

ОЦЕНКА ДЕТОКСИКАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СУШЕНОГО СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА НА ОСНОВЕ МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Е. И. Рябинина, Н. А. Андреева, Т. Н. Никитина, Е. Е. Зотова

Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко

Поступила в редакцию 31.10.2017 г.

Аннотация. Работа посвящена исследованию детоксикационных свойств сушеного свекловичного жома в отношении положительно заряженных низкомолекулярных соединений, токсинов и метаболитов белковой природы с нерегулярным строением на основе модельных экспериментов. Спектрофотометрическим методом определена сорбционная активность сушеного свекловичного жома, активированного угля и лигнинсодержащего препарата «Полифепан» в отношении метиленового синего, желатина и проведена их сравнительная оценка. Показано, что сорбционная активность в отношении метиленового синего увеличивается в ряду: «Полифепан» (28.9 ± 2.1 мг/г), свекловичный жом (66.1 ± 1.1 мг/г), активированный уголь (94.5 ± 2.8 мг/г). Высокое сродство к метиленовому синему у активированного угля и свекловичного жома прежде всего наблюдается за счет развитой удельной поверхности и наличия микропор, в которых величина сорбции значительно выше, чем в мезо- и макропорах. Однако, сорбционная активность энтеросорбентов также зависит от их способности к электростатическому и ионообменному взаимодействию с адсорбатом. Установлено, что в отношении желатина адсорбционная активность увеличивается в ряду: активированный уголь (2.1 ± 0.5 мг/г), «Полифепан» (15.6 ± 0.9 мг/г), свекловичный жом (27.9 ± 1.2 мг/г). Минимальная величина сорбции желатина на активированном угле связана с гидрофобностью поверхности и с размером молекул адсорбтива, которые слишком велики для проникновения в микропоры углеродного сорбента, поэтому огромная удельная поверхность активированного угля остается недоступной для белка. Рост сорбционной активности «Полифепана», возможно, связан, как с наличием мезо- и макропор, способных лучше сорбировать макромолекулы, так и с его гидрофобно-гидрофильной поверхностью. Свекловичный жом проявляет максимальную сорбционную активность в отношении желатина за счет электростатического взаимодействия между положительно заряженными фрагментами желатина и анионной поверхностью (карбоксильными группами) адсорбента. Изучение степени извлечения сорбтивов в зависимости от массы свекловичного жома показало, что при небольших массах сорбентов желатин сорбируется лучше. Однако при массе сорбента 3 г степени извлечения становятся равными (95 %). Такой полиномиальный характер зависимости в случае желатина связан с уменьшением числа диссоциированных карбоксильных групп в составе жома при увеличении его концентрации. Показано, что по детоксикационным свойствам в отношении низкомолекулярных органических веществ и метаболитов белковой природы сушеный свекловичный жом не уступает зарегистрированным энтеросорбентам на основе активированного угля и гидролизного лигнина.

Ключевые слова: свекловичный жом, энтеросорбент, метиленовый синий, желатин, сорбционная активность.

В условиях высокой антропогенной нагрузки на окружающую среду в организм человека попадает целый ряд вредных ксенобиотиков. Для детоксикации эндо- и экзотоксинов используются энтеросорбенты, применение которых вносит важный вклад в обеспечение безопасной жизнедеятельности человека. В литературе описаны свойства энтеросорбентов на основе разных видов биомассы [1-4]. Особый интерес вызывает пектинсодержа-

щее растительное сырье, из которого получают пектин, использующийся для получения энтеросорбентов («Фитосорбовит», «Полисорбовит-95», «Сорпектин», «Пепидол», «Карбопект» и др.). Однако, производство пектина дорогой и трудоемкий процесс. Мы предлагаем использовать в качестве энтеросорбента свекловичный жом, являющийся наиболее распространенным вторичным сырьем свеклосахарного производства на территории Центрального Черноземья. Урожай свеклы в Воронежской области ежегодно составляет от 3.5 до 4-х миллионов тонн. После переработки сахарной

свеклы остается более 2-х миллионов тонн сырого свекловичного жома, являющегося ценным источником пектиновых веществ, аминокислот, целлюлозы и гемицеллюлозы. На сегодняшний день малая часть этих отходов производства идет на корм скоту, а основная - вывозится в отвалы. Согласно Рамочной Директиве 2008/98/ЕС (WFD2008) [5] об отходах, переработка отходов, направленная на получение нового полезного продукта, позволит не только уменьшить их воздействие на окружающую среду, но и извлечь экономические и социальные выгоды.

Исследования последних лет показали, что содержащиеся в продуктах растительного происхождения пищевые волокна, такие как нерастворимые (целлюлоза, хитин), так и растворимые (пектин, инулин), способны эффективно связывать ионы тяжелых металлов [6-8]. В частности, установлено, что свекловичный жом обладает сорбционной активностью по отношению к катионам свинца, цинка, никеля и меди [4, 9-13] и более эффективен по сравнению с широко применяемыми в медицинской практике энтеросорбентами - активированным углем и «Полифепаном» [4, 9]. Однако, помимо декотсикации тяжелых металлов, эффективность энтеросорбентов оценивается по их способности сорбировать органические вещества [2].

Целью данной работы являлась оценка сорбции органических веществ (метиленового синего и желатина), моделирующих различные факторы интоксикации, сушеным свекловичным жомом в модельных экспериментах.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Исходным сырьем для получения сорбента служил измельченный воздушно-сухим способом (влажность 12.5 ± 0.5 %) свекловичный жом. Влажность сорбентов определяется по методике ГОСТ 12597-67 «Сорбенты. Метод определения массовой доли воды в активных углях и катализаторах на их основе».

Исследование адсорбционной активности порошка свекловичного жома определяли по стандартным методикам [14, 15], широко применяемым для тестирования сорбентов медицинского назначения, основанным на измерении оптической плотности раствора вещества-маркера до и после контакта с навеской сорбента в течение точно заданного времени.

В качестве тест-вещества для изучения адсорбции положительно заряженных низко-

молекулярных соединений (алкалоиды, креатинин, барбитураты, гистамин, димедрол, новокаина гидрохлорид, промедол и т. п.) использовали катионный краситель метиленовый синий (МС) (3,7-Бис(диметиламино)фенотиазиния хлорид, тригидрат) (М.м. = 373.89 г/моль), производитель Самарамедпром (Россия) (рис.1).

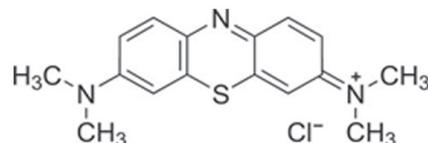


Рис. 1. Метиленовый синий

Для этого к 0.5 г сорбента добавляли 50 мл 0.15% раствора метиленового синего, встряхивали в течение 1 часа с числом колебаний 140 ± 10 в мин. Определение концентрации равновесного раствора после сорбции проводили после фильтрации, отбрасывая первые 30 мл фильтрата и не допуская осушения осадка во избежание механической десорбции. Фильтрат объемом 1 мл разводили в мерной колбе до 100 мл водой очищенной и определяли оптическую плотность на спектрофотометре ПЭ-5300ВИ в кювете толщиной 10 мм. В качестве компенсационного раствора использовали воду очищенную. Оптическую плотность полученного раствора сравнивали с оптической плотностью раствора, полученного путем разбавления 1 мл 0.15% раствора метиленового синего водой до объема 100 мл.

Электронные спектры поглощения водных растворов метиленового синего до и после контакта с сорбентом приведены на рис.2. Метиленовый синий имеет максимум полосы поглощения при 665 нм, поэтому все измерения проводили при данной длине волны.

На основании эксперимента были рассчитаны величины сорбционной активности (X , мг/г), степени извлечения (E , %) по формулам:

$$X = \frac{(D_1 - D_2) \cdot a \cdot V}{D_1 \cdot m \cdot (1 - 0.01 \cdot W)}, \quad (1)$$

$$E = \frac{(D_1 - D_2) \cdot 100\%}{D_1}, \quad (2)$$

где D_1 – оптическая плотность раствора сравнения тест-вещества; D_2 – оптическая плотность исследуемого раствора тест-вещества после контакта с сорбентом; V – объем раствора тест-вещества, взятого для осветления, мл; m – масса навески сорбента, г; a – фактическое содержание тест-

вещества в растворе сравнения, мг/мл; W – влажность сорбента, %.

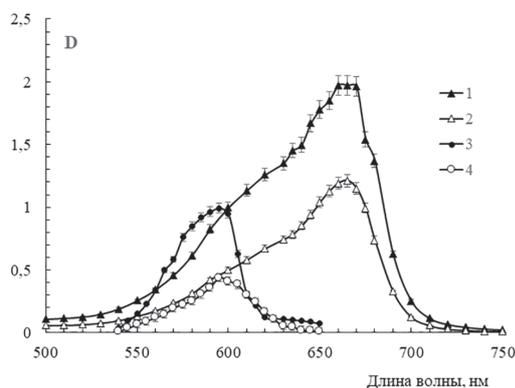


Рис. 2. Спектры поглощения водных растворов ($l=10$ мм). Обозначения: 1 – раствор сравнения метиленового синего, $C = 1.5$ мг/мл; 2 – раствор метиленового синего после контакта со свежловичным жомом, $m = 0.5$ г; 3 – раствор сравнения желатина, $C = 0.5$ мг/мл; 4 – раствор желатина после контакта со свежловичным жомом, $m = 0.5$ г

В качестве тест-вещества, которое моделирует адсорбцию токсинов и метаболитов белковой природы с нерегулярным строением, использовали фармацевтический желатин GELITA® (Германия) — продукт гидролиза коллагена (рис. 3).

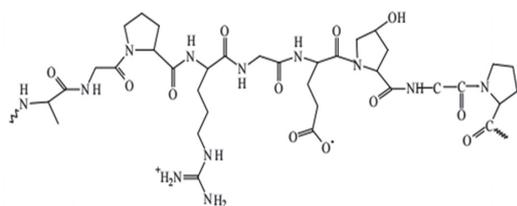


Рис. 3. Структурная единица молекулы желатина [8]

К 0.5 г свежловичного жома добавляли 50 мл 0.05% раствора желатина, встряхивали на аппарате для встряхивания в течение 1 часа с числом колебаний 140 ± 10 в мин. К 1 мл фильтрата добавляли 4 мл биуретового реактива, выдерживали 30 минут. Раствор сравнения готовили добавлением 1 мл 0.05% раствора желатина к 4 мл биуретового реактива и выдерживали 30 минут. Измеряли оптическую плотность исследуемого раствора и раствора сравнения при длине волны 595 нм в кювете толщиной 10 мм (рис.2). В качестве компенсационного раствора ис-

пользовали холостую пробу (к 1 мл воды добавляли 4 мл биуретового реактива). Адсорбционную активность свежловичного жома по желатину и степень извлечения рассчитывали по формулам (1, 2), аналогичным для измерений с метиленовым синим.

Аналогичным образом изучали сорбционную активность энтеросорбента «Полифепан» (ЗАО Сайтек, С.-Петербург, Россия), получаемый из гидролизного лигнина, и активированного угля (порошок растертых таблеток), полученного из экологически чистой древесины березы на ОАО «Ирбитский химфарм завод» (Россия).

Статистическую обработку результатов проводили, используя программу EXCEL. Относительная погрешность экспериментов рассчитывалась на основании количественных показателей: влажности, сорбционной активности и степени извлечения, как среднее значения из трех параллельных опытов [16]. Погрешность эксперимента не превышала 5%.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Сведения, касающиеся сорбции выбранных маркерных веществ на сушеном свежловичном жоме, а также влияния свойств и структурных особенностей сорбента и сорбатов на характер сорбции, в литературе не найдены.

Согласно полученным данным, приведенным в таблице, наибольшей величиной сорбции по отношению к метиленовому синему обладает активированный уголь (94.5 ± 2.8 мг/г). Значительно меньшая величина сорбционной способности отмечается у свежловичного жома (66.1 ± 1.1 мг/г) и энтеросорбента «Полифепан» (28.9 ± 2.1 мг/г), что согласуется с литературными данными [17]. Исходя из показателей [18], определяющих возможность применения пористых материалов в качестве энтеросорбентов, сорбция метиленового синего должна быть не ниже 20 мг/г, следовательно, сушеный свежловичный жом, как и исследуемые медицинские сорбенты можно использовать для детоксикации низкомолекулярных органических веществ.

Различия в сорбционной способности энтеросорбентов обусловлены природой сорбата и сорбента.

Таблица 1

Сравнительная характеристика сорбционной активности зарегистрированных энтеросорбентов и сушеного свежловичного жома

Энтеросорбент	Активированный уголь	«Полифепан»	Сушеный свежловичный жом
$X_{мет.син.},$ мг/г	94.5 ± 2.8	28.9 ± 2.1	66.1 ± 1.1
$X_{жел.},$ мг/г	2.1 ± 0.5	15.6 ± 0.9	27.9 ± 1.2

В процессе массопереноса пространство сообщающихся пор разных размеров (микро-, мезо, макропоры) имеет решающую роль при сорбции. Энергия сорбции в микропорах значительно выше, чем при сорбции в мезо- и макропорах [19, 23]. Активированный уголь и свекловичный жом имеют более развитую удельную поверхность (более 700 м²/г [20] и 141,8 м²/г [21] соответственно), в том числе благодаря наличию микропор, поэтому проявляют высокое сродство к метиленовому синему. У «Полифепана» удельная поверхность не превышает 20 м²/г [20] и в большей степени представлена наличием в лигнине мезо- и макропор [22], которые не позволяют сорбировать низкомолекулярные токсины также активно как активированный уголь и свекловичный жом.

Однако, следует отметить, что свекловичный жом имеет в 5 раз, а «Полифепан» более чем в 35 раз меньшую удельную поверхность по сравнению с активированным углем, при этом их сорбционная активность меньше последнего всего в 1.5 и 3 раза соответственно. Вероятно, сорбционная активность данных энтеросорбентов по отношению к метиленовому синему зависит не столько от размера пор и величины удельной поверхности, а от химической природы сорбента, которая влияет на способность поглощать молекулы сорбтива.

Так, сорбционная активность метиленового синего на микропористой гидрофильной поверхности свекловичного жома, вероятнее всего, обусловлена электростатическим взаимодействием молекул положительно заряженного красителя с отрицательно заряженными функциональными группами сорбента, содержащего в своем составе пектиновые вещества, являющиеся природными гетерополимерами углеводной природы, основными звеньями молекулярной цепи которых являются остатки α -D(+)-галактуроновой кислоты (pK = 3 – 5). С другой стороны, ароматический фрагмент придает метиленовому синему некоторую гидрофобность, что способствует его сорбции на неполярном сорбенте - активированном угле. Высокая сорбционная активность лигнинсодержащего препарата «Полифепан» по отношению к метиленовому синему (в пересчете на удельную поверхность по сравнению с исследуемыми сорбентами), по-видимому, обусловлена наличием в его составе как полярных, так и неполярных функциональных групп [22] и проявлением им свойств слабокислого катионообменника [2, 18].

Анализ сорбционной активности изучаемых сорбентов в отношении желатина показал, что адсорбционная активность увеличивается в ряду: ак-

тивированный уголь, «Полифепан», свекловичный жом (табл.1).

Желатин практически не сорбируется на активированном угле. Это связано с тем, что белковые молекулы слишком велики для проникновения в микропоры углеродного сорбента, поэтому их огромная удельная поверхность остается недоступной для белка.

Относительно активированного угля «Полифепан» в 7.5 раз лучше сорбирует желатин. Рост сорбционной активности «Полифепана», возможно, связан как с наличием мезо- и макропор, способных лучше сорбировать макромолекулы [22, 23], так и с его гидрофобно-гидрофильной поверхностью [22]. «Полифепан» за счет наличия в составе лигнина значительного количества функциональных групп (метоксильных –OCH₃ (до 22%), карбоксильных –COOH (до 16%), карбонильных >CO (до 7%), гидроксильных (спиртовых и фенольных) –OH (до 11%) [24]) может взаимодействовать с белком, в состав которого также входят как полярные, так и неполярные группы (остатки аланина, валина, фенилаланина и др.).

Подтверждением ранее сделанного предположения о том, что сорбционная активность изучаемых энтеросорбентов зависит не столько от размера пор и удельной поверхности, сколько от их химической природы, является сорбция желатина на микропористой поверхности свекловичного жома. Сорбционная активность свекловичного жома по отношению к желатину выше в 1.8 раз чем у полифепана и в 13.3 раза чем у активированного угля. Желатин относится к высокомолекулярным амфотерным полиэлектролитам. Его изоэлектрическая точка наблюдается при pH = 4.8 – 5.0, т.е. в водных растворах белок заряжен отрицательно и, следовательно, не должен сорбироваться на анионной поверхности свекловичного жома. Однако, входящие в состав желатина остатки гистидина (pI = 7.6), лизина (pI = 9.8) и аргинина (pI = 10.8) представляют собой положительно заряженные фрагменты желатина (рис.3) [25, 26], за счет которых и происходит электростатическое взаимодействие. Следует также отметить, что многоочечная адсорбция желатина [26], возможно, приводит к более быстрому уменьшению количества активных центров на поверхности свекловичного жома и снижению сорбционной емкости, в отличие от сорбции метиленового синего.

Учитывая, что накопление белковых токсинов в организме, вызванное различными видами микроорганизмов (дифтерийной и столбнячной палочками, возбудителями газовой гангрены, ботулизма,

стафилококками, стрептококками, некоторыми видами дизентерийных микробов, кишечной палочкой, холерным вибрионом и другими микроорганизмами), приводит к нарушению обменных процессов и отравлению всего организма, при проведении энтеросорбции в данных случаях необходимо отдавать предпочтение препарату «Полифепан» и свекловичному жому.

При разработке технологии изготовления лекарственной формы и методов эфферентной терапии важно выбрать оптимальную массу сорбента, которая была бы небольшой, но достаточной для количественного извлечения токсикантов. Поэтому было изучено влияние массы свекловичного жома на степень извлечения метиленового синего и желатина при их постоянной концентрации (рис.4).

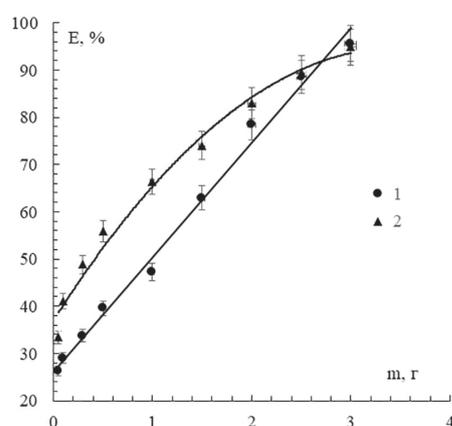


Рис. 4. Зависимость степени извлечения метиленового синего (1) и желатина (2) от массы свекловичного жома. Уравнение регрессии и величина достоверности аппроксимации для 1 и 2 зависимости соответственно равны: $y=24.212x+62.23$; $R^2=0.9927$ и $y= - 4.7517x^2+33.125x+36.971$; $R^2=0.9857$

При массе сорбента от 0.05 г до 3.00 г на 50 мл исследуемого раствора, степень извлечения составляет от 26.30 ± 0.21 % до 94.90 ± 0.70 % для метиленового синего и от 33.43 ± 0.61 % до 94.86 ± 1.20 % для желатина. Зависимость степени извлечения от массы сорбента для метиленового синего носит линейный характер, а для желатина – полиномиальный. Причем при небольших массах сорбентов желатин сорбируется лучше. Однако при массе сорбента 3 г степени извлечения становятся равными и составляют 95%. Такой полиномиальный характер зависимости в случае желатина очевидно связан с уменьшением числа диссоциированных карбоксильных групп в составе жома при увеличении его концентрации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение сорбционной активности свекловичного жома в отношении метиленового синего и желатина *in vitro* свидетельствуют о том, что сорбционная способность свекловичного жома не уступает данному показателю зарегистрированных энтеросорбентов – «Полифепан» и активированный уголь.

Полученные данные свидетельствуют о том, что свекловичный жом имеет перспективы использования не только в качестве источника пищевых волокон, но и как энтеросорбирующее средство для детоксикации низкомолекулярных органических веществ и метаболитов белковой природы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно – технической сфере» в рамках договора №12111ГУ/2017.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Onishchenko D., Reva V. // Chemistry and Technology of Fuels oils. 2013. Vol. 49. № 2. pp. 93 – 98.
2. Веприкова Е.В., Щипко Е.В., Щипко М.Л., Кузнецова С.А., Ковальчук Н.М., Кузнецов Б.Н. // Химия в интересах устойчивого развития. 2010. Т.18. №3. С. 239 – 247.
3. Рябина Е.И., Зотова Е.Е., Пономарева Н.И. // Вестник ВГУ, Серия «Химия. Биология. Фармация». 2016. №.1. С. 21 – 24.
4. Рябина Е.И., Зотова Е.Е., Пономарева Н.И., Тимашова А.А., Андреева Н.А. // Молодой ученый. 2015. №19. С. 71-74.
5. European Commission. Environment. Режим доступа: <http://ec.europa.eu/environment/waste/framework> (дата обращения 31.10.2017).
6. Wong K.K., Lee C.K., Low K.S., Haron M.J. // Chemosphere. 2003. V. 50, N1. pp. 23–28.
7. Ставицкая С.С., Миронюк Т.И., Картель Н.Т., Стрелко В.В. // Журнал прикладной химии. 2001. Т. 74, №4. С. 575–578.
8. Никифорова Т.Е., Козлов В.А., Модина Е.А. // Химия растительного сырья. 2010. №4. С.23-30.
9. Рябина Е.И., Тимашова А.А., Зотова Е.Е., Пономарева Н.И. // Прикладные информационные аспекты медицины. 2016. Т. 19. № 4. С. 11 – 15.
10. Pehlivan E., Yanik V.H., Ahmetli G.M., Pehlivan M. // Bioresource Technology. 2008. Vol. 99. pp. 3520-3527.

11. Pehlivan E., Cetin S., Yanik B.H. // Journal of Hazardous Materials. 2006. Vol.135. № (1-3). pp. 193-199.
12. Aksu Z., İsoğlu İ.A. // Process Biochemistry. 2005. Vol. 40. № 9. pp. 3031– 3044.
13. Dronnet V.M., Renard C.M.G.C., Axelos M.A.V., Tbibault J.-F. // Carbohydrate Polymers. 1997. Vol. 34. pp. 73-82.
14. Решетников В.И. // Химико-фармацевтический журнал. 2003. Т. 37. № 5. С. 28 – 32.
15. Markelov D.A., Nitsak O.V., Gerashenko T.T. // Pharmaceutical Chemistry Journal. 2008. V. 42. № 7. pp. 405 – 408.
16. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. Москва, Высшая школа, 1985, 327 с.
17. Бабкин В.А., Леванова В.П., Исаева Е.В. // Химия в интересах устойчивого развития. 1994. Т.2. №2-3. С.559-581.
18. Веприкова Е.В., Кузнецова С.А., Скворцова Г.П., Щипко М.Л. // Journal of Siberian Federal University. Chemistry. 2008. №3. С. 286-292.
19. Джиардано К. Сорбенты и их клиническое применение. Киев, Высшая школа, 1989, 290 с.
20. Николаев В.Г., Михаловский С.В., Гурина Н.М. // Эфферентная терапия. 2005. Т. II. №4. С. 3–17.
21. Иващенко Н.В., Вербицкий Б.И., Буландра О.Ф., Луцки Ю.П. // Научный взгляд в будущее. 2016. Т.2. №1. С.67-72.
22. Тунакова Ю.А., Мухаметшина Е.С., Шмакова Ю.А. // Вестник казанского технологического университета. 2011. №9. С. 74-79.
23. Бородин Ю.И., Коненков В.И., Пармон В.Н., Любарский М.С., Рачковская Л.Н., Бгатова Н.П., Летягин А.Ю. // Успехи современной биологии. 2014. Т.134. №3. С. 236-248.
24. Николайчук А.А., Картель Н.Т., Купчик Л.А., Денисович В.А. // Сорбционные и хроматографические процессы. 2007. Т.7. Вып. 5. С. 835 – 844.
25. Smitha S., Shajesh P., Mukundan P., Warriar K.G.K. // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2007. V. 55. №1. pp. 38 – 43.
26. Бажура И.Б., Лагута И.В., Казакова О.А., Ставинская О.Н., Кузема П.А. // Химия, физика и технология поверхности. 2008. Вып. 14. С.478–482.

Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко

Рябинина Е. И., кандидат химических наук, доцент кафедры химии

E-mail: ryabinina68@mail.ru

Никитина Т. Н., кандидат химических наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии

E-mail: ilyushina_t@mail.ru

Зотова Е. Е., кандидат химических наук, доцент кафедры химии

E-mail: zotova1109@yandex.ru

АМП «Здоровый город»

Андреева Н. А., провизор

E-mail: natalian2304@gmail.com

Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko

Ryabinina E. I., PhD (Chemistry), Associate Professor, dept. of Chemistry

e-mail: ryabinina68@mail.ru

Nikitina T. N., PhD (Chemistry), Associate Professor, dept. of Pharmaceutical Chemistry and Pharmaceutical Technology

E-mail: ilyushina_t@mail.ru

Zotova E. E., PhD (Chemistry), Associate Professor, dept. of Chemistry

E-mail: zotova1109@yandex.ru

AMP «Zdorovyj Gorod»

Andreeva N. A., dispensing chemist

E-mail: natalian2304@gmail.com

THE EVALUATION OF THE DRIED BEET PULP DETOXC PROPERTIES BASED ON THE MODEL EXPERIMENTS

E. I. Ryabinina, N. A. Andreeva, T. N. Nikitina, E. E. Zotova

Voronezh Burdenko State Medical University

Abstract. The study is devoted to the investigation of dried beet pulp detoxic properties in relation to positive low-molecular compounds, toxins and metabolites of protein nature with irregular structure on the basis of model experiments.

Sorption activity of dried beet pulp, activated carbon and lignin-comprising preparation «Polifepan» in relation to methylene blue and gelatin was determined by spectrophotometric method. Then their comparative assessment was performed. It was shown that sorption activity in relation to methylene blue was increasing in a row: «Polifepan» (28.9±2.1 mg/g), beet pulp (66.1±1.1 mg/g), activated carbon (94.5±2,8 mg/g).

Activated carbon and beet pulp demonstrate high affinity to methylene blue mainly due to developed specific surface and the micropores presence where sorption capacity is significantly higher than in mesopores and macropores. However, sorption activity of enterosorbents also depends on their ability to electrostatic and ion-exchange interaction with the adsorbate. It was established that adsorption activity in relation to gelatin is increasing in a row: activated carbon (2.1±0.5 mg/g), «Polifepan» (15.6±0.9 mg/g), beet pulp (27.9±1.2 mg/g).

Minimum sorption capacity of gelatin on activated carbon is connected with surface hydrophobicity and the adsorbate molecule size which are too large to enter into the carbonic sorbate micropores so huge activated carbon specific surface is inaccessible for the protein. The growth of «Polifepan» sorption activity is probably connected with the presence of mesopores and macropores capable to sorb macromolecules better as well as with hydrophobic- hydrophilic surface of «Polifepan».

Beet pulp demonstrates maximum sorption activity in relation to gelatin due to electrostatic interaction between positive gelatin fragments and anionic surface (carboxylic groups) of the adsorbate. The study of the sorbate extraction degree with regard to beet pulp mass showed that in small masses gelatin is sorbed better. However, when sorbate mass is 3g the extraction degrees are equal (95 %). Such polynomial dependence in the case of gelatin is related to the reduction of dissociated carboxylic groups number in beet pulp composition when its concentration is increased.

It was demonstrated that dried beet pulp according to its detoxic properties in relation to low-molecular organic compounds and metabolites of protein nature is equal to the registered enterosorbents based on activated carbon and hydrolytic lignin.

Keywords: beet pulp, enterosorbents, methylene blue, gelatin, sorption activity.

REFERENCES

1. Onishchenko D., Reva V. Chemistry and Technology of Fuels oils, 2013, Vol. 49, No 2, pp. 93-98.
2. Veprikova E.V., Shhipko E.V., Shhipko M.L., Kuznecova S.A., Koval'chuk N.M., Kuznecov B.N. Himija v interesah ustojchivogo razvitija, 2010, T.18, No 3, pp. 239-247.
3. Ryabinina E.I., Zotova E.E., Ponomareva N.I. Vestnik VGU, Serija «Himija. Biologija. Farmacija», 2016, No 1, pp. 21-24.
4. Ryabinina E.I., Zotova E.E., Ponomareva N.I., Timashova A.A., Andreeva N.A. Molodoj uchenyj, 2015, No 19, pp. 71-74.
5. European Commission. Environment. Available at: <http://ec.europa.eu/environment/waste/framework> (accessed 31 October 2017).
6. Wong K.K., Lee C.K., Low K.S., Haron M.J. Chemosphere, 2003, V. 50, No 1, pp. 23-28.
7. Stavickaja S.S., Mironjuk T.I., Kartel' N.T., Strelko V.V. Zhurnal prikladnoj himii, 2001, T. 74, No 4, pp. 575-578.
8. Nikiforova T.E., Kozlov V.A., Modina E.A. Himija rastitel'nogo syr'ja, 2010, No 4, pp. 23-30.
9. Ryabinina E.I., Timashova A.A., Zotova E.E., Ponomareva N.I. Prikladnye informacionnye aspekty mediciny, 2016, T. 19, No 4, pp. 11 – 15.
10. Pehlivan E., Yanik B.H., Ahmetli G.M., Pehlivan M. Bioresource Technology, 2008, Vol. 99, pp. 3520-3527.
11. Pehlivan E., Cetin S., Yanik B.H. Journal of Hazardous Materials, 2006, Vol.135, No (1-3), pp. 193-199.
12. Aksu Z., İšoğlu İ.A. Process Biochemistry, 2005, Vol. 40, No 9, pp. 3031– 3044.
13. Dronnet V.M., Renard C.M.G.C., Axelos M.A.V., Tbibault J.-F. Carbohydrate Polymers, 1997, Vol. 34, pp. 73-82.
14. Reshetnikov V.I. Himiko-farmaceuticheskij zhurnal, 2003, T. 37, No 5, pp. 28 – 32.
15. Markelov D.A., Nitsak O.V., Gerashenko T.T. Pharmaceutical Chemistry Journal, 2008, V. 42, No 7, pp. 405 – 408.
16. Ahnazarova S.L., Kafarov V.V. Metody optimizacii jeksperimenta v himicheskoj tehnologii. Moscow, Vysshaja shkola, 1985, 327 p.
17. Babkin V.A., Levanova V.P., Isaeva E.V. Himija v interesah ustojchivogo razvitija, 1994, T.2, No 2-3, pp. 559-581.
18. Veprikova E.V., Kuznecova S.A., Skvorcova G.P., Shhipko M.L. Journal of Siberian Federal University. Chemistry, 2008, No 3, pp. 286-292.
19. Dzhiardano K. Sorbenty i ih klinicheskoe primenenie. Kiev, Vysshaja shkola, 1989, 290 p.
20. Nikolaev V.G., Mihalovskij S.V., Gurina N.M. Jefferentnaja terapija, 2005, T.II, No 4, pp. 3–17.

21. Ivashhenko N.V., Verbickij B.I., Buljandra O.F., Lucik Ju.P. Nauchnyj vzgljad v budushhee, 2016, T.2, No 1, pp. 67-72.

22. Tunakova Ju.A., Muhametshina E.S., Shmakova Ju.A. Vestnik kazanskogo tehnologicheskogo universiteta, 2011, No 9, pp. 74-79.

23. Borodin Ju.I., Konenkov V.I., Parmon V.N., Ljubarskij M.S., Rachkovskaja L.N., Bgatova N.P., Letjagin A.Ju. Uspehi sovremennoj biologii, 2014, T.134, No 3, pp. 236-248.

24. Nikolajchuk A.A., Kartel' N.T., Kupchik L.A., Denisovich V.A. Sorbcionnye i hromatograficheskie process, 2007, T.7, Vyp. 5, pp. 835 – 844.

25. Smitha S., Shajesh P., Mukundan P., Warriar K.G.K. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 2007, V. 55, No 1, pp. 38 – 43.

26. Bazhura I.B., Laguta I.V., Kazakova O.A., Stavinskaja O.N., Kuzema P.A. Himija, fizika i tehnologija poverhnosti, 2008, Vyp. 14, pp. 478 – 482.