

УДК 662.63:547.458.88

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕТИКИ СОРБЦИИ КАТИОНА МЕТАЛЛА ПЕКТИНОМ ИЗ ЦИТРУСОВЫХ

Л.П. Мыкоц, Н.А. Туховская, С.Н. Бондарь

Государственная фармацевтическая академия, Пятигорск, Россия

В работе проведено исследование цитрусового пектина на сорбционную способность по отношению к ионам свинца, а также влияние температуры на сорбционную емкость. В работе проведен расчет физико-химических параметров процесса сорбции ионов свинца цитрусовым пектином, позволивший установить, что процесс образования пектата свинца протекает как реакция первого порядка, а функциональная зависимость сорбции от концентрации ионов свинца подчиняется уравнению изотермы адсорбции Фрейндлиха. Высокая степень извлечения ионов свинца (64% от исходной концентрации) позволяет рекомендовать цитрусовые пектины в качестве энтеросорбентов при свинцовой интоксикации, а также в качестве пищевой добавки к продуктам лечебного и профилактического действия.

Ключевые слова: пектин, сорбционная способность, изотерма адсорбции Фрейндлиха

Одним из ценных компонентов пищи, обладающим сорбционными свойствами по отношению к ионам тяжелых металлов, является пектин. Пектиновые вещества присутствуют почти повсеместно во всех высших растениях. Для рационального использования пектина необходимо всестороннее изучение его физико-химических свойств.

В нашу задачу входило исследование цитрусового пектина, полученного после промышленной переработки плодов на сок. Так как пектиновые вещества представляют собой природный ионообменник, изучалась кинетика и сорбционная способность пектина *in vitro* по отношению к ионам свинца, а также влияние температуры на сорбционную емкость. Известно, что свинец как тяжелый металл связывается с карбоксильными, фосфатными группами биомолекул. При этом он снижает активность ферментов и, купируя метаболические процессы, вызывает сильную интоксикацию организма.[1] Установлено, что кроме физической адсорбции катионов активными центрами пектина, происходит и хемосорбция - образование комплексных соединений пектата свинца. [4]

Сорбционная способность выражается количеством ионов тяжелого металла,

связываемых с 1г пектина. Количество связавшихся ионов свинца определялось по разнице между вносимым и остаточным количеством в расчете на 1г пектина.

Изменение концентрации ионов свинца в водной фазе растворов при контакте с цитрусовым пектином от времени сорбции отражено в таблице 1.

При обработке пектина стандартным раствором основного ацетата свинца образуется рыхлый осадок пектата свинца. Его отфильтровали, а содержание в надосадочной жидкости в различные моменты времени (10-60мин) определяли методом комплексонометрического титрования. Титрование проводилось в среде аммиачного буферного раствора под контролем металлохромного индикатора хромогена. [3]

В реакциях образования пектатов металлов участвуют два вещества и, чтобы учесть изменения концентрации одного из реагирующих веществ (ионов металла), при минимальном влиянии концентрации другого вещества (пектина), использовали метод изолирования Оствальда [2]. Согласно этому методу, реакция проводится с избытком одного из реагентов (пектина) и тогда скорость пропорциональна концентрации другого реагента, взятого в недостатке (ионы металла).

Таблица 1

Изменение концентрации ионов свинца в водной фазе раствора

Время, мин	Количество ионов Pb ²⁺ , мг/г	Концентрация иона Pb ²⁺ в растворе, ммоль/л
0 (ст. р-р)	103,8	5,00
10	88,0	4,25
20	83,0	4,00
30	73,5	3,55
40	71,4	3,44
50	67,0	3,20
60	67,0	3,20

Линейность зависимости $\lg C$ от времени и постоянство констант скорости в различные отрезки времени свидетельствует о первом порядке реакции взаимодействия пектина с ионами свинца. Средняя величина константы скорости равна $1,325 \times 10^{-3} \text{ мин}^{-1}$

В течение 1 часа максимальное извлечение Pb²⁺ составляет 64% от равновес-

ной концентрации, что в пересчете на 1г сорбента равно 67 мг ионов свинца.

Сорбция в зависимости от природы адсорбента, особенности его поверхности может подчиняться уравнению Фрейндлиха или Ленгмюра.

Для поиска этой подчиненности рассчитывали на основе полученных данных величину экспериментальной адсорбции, согласно зависимости:

$$A_{\text{ЭКС.}} = \frac{\Delta C \cdot v}{m},$$

где ΔC – изменение концентрации иона Pb²⁺ в растворе, v – объем раствора (мл), m – масса адсорбента (пектина), г

Нахождение констант уравнения Ленгмюра (A_{∞} и b) и констант уравнения Фрейндлиха (K , $1/n$) осуществляли по графическим зависимостям $\frac{1}{A_{\text{ЭКС.}}} = f\left(\frac{1}{\Delta C}\right)$ и

$\lg A_{\text{ЭКС.}} = f(\lg \Delta C)$, соответственно [5].

В таблице 2 приведены найденные величины адсорбции.

На рисунке представлены соответствующие изотермы сорбции.

По характеру изученных изотерм и данным табл. 2 можно сделать вывод, что функциональная зависимость сорбции от концентрации катионов свинца подчиняет-

ся уравнению Фрейндлиха ($A = KC^{1/n}$), описывающего сорбционный процесс на неоднородных пористых поверхностях. Коэффициенты уравнения для изотермы сорбции следующие: $K = 0,5$; $1/n = 0,9$.

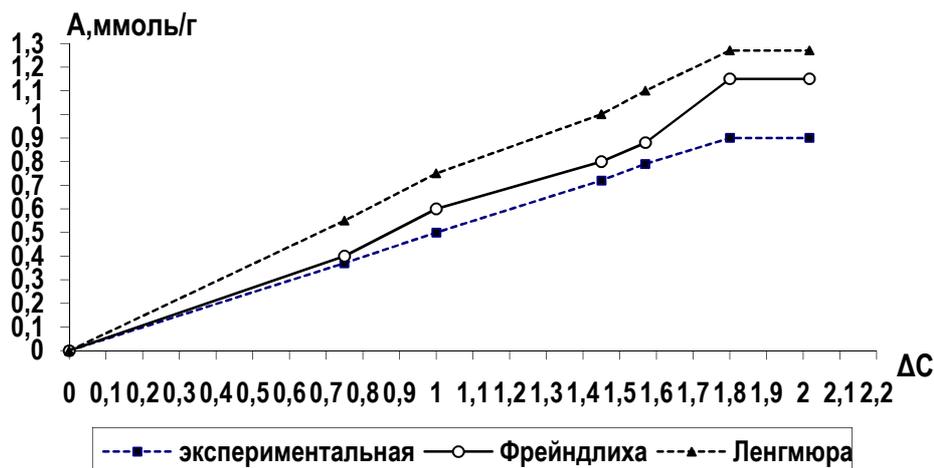
Для изучения влияния температуры на сорбционные свойства пектина проводили: замораживание модельных растворов при температуре минус 18⁰С и температурную обработку при 99-100⁰С в течение 1 часа.

Проведенные исследования показали, что процент сорбционной способности пектина относительно его протекания при комнатной температуре уменьшился на 22,6% при термической обработке и на 1,2% при замораживании.

Таблица 2

Соотношение экспериментальной величины адсорбции ионов Pb²⁺ на пектине с расчетными

ΔC , ммоль/л	$A_{\text{ЭКС.}}$, ммоль/г	$A_{\text{Л.}}$, ммоль/г	$A_{\text{Ф.}}$, ммоль/г	$A_{\text{ЭКС.}}/A_{\text{Л.}}$	$A_{\text{ЭКС.}}/A_{\text{Ф.}}$
0,75	0,375	0,570	0,386	0,658	0,972
1,00	0,500	0,740	0,500	0,676	1,000
1,45	0,725	1,040	0,699	0,697	1,037
1,56	0,780	1,109	0,746	0,702	1,045
1,80	0,900	1,259	0,846	0,714	1,060
				Ср. = 0,689	Ср. = 1,022

Изотермы сорбции Pb^{2+} цитрусовым пектином

Полученные данные позволяют рекомендовать цитрусовые пектины в качестве энтеросорбентов для выведения ионов свинца из организма при свинцовой интоксикации.

Относительное сохранение сорбционных свойств пектина при консервировании холодом или термической обработке позволяет рекомендовать его в качестве пищевой добавки к продуктам лечебного и профилактического действия. При этом его преимущество по сравнению с неприродными сорбентами в отсутствии токсичности и хорошей эвакуации из кишечника.

Выводы:

1. Установлен факт высокой комплексообразующей способности пектина из цитрусовых по отношению к катионам свинца. Максимальная степень извлечения 64% от исходной концентрации Pb^{2+} в течение времени сорбции 60 мин.

2. Изучение кинетики образования пектата свинца показало, что реакция про-

текает по первому порядку с величиной константы скорости равной $1,325 \times 10^{-3} \text{ мин}^{-1}$

3. Показано, что сорбционный процесс на поверхности энтеросорбента подчиняется уравнению Фрейндлиха.

4. Установлено относительное сохранение сорбционной активности пектина при термической обработке и при замораживании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агоджян Н.А.// Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. М., 2001. – 250 с.
2. Денисов Е.Т.// Кинетика гомогенных химических реакций. М., 1978. - 368 с.
3. Нилина В.В.// Пектин. Методы контроля в пектиновом производстве. Киев. 1992. – 180 с.
4. Решетников В.И. // Химико-фармацевтический журнал. - 2003.- Т 37. № - 5. С. 28 – 32.
5. Фролов Ю.Г.// Поверхностные явления и дисперсные системы. М., 1982. – 400 с.

DETERMINATION OF KINETICS OF METAL CATION SORPTION WITH PECTIN FROM CITRUS

M.P. Mykots, N.A. Tukhovskaya, S.N. Bondar
Pyatigorsk Pharmaceutical Academy, Pyatigorsk, Russia

Citrus pectin sorption ability regarding plumbum ions (Pb^{2+}) was studied in this work. It was established that the process of plumbum pectate generation is the first-order reaction. Calculation of the adsorption value has showed subordination of process to Freundlich's adsorption isotherm equation.

Keywords: pectin, adsorption value, Freundlich's adsorption isotherm equation