

УДК 634.98:664.06:577.34

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ И ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭНТЕРОСОРБЕНТА ИЗ КОРЫ ЛИСТВЕННИЦЫ

© *Е.В. Веприкова*^{1,2*}, *С.А. Кузнецова*^{1,2,3}, *И.В. Королькова*^{1,2}, *А.А. Мороз*⁴, *С.А. Счисленко*⁴,
Б.Н. Кузнецов^{1,2,3}, *Н.В. Чесноков*^{1,2,3}

¹Институт химии и химической технологии СО РАН, Академгородок, 50-24, Красноярск, 660036 (Россия)

²Красноярский научный центр СО РАН, ул. Академгородок, 50, Красноярск, 660036 (Россия)

³Сибирский федеральный университет, пр. Свободный, 79, Красноярск, 660041 (Россия)

⁴Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90, Красноярск, 660049 (Россия)

Изучена сорбционная активность энтеросорбента из коры лиственницы в отношении маркерных веществ, моделирующих различные виды токсинов – метиленового синего и желатина. Исследовано влияние значений pH модельных растворов и добавки фонового электролита (0,9 мас. % NaCl) на сорбцию энтеросорбентом метиленового синего и желатина. Выявлено, что разработанный энтеросорбент способен сорбировать маркерные вещества из растворов, моделирующих условия среды желудка и кишечника. Наибольшую эффективность изученный энтеросорбент проявляет в модельных условиях среды кишечника. Показано, что по сорбции метиленового синего и желатина энтеросорбент из коры лиственницы превосходит промышленные энтеросорбенты марки «Полифепан» на основе гидролизного лигнина. На примере биологических моделей установлено, что разработанный энтеросорбент проявляет лечебно-профилактические свойства к желудочно-кишечным инфекциям – эшерихиозу. В результате бактериологических исследований установлено, что в опытной лечебной группе на фоне применения энтеросорбента из коры лиственницы количество патогенной культуры *E.coli* уменьшилось в 50 раз, а в профилактической лечебной группе – в 25 раз. Полученные результаты свидетельствуют о хороших перспективах разработанного энтеросорбента из коры лиственницы для применения в ветеринарной практике.

Ключевые слова: кора лиственницы, энтеросорбент, сорбция, метиленовый синий, желатин, желудочно-кишечные инфекции.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности в рамках научного проекта №16-43-242083.

Введение

Веприкова Евгения Владимировна – старший научный сотрудник, кандидат технических наук,
e-mail: veprikova2@mail.ru

Кузнецова Светлана Алексеевна – главный научный сотрудник, доктор химических наук, профессор,
e-mail: ksa@icct.ru

Королькова Ирина Владимировна – младший научный сотрудник, e-mail: inm@icct.ru

Мороз Анастасия Анатольевна – доцент кафедры эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, кандидат ветеринарных наук, e-mail: 9607720155@mail.ru

Окончание на с. 202.

Отходы коры лиственницы представляют собой ценное сырье для получения разнообразных востребованных продуктов [1–5]. Однако сырьевой потенциал коры лиственницы используется нерационально. Основная часть отходов коры вывозится в отвалы или сжигается. Токсичные продукты, образующиеся в процессе гниения коры и ее неполного сгорания, загрязняют окружающую среду.

Важным направлением переработки древесных отходов, в том числе коры лиственницы, является получение сорбентов для очистки раз-

* Автор, с которым следует вести переписку.

личных сред. Актуальной областью применения сорбентов на основе лигноцеллюлозного сырья является энтеросорбция, используемая в медицине и ветеринарии для удаления эндо- и экзотоксинов [6–8]. В районах со сложной техногенной обстановкой применение энтеросорбентов вносит важный вклад в обеспечение безопасной жизнедеятельности человека и животных. Следует отметить, что масштабное применение энтеросорбентов в ветеринарии, особенно для сельскохозяйственных животных и птицы, во многом зависит от их стоимости. Поэтому целесообразно расширять сырьевую базу для получения энтеросорбентов за счет привлечения доступных и дешевых материалов.

В литературе описаны свойства энтеросорбентов на основе разных видов биомассы [9–12]. Однако древесные отходы являются наиболее распространенным сырьем на территории России. В работе [13] предложено использовать остатки после экстракции, образующиеся при комплексной переработке коры лиственницы, в качестве энтеросорбента. Ранее авторами был разработан способ получения энтеросорбентов из коры и луба березы, которые по своим сорбционным свойствам не уступают промышленным аналогам из гидролизного лигнина [14, 15]. Учитывая разнообразие отходов древесной коры, представляет интерес применить разработанный способ для получения энтеросорбентов на основе сырья другой природы, например из коры лиственницы. По сравнению с остатками экстракции исходная кора лиственницы более доступна, поэтому реализация такого подхода весьма актуальна.

Цель данной работы – изучение сорбции метиленового синего и желатина энтеросорбентом из коры лиственницы и определение его лечебно-профилактического действия при желудочно-кишечных инфекциях в опытах *in vivo*.

Экспериментальная химическая часть

Исходным сырьем для получения сорбента служила измельченная воздушно-сухая (влажность $12,5 \pm 0,5\%$) кора лиственницы сибирской следующего фракционного состава, мас. %: менее 0,5 мм – 50,5; (0,5–1,0) – 28,4; (1,0–2,0) – 21,1. Кору измельчали на роторной мельнице РМ 120 и отсеивали с помощью грохота марки ГР-30.

Сорбенты получали обработкой исходного сырья 1,0% водным раствором NaOH при следующих условиях: значение гидромодуля равно 15; температура – 90 °С; продолжительность обработки – 60 мин; интенсивность перемешивания – 130 об./мин. По окончании процесса раствор щелочи отделяли с помощью нутч-фильтра (аналогичным образом проводили отделение водной фазы на остальных стадиях получения сорбента). Затем полученный остаток коры тщательно трехкратно промывали водой (гидромодуль вода : кора – 15). Остатки щелочи после промывки нейтрализовали 0,1 N раствором HCl при гидромодуле 12 в течение 45 мин. После отделения раствора кислоты сорбент двукратно промывали водой при гидромодуле 15 в течение 45 мин. Стадии промывок и нейтрализации проводили при комнатной температуре и перемешивании с интенсивностью 130 об./мин. Обезвоженный сорбент сушили до воздушно-сухого состояния при температуре 50–60 °С и измельчали до размера частиц менее 0,5 мм.

Определение сорбционной активности сорбентов из коры проводили по маркерным веществам с разной молекулярной массой. Концентрация маркеров в модельных растворах составляла 0,15 и 0,60% для МС и желатина соответственно. Сорбцию МС проводили по методике работы [16], а желатина – в соответствии с методикой [17].

При изучении кинетики сорбции МС и желатина продолжительность контакта энтеросорбента с модельными растворами маркерных веществ варьировали от 15 мин до 3 ч (рН растворов – 5,5). В остальных экспериментах продолжительность сорбции составляла 1 ч. Процесс проводили при перемешивании на лабораторном приборе марки АБУ-6с 120 колеб./мин).

Показатель рН растворов маркерных веществ варьировали от 2,0 до 7,5. Значения рН в кислой области создавали с помощью HCl, а в щелочной области – с помощью NaOH. В качестве фонового электролита в модельные растворы вносили 0,9 мас.% NaCl.

Счисленко Светлана Анатольевна – доцент кафедры эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, кандидат ветеринарных наук, e-mail: shislenco@mail.ru

Кузнецов Борис Николаевич – заместитель директора Института химии и химической технологии СО РАН, заведующий кафедрой органической и аналитической химии Сибирского федерального университета, доктор химических наук, профессор, e-mail: bnm@icct.ru

Чесноков Николай Васильевич – директор Института химии и химической технологии СО РАН, доктор химических наук, профессор, e-mail: cnv@icct.ru

Содержание в энтеросорбентах водорастворимых веществ (ВРВ, мас. %) определяли по методике работы [18], при продолжительности экстракции водой 60 мин. Определение содержания в энтеросорбентах общей золы проводили по общепринятой в химии древесины методике.

Промышленные образцы «Полифепан» и «Полифепан ветеринарный» (ЗАО Сайнтек, С.-Петербург, Россия), получаемые из гидролизного лигнина, выбраны в качестве образцов сравнения. Их свойства изучали аналогичным образом.

ИК-спектры энтеросорбента до и после сорбции маркерных веществ были получены на ИК-Фурье спектрометре Tensor-27 (Bruker, Германия) в области 4000–400 см⁻¹. Образцы для получения ИК-спектров готовили в виде таблеток в матрице бромистого калия при одинаковых условиях (5,5 мг на 1000 мг бромида калия). Полученная спектральная информация была обработана с помощью пакета программ OPUS (версия 5.5).

Экспериментальная биологическая часть

Эффективность лечебно-профилактического действия энтеросорбентов из коры лиственницы была проверена при острых желудочно-кишечных инфекциях линейных мышей на базе Красноярского государственного аграрного университета. Заражение животных проводили внутрибрюшинно 18–24 часовой агаровой культурой микроорганизмов *E.coli* серотипа O 138 K 99 в дозе 500 млн. микробных тел в 1 мл. При изучении профилактического действия энтеросорбента препарат вводили в течение 3 суток до момента заражения культурой *E.coli*, а для изучения лечебных свойств энтеросорбента – с момента появления первых признаков клинической симптоматики и до полного выздоровления животных.

Животные средней массой по 18 г были разделены на 4 группы по 5 голов в каждой, все животные получали стандартный корм. Дополнительно животные опытной профилактической группы получали один раз в сутки утром энтеросорбент из коры лиственницы по 0,2 г на кг массы животного за трое суток до заражения культурой микроорганизмов *E.coli*. Животные опытной лечебной группы получали энтеросорбент 2 раза в сутки (в 9 час утра и вечером) по 0,2 г на кг массы животного.

В ходе экспериментов оценивали следующие показатели: продолжительность проявления клинических признаков; тяжесть течения заболевания; сохранность лабораторных животных; процент заболеваемости; процент падежа, показатель бактериальной обсемененности кишечника тестовой культурой *E.coli*. Длительность наблюдения за животными в опытной и контрольной группах составила от 3 до 5 суток.

Количественный показатель бактериальной обсемененности кишечника тестовой культурой *E.coli* серотипа O 138 K 99 в одном грамме пищеварительного химуса тонкого отдела кишечника изучали по методике, описанной в работе [19]. В случае падежа животных проводили бактериологический анализ содержимого химуса тонкого кишечника анатомо-патологического материала [20]. Отбор материала для бактериологического анализа осуществляли согласно методическим указаниям Федерального центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора [21].

Результаты и обсуждение

Показателями, характеризующими возможность применения сорбента из коры лиственницы в качестве энтеросорбента, являются его сорбционная активность по МС и желатину, а также содержание в нем ВРВ. Эти показатели в сравнении со значениями промышленных энтеросорбентов приведены в таблице 1.

По способности сорбировать МС и желатин энтеросорбент из коры лиственницы превосходит образцы сравнения (табл. 1). Важно отметить более высокую (в 1,3 раза) сорбционную активность энтеросорбента из коры лиственницы в отношении желатина, что характеризует его потенциал для удаления токсинов белковой природы.

Таблица 1. Сравнительные характеристики промышленных энтеросорбентов и энтеросорбента из коры лиственницы

Энтеросорбент	A _{МС} , мг/г	A _{жел.} , мг/г	ВРВ, мас.%	Зола, %
Полифепан	58,3±2,1	28,6±0,9	4,2±0,2	1,5±0,2
Полифепан ветеринарный	51,2±1,4	28,2±0,9	4,6±0,1	1,6±0,2
Энтеросорбент из коры лиственницы	68,4±2,1	37,1±1,2	4,3±0,2	1,4±0,2

A_{МС}, A_{жел.} – сорбция метиленового синего и желатина, ВРВ – водорастворимые вещества.

Содержание остаточных ВРВ в энтеросорбенте из коры не превышает 5% (уровень, который считается допустимым для сорбентов медицинского назначения) [22].

Содержание золы в энтеросорбенте составляет $1,4 \pm 0,2\%$. Низкое содержание золы является важной характеристикой разработанного сорбента, поскольку применение малозольных энтеросорбентов позволяет минимизировать поступление минеральных примесей в желудочно-кишечный тракт [22].

Определение сорбционной активности сорбентов из коры проводили по маркерным веществам с разной молекулярной массой, традиционно применяемым для определения свойств энтеросорбентов: метиленовый синий (МС), моделирующий токсины с молекулярной массой до 500 атомных единиц массы (креатинин, барбитураты, фосфорорганические соединения и др.) и желатин, моделирующий токсины белковой природы.

Рисунок 1 показывает, что сорбционное равновесие в модельных растворах МС и желатина достигается через 2 ч и значения сорбции при этом составляют 76,3 и 39,4 мг/г соответственно.

Энтеросорбент из коры лиственницы достаточно быстро сорбирует исследуемые маркерные вещества: за 30 мин сорбция МС достигает 72,7% от равновесного значения, а желатина 75,4%. Через 1 ч контакта с модельными растворами маркеров энтеросорбент поглощает до 89,6 и 94,2 % от равновесной сорбции МС и желатина соответственно. Степень сорбции маркерных веществ в течение 1 ч является важным критерием оценки эффективности удаления органических токсинов энтеросорбентом. Этот период времени традиционно применяется для определения сорбционных свойств сорбентов медицинского назначения и характеризует продолжительность его действия в среде желудка [18, 22].

Сравнительный анализ ИК-спектров сорбента из коры лиственницы до и после контакта с растворами МС при рН модельного раствора 5,5 в течение 2 ч показывает (рис. 2, кривые 1 и 2), что после сорбции метиленового синего в спектре сорбента из коры лиственницы появляются полосы поглощения (п.п.) валентных колебаний $C=C$ связей в ароматическом кольце при 1600 см^{-1} и п.п. внеплоскостных деформационных колебаний $C-N$ связей ароматического кольца при 885 и 668 см^{-1} , свидетельствующие о наличии МС в составе сорбента [23].

Низкочастотный сдвиг п.п. валентных колебаний $C=O$ группы при 1623 см^{-1} , которая присутствует в ИК-спектре сорбента до взаимодействия с МС, на 23 см^{-1} , обусловлен, вероятно, взаимодействием маркера с карбонильными группами сорбента (рис. 2, кривые 1 и 2). Сдвига максимума п.п. валентных колебаний OH групп при 3426 см^{-1} при этом не происходит, что является косвенным доказательством отсутствия взаимодействия гидроксильных групп энтеросорбента с МС [23].

На рисунке 3 приведены ИК-спектры сорбента из коры лиственницы до и после контакта (кривые 1 и 2) с желатином (кривая 3). Значение рН модельного раствора желатина в экспериментах составляло 5,5, а продолжительность сорбции – 2 ч. Сравнение спектров показывает, что ИК-спектр сорбента после сорбции желатина является суммой спектров желатина и сорбента. В нем наблюдается рост интенсивностей п.п. валентных колебаний $C-N$ связей в CH_2 и CH_3 группах в области $3020-2765\text{ см}^{-1}$ и п.п. валентных колебаний $C=O$ групп при 1636 см^{-1} [23], при этом никакого сдвига характеристических п.п., соответствующих различным функциональным группам энтеросорбента, не происходит. Очевидно, это свидетельствует о физической сорбции желатина пористой структурой энтеросорбента.

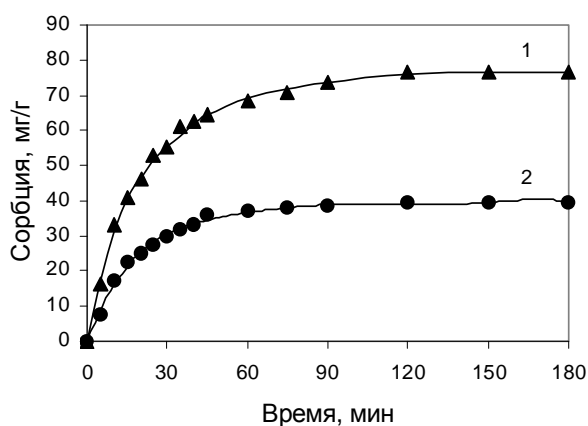


Рис. 1. Кинетические кривые сорбции метиленового синего (1) и желатина (2) из модельных растворов энтеросорбентом из коры лиственницы при рН раствора 5,5

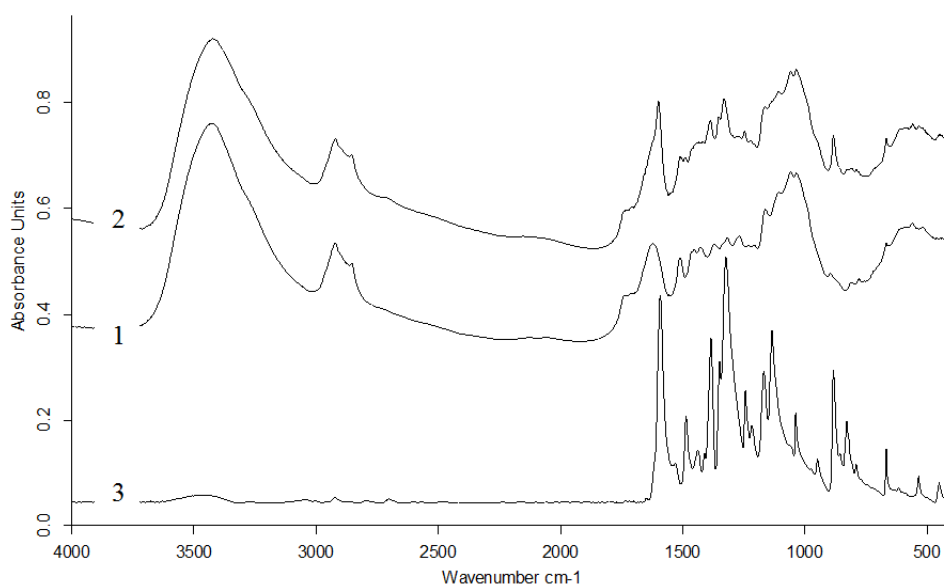


Рис. 2. ИК-спектры энтеросорбента из коры лиственницы до (1) и после (2) сорбции метиленового синего: 3 – ИК-спектр метиленового синего

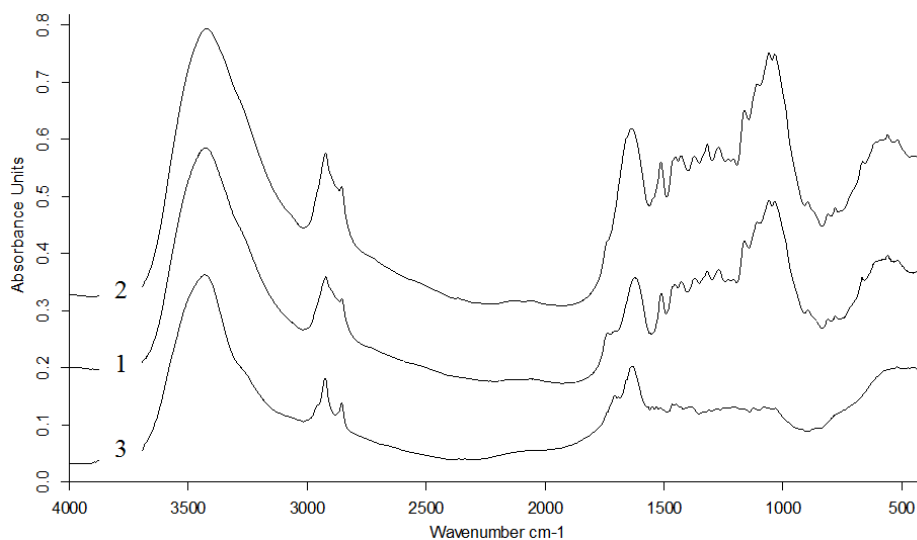


Рис. 3. ИК-спектры энтеросорбента из коры лиственницы до (1) и после (2) сорбции желатина: 3 – ИК-спектр желатина

Известно, что МС относится к катионным красителям, а желатин является амфолитом с изоэлектрической точкой при рН 4,8–5,0 [22]. В зависимости от рН модельных растворов маркерных веществ поверхность энтеросорбента будет приобретать положительный или отрицательный заряд. Можно предположить, что эффекты электростатического взаимодействия с поверхностью энтеросорбента будут влиять на сорбцию МС и желатина.

Рисунок 4 иллюстрирует влияние рН модельных растворов на сорбцию МС и желатина энтеросорбентом из коры лиственницы.

Из рисунка 4 следует, что изменение значений рН меньше влияет на сорбцию МС по сравнению с желатином. Так, повышение кислотности растворов маркеров от рН 5,5 до 2,0 приводит к уменьшению сорбции МС в 1,9 раза, а желатина – в 4,8 раза. Изменение рН от 5,5 до 7,5 мало влияет на сорбцию МС, но приводит к существенному (в 2,2 раза) уменьшению сорбции желатина. Наблюдаемое влияние рН объясняется эффектами электростатического взаимодействия заряженных поверхности энтеросорбента и ионизированных молекул исследуемых маркерных веществ. Следует отметить, что чувствительность сорбции желатина к изменениям рН может быть обусловлена также конформационными изменениями его макромолекул, свойственными биологическим полиэлектролитам [24].

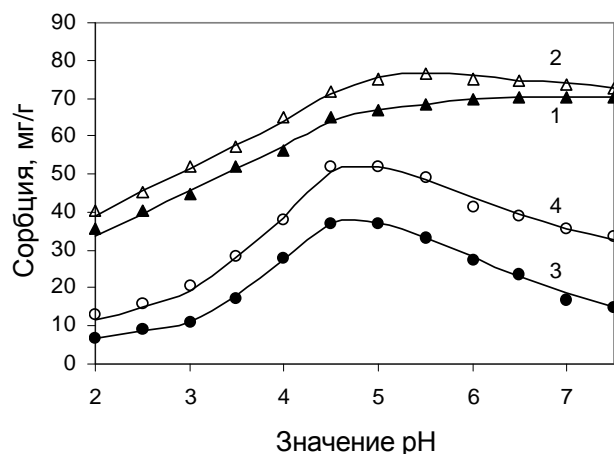


Рис. 4. Влияние pH на сорбцию метиленового синего (1 и 2) и желатина (3 и 4) энтеросорбентом из коры лиственницы: 1 и 3 – в отсутствии фонового электролита; 2 и 4 – в присутствии 0,9 мас.% NaCl

Введение в раствор МС хлорида натрия в качестве фонового электролита приводит к увеличению сорбции маркера в интервале pH от 2,0 до 5,5 (рис. 4, кривая 2). Дальнейшее понижение кислотности до 7,5 сопровождается уменьшением сорбции МС, что вызвано экранированием притяжения катионов маркера к отрицательно заряженной поверхности энтеросорбента. Однако сорбция МС из щелочного раствора остается на высоком уровне и составляет 72,5 мг/г.

Введение в раствор желатина фонового электролита приводит к существенному увеличению значений сорбции в исследованном интервале pH. Наиболее важным для исследуемого энтеросорбента является повышение сорбции желатина из модельных растворов с pH 2,0 и 7,5 – до 12,9 и 33,9 мг/г соответственно. Максимальная сорбция этого маркера в водном и водно-солевом растворах наблюдается при pH 4,5–5,0, что близко значению pH изоэлектрической точки желатина (рис. 4, кривые 3 и 4). Очевидно, наблюдаемые изменения сорбции желатина в присутствии хлорида калия происходят за счет экранирования солью электростатического отталкивания, характерного для изучаемой модельной системы [24].

Способность сорбировать МС и желатин из модельных растворов при значениях pH 2,0 и 7,5 в присутствии NaCl (типичный электролит биологических сред) характеризует эффективность действия энтеросорбента из коры лиственницы в средах желудка и кишечника. Данные таблицы 2 показывают, что энтеросорбент из коры лиственницы по сорбции МС превосходит промышленные энтеросорбенты на основе гидролизного лигнина независимо от pH модельных сред.

Энтеросорбент из коры лиственницы лучше сорбирует желатин из раствора с pH 2,0, а по сорбции маркера из растворов с pH 7,5 сравним с промышленными образцами (табл. 2). Сопоставление сорбционной активности разработанного энтеросорбента при различных значениях pH свидетельствует о его большей эффективности в условиях, моделирующих среду кишечника.

Результаты изучения свойств энтеросорбента из коры лиственницы для лечения и профилактики острого эшерихиоза животных представлены в таблице 3.

При изучении профилактической эффективности энтеросорбентов после заражения мышей эшерихиозом в опытных группах заболевание протекало в легкой форме без явных признаков поражения желудочно-кишечного тракта, тогда как в контрольной группе инфекция развивалась остро, с признаками нарастающей эндогенной интоксикации и органотропного поражения тканей пищеварительной системы. Процент заболеваемости в опытной группе составил 20%, тогда как в контрольной – этот показатель соответствовал 100%. Показатели падежа животных в контрольной группе составили 80% на фоне 100% сохранности в опытной группе.

Таблица 2. Сорбционная активность энтеросорбента из коры лиственницы и промышленных энтеросорбентов в отношении метиленового синего (МС) и желатина при различных значениях pH модельных растворов

Энтеросорбент	Сорбция МС, мг/г*		Сорбция желатина, мг/г*	
	pH 2,0	pH 7,5	pH 2,0	pH 7,5
Полифепан	27,4	49,8	2,7	33,4
Полифепан ветеринарный	25,9	47,7	2,6	32,7
Энтеросорбент из коры лиственницы	40,5	72,5	12,9	33,9

*Модельные растворы содержали 0,9 мас.% NaCl.

Таблица 3. Эффективность лечебно-профилактического действия энтеросорбента из коры лиственницы при острых желудочно-кишечных инфекциях линейных мышей

Группы животных	Купирование клинической симптоматики, ч	Сохранность, %	Количество тестовой культуры, КОЕ/г химуса	Введение энтеросорбента,*
Опытная лечебная	48	80	12	2 раза в сутки после появления первых признаков заболевания
Контрольная лечебная	Не купировано	0	Более 300	–
Опытная профилактическая	48	100	6	1 раз в сутки, начиная за 3 суток до заражения животных <i>E.coli</i>
Контрольная профилактическая	Не купировано	20	Более 300	–

* Препарат вводили по 0,2 г на кг массы животного.

При изучении терапевтической эффективности энтеросорбентов в опытных группах животных через 24 ч после введения препарата отмечалось быстрое купирование клинической симптоматики, а через 48 ч – нормализация аппетита и активности. В опытной группе сохранность животных составила 80%, тогда как в контрольной группе все животные погибли от инфекции. При патологоанатомическом вскрытии погибших животных опытной лечебной группы отсутствовали признаки воспаления, наблюдались единичные точечные кровоизлияния на серозных и слизистых покровах брюшной полости, на тканях печени отсутствовали признаки токсического воздействия, что свидетельствует о незначительном влиянии бактериальных токсинов на органы и ткани желудочно-кишечного тракта мышей.

Патологоанатомическое исследование погибших животных контрольной группы показало сильное воздействие токсинов кишечной палочки на систему желудочно-кишечного тракта организма, проявляющуюся во множественных диапедезных и точечных кровоизлияниях серозных и слизистых покровов брюшной полости, дистрофии тканей печени, пролиферацией сосудов и венозным застоем в большом круге кровообращения.

Бактериологическими исследованиями установлено, что в опытной лечебной группе на фоне применения энтеросорбента из коры лиственницы количество патогенной культуры *E.coli* уменьшилось в 50 раз, а в профилактической лечебной группе – в 25 раз.

Установлено, что применение энтеросорбента в терапевтических целях обеспечивает высокую сохранность лабораторных животных за счет эффективной сорбции бактериальных токсинов, которая препятствует их проникновению в ткани.

Таким образом, полученные энтеросорбенты из коры лиственницы показали высокую лечебно-профилактическую эффективность по отношению к патогенной кишечной палочке.

Выводы

Установлено, что энтеросорбент из коры лиственницы по сорбции метиленового синего и желатина превосходит промышленные аналоги на основе гидролизованного лигнина. Показано, что полученный энтеросорбент быстро сорбирует маркерные вещества – достигаемая в течение часа степень сорбции составляет 90 и 95% от равновесных значений для метиленового синего и желатина соответственно. Исследования показали, что энтеросорбент из коры лиственницы способен сорбировать маркерные вещества из растворов, моделирующих среды желудка и кишечника. Наиболее эффективная сорбция достигается в модельных условиях среды кишечника. Полученные результаты указывают на потенциальную возможность применения энтеросорбента из коры лиственницы для удаления токсинов различной природы.

С использованием биологических моделей показано, что энтеросорбент из коры лиственницы обладает лечебно-профилактическим действием при желудочно-кишечных инфекциях (эшерихиозе). Таким образом, энтеросорбент из коры лиственницы имеет хорошие перспективы применения в ветеринарной практике.

Список литературы

1. Кузнецов Б.Н., Левданский В.А., Кузнецова С.А. Химические продукты из древесной коры. Красноярск, 2012. 260 с.
2. Бабкин В.А., Остроухова Л.А., Копылова Л.И. Натуральные продукты и их производные, получаемые по технологии замкнутого цикла переработки биомассы лиственницы сибирской // Химия растительного сырья. 2016. №1. С. 121–126. DOI:10.14258/jcprm.2016011193.
3. Du H.S., Li X.Y., Ren X.Y., Ham Y.X. Pyrolysis features of Larch bark and Xylem // Advanced technologies in Manufactures. Engineering and Materials: Selected and pre reviewed papers from the 2013 International Forum on Mechanical and Material Engineering. June 13–14, Guangzhou, Chine. Pp. 503–507.
4. Patent CN 105287299. Chinese Golden larch bark traditional Chinese medicinal liquid soap and preparation method thereof / Xu Xian Qi. 03.02.2016.
5. Pasztory Z., Mohacsine I.R., Gorbacheva G., Borcsok Z. The utilization of tree bark // BioResource. 2016. Vol. 11. Iss. 3. Pp. 7859–7888. DOI: 10.15376/biores.11.3.Pesztory.
6. Морозов А.С., Бессонов И.В., Нуждина А.В., Писарев В.М. Сорбенты для экстракорпорального удаления токсических веществ и молекул с нежелательной биологической активностью (обзор) // Общая реаниматология. 2016. Т. 12, №6. С. 82–107. DOI: 10.15360/1813-9779-2016-6-82-107.
7. Sokolov M.N., Kuzminova A.M., Kanatbaev S.G. Enterosorption as a method of detoxification therapy in animal and birds // Modern Science. 2017. N2. С. 57–59.
8. Semenov E.I., Tremasova A.M., Saitov V.R., Smolentsev S.Yu., Sunagatullin F.A., Papunidi K.Kh., Tremasov M.Ya. Efficiency of application of a polysaccharide enterosorbent of «Fitisorb» for prevention of the combined mycotoxico-ses // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Vol. 7, iss. 4. Pp. 2229–2237.
9. Onishchenko D., Reva V. Sorption properties of carbon – base materials from sphagnum moss // Chemistry and Technology of Fuels oils. 2013. Vol. 49, iss. 2. Pp. 93–98.
10. Chy Gye Moon, Jund Ched Kyu, Kim Hoi Yun, Ha Zi Hee, Kim Jong Hyun. Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar as antibiotic alternatives on growth, performance, immune responses and fecal microflora population in fattening pigs // Animal Science Journal. 2013. Vol. 84, iss. 2. Pp. 113–120. DOI: 10.1111/j.1740-0929.2012.01045.x.
11. Lee J.B., Yamagishi C., Hayashi K., Hayashi T. Antiviral and immunostimulating effects of lignin-carbohydrate-protein complexes from Pimpinella anisum // Bioscience. Biotechnology. Biochemistry. 2011. Vol. 75, N3. Pp. 459–465. DOI: 10.1271/bbb.100645.
12. Рябинина Е.И., Тимашова А.А., Зотова Е.Е., Пономарева Н.И. Разработка энтеросорбентов на основе свекловичного жома с повышенной активностью в отношении ионов цинка, меди и никеля // Прикладные информационные аспекты медицины. 2016. Т. 19, №4. С. 11–15.
13. Бабкин В.А., Иванова С.З., Федорова Т.Е. и др. Научные основы технологии комплексной переработки биомассы лиственницы // Химия растительного сырья. 2007. №3. С. 9–21.
14. Патент 2389498 (RU). Энтеросорбент / Кузнецова С.А., Кузнецов Б.Н., Ковальчук Н.М., Скворцова Г.П. 20.05.2010.
15. Патент 2311954 (RU). Энтеросорбент и способ его получения / Кузнецова С.А., Щипко М.Л., Кузнецов Б.Н., Ковальчук Н.М., Веприкова Е.В., Лезова А.А. 10.12.2007.
16. Решетников В.И. Оценка адсорбционной способности энтеросорбентов и их лекарственных форм // Химико-фармацевтический журнал. 2003. Т. 37, №5. С. 28–32.
17. Markelov D.A., Nitsak O.V., Gerashenko T.T. Comparative study of the adsorption activity of medicinal sorbents // Pharmaceutical Chemistry Journal. 2008. V. 42, N7. Pp. 405–408.
18. Васильева О.Ю., Гойзман М.С., Тихомирова Г.Б., Берлянд А.С., Алиханян А.С., Шевяков А.В. Химико-фармацевтический анализ нового природного биологически активного вещества – шунлита // Химико-фармацевтический журнал. 2008. Т. 42, №5. С. 33–36.
19. Бойцов А.Г., Кафтырева Л.А., Ластовка О.Н., Чугунова Ю.А., Нилова Л.Ю., Пустынникова А.М., Эммануэль В.Л. Рекомендации по ведению преаналитического этапа микробиологических лабораторных исследований. Тверь, 2008. 64 с.
20. Мари П.Р., Шей И.Р. Клиническая микробиология: Краткое руководство. М., 2006. 425 с.
21. Техника сбора и транспортирования биоматериалов в микробиологической лаборатории: методические указания МУ 4.2.2039-05. Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. М., 2006. 126 с.
22. Энтеросорбция / под ред. Н.А. Белякова. Л., 1991. 328 с.
23. Infrared and Raman characteristic group frequencies: Tables and charts. G. Socrates. John Wiley-Sons, 2004. 347 p.
24. Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел: пер. с англ. / под ред. Г. Парфита, К. Рочестера. М., 1986. 488 с.

Поступило в редакцию 5 июля 2017 г.

После переработки 15 сентября 2017 г.

Veprikova E.V.^{1,2*}, Kuznetsova S.A.^{1,2,3}, Korolkova I.V.^{1,2}, Mores A.A.⁴, Shislenco S.A.⁴, Kuznetsov B.N.^{1,2,3}, Chesnokov N.V.^{1,2,3} INVESTIGATION OF SORPTION AND THERAPY-PROPHYLACTICS PROPERTIES OF THE ENTEROSORBENT FROM A LARCH BARK

¹Institute of Chemistry and Chemical Technology SB RAS, Akademgorodok, 50-24, Krasnoyarsk, 660036 (Russia)

²Krasnoyarsk Scientific Center of the SB RAS, Akademgorodok, 50, Krasnoyarsk, 660036 (Russia)

³Siberian Federal University, Svobodnyi av., 79, Krasnoyarsk, 660041 (Russia)

⁴Krasnoyarsk State Agrarian University, Mira av., 90, Krasnoyarsk, 660049 (Russia)

The sorption capacity of enterosorbent from a larch bark for marker substances modeling the different toxins kinds - methylene blue and gelatine – was investigated. Influence of values pH of model solutions and background electrolyte (0,9 mass % NaCl) addition on the methylene blue and gelatine sorption by enterosorbent were investigated. It was shown that designed enterosorbent are able sorb the marker substances from solutions modeling of the stomach and intestine environment conditions. Investigated enterosorbent show the highest efficiency at model conditions of intestine environment. It was shown that enterosorbent from a larch bark exceed commercial enterosorbents on based of hydrolyzed lignin «Polyphepan» in its capacity to sorb the marker substances. On the biological models was determined that the designed enterosorbent show the therapy-prophylactics properties to gastrointestinal infections - escherichiosis. As a result of the bacteriological investigations was determined that the quantity of pathogenic culture E.coli increased 50 times at enterosorbent using in the experimental therapy group, in the prophylactics therapy group – 25 times. The obtained results indicate that the designed enterosorbent from a larch bark have good perspectives for application in veterinary practice.

Keywords: larch bark, enterosorbent, sorption, methylene blue, gelatine, gastrointestinal infections.

References

1. Kuznetsov B.N., Levanskii V.A., Kuznetsova S.A. *Khimicheskie produkty iz drevnesnoi kory*. [Chemical products from wood bark]. Krasnoyarsk, 2012, 260 p. (in Russ.).
2. Babkin V.A., Ostroukhova L.A., Kopylova L.I. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2016, no. 1, pp. 121–126. DOI:10.14258/jcprm.2016011193. (in Russ.).
3. Du H.S., Li X.Y., Ren X.Y., Ham Y.X. *Advanced technologies in Manufactures. Engineering and Materials: Selected and pre reviewed papers from the 2013 International Forum on Mechanical and Material Engineering. June 13–14, Guangzhou, Chine*. Pp. 503–507.
4. Patent CN 105287299. 03.02.2016.
5. Pasztory Z., Mohacsine I.R., Gorbacheva G., Borcsok Z. *BioResource*, 2016, vol. 11, iss. 3, pp. 7859–7888. DOI: 10.15376/biores.11.3.Pesztory.
6. Morozov A.S., Bessonov I.V., Nuzhdina A.V., Pisarev V.M. *Obshchaia reanimatologiya*, 2016, vol. 12, no. 6, pp. 82–107. DOI: 10.15360/1813-9779-2016-6-82-107. (in Russ.).
7. Sokolov M.N., Kuzminova A.M., Kanatbaev S.G. *Modern Science*, 2017, no. 2, pp. 57–59.
8. Semenov E.I., Tremasova A.M., Saitov V.R., Smolentsev S.Yu., Sunagatullin F.A., Papunidi K.Kh., Tremasov M.Ya. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2016, vol. 7, iss. 4, pp. 2229–2237.
9. Onishchenko D., Reva V. *Chemistry and Technology of Fuels oils*, 2013, vol. 49, iss. 2, pp. 93–98.
10. Chy Gye Moon, Jund Ched Kyu, Kim Hoi Yun, Ha Zi Hee, Kim Jong Hyun. *Animal Science Journal*, 2013, vol. 84, iss. 2, pp. 113–120. DOI: 10.1111/j.1740-0929.2012.01045.x.
11. Lee J.B., Yamagishi C., Hayashi K., Hayashi T. *Bioscience. Biotechnology. Biochemistry*, 2011, vol. 75, no. 3, pp. 459–465. DOI: 10.1271/bbb.100645.
12. Riabinina E.I., Timashova A.A., Zotova E.E., Ponomareva N.I. *Prikladnye informatsionnye aspekty meditsiny*, 2016, vol. 19, no. 4, pp. 11–15. (in Russ.).
13. Babkin V.A., Ivanova S.Z., Fedorova T.E. et al. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2007, no. 3, pp. 9–21. (in Russ.).
14. Patent 2389498 (RU). 20.05.2010. (in Russ.).
15. Patent 2311954 (RU). 10.12.2007. (in Russ.).
16. Reshetnikov V.I. *Khimiko-farmatsevticheskii zhurnal*, 2003, vol. 37, no. 5, pp. 28–32. (in Russ.).
17. Markelov D.A., Nitsak O.V., Gerashenko T.T. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 2008, vol. 42, no. 7, pp. 405–408.
18. Vasil'eva O.Iu., Goizman M.S., Tikhomirova G.B., Berliand A.S., Alikhanian A.S., Sheviakov A.V. *Khimiko-farmatsevticheskii zhurnal*, 2008, vol. 42, no. 5, pp. 33–36. (in Russ.).
19. Boitsov A.G., Kaftyreva L.A., Lastovka O.N., Chugunova Iu.A., Nilova L.Iu., Pustynnikova A.M., Emmanuel' V.L. *Rekomendatsii po vedeniiu preanaliticheskogo etapa mikrobiologicheskikh laboratornykh issledovaniy*. [Recommendations for conducting a preanalytical stage of microbiological laboratory research]. Tver, 2008, 64 p. (in Russ.).
20. Mari P.R., Shei I.R. *Klinicheskaya mikrobiologiya: Kratkoe rukovodstvo*. [Clinical Microbiology: A Brief Guide]. Moscow, 2006, 425 p. (in Russ.).
21. *Tekhnika sbora i transportirovaniia biomaterialov v mikrobiologicheskoi laboratorii: Metodicheskie ukazaniia MU 4.2.2039-05. Federal'nyi tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora*. [Techniques for collecting and transporting biomaterials in a microbiological laboratory: Methodological instructions MU 4.2.2039-05. Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor]. Moscow, 2006, 126 p. (in Russ.).
22. *Enterosorbtsiya*. [Enterosorption]. Ed. O.N. Belyakov. Leningrad, 1991, 328 p. (in Russ.).
23. *Infrared and Raman characteristic group frequencies: Tables and charts*. G. Socrates. John Wiley-Sons, 2004. 347 p.
24. *Adsorbtsiia iz rastvorov na poverkhnosti tverdykh tel*. [Adsorption from solutions on the surface of solids]. Ed. G. Parfit, K. Rochester, Moscow, 1986, 488 p. (in Russ.).

Received July 5, 2017

Revised September 15, 2017

* Corresponding author.

