(S)	32±4(S)	32±5(S)	36±2(S)	14±1(R)	6±0(R)	27±2(S)	6±0(R)	26±1(S)	9±0(R)	10±0(R)	0,45
<i>E. faecalis</i> 5960	21±1(S)	11±0(R)	22±1(S)	27±1(S)	31±3(S)	17±1(I)	24±2(S)	6±0(R)	32±3(S)	6±0(R)	6±0(R)	0,36
<i>S. aureus</i> ATCC 6538	22±1(S)	32±3(S)	30±2(S)	35±4(S)	38±2(S)	25±1(S)	28±3(S)	25±2(S)	32±0(S)	20±1(S)	31±2(S)	0,00
Грамотрицательные												
<i>E. cloacae</i> 6392	21±2(S)	6±0(R)	30±4(S)	25±1(S)	31±4(S)	23±0(S)	27±2(S)	24±3(S)	15±0(R)	6±0(R)	6±0(R)	0,36
<i>M. morganii</i> 1543	15±0(I)	6±0(R)	33±2(S)	17±1(I)	13±0(R)	23±1(S)	22±0(S)	23±1(S)	22±2(S)	10±0(R)	6±0(R)	0,36
<i>S. marcescens</i> 6441	12±0(R)	17±0(S)	23±2(S)	23±1(S)	30±2(S)	21±1(S)	33±3(S)	21±1(S)	30±4(S)	10±0(R)	22±2(S)	0,18
<i>A. xylosoxidans</i> 4892	6±0(R)	11±0(R)	23±2(S)	36±4(S)	6±0(R)	16±0(I)	32±3(S)	16±1(I)	20±2(I)	20±1(S)	6±0(R)	0,36
<i>A. xylosoxidans</i> 4892	6±0(R)	11±0(R)	23±2(S)	36±4(S)	6±0(R)	16±0(I)	32±3(S)	16±1(I)	20±2(I)	20±1(S)	6±0(R)	0,36
<i>E. coli</i> ATCC 25922	21±3(S)	30±2(S)	24±1(S)	20±1(S)	40±4(S)	18±1(I)	32±2(S)	16±1(I)	24±0(S)	26±0(S)	24±0(S)	0,00

Примечание. AMC — амоксициллин; AMP — ампициллин; CAZ — цефазолин/клавулановая кислота; CIP — цефтриаксон; CTR — ципрофлоксацин; FO — фосфомицин; IMP — имипенем; NIT — Нитрофурантоин; TE — тетрациклин; TR — триметоприм. MDR — множественная лекарственная устойчивость. R — устойчивые; I — промежуточные; S — чувствительные.

Note. AMC — amoxicillin; AMP — ampicillin; CAZ — cefazolin/ clavulanic acid; CIP — ciprofloxacin; CTR — ceftazidime; CTR — ceftazidime; CTR — ciprofloxacin; FO — fosfomicin; IMP — imipenem; NIT — Nitrofurantoin; TE — tetracycline; TR — trimethoprim; MDR — multiple drug resistance. R — resistant; I — intermediate; S — susceptible.



Диаметр зоны задержки роста этанолового и водного экстракта коры *Betula pendula* в отношении уропатогенных бактерий

Growth inhibition zone diameter of the ethanolic and aqueous extracts of *Betula pendula* bark in relation to uropathogenic bacteria

зующее оборудование. Кроме того, авторы также заметили, что высокие выходы фитоконпонента не обязательно подразумевают выраженную антибактериальную активность, и это было дополнительно оценено в настоящей работе.

Чувствительность клинических штаммов к антибиотикам. В данной работе был использован диско-диффузионный метод Кирби–Бауэра для оценки чувствительности используемых бактериальных штаммов к одиннадцати препаратам. Был рассчитан индекс множественной лекарственной устойчивости (МЛУ/MDR). Результаты оценки чувствительности штаммов к антибиотикам представлены в табл. 2. Как показано в табл. 2, все штаммы бактерий не имели устойчивости к амоксициллину, имипенему и цефтриаксону, в то время как 8/11 были устойчивы к ампициллину, 7/11 — к триметоприму, 7/11 — к тетрациклину, 4/11 — цефазолину/клавулановой кислоте,

фосфомоцину и нитрофурантоину, 3/11 — к цефтазидиму и 2/12 — к ципрофлоксацину. Оба референс-штамма бактерий *E.coli* ATCC 25922 и *S.aureus* ATCC 6538 были чувствительны ко всем антибиотикам, в то время как клинические штаммы были устойчивы, по крайней мере, к одному из взятых антибиотиков. Среди клинических штаммов множественная лекарственная устойчивость (МЛУ/MDR) колеблется от 0,18 до 0,45. *K.rizophilis* 1542 и *Corynebacterium* spp. 1638 были наиболее устойчивыми штаммами с МЛУ 0,45 у каждого. Результаты, полученные с этими клиническими штаммами, аналогичны результатам других исследований [4, 5]. Наиболее выраженная устойчивость наблюдалась к ампициллину, не наблюдалось устойчивости к амоксициллину/клавулановой кислоте. Как и в наших результатах, в других исследованиях сообщается о низкой устойчивости уропатогенов к имипенему и цефтриаксону [5, 15].

Таблица 3. МПК и МБК водных и этанольных экстрактов коры *Betula pendula* в отношении тестируемых уропатогенных бактерий**Table 3. MIC and MBC of *Betula pendula* bark water and ethanol extracts in relation to the tested uropathogenic bacteria**

Микроорганизмы	Водный экстракт			Этанольный экстракт		
	МПК, мг/мл	МБК, мг/мл	МБК/МПК	МПК, мг/мл	МБК, мг/мл	МБК/МПК
Грамположительные						
<i>Kr. zophilia</i> 1542	16	>64	—	8	>64	—
<i>E. avium</i> 1669	32	>64	—	4	32	8
<i>S. simulans</i> 5882	32	>64	—	8	16	2
<i>Corynebacterium</i> spp. 1638	16	>64	—	8	64	8
<i>E. faecalis</i> 5960	16	64	4	4	32	8
<i>S. aureus</i> ATCC 6538	16	64	4	2	16	8
Грамотрицательные						
<i>M. morganii</i> 1543	8	64	8	2	32	16
<i>E. cloacae</i> 6392	32	>64	—	2	32	16
<i>E. coli</i> 1449	16	>64	—	4	>64	—
<i>S. mansescens</i> 6441	32	>64	—	16	>64	—
<i>A. xylosoxidans</i> 4892	32	64	2	8	32	4
<i>E. coli</i> ATCC 25922	8	32	4	4	8	2

Чувствительность всех штаммов к амоксициллину, имипенему и цефтриаксону показывает, что эти три антибиотика эффективны в отношении широкого спектра бактерий, включая клинические штаммы с высокой устойчивостью к другим антибиотикам.

Зона ингибирования экстрактов в отношении тестируемых бактерий. На рисунке представлены диаметры ингибирования АЕ и ЕЕ экстрактов коры *Betula pendula* в отношении тестируемых микроорганизмов. И АЕ, и ЕЕ были активны в отношении всех протестированных микроорганизмов: диаметры ингибирования составляли 6–11,5 мм для АЕ и 10,5–16 мм для ЕЕ. ЕЕ в целом проявляли более выраженную активность, чем АЕ. Следовательно, это означает, что этанол извлекает больше соединений с антимикробными свойствами по сравнению с дистиллированной водой. Некоторые авторы сообщили, что соединения с антибактериальной активностью, такие как флавоноиды, полифенолы, дубильные вещества и алкалоиды, обычно нерастворимы в воде, но растворимы в этаноле [16, 17]. Другие авторы также указали, что этанол извлекает больше антимикробных соединений из растительных материалов, чем вода [10, 18]. Как сообщается в работах других исследователей, кора *B. pendula* содержит большое количество флавоноидов, арилбутановых, тритерпенов (бетулин и бетулиновая кислота), диарилгептановых, простых фенольных соединений, фенольных кислот, лигнанов и процианидинов [19]. Противомикробное действие этого экстракта можно отнести к одному или нескольким фитосоединениям, упомянутым выше, но необходимы дальнейшие исследования для проверки и уточнения этой гипотезы.

МПК и МБК. В табл. 3 представлены МПК, МБК и соотношение МБК/МПК двух наших экстрактов. ЕЕ показали лучшую антибактериальную активность. МПК для ЕЕ варьировала

от 2 до 16 мг/мл, а для АЕ — от 8 до 32 мг/мл. Почти все МБК АЕ были >64 мг/мл, в то время как МБК ЕЕ были успешно определены. При использовании дистиллированной воды в качестве растворителя наиболее выраженная антибактериальная активность наблюдалась в отношении *A. xylosoxidans* 4892, *E. coli* ATCC 25922, *E. faecalis* 5960, *M. morganii* 1543 и *S. aureus* ATCC 6538. Хотя МПК и МБК АЕ были высокими, было обнаружено, что у этих же бактерий АЕ показывает бактерицидное действие в отношении *E. faecalis* 5960, *A. xylosoxidans* 4892, *S. aureus* ATCC 6538 и *E. coli* ATCC 25922, поскольку соотношение МБК/МПК для этих бактерий составляло <4. Действительно, А. Н. Mondal и соавт. [9] сообщили, что соотношение МБК/МПК >16 означает, что антибактериальная эффективность тестируемого агента считается бактериостатической, тогда как МБК/МПК ≤4 указывает на бактерицидную активность. Точно так же МПК для ЕЕ были относительно низкими, а МБК для этого экстракта были ниже, чем для АЕ. Однако антибактериальная активность ЕЕ была бактериостатической (МБК/МПК >16) против большинства бактерий, за исключением *S. simulans* 5882, *A. xylosoxidans* 4892 и *E. coli* ATCC 25922. Это различие в активности ЕЕ между грамположительными и грамотрицательными микроорганизмами может объясняться структурой клеточной стенки грамотрицательных бактерий, которая отличается от структуры грамположительных бактерий тонким слоем пептидогликана, наличием наружной мембраны и лёгкостью обмена на плазматической мембране [10]. Согласно классификации V. Kuete [20], различные экстракты, протестированные в этом исследовании, можно было рассматривать как демонстрирующие слабую антибактериальную активности независимо от экстракционного растворителя и тестируемого штамма, поскольку они имели значение МПК выше 0,625 мг/мл. Для уточнения результа-

тов и более полного описания состава экстрактов необходимы дальнейшие исследования по оценке антибактериальной активности экстрактов коры *B. pendula* с другими растворителями, такими как ацетон, метанол и хлороформ, а также для оценки их синергизма с антибиотиками.

Заключение

В представленном исследовании мы оценили антибактериальные свойства водных и спиртовых экстрактов коры *Betula pendula* на десяти клинических изолятах бактерий, ассоциированных с заболеваниями мочеполового тракта и двух референс-штаммах бактерий. В ходе исследования было обнаружено, что водный экстракт коры проявляет слабую антимикробную активность,

тогда как этаноловый экстракт проявляет более выраженную антибактериальную активность, но в целом обладает бактериостатическим действием. Необходимы дальнейшие исследования для оценки антибактериальной активности исследуемого растительного материала с другими растворителями, другими методами экстракции, а также провести тесты для оценки экстрактов на наличие синергии с антибиотиками.

Дополнительная информация

Подтверждение. Работа поддержана Программой стратегического академического лидерства РУДН.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. Motse D.F.K., Ngaba G.P., Foko L.P.K., Ebongue C.O., Adiogo D.D. Etiologic profile and sensitivity pattern of germs responsible for urinary tract infection among under-five children in Douala, Cameroon: a Hospital Based Study. *Avicenna J Clin Microbiol Infect.* 2019; 6 (2): 49–56. doi: 10.34172/ajcmi.2019.10.
2. Walsh C., Collins T. The pathophysiology of urinary tract infections. *Surgery (Oxf)*, 2020; 38 (4): 191–196. doi: 10.1016/j.mpsur.2017.03.007.
3. Abou Heidar N.E., Degheili J.A., Yacoubian A.A., Khamli R.B. Management of urinary tract infection in women: a practical approach for everyday practice. *Urol Ann.* 2019; 11 (4): 339. doi: 10.4103/UA.UA_104_19.
4. Mbarga M.M.J., Andreeva S.L., Viktorova P.I. Evaluation of apparent microflora and study of antibiotic resistance of coliforms isolated from the shells of poultry eggs in Moscow-Russia. *J Adv Microbiol.* 2020; 20 (4): 70–77. doi: 10.9734/jamb/2020/v20i430242.
5. Суадкия С., Подопригора И. В., Яшина Н. В., Саруханова Л. Е., Кравцов Э. Г. Антибиотикорезистентные уропатогенные *Escherichia coli*, выделенные от детей с врожденными аномалиями развития мочевыделительной системы 7–8 (23–26). doi: 10.37489/0235-2990-2020-65-7-8-23-26. [Suadkia S., Podoprighora I.V., Yashina N.V., Sarukhanova L.E., Kravtsov E.G. Antibiotic-resistant uropathogenic *Escherichia coli* isolated from children with birth defects of the urinary system. *Antibiotiki i Khimioter = Antibiotics and Chemotherapy.* 2020; 65 (7–8): 23–26. doi: 10.37489/0235-2990-2020-65-7-8-23-26. (in Russian)]
6. Wojnicz D., Kucharska A.Z., Sokół-Lętowska A., Kicia M., Tichaczek-Goska D. Medicinal plants extracts affect virulence factors expression and biofilm formation by the uropathogenic *Escherichia coli*. *Urol Res.* 2012; 40 (6): 683–97. doi: 10.1007/s00240-012-0499-6.
7. Manga M.J.A., Viktorova P.I., Grigorieva V.E., Davares A.K., Sergeeva D.M. et al. Prolonged exposure to antimicrobials induces changes in susceptibility to antibiotics, biofilm formation and pathogenicity in *Staphylococcus aureus*. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 2021; 33 (34B): 140–151. doi: 10.9734/jpri/2021/v33i34B31856.
8. CLSI: Clinical & Laboratory Standards Institute. Control methods. Biological and micro-biological factors: Determination of the sensitivity of microorganisms to antibacterial drugs. Federal Center for Sanitary and Epidemiological Surveillance of Ministry of Health of Russia; 2019.
9. Mondal A.H., Yadav D., Mitra S., Mukhopadhyay K. Biosynthesis of silver nanoparticles using culture supernatant of *Shewanella* sp. Ary1 and their antibacterial activity. *International Journal of Nanomedicine*, 2020; 15: 8295. doi: 10.2147/IJN.S274535.
10. Arsene M.M.J., Podoprighora I.V., Davares A.K.L., Razan M., Das M. S., Senyagin A. N. Antibacterial activity of grapefruit peel extracts and green-

- synthesized silver nanoparticles, *Veterinary World.* 2021; 14 (5): 1330–1341. doi: 10.14202/vetworld.2021.1330-1341.
11. Ezemokwe G.C., Aguiyi J.C., Chollom F.P. The antibacterial activity of aqueous and ethanolic leaf extracts of *Balanites aegyptiaca* (L.) Del plant on some selected clinical human pathogens. *J. Adv. Microbiol.* 2020; 20(10): 51–66. doi:10.9734/jamb/2020/v20i1030290.
12. Ibrahim M.A., Emlee A.M. Anti-fungal study on aqueous and ethanolic leaves extracts of *Piper sarmentosum*. *Matrix Sci. Pharm.* 2020; 4 (1): 13. doi: 10.4103/MTSPMTSP_3_20.
13. Noshad M. Evaluation of the effect of aqueous and ethanolic extraction methods on extraction yield, phenolic compounds, and antioxidant and antimicrobial activity of *Stachys schtschegleevii* extract. *Food Sci Technol.* 2020; 17 (100): 117–125.
14. Gonfa T., Teketle S., Kiros T. Effect of extraction solvent on qualitative and quantitative analysis of major phyto-constituents and in-vitro antioxidant activity evaluation of *Cadaba rotundifolia* Forssk leaf extracts. *Cogent Food Agric.* 2020; 6 (1): 1853867. doi: 10.1080/23311932.2020.1853867.
15. Shrestha U.T., Shrestha S., Adhikari N. et al. Plasmid profiling and occurrence of β -lactamase enzymes in multidrug-resistant uropathogenic *Escherichia coli* in Kathmandu, Nepal. *Infect Drug Resist.* 2020; 13: 1905–1917. doi:10.2147/IDR.S250591.
16. Onivogui G., Letsididi R., Diaby M., Wang L., Song Y. Influence of extraction solvents on antioxidant and antimicrobial activities of the pulp and seed of *Anisophyllum laurina* R. Br. ex Sabine fruits. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine.* 2015; 6(1): 20–25. doi:10.1016/j.apjtb.2015.09.023.
17. Al Farraj D.A., Abdel Gawwad M.R., Mehmood A., Alsalmeh A., Darwish N.M., Al-Zaqri N., Warad I. In-vitro antimicrobial activities of organic solvent extracts obtained from *Dipicadi viride* (L.) Moench. *Journal of King Saud University — Science.* 2020; 32 (2020): 1965–1968. doi: 10.1016/j.jksus.2020.01.007.
18. Ebuomwan L., Chukwuaka E.P., Obazenu E.I., Ilevbare L. Antibacterial activity of *vernonia amygdalina* leaf extracts against multidrug resistant bacterial isolates. *J Appl Sci Environ Manage.* 2018; 22 (1): 17–21. doi: 10.4314/jasem.v22i1.4.
19. Navid M.H., Laszczuk-Lauer M.N., Reichling J., Schnitzler P. Pentacyclic triterpenes in birch bark extract inhibit early step of herpes simplex virus type 1 replication. *Phytomedicine.* 2014; 21 (11): 1273–1280. doi: 10.1016/j.phymed.2014.06.007.
20. Kuete V. Potential of Cameroonian plants and derived products against microbial infections: a review. *Planta Med.* 2010; 76: 1479–1491. doi: 10.1055/s-0030-1250027.

Информация об авторах

Чапурин Юрий Вадимович — студент, кафедра микробиологии им. В. С. Киктенко, Медицинский институт, Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация. ORCID: 0000-0002-3871-9200

Мбарга Манга Джозеф Арсен — аспирант, лаборант, кафедра микробиологии им. В. С. Киктенко, Медицинский институт, Российский университет дружбы народов,

About the authors

Yuri V. Chapurin — student, Department of Microbiology named after V. S. Kiktenko, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-3871-9200

Mbarga Manga Joseph Arsen — postgraduate student, laboratory assistant, Department of Microbiology named after V. S. Kiktenko, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN

Москва, Российская Федерация. ORCID: 0000-0001-9626-9247. Scopus ID: 57222221732

Сенягин Александр Николаевич — аспирант, ассистент, кафедра микробиологии им. В.С. Киктенко, Медицинский институт, Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация. ORCID: 0000-0002-4981-0149. Scopus ID : 57217030559

Подопригора Ирина Викторовна — к. м. н., заведующий кафедрой, кафедра микробиологии им. В. С. Киктенко, Медицинский институт, Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация. ORCID: 0000-0003-4099-2967. Scopus ID: 57205375027

Рехайлия Манар — аспирант, кафедра агробиотехнологии, Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация. ORCID : 0000-0002-9468-6589

University), Moscow, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-9626-9247. Scopus ID: 57222221732

Alexander N. Senyagin — postgraduate Student, assistant, Department of Microbiology named after V. S. Kiktenko, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-4981-0149. Scopus ID: 57217030559

Irina V. Podoprighora — Ph. D. in medicine, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-4099-2967. Scopus ID: 57205375027

Manar Rehailia — postgraduate student, Department of Agrobiotechnology, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-9468-6589