



УДК 615.322:1547.458-183:544.7231.06:543.245

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕКТИНОВ И ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ КРЫЖОВНИКА ОТКЛОНЕННОГО (*GROSSULARIA RECLINATA* (L) MILL.), ЛИСТЬЕВ ШЕЛКОВИЦЫ ЧЕРНОЙ (*MORUS NIGRAL.*) И ШЕЛКОВИЦЫ БЕЛОЙ (*MORUS ALBA* L.).

**С.Л. АДЖИХМЕТОВА, И.И. СЕЛИНА  
Л.В. ЛИГАЙ, Л.П. МЫКОЦ  
Э.Т. ОГАНЕСЯН, Н.А. ТУХОВСКАЯ**

*Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал Государственного бюджетного общеобразовательного учреждения высшего профессионального образования Волгоградского государственного медицинского университета Минздрава России*

*e-mail: edwardov@mail.ru*

В статье изложены результаты исследования сорбционной активности пектинов крыжовника отклоненного (*Grossularia reclinata* (L) Mill.), шелковицы черной (*Morus nigra* L.) и шелковицы белой (*Morus alba* L.) по отношению к ионам свинца. В течение одного часа максимальное извлечение ионов свинца пектинами ягод крыжовника составляет 39,6%, листьев – 56,3%; водорастворимыми полисахаридами шелковицы черной – 43,8%, шелковицы белой – 52,1% от равновесной концентрации. Характер изученных изотерм доказывает, что функциональная зависимость величины адсорбции от равновесной концентрации к ионам Pb<sup>2+</sup> в большей степени подчиняется уравнению Ленгмюра.

Ключевые слова: крыжовник отклоненный, шелковица черная и белая, сорбция, ионы свинца, титрование.

Одним из источников получения новых лечебно-профилактических средств могут являться пищевые растения, широко используемые в народной медицине и характеризующиеся обширным ареалом произрастания. В этом отношении большой интерес представляют такие распространенные кустарниковые культуры, как крыжовник и древесная порода – тута, или шелковица [2].

Известно, что пектины (ПВ) и водорастворимые полисахариды (ВРПС), входящие в состав растений, обладают характерным свойством мягко и без серьезных последствий для организма связывать и выводить соли тяжелых металлов, радионуклиды, пестициды.

Пектин, как продукт исключительно растительного происхождения, признан ВОЗ токсикологически безопасным биологически активным соединением и обладает иммуностимулирующим, желчегонным, отхаркивающим, обволакивающим, противовосполительным, гиполипидемическим и гипогликемическим действием [5].

Выделение ПВ и ВРПС из крыжовника отклоненного, шелковицы черной и белой осуществлено по методике [3, 4].

ПВ и ВРПС обладают активной комплексообразующей способностью по отношению к радиоактивному кобальту, стронцию, цезию, цирконию, рутению, иттрию и другим металлам. Комплексообразующие свойства ПВ обусловлены наличием в молекуле полимера – ПВ карбоксильных и гидроксильных групп галактуроновой кислоты. В процессе усвоения пектин превращается в пектиновую кислоту, которая соединяется с тяжелыми металлами и радионуклидами, образуя нерастворимые соли, выделяемые из организма естественным путем. При постоянном его применении накопления вредных веществ в организме не происходит.

Активность и прочность комплексообразования зависит от степени этерификации ПВ (соотношение между этерифицированными и свободными карбоксильными группами). Чем меньше степень этерификации и больше свободных групп, тем легче протекает комплексообразование [6].

Нами изучалась сорбционная способность и кинетика этого процесса для полученных ПВ и ВРПС *in vitro* по отношению к ионам свинца.

Сорбционная емкость выражается количеством ионов тяжелого металла, связывающихся с 1 г полисахаридов, что определялось по разнице между вносимым и остаточным количеством ионов в расчете на 1 г полисахаридов.

Определение ионов свинца в растворе проводили титрованием 0,01 М стандартным раствором двузамещенного ЭДТА, в ацетатном буфере (индикатор –ксиленовый оранжевый, переход окраски от малиновой в лимонно-желтую). При обработке пектина стандартным раствором



ацетата свинца образующийся рыхлый осадок пектата отделяют, а в надосадочной жидкости содержание определяют титрованием.

Расчет массы свинца в исследуемом растворе проводят по формуле:

$$gPb^{2+} = \frac{V_{кIII} \times N_{кIII} \times \Xi_{кIII}}{1000}$$

где  $V_{кIII}$  – объем (мл) комплексона III, пошедшего на титрование;  $N_{кIII}$  – нормальность комплексона III;  $\Xi_{кIII}$  – эквивалентная масса вещества.

Анализируемый раствор разбавляют дистиллированной водой до метки в колбе на 100 мл. Для анализа отбирают аликвоту раствора (10 мл) в колбу для титрования, приливают 10 мл ацетатного буферного раствора, разбавляют водой до 100 мл и прибавляют индикатор. Далее проводят титрование [1, 3].

Изменение концентрации ионов свинца во времени в процессе сорбции при контакте с полисахаридом отражено в табл. 1.

Таблица 1

**Изменение концентрации ионов свинца в водной фазе растворов ПВ крыжовника отклоненного и ВРПС листьев шелковицы**

t, мин	V, мл		Содержание Pb <sup>2+</sup> , мг		Содержание Pb <sup>2+</sup> , ммоль/л		% связывания ионов Pb <sup>2+</sup>		K <sub>1</sub> C	
	ягоды	листья	ягоды	листья	ягоды	листья	ягоды	листья	ягоды	листья
ПВ крыжовника отклоненного										
0	4,8	4,8	99,5	99,5	48	48	-	-	-	-
10	3,3	2,5	68,4	51,8	33	25	31,3	47,9	207,0	318
20	3,2	2,4	66,3	49,7	32	24	33,4	50,0	221,0	332
30	3,1	2,3	64,2	47,7	31	23	35,5	52,1	235,3	345
40	3,0	2,1	62,2	43,5	30	21	37,5	56,3	248,7	373
50	2,9	2,1	60,1	43,5	29	21	39,6	56,3	262,7	373
60	2,9	2,1	60,1	43,5	29	21	39,6	56,3	262,7	373
ВРПС шелковицы (листья)										
t, мин.	белая	черная	белая	черная	белая	черная	белая	черная	белая	черная
0	4,8	4,8	99,5	99,5	48	48	-	-	-	-
10	2,6	3,0	53,9	62,2	26	30	45,8	37,5	304	248,7
20	2,5	2,9	5,8	60,1	25	29	47,9	39,6	318	262,7
30	2,4	2,8	49,7	58,0	24	28	50,0	41,7	332	276,7
40	2,3	2,7	47,7	55,9	23	27	52,1	43,8	345	290,7
50	2,3	2,7	47,7	55,9	23	27	52,1	43,8	345	290,7
60	2,3	2,7	47,7	55,9	23	27	52,1	43,8	345	290,7

В реакции образования пектатов металлов участвуют два компонента – ион металла и пектин. Чтобы учесть изменение концентрации ионов металла при минимальном влиянии концентрации пектина, нами использован метод изолирования Оствальда. Согласно этому методу, реакция проводится с избытком одного из реагентов, в данном случае пектина, и тогда скорость сорбции пропорциональна концентрации другого – иона металла, взятого в недостатке.

Линейная зависимость  $\ln C - t$  (мин.) и константа скорости сорбции рассчитывается по уравнению кинетики I порядка:

$$K = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0}{C_t}$$

где  $C_0, C_t$  – исходная и оставшаяся непрореагированной концентрация;  $t$  – время.

Линейная зависимость  $\ln C - t$  (мин.) свидетельствует, что комплексообразование протекает по реакции I порядка, что представлено на рис. 1 [1, 4].





10	30	26	18	22	12	14,7	2,89	3,09	2,48	2,69	0,06	0,045	0,083	0,07
20	29	25	19	23	12,7	15,3	2,94	3,14	2,54	2,73	0,05	0,043	0,079	0,07
30	28	24	20	24	13,3	16	2,99	3,18	2,59	2,77	0,05	0,042	0,075	0,06
40	27	23	21	25	14	16,7	3,04	3,22	2,64	2,81	0,05	0,04	0,071	0,06
50	27	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	27	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Теоретически адсорбция может быть описана либо уравнением Фрейндлиха, либо Ленгмюра. Выбор конкретного уравнения зависит от природы адсорбента.

Уравнение Фрейндлиха удобно использовать в логарифмической форме:

$$\lg A = \lg K + \frac{1}{n} \lg C ,$$

где  $K$  и  $\frac{1}{n}$  – константы;  $C$  – равновесная концентрация;  $A$  – адсорбция.

Константа  $K$  зависит от природы адсорбента и адсорбата и колеблется в широких пределах.  $\frac{1}{n}$  – Адсорбционный показатель, зависящий от природы адсорбата.

Величины констант находят по графической зависимости  $\ln \frac{x}{m} = f(\ln \Delta C)$ , что представлено на рис. 2. Коэффициенты уравнения приведены в табл. 3 [1].

Таблица 3

**Значения коэффициентов уравнения Фрейндлиха**

ПВ крыжовника отклоненного				ВРПС шелковицы (листья)			
ягоды		листья		черная		белая	
K	1/n	K	1/n	K	1/n	K	1/n
1,58	0,79	1,86	0,78	7,92,	1,04	12,93	0,93

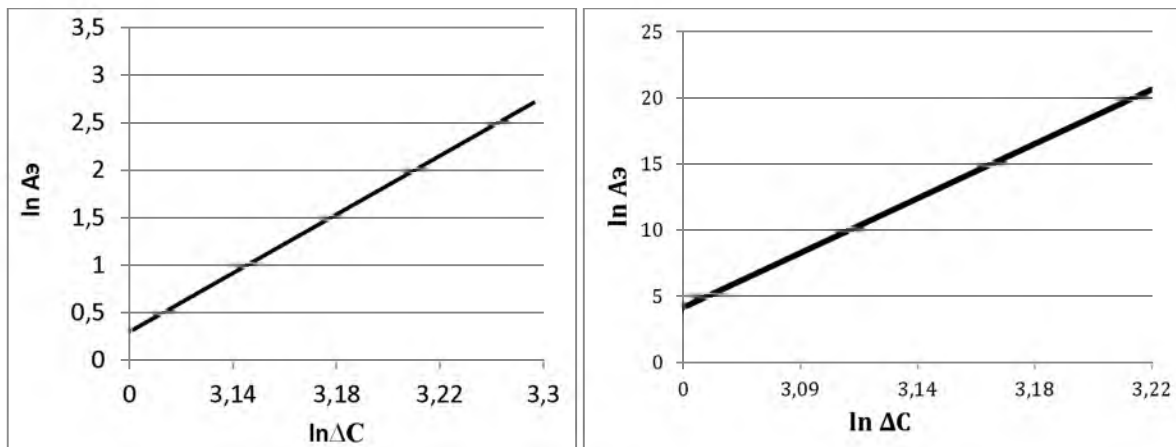


Рис. 2. Изотермы адсорбции Pb<sup>2+</sup> на ПВ и ВРПС по Фрейндлиху:  
1– ПВ листьев крыжовника отклоненного, 2– ВРПС листьев шелковицы белой

Для нахождения констант уравнения Ленгмюра

$A = \frac{A_{\infty} \times C}{b + C}$ , где  $A_{\infty}$ ,  $b$  – константы;  $C$  – равновесная концентрация, использовали графическую зависимость  $1/A = f(1/\Delta C)$ , представленную на рис. 3.

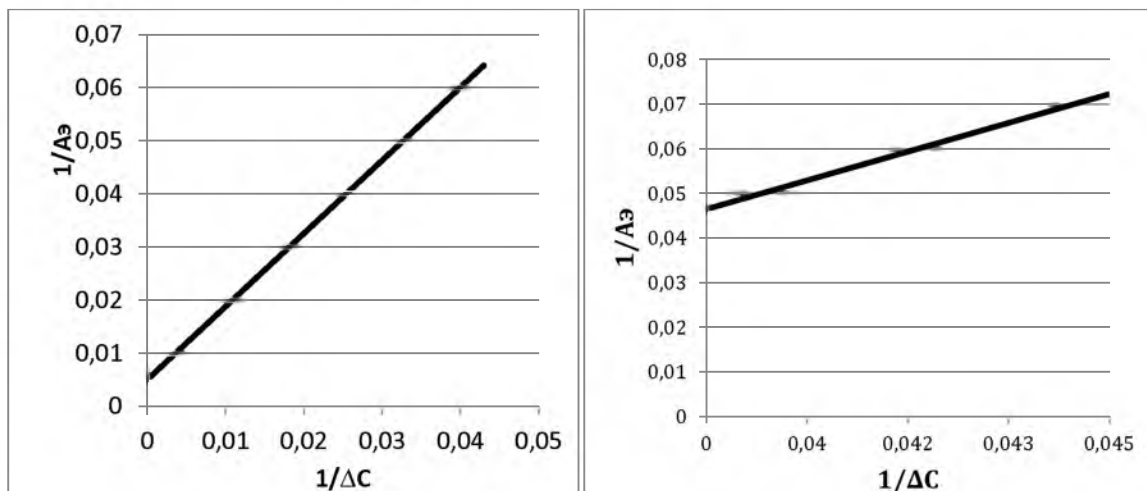


Рис. 3. Изотермы адсорбции Pb<sup>2+</sup> на ПВ и ВРПС по Ленгмюру:  
1– ПВ листьев крыжовника отклоненного, 2– ВРПС листьев шелковицы белой

Константа A<sub>∞</sub> представляет собой предельную емкость адсорбента и зависит от размеров молекул сорбента. Константа равновесия адсорбционного процесса зависит от средства адсорбата к адсорбенту: чем она больше, тем сильнее выражено это средство. Найденные графические коэффициенты уравнения Ленгмюра представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Значения коэффициентов уравнения Ленгмюра**

Крыжовник отклоненный				Шелковица (листья)			
ягоды		листья		черная		белая	
A <sub>∞</sub>	b	A <sub>∞</sub>	b	A <sub>∞</sub>	b	A <sub>∞</sub>	b
83,3	125	200	200	34,49	25,32	21,74	16,3

Таблица 5

**Соотношение экспериментальной величины адсорбции с расчетными**

A <sub>э</sub> , ммоль/г		A <sub>ф</sub> , ммоль/г		A <sub>л</sub> , ммоль/г		A <sub>э</sub> /A <sub>ф</sub>		A <sub>э</sub> /A <sub>л</sub>	
ПВ крыжовника отклоненного									
ягоды	листья	ягоды	листья	ягоды	листья	ягоды	листья	ягоды	листья
10,0	23	13,42	4,34	8,93	18,8	0,75	3,53	1,12	0,81
10,7	24	14,12	4,39	9,45	19,5	0,76	3,64	1,13	0,82
11,3	25	14,82	4,44	9,97	20,4	0,76	3,76	1,13	0,82
12,0	27	15,49	4,53	10,49	21,7	0,77	3,97	1,14	0,83
12,7	-	16,18	-	10,99	-	0,78	-	1,16	-
Средние величины:						0,76	3,73	1,14	0,82
A <sub>э</sub> , ммоль/г		A <sub>ф</sub> , ммоль/г		A <sub>л</sub> , ммоль/г		A <sub>э</sub> /A <sub>ф</sub>		A <sub>э</sub> /A <sub>л</sub>	
ВРПС шелковицы (листья)									
черная	белая	черная	белая	черная	белая	черная	белая	черная	белая
12,00	14,67	158,16	229,12	14,35	12,61	0,0758	0,0640	0,84	1,16
12,67	15,33	167,27	238,82	14,80	12,82	0,0757	0,0642	0,86	1,19
13,33	16,00	176,46	248,38	15,21	13,04	0,0755	0,0644	0,88	1,22
14,00	16,67	185,56	252,91	15,62	13,26	0,0754	0,0659	0,90	1,25
Средние величины:						0,0756	0,0646	0,87	1,21



Высокое значение константы «b» свидетельствуют о хорошей способности пектина к сорбции ионов свинца. Это подтвердилось экспериментально, о чем свидетельствует быстрое образование пектата свинца и установление равновесия в системе уже через 30 минут. В таблице 5 представлены найденные величины адсорбции [1, 3].

По характеру изученных изотерм следует сделать вывод, что функциональная зависимость величины адсорбции от равновесной концентрации к ионам  $Pb^{2+}$  в большей степени подчиняется уравнению Ленгмюра.

**Выводы:**

1. Выявлена высокая комплексообразующая способность ПВ из листьев и ягод крыжовника отклоненного и ВРПС из листьев шелковицы белой и шелковицы черной по отношению к ионам  $Pb^{2+}$ .
2. Степень извлечения ионов свинца пектином из листьев крыжовника отклоненного составляет 56,3%, что значительно выше, чем ПВ из ягод – 39,6%.
3. Степень извлечения ионов свинца водорастворимыми полисахаридами из листьев шелковицы черной составляет 43,8%, что ниже, чем из ВРПС листьев шелковицы белой – 52,1%.
4. Сорбционный процесс в обоих случаях лучше описывается уравнением Ленгмюра.

**Литература**

1. Гамлет, Л.П. Основы физической и органической химии / Л.П. Гамлет. – М.: Мир, 1972.– 534 с.
2. Кортиков, В.Н. Лекарственные растения /В.Н.Кортиков, А.В.Кортиков. – М.: Рольф, Айрис-пресс, 1998.– С. 315-316.
3. Кочетков, Н.К. Химия углеводов /Н.К.Кочетков,А.Ф. Бочков, Б.А. Дмитриев [и др.]. – М.: Химия, 1967. – 674 с.
4. Кочетков, Н.К. Химия биологически активных соединений/ Н.К. Кочетков. – М., 1970. –631 с.
5. Пектин. Производство и применение / Н.С. Карпович [и др.]. – Киев: Урожай, 1989. – 88 с.
6. Шелухина, Н.П. Пектин и параметры его получения/Н.П.Шелухина, Р.Ш.Абаева, Г.Б. Аймухамедова. – Фрунзе: Илим, 1987. – 108 с.

**STUDY THE CAPACITY OF SORPTION OF PECTIN AND WATER-SOLUBLE POLYSACCHARIDES OF GOOSEBERRY REJECTED (GROSSULARIA RECLINATA (L) MILL.), LEAVES BLACK MULBERRY (MORUS NIGRA L.) AND MULBERRY WHITE (MORUS ALBA L.).**

**S.I. ADZHIAHMETOVA, I.I. SELINA  
L.V. LIGAY, E.T. OGANESYAN  
L.P. MYKOTS, N.A. TUHOVSKAYA**

*Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute, a branch of the state budget general educational Institution of Higher Professional Education of the Volgograd State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation*

*e-mail: edwardov@mail.ru*

The article describes the results of a study of sorption activity deflected gooseberries, black mulberry, white mulberry for  $Pb^{2+}$  ions. Within one hour, the maximum extraction of ions Pb pectin fruit gooseberry composes 39.6%, 56.3%, leaves, water-soluble polysaccharides of black mulberry -43.8%, -52.1% white mulberry, from the equilibrium concentration. character study of the isotherms shows that the functional dependence of the adsorption equilibrium concentration of  $Pb^{2+}$  ions in a greater degree, obeys the Langmuir equation.

Key words: gooseberry rejected, mulberry black and mulberry white, sorption,  $Pb^{2+}$  ions, titration.