

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЙ КОРЫ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (*QUERCUS ROBUR L.*)

Н.А. Рябов, В.М. Рыжов, В.А. Куркин, С.Д. Колпакова, А.В. Жестков, А.В. Лямин

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самара, Россия

Как цитировать: Рябов Н.А., Рыжов В.М., Куркин В.А., Колпакова С.Д., Жестков А.В., Лямин А.В. Исследование антимикробной активности извлечений коры дуба черешчатого (*Quercus robur L.*) // Аспирантский вестник Поволжья. 2021. № 5–6. С. 48–57. DOI: <https://doi.org/10.55531/2072-2354.2021.21.3.48-57>

Поступила: 07.07.2021

Одобрена: 17.08.2021

Принята: 06.09.2021

■ Цель данного исследования — проведение сравнительного анализа антимикробной активности водно-спиртовых и хлороформных извлечений коры дуба черешчатого (*Quercus robur L.*).

Определение минимальной ингибирующей концентрации проводили методом двойных серийных разведений на питательном бульоне Мюллера – Хинтона (Bio-Rad, США). В качестве тестовых культур использовали следующие микроорганизмы: *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*.

Выявлено, что наибольшим антимикробным эффектом обладают водно-спиртовые извлечения из коры дуба черешчатого в концентрациях спирта этилового 60, 70 и 96 % в отношении штаммов микроорганизмов *P. aeruginosa* и *C. albicans*. Наименьшая антимикробная активность отмечается для 40 % водно-спиртовых извлечений из коры данного растения в отношении штаммов *E. coli* и *S. aureus*. Хлороформные извлечения коры дуба черешчатого обладают выраженной антимикробной активностью в отношении штаммов *C. albicans* и *P. aeruginosa*. Предложено в качестве оптимальной концентрации спирта этилового для коры дуба черешчатого использовать 60 %, поскольку при такой его концентрации наблюдается максимальный антимикробный эффект, а также сохраняется баланс дубильных веществ и флавоноидов в полученном экстракте.

Данное исследование будет способствовать решению вопроса вторичной переработки древесных отходов коры дуба черешчатого и рационального применения их в фармацевтической практике.

Полученные результаты могут быть использованы в дальнейшем при создании антимикробных препаратов на основе лекарственного растительного сырья «Дуба черешчатого кора».

■ **Ключевые слова:** дуб черешчатый; *Quercus robur L.*; *Fagaceae*; кора; извлечение; антимикробная активность; минимальная ингибирующая концентрация; безотходное производство.

STUDY OF THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF THE BARK EXTRACTS OF *QUERCUS ROBUR L.*

N.A. Ryabov, V.M. Ryzhov, V.A. Kurkin, S.D. Kolpakova, A.V. Zhestkov, A.V. Lyamin

Samara State Medical University, Samara, Russia

To cite this article: Ryabov NA, Ryzhov VM, Kurkin VA, Kolpakova SD, Zhestkov AV, Lyamin AV. Study of the antimicrobial activity of the bark extracts of *Quercus robur L.* *Aspirantskiy Vestnik Povolzhiya*. 2021;(5-6):48–57. DOI: <https://doi.org/10.55531/2072-2354.2021.21.3.48-57>

Received: 07.07.2021

Revised: 17.08.2021

Accepted: 06.09.2021

■ The purpose of this study is to carry out comparative analysis of the antimicrobial activity of water-ethanolic and chloroform extractions from the bark of *Quercus robur L.*

The determination of the minimum inhibitory concentration was carried out by the method of double serial dilutions in Mueller-Hinton nutrient broth (Bio-Rad, USA). *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans* were used as test cultures.

It was revealed that the greatest antimicrobial effect was exhibited by water-ethanolic extractions from *Q. robur L.* bark in ethanol concentrations of 60%, 70% and 96% ethanol in relation to strains of microorganisms *P. aeruginosa*

and *C. albicans*. The lowest antimicrobial activity against strains of microorganisms *E. coli* and *S. aureus* was observed in 40% of water-ethanolic extractions. Chloroform extracts of *Q. robur* L. bark has a pronounced antimicrobial activity against *C. albicans* and *P. aeruginosa* strains. It is proposed to use 60% ethanol as the optimal concentration of ethanol for the bark of *Q. robur* L., since at the given concentration of ethanol, the maximum antimicrobial effect is observed, and the balance between the release of tannins and flavonoids into the dosage form also preserves.

This study contributes to solving the issue of recycling wood waste of *Q. robur* L. and their rational use in pharmaceutical practice.

The obtained results can be used in the future to create antimicrobial drugs based on the bark of *Q. robur* L.

■ **Keywords:** *Quercus robur* L.; *Fagaceae*; bark; extraction; antimicrobial activity; minimum inhibitory concentration; waste-free production.

Введение

Проблема поиска новых противомикробных препаратов на основе растительного сырья в современной фармацевтической практике по-прежнему остается актуальной. Перспективным лекарственным растительным объектом для создания противомикробных препаратов является представитель рода *Quercus* — дуб черешчатый (*Quercus robur* L.). Род *Quercus* насчитывает более 500 видов в умеренных и субтропических районах Северного полушария. В России в диком виде произрастают 19 видов, интродуцировано около 50 видов [3, 6]. Дуб черешчатый — одна из важнейших лесообразующих пород Европы и европейской части России [3, 6]. Помимо применения «классического» фармакопейного сырья — молодых побеговых частей дуба — интерес представляет многолетняя кора стволовых частей дерева [2, 11, 13]. Кора дуба черешчатого многолетняя является отходами деревоперерабатывающей промышленности и не применяется в фармацевтической практике, в то время как может быть использована в качестве сырья для получения ценных биологически активных соединений (БАС), таких как флавоноиды, дубильные вещества и др. Официальной формой для лекарственного растительного сырья коры дуба считается отвар, так как вода позволяет извлекать из сырья сумму дубильных веществ, обеспечивающих фармакологические свойства, такие как вяжущие, противовоспалительные, antimicrobial эффекты [9, 10, 14, 15]. Кора дуба также входит в состав комплексных препаратов, обладающих противовоспалительным, антисептическим действием, таких как Стоматофит, Тонзилгон, Витадент, Дентос и др. [7, 8]. В коре дуба помимо дубильных веществ содержатся флавоноиды, среди которых кверцетин, кверцитрин, лейкоантоцианидин [6, 8, 9, 13, 14]. Флавоноиды как группа БАС обладают рядом ценных фармакологических свойств, одно из которых — antimicrobial актив-

ность [1, 4, 9, 12, 14, 15]. Поэтому интерес представляют водно-спиртовые извлечения из коры дуба черешчатого, которые, на наш взгляд, могут быть перспективным объектом для получения галеновых препаратов с antimicrobial свойствами.

Кроме того, изучение фитохимического состава и фармакологической активности многолетней коры дуба черешчатого тесно связано с вопросом рационального природопользования и вторичной переработки сырья, так как отходы коры дуба в процессе лесозаготовки составляют значительную часть и, как правило, утилизируются.

В целях получения объективных результатов необходимо проведение скринингового анализа, в результате которого можно сделать выбор в пользу оптимальной концентрации экстрагента, позволяющего максимально извлекать сумму имеющихся БАС в обоих образцах коры и тем самым обеспечивать максимальный antimicrobial эффект в отношении основных клинически значимых штаммов микроорганизмов.

Цель исследования — проведение сравнительного анализа antimicrobial активности водно-спиртовых и хлороформных извлечений образцов коры дуба черешчатого (*Q. robur* L.).

Материалы и методы

В качестве объектов исследования были взяты образцы коры дуба черешчатого *Q. robur* L.: кора фармакопейная (Образец № 1) (АО «Красногорсклессредства» г. Красногорск, S311217) и многолетняя стволовая кора дуба черешчатого — кора многолетняя (Образец № 2), полученная в качестве отходов производства от деревоперерабатывающей компании ООО «ДУО» (г. Самара).

В процессе проведения исследования в качестве объектов использовали водно-спиртовые извлечения на концентрациях этилового спирта: 40, 60, 70, 96 % [95 % спирт

марки ООО «Гиппократ», Россия, г. Самара, серия 360917 соответствует требованиям ОФС.1.3.0001.15 «Реактивы. Индикаторы», поскольку концентрация 95 % спирта входит в нормируемый предел содержания 94,9–96,0 %, а также на хлороформе (марка «х.ч.», ООО «Компонент-Реактив», СТП ТУ СОМР 2-028-06, ООН 1888) в соотношении сырье/экстрагент 1 : 50 на основе фармакопейной и многолетней коры. Необходимые концентрации спирта были получены путем разведения 95 % этилового спирта по таблице № 5

приложения к Государственной фармакопее РФ XIV издания [2]. Использовали этиловый спирт, поскольку он является одним из наиболее оптимальных экстрагентов для извлечения биологически активных веществ из растительного сырья [4, 5].

В качестве тестовых культур были использованы штаммы Американской коллекции типовых культур (ATCC): *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213), *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) и *Candida albicans* (клинический штамм).

Таблица 1 / Table 1

Минимальные подавляющие концентрации спирта этилового (С, %: 40, 60, 70 и 96 %) и димексида («отрицательный» контроль)
Minimum inhibitory concentrations of ethanol (С, %: 40%, 60%, 70% and 96%) and Dimexide (“negative” control)

Объект	Кратность разведения						
	1	2	3	4	5	6	7
	1 : 2	1 : 4	1 : 8	1 : 16	1 : 32	1 : 64	1 : 128
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>							
Этиловый спирт 40 %	–	–	+	+	+	+	+
Этиловый спирт 60 %	–	–	–	+	+	+	+
Этиловый спирт 70 %	–	–	+	+	+	+	+
Этиловый спирт 96 %	–	–	+	+	+	+	+
Димексид	–	+	+	+	+	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>							
Этиловый спирт 40 %	–	–	–	+	+	+	+
Этиловый спирт 60 %	–	+	+	+	+	+	+
Этиловый спирт 70 %	–	–	+	+	+	+	+
Этиловый спирт 96 %	–	–	+	+	+	+	+
Димексид	–	+	+	+	+	+	+
<i>Escherichia coli</i>							
Этиловый спирт 40 %	–	–	–	+	+	+	+
Этиловый спирт 60 %	–	–	–	+	+	+	+
Этиловый спирт 70 %	–	–	+	+	+	+	+
Этиловый спирт 96 %	–	–	+	+	+	+	+
Димексид	–	+	+	+	+	+	+
<i>Candida albicans</i>							
Этиловый спирт 40 %	–	–	–	+	+	+	+
Этиловый спирт 60 %	–	–	+	+	+	+	+
Этиловый спирт 70 %	–	–	+	+	+	+	+
Этиловый спирт 96 %	–	–	–	+	+	+	+
Димексид	–	+	+	+	+	+	+

Примечание. Здесь и в табл. 2–11. + Наличие роста микроорганизма; – отсутствие роста микроорганизма.
Note. Here and in Table 2–11. + Signs of the growth of the microorganisms are present; – signs of the growth of the microorganisms are absent.

Определение минимальной ингибирующей концентрации проводили методом двойных серийных разведений в бульоне (пробирочный, макрометод) в соответствии с методиками, описанными в МУК 4.2.1890-04 [16]. Тестирование проводилось в объеме 1 мл (0,5 мл инокулюма микроорганизмов и 0,5 мл соответствующего разведения исследуемого образца) с конечной концентрацией исследуемого микроорганизма примерно $5 \cdot 10^5$ КОЕ/мл. В качестве питательной среды использовали питательный бульон Мюллера – Хинтона (Bio-Rad, США). Инкубация проходила при температуре 35 °С в течение 24 ч. Параллельно проводили опыт для постановки «отрицательного» контроля (табл. 1). Результаты оценивали визуально по наличию/отсутствию роста микроорганизмов в пробирках с соответствующими разведениями исследуемых образцов.

Результаты и их обсуждение

В процессе исследования были проанализированы водно-спиртовые извлечения двух образцов коры в концентрациях 40, 60, 70 и 96 %. Концентрации были выбраны в качестве основных, так как являются

фармакопейными. Были также изучены хлороформные экстракты коры дуба черешчатого.

В результате тестирования 40 % водно-спиртового извлечения фармакопейной коры дуба черешчатого (образец № 1) выявлена задержка роста для штаммов микроорганизмов *S. aureus* и *E. coli* при разведении в 2 и 4 раза; для штаммов *P. aeruginosa* — в 2, 4 и 8 раз; для штаммов *C. albicans* — в 2, 4, 8 и 16 раз (табл. 2).

В процессе тестирования водно-спиртового извлечения фармакопейной коры дуба черешчатого (образец № 1) на 60 % этиловом спирте зафиксирована задержка роста для штаммов микроорганизмов *S. aureus* и *E. coli* при разведении в 2, 4, 8 и 16 раз; для штаммов *P. aeruginosa* и *C. albicans* — в 2, 4, 8, 16 и 32 раза (табл. 3).

В ходе тестирования 70 % водно-спиртового извлечения фармакопейной коры дуба черешчатого (образец № 1) наблюдалась задержка роста для штаммов микроорганизмов *S. aureus* и *E. coli* при разведении в 2, 4 и 8 раз; для штаммов *P. aeruginosa* — в 2, 4, 8, 16 и 32 раза; для штаммов *C. albicans* — в 2, 4, 8 и 16 раз (табл. 4).

Таблица 2 / Table 2

Результаты тестирования водно-спиртового извлечения фармакопейной коры дуба черешчатого (40 % этиловый спирт) (образец № 1)

Water-ethanolic extract of the pharmacopoeial bark of *Quercus robur* (40% ethanol) (Sample No. 1): Testing results

Штамм микроорганизма	Кратность разведения						
	1	2	3	4	5	6	7
	1 : 2	1 : 4	1 : 8	1 : 16	1 : 32	1 : 64	1 : 128
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	–	–	–	+	+	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	–	–	+	+	+	+	+
<i>Escherichia coli</i>	–	–	+	+	+	+	+
<i>Candida albicans</i>	–	–	–	–	+	+	+

Таблица 3 / Table 3

Результаты тестирования водно-спиртового извлечения фармакопейной коры дуба черешчатого (60 % этиловый спирт) (образец № 1)

Water-ethanolic extract of the pharmacopoeial bark of *Quercus robur* (60% ethanol) (Sample No. 1): Testing results

Штамм микроорганизма	Кратность разведения						
	1	2	3	4	5	6	7
	1 : 2	1 : 4	1 : 8	1 : 16	1 : 32	1 : 64	1 : 128
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	–	–	–	–	–	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	–	–	–	–	+	+	+
<i>Escherichia coli</i>	–	–	–	–	+	+	+
<i>Candida albicans</i>	–	–	–	–	–	+	+

Таблица 4 / Table 4

Результаты тестирования водно-спиртового извлечения фармакопейной коры дуба черешчатого (70 % этиловый спирт) (образец № 1)

Water-ethanolic extract of the pharmacopoeial bark of *Quercus robur* (70% ethanol) (Sample No. 1): Testing results

Штамм микроорганизма	Кратность разведения						
	1	2	3	4	5	6	7
	1 : 2	1 : 4	1 : 8	1 : 16	1 : 32	1 : 64	1 : 128
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	–	–	–	–	–	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	–	–	–	+	+	+	+
<i>Escherichia coli</i>	–	–	–	+	+	+	+
<i>Candida albicans</i>	–	–	–	–	+	+	+

Таблица 5 / Table 5

Результаты тестирования водно-спиртового извлечения фармакопейной коры дуба черешчатого (96 % этиловый спирт) (образец № 1)

Water-ethanolic extract of the pharmacopoeial bark of *Quercus robur* (96% ethanol) (Sample No. 1): Testing results

Штамм микроорганизма	Кратность разведения						
	1	2	3	4	5	6	7
	1 : 2	1 : 4	1 : 8	1 : 16	1 : 32	1 : 64	1 : 128
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	–	–	–	–	–	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	–	–	–	–	+	+	+
<i>Escherichia coli</i>	–	–	–	–	+	+	+
<i>Candida albicans</i>	–	–	–	–	–	+	+

В результате тестирования 96 % водно-спиртового извлечения фармакопейной коры дуба черешчатого (образец № 1) происходила задержка роста для штаммов микроорганизмов *S. aureus* и *E. coli* при разведении в 2, 4, 8 и 16 раз; для штаммов *P. aeruginosa* и *C. albicans* — в 2, 4, 8, 16 и 32 раза (табл. 5).

В результате тестирования 40 % водно-спиртового извлечения многолетней коры дуба (образец № 2) наблюдалась схожая картина задержки роста для всех штаммов с результатами анализа фармакопейной коры (образца № 1) в аналогичных условиях, что говорит о схожем спектре БАС. При анализе были получены следующие результаты: задержка роста для штаммов микроорганизмов *S. aureus* и *E. coli* при разведении в 2 и 4 раза; для штаммов *P. aeruginosa* и *C. albicans* — в 2, 4, 8 и 16 раз (табл. 6).

В процессе тестирования водно-спиртового извлечения многолетней коры дуба черешчатого (образец № 2) на 60 % этиловом спирте были получены следующие результаты: задержка роста для штаммов микроорганизмов *S. aureus* и *E. coli* при разведении в 2, 4, 8 и 16 раз; для штаммов *P. aeruginosa* и *C. albicans* — в 2, 4, 8, 16 и 32 раза (табл. 7).

В ходе анализа 70 % водно-спиртового извлечения многолетней коры дуба черешчатого (образец № 2) наблюдалась задержка роста следующих штаммов: для всех штаммов микроорганизмов при разведении в 2, 4 и 8 раз; для *P. aeruginosa*, *E. coli* и *C. albicans* — при 2, 4, 8 и 16-кратном разведении; задержка роста при разведении от 2 до 32 раз — для *P. aeruginosa* и *C. albicans* (табл. 8).

Антимикробная активность также была обнаружена для водно-спиртового извлечения многолетней коры дуба черешчатого (образец № 2) на 96 % этиловом спирте. В результате задержка роста при разведении от 2 до 32 раз наблюдалась для микроорганизмов *P. aeruginosa*, *E. coli* и *C. albicans*; при 2, 4, 8 и 16-кратном разведении отсутствовал рост *S. aureus*; задержка роста при разведении от 2 до 64 раз обнаружена для *P. aeruginosa* (табл. 9).

В результате тестирования хлороформного экстракта фармакопейной коры дуба черешчатого (образец № 1) было обнаружено антимикробное действие в отношении всех указанных штаммов. В частности, при 2, 4, 8, 16-кратном разведении наблюдается антимикробная активность в отношении

Таблица 6 / Table 6

Результаты тестирования водно-спиртового извлечения многолетней коры дуба черешчатого (40 % этиловый спирт) (образец № 2)

Water-ethanolic extract of perennial bark of *Quercus robur* (40% ethanol) (Sample No. 2): Testing results

Штамм микроорганизма	Кратность разведения						
	1	2	3	4	5	6	7
	1 : 2	1 : 4	1 : 8	1 : 16	1 : 32	1 : 64	1 : 128
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	–	–	–	–	+	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	–	–	+	+	+	+	+
<i>Escherichia coli</i>	–	–	+	+	+	+	+
<i>Candida albicans</i>	–	–	–	–	+	+	+

Таблица 7 / Table 7

Результаты тестирования водно-спиртового извлечения многолетней коры дуба черешчатого (60 % этиловый спирт) (образец № 2)

Water-ethanolic extract of perennial bark of *Quercus robur* (60% ethanol) (Sample No. 2): Testing results

Штамм микроорганизма	Кратность разведения						
	1	2	3	4	5	6	7
	1 : 2	1 : 4	1 : 8	1 : 16	1 : 32	1 : 64	1 : 128
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	–	–	–	–	–	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	–	–	–	–	+	+	+
<i>Escherichia coli</i>	–	–	–	–	+	+	+
<i>Candida albicans</i>	–	–	–	–	–	+	+

Таблица 8 / Table 8

Результаты тестирования водно-спиртового извлечения многолетней коры дуба черешчатого (70 % этиловый спирт) (образец № 2)

Water-ethanolic extract of perennial bark of *Quercus robur* (70% ethanol) (Sample No. 2): Testing results

Штамм микроорганизма	Кратность разведения						
	1	2	3	4	5	6	7
	1 : 2	1 : 4	1 : 8	1 : 16	1 : 32	1 : 64	1 : 128
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	–	–	–	–	–	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	–	–	–	+	+	+	+
<i>Escherichia coli</i>	–	–	–	–	+	+	+
<i>Candida albicans</i>	–	–	–	–	–	+	+

Таблица 9 / Table 9

Результаты тестирования водно-спиртового извлечения многолетней коры дуба черешчатого (96 % этиловый спирт) (образец № 2)

Water-ethanolic extract of perennial bark of *Quercus robur* (96% ethanol) (Sample No. 2): Testing results

Штамм микроорганизма	Кратность разведения						
	1	2	3	4	5	6	7
	1 : 2	1 : 4	1 : 8	1 : 16	1 : 32	1 : 64	1 : 128
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	–	–	–	–	–	–	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	–	–	–	–	+	+	+
<i>Escherichia coli</i>	–	–	–	–	–	+	+
<i>Candida albicans</i>	–	–	–	–	–	+	+

Таблица 10 / Table 10

Результаты тестирования хлороформного экстракта в димексиде фармакопейной коры дуба черешчатого (образец № 1)
Chloroform extract in Dimexide of the pharmacopoeial bark of the *Quercus robur* (Sample No. 1): Testing results

Штамм микроорганизма	Кратность разведения						
	1	2	3	4	5	6	7
	1 : 2	1 : 4	1 : 8	1 : 16	1 : 32	1 : 64	1 : 128
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	–	–	–	–	+	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	–	–	–	+	+	+	+
<i>Escherichia coli</i>	–	–	–	+	+	+	+
<i>Candida albicans</i>	–	–	–	–	–	+	+

Таблица 11 / Table 11

Результаты тестирования хлороформного экстракта в димексиде многолетней коры дуба черешчатого (образец № 2)
Chloroform extract in Dimexide of perennial bark of the *Quercus robur* (Sample No. 2): Testing results

Штамм микроорганизма	Кратность разведения						
	1	2	3	4	5	6	7
	1 : 2	1 : 4	1 : 8	1 : 16	1 : 32	1 : 64	1 : 128
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	–	–	–	–	+	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	–	–	–	–	+	+	+
<i>Escherichia coli</i>	–	–	–	+	+	+	+
<i>Candida albicans</i>	–	–	–	–	–	+	+

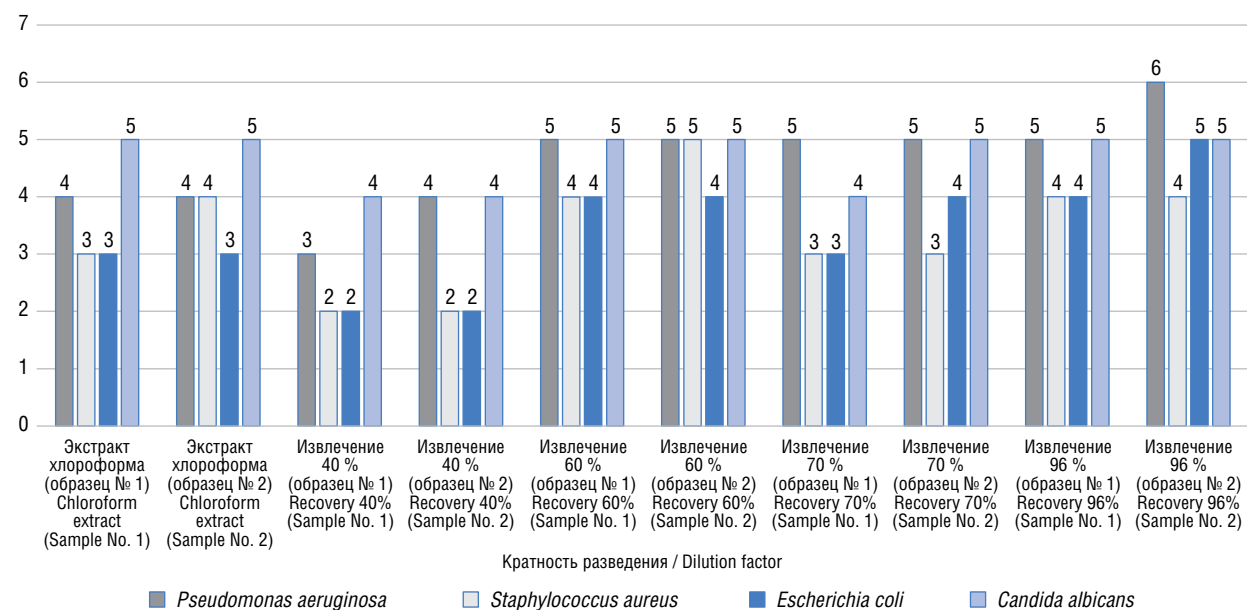


Рисунок. Сравнительная диаграмма антибактериальной активности извлечений коры дуба черешчатого: фармакопейная (образец № 1), многолетняя (образец № 2) (по оси абсцисс — кратность разведения)

Figure. Comparative diagram of the antibacterial activity of the *Quercus robur* bark extracts: pharmacopoeial (Sample No. 1), perennial (Sample No. 2) (abscissa — dilution ratio)

штамма *P. aeruginosa*; при 2, 4, 8-кратном разведении — в отношении штаммов *S. aureus* и *E. coli*; при разведении в 32 раза — в отношении *C. albicans* (табл. 10).

При тестировании хлороформного экстракта многолетней коры дуба черешчатого (образец № 2) выявлено антимикробное действие в отношении всех указанных штаммов,

аналогичное результатам тестирования фармакопейной коры. В частности, при 2, 4, 8, 16-кратном разведении наблюдается антимикробная активность в отношении штамма *P. aeruginosa*; при 2, 4, 8 и 16-кратном разведении — в отношении штаммов *S. aureus* и *E. coli*; при разведении в 32 раза — в отношении *C. albicans* (табл. 11).

При анализе изучаемых экстрактов можно сделать вывод об эффективности экстрактов многолетней коры дуба черешчатого, как хлороформных, так и спиртовых. На диаграмме сравнения антимикробной активности исследуемых образцов видно, что наибольшим антимикробным эффектом обладают водно-спиртовые извлечения фармакопейной и многолетней коры дуба черешчатого (образцы № 1 и 2) в концентрациях этилового спирта 60, 70 и 96 % в отношении штаммов *P. aeruginosa* и *C. albicans* при кратности разведения 1 : 32. В наименьшей степени антимикробную активность проявляют водно-спиртовые извлечения обоих образцов коры в отношении штаммов микроорганизмов *E. coli* и *S. aureus* (см. рисунок).

Все извлечения обоих образцов коры дуба черешчатого имеют стабильный антимикробный эффект по отношению к штамму *C. albicans* и *P. aeruginosa* (см. рисунок). При разведении в 128 раз происходил рост всех микроорганизмов (см. табл. 11).

Выводы

Таким образом, было приведено скрининговое исследование антимикробной активности водно-спиртовых и хлороформных извлечений коры дуба черешчатого: фармакопейной (образец № 1) и многолетней (образец № 2).

В ходе исследования изучены антимикробные эффекты полученных извлечений на ряд основных патогенных клинических штаммов: *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *E. coli*, *C. albicans*.

По результатам выполненной работы можно сделать вывод, что водно-спиртовые и хлороформные извлечения обоих образцов коры обладают выраженной антимикробной активностью в отношении всех указанных штаммов микроорганизмов, что говорит о возможности применения отходов деревоперерабатывающей промышленности многолетней коры дуба (образец № 2) в качестве альтернативы для фармакопейного сырья коры дуба черешчатого (образец № 1) и создания на их основе препаратов с антимикробной активностью. Для исследуемых образцов коры наиболее оптимальным экстрагентом по результатам исследования можно предложить

60 % этиловый спирт, поскольку при данной его концентрации соблюдается баланс между содержанием дубильных веществ и флавоноидов в извлечении, а также при данной концентрации спирта этилового наблюдается максимальный антимикробный эффект.

В рамках стратегии безотходного производства настоящее исследование будет способствовать решению вопроса вторичной переработки древесных отходов дуба черешчатого и рационального использования его в фармацевтической практике.

Полученные в ходе исследования результаты могут быть использованы в дальнейшем при создании антимикробных препаратов на основе коры дуба черешчатого.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Список литературы

1. Буданцев А.Л. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 1. Семейства *Actinidiaceae-Malvaceae, Euphorbiaceae-Haloragaceae* / отв. ред. А.В. Буданцев. СПб.; М.: КМК, 2009.
2. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. Т. I–IV. М., 2018. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://femb.ru/femb/pharmacopoea.php>. Дата обращения: 16.04.2021.
3. Гроздова Н.Б., Некрасов В.И., Глоба-Михайленко Д.А. Деревья, кустарники и лианы. М., 1986. С. 176–178.
4. Куркин В.А. Фармакогнозия: учебник для студентов фармацевтических вузов. 4-е изд., перераб. и доп. Самара, 2019. С. 966–969.
5. Куркина А.В. Флавоноиды фармакопейных растений: монография. Самара, 2012.
6. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. М., 2014. С. 200–201.
7. Справочник лекарственных средств VIDAL [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.vidal.ru/drugs/molecule-in/763>. Дата обращения: 04.04.2021.
8. Шагалиева Н.Р., Куркин В.А., Авдеева Е.В. и др. Актуальные аспекты разработки и стандартизации стоматологического фитопрепарата «Дентос» // Фундаментальные исследования. 2013. № 10–7. С. 1490–1494.
9. Assessment report on *Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Quercus pubescens* Willd., cortex. EMA/HMPC/3206/2009.
10. Bedi M.K., Shenefelt P.D. Herbal therapy in dermatology // Arch. Dermatol. 2002. Vol. 138, No. 2. P. 237–238. DOI: 10.1001/archderm.138.2.232
11. British Pharmacopoeia 2009. British Pharmacopoeia Herbal Drugs and Herbal Drug Preparations // Oak Bark. 2009. Vol. III.

12. Cushnie T.P., Lamb A.J. Recent advances in understanding the antibacterial properties of flavonoids // *Int. J. Antimicrob. Agents*. 2011. Vol. 38, No. 2. P. 99–107. DOI: 10.1016/j.ijantimicag.2011.02.014
13. European Pharmacopoeia (Ph. Eur.) 10th Edition // EDQM – European Directorate for the Quality of Medicines [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.edqm.eu/en/european-pharmacopoeia-ph-eur-10th-edition>. Дата обращения: 15.05.2021.
14. Marais J.P.J., Deavours B., Dixon R.A., Ferreira D. The Stereochemistry of Flavonoids. In: Grotewold E., ed. *The Science of Flavonoids*. New York: Springer, 2006. P. 1–46. DOI: 10.1007/978-0-387-28822-2_1
15. Okuda T. Systematics and health effects of chemically distinct tannins in medicinal plants // *Phytochemistry*. 2005. Vol. 66, No. 17. P. 2012–2031. DOI: 10.1016/j.phytochem.2005.04.023
16. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам (Методические указания МУК 4.2.1890-04) // *Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия*. 2004. Т. 6, № 4. С. 306–359.
5. Kurkina AV. Flavonoidy farmakopejnyh rastenij: monografiya. Samara; 2012. (In Russ.)
6. Mayevskiy PF. Flora srednej polosy evropejskoj chasti Rossii. 11th ed. Moscow; 2014. P. 200–201. (In Russ.)
7. Spravochnik lekarstvennyh sredstv VIDAL [Internet]. Available from: <https://www.vidal.ru/drugs/molecule-in/763>. Accessed: 04.04.2021. (In Russ.)
8. Shagalieva NR, Kurkin VA, Avdeeva EV, et al. The actual aspects of development and standardization of stomatological phytopreparation “dentos”. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013;(10–7):1490–1494. (In Russ.)
9. Assessment report on *Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Quercus pubescens* Willd., cortex. EMA/HMPC/3206/2009.
10. Bedi MK, Shenefelt PD. Herbal therapy in dermatology. *Arch Dermatol*. 2002;138(2):237–238. DOI: 10.1001/archderm.138.2.232
11. British Pharmacopoeia 2009. British Pharmacopoeia Herbal Drugs and Herbal Drug Preparations. Oak Bark. 2009. Vol. III.
12. Cushnie TP, Lamb AJ. Recent advances in understanding the antibacterial properties of flavonoids. *Int J Antimicrob Agents*. 2011;38(2):99–107. DOI: 10.1016/j.ijantimicag.2011.02.014

References

1. Budantsev AL. Rastitel'nye resursy Rossii: Dikorastushchie cvetkovye rasteniya, ih komponentnyj sostav i biologicheskaya aktivnost'. Vol. 1. Semejstva *Actinidiaceae-Malvaceae, Euphorbiaceae-Haloragaceae*. Ed. by A.V. Budancev. Saint Petersburg; Moscow: KMK, 2009. (In Russ.)
2. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossijskoj Federacii. XIV ed. Vol. I–IV. Moscow; 2018 [Internet]. Available from: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>. Accessed: 16.04.2021. (In Russ.)
3. Grozdova NB, Nekrasov VI, Globa-Mikhailenko DA. Derev'ya, kustarniki i liany. Moscow; 1986. P. 176–178. (In Russ.)
4. Kurkin VA. Farmakognoziya: uchebnik dlya studentov farmacevticheskikh vuzov. 4th ed. Samara; 2019. P. 966–969. (In Russ.)
13. European Pharmacopoeia (Ph. Eur.) 10th Edition // EDQM – European Directorate for the Quality of Medicines [Internet]. Available from: <https://www.edqm.eu/en/european-pharmacopoeia-ph-eur-10th-edition>. Accessed: 15.05.2021.
14. Marais JPJ, Deavours B, Dixon RA, Ferreira D. The Stereochemistry of Flavonoids. In: Grotewold E., ed. *The Science of Flavonoids*. New York: Springer; 2006. P. 1–46. DOI: 10.1007/978-0-387-28822-2_1
15. Okuda T. Systematics and health effects of chemically distinct tannins in medicinal plants. *Phytochemistry*. 2005;66(17):2012–2031. DOI: 10.1016/j.phytochem.2005.04.023
16. Guidelines for susceptibility testing of microorganisms to antibacterial agents. *Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy*. 2004;6(4):306–359. (In Russ.)

■ Информация об авторах

Николай Анатольевич Рябов — аспирант кафедры фармакогнозии с ботаникой и основами фитотерапии. ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, Россия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1332-953X>. E-mail: ryabov.nikolay.2014@mail.ru

Виталий Михайлович Рыжов — кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармакогнозии с ботаникой и основами фитотерапии. ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, Россия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8399-9328>. E-mail: lavr_rvm@mail.ru

■ Information about the authors

Nikolay A. Ryabov — Postgraduate student, Department of Pharmacognosy with Botany and the Bases of Phytotherapy. Samara State Medical University, Samara, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1332-953X>. E-mail: ryabov.nikolay.2014@mail.ru

Vitaly M. Ryzhov — Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, Department of Pharmacognosy with Botany and the Bases of Phytotherapy. Samara State Medical University, Samara, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8399-9328>. E-mail: lavr_rvm@mail.ru

Владимир Александрович Куркин — доктор фармацевтических наук, профессор, заведующий кафедрой фармакогнозии с ботаникой и основами фитотерапии. ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, Россия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7513-9352>. E-mail: kurkinvladimir@yandex.ru

Светлана Дмитриевна Колпакова — доктор медицинских наук, профессор кафедры общей и клинической микробиологии, иммунологии и аллергологии. ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, Россия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9358-4436>. E-mail: Sdkolpakova@mail.ru

Александр Викторович Жестков — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой общей и клинической микробиологии, иммунологии и аллергологии. ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, Россия. E-mail: avzhestkov2015@yandex.ru

Артём Викторович Лямин — кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей и клинической микробиологии, иммунологии и аллергологии. ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, Россия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5905-1895>. E-mail: avlyamin@rambler.ru

Vladimir A. Kurkin — Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Head of the Department of Pharmacognosy with Botany and Bases of Phytotherapy. Samara State Medical University, Samara, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7513-9352>. E-mail: kurkinvladimir@yandex.ru

Svetlana D. Kolpakova — Doctor of Medical Sciences, Professor, Department of General and Clinical Microbiology, Immunology and Allergology. Samara State Medical University, Samara, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9358-4436>. E-mail: Sdkolpakova@mail.ru

Alexander V. Zhestkov — Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of General and Clinical Microbiology, Immunology and Allergology. Samara State Medical University, Samara, Russia. E-mail: avzhestkov2015@yandex.ru

Artem V. Lyamin — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of General and Clinical Microbiology, Immunology and Allergology. Samara State Medical University, Samara, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5905-1895>. E-mail: avlyamin@rambler.ru