

Очистка сока столовой свеклы сорбентами

Л. Н. Мельник, З. П. Мельник, Т. В. Шейко

Анотация: *Иследован е процесът на адсорбционното очистване на сока от цвекло с помощта на шунгит, палъгорскит, глауконит. Намерени са оптималните технологични параметри на адсорбция на пектин с вещества за получаване на концентрат от сока.*

Clear juice beet sorbents

L. Melnyk, Z. Melnyk, T. Sheiko

Abstract: *For the production of vegetable juices concentrate, it is reasonable to extract part of pectic substances in order to prevent gelation process. Extraction of pectic substances from vegetable juices can be performed with the help of carbon and natural sorbents. Their adsorption selectivity facilitated the formation of combined sorbents, which showed high level of efficiency during the research.*

Введение

Свекла столовая - это ценное для производства соков сырье, отличающееся от других овощей высоким содержанием витаминов, азотистых веществ, сахаров, минеральных солей, наличием биологически активных соединений, в том числе бетаин.

Современная промышленность Украины выпускает соки столовой свеклы как с мякотью, так и без нее. При производстве сока без мякоти и концентрированного сока необходимо удалять часть пектиновых веществ, усложняющих процесс упаривания сока во избежание образования желеподобного осадка, вызывающего помутнение в готовом продукте [1].

Основная часть

Известны такие методы очистки овощных соков, в том числе и сока столовой свеклы: фильтрация; осаждение; центрифугирование; обработка соков ферментными препаратами; осветление в электрическом поле и другие. Нами предложен метод очистки сока столовой свеклы карбоновым адсорбентом - шунгитом и природными дисперсными минералами: палыгорскитом, глауконитом.

Шунгит - универсальный сорбент, который поглощает до 95% вредных веществ: коллоидное железо, нитраты, пестициды, диоксиды, фенолы, радионуклиды, осаждает соли тяжелых металлов и аммиак, проявляет бактерицидные свойства.

Химический состав шунгита не устойчив: в среднем содержит около 60% углерода и 40% породообразующих минералов.

Химический состав шунгита, который используется в качестве адсорбента таков (%): Al_2O_3 - 4,05; Fe_2O_3 - 1,01; Fe_2O - 0,32; K_2O - 1,23; CaO - 0,12; SiO_2 - 36,46; MgO - 0,56; MnO - 0,12; Na_2O - 0,36; TiO_2 - 0,24; P_2O_3 - 0,03; Ba - 0,32; B - 0,004; V - 0,015; Co - 0,00014; Cu - 0,0037.

Шунгит - единственный известный минерал, содержащий фуллерены. Особенность структуры фуллеренов состоит в том, что атомы углерода в молекулах расположены в вершинах правильных шести-пятиугольников, покрывающих поверхность сферы и составляют замкнутые многогранники, состоящие из парного количества координированных атомов углерода.

Способность шунгита к адсорбции различных веществ определяется строением его поверхности, природой и концентрацией поверхностных реакционных групп. Также важным фактором является наличие у минерала фуллереновых углеродных нанотрубок, диаметр цилиндрической полости которых составляет 1-6 нм. Цилиндрическая поверхность трубок образована кольцами активного углерода и обладает свободным пористым пространством [2, 3].

Пальгорскит - глина светло-серого цвета, имеет вид мелких угловатых обломков с шероховатой поверхностью, представляет собой водный алюмосиликат магния. Этот минерал - промежуточное звено между слоистыми и ленточными силикатами и относится к классу высокодисперсных минералов, обладает развитой удельной поверхностью и способен к катионному обмену.

Химический состав пальгорскита (%): SiO_2 -52,85; Al_2O_3 -10,63; Fe_2O_3 -7,44; FeO -0,42; MgO -7,21; CaO -0,30; $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ -0,38; H_2O -9,94; другие - 9,72.

Пальгорскит характеризуется высокой поглотительной способностью, которая представлена цеолитными каналами с размерами пор 0,40 ... 1,10 нм, находящимися в самих кристаллах, составляющие небольшую часть ленты. Ленты объединяются между собой и образуют поры разной формы, достигая 200 ... 300 нм в длину с средним сечением до 0,30 нм. Активная адсорбционная поверхность обуславливается разорванными связями на ребрах и торцах кристаллов и обменными ионами на поверхности минерала. Между лентами действуют силы притяжения [4].

Глауконит - это природный глинистый минерал, относящийся к классу гидрослюд. Его химический состав (%): SiO_2 - 48,76; TiO_2 - 0,12; Al_2O_3 - 10,94; Fe_2O_3 - 17,09; FeO - 2,16; MgO - 4,00; CaO - 0,46; Na_2O - 0,06; K_2O - 8,08; H_2O - 8,26.

Глауконит характеризуется гетерогенностью катионного состава октаэдрической сетки 2:1 слоя. Такой слой состоит из октаэдрической сетки, сердцевин, сверху и снизу обернутых тетраэдрическими сетками. Октаэдрическая сетка состоит из октаэдров, связанных между собой боковыми ребрами. В каждом октаэдре по четыре вершины, две из них имеют атомы кислорода, а две другие - гидроксильные группы. Минерал имеет хорошо развитую поверхность. Процесс адсорбции объясняется образованием химических связей на поверхности минерала [5].

Эксперимент

Целью данной работы является исследование адсорбционной способности карбонового сорбента и природных минералов относительно пектиновых веществ сока столовой свеклы и установления оптимальных технологических параметров процесса очистки. Была спланирована и проведена серия экспериментов по такой методике: свежавыжатый сок столовой свеклы подогревали до температуры 50°C и 60°C (регламентируется технологическим процессом), смешивали с шунгитом, пальгорскитом и глауконитом, концентрацией 2,44%, 3,23% и 4,76% масс. Смесь при постоянном перемешивании выдерживали в течение 10 ... 30 мин, фильтровали и определяли содержание пектиновых веществ в соке кальций-пектатным

модифицированным методом. Контрольная проба выдерживалась в условиях опыта без добавления адсорбента.

Эффект очистки сока столовой свеклы от пектиновых веществ рассчитывали по формуле:

$$E = \frac{100 \cdot (K_1 - K_2)}{K_1}, \quad (1)$$

где K_1 и K_2 - количество пектиновых веществ в соке столовой свеклы до и после обработки сорбентом.

Полученные результаты приведены в таблицах 1...3.

Таблица 1

Содержание пектиновых веществ в соке столовой свеклы до и после обработки шунгитом при различных концентрациях адсорбента и продолжительности обработки

Контрольная проба и проба, обработанная адсорбентом	Концентрация шунгита в соке, % масс					
	2,44%		3,23%		4,76%	
	Температура, °C					
	50	60	50	60	50	60
Содержание пектиновых веществ, мг/г						
Продолжительность обработки сока 10 мин						
Контрольная проба	2,80	2,20	2,80	2,20	2,80	2,20
Проба, обработанная шунгитом	2,60	1,90	2,50	1,90	2,40	1,80
Эффект очистки сока от пектиновых веществ, %	7,10	13,6	10,7	13,6	14,3	18,2
Продолжительность обработки сока 20 мин						
Контрольная проба	2,80	3,30	2,80	3,30	2,80	3,30
Проба, обработанная шунгитом	2,10	2,40	2,10	2,20	1,90	2,10
Эффект очистки сока от пектиновых веществ, %	25,0	27,3	25,0	33,3	32,1	36,4
Продолжительность обработки сока 30 мин						
Контрольная проба	2,60	2,20	2,60	2,20	2,60	2,20
Проба, обработанная шунгитом	1,90	1,60	1,70	1,40	1,60	1,30
Эффект очистки сока от пектиновых веществ, %	26,9	27,3	34,6	36,4	38,5	40,9

Данные таблицы показывают, что эффективнее адсорбируются пектиновые вещества из сока столовой свеклы при концентрации адсорбента в нем 4,76% масс, температуре 60°C и продолжительности обработки сока 30 мин (эффект очистки 40,9%). С целью экономии адсорбента возможно очищать свекольный сок шунгитом, концентрацией 3,23% при температуре 60°C, продолжительности обработки – 30 минут (эффект очистки 36,4%).

Механизм адсорбции пектиновых веществ из сока столовой свеклы шунгитом можно объяснить ионообменной адсорбцией в местах разрыва реакционно способных групп и освобождения реакционных центров с однородными положительно заряженными группами и образованием водородных связей между молекулами пектиновых веществ и поверхностью сорбента. Содержание координированных центров на поверхности определяется биполярными свойствами шунгита.

Таблица 2

Содержание пектиновых веществ в соке столовой свеклы до и после обработки палыгорскитом при различных концентрациях адсорбента и продолжительности обработки

Контрольная проба и проба обработанная адсорбентом	Концентрация палыгорскита в соке, % масс					
	2,44%		3,23%		4,76%	
	Температура, °С					
	50	60	50	60	50	60
Содержание пектиновых веществ, мг/г						
Продолжительность обработки сока 10 мин						
Контрольная проба	3,20	2,65	3,20	2,65	3,20	2,65
Проба, обработанная палыгорскитом	2,60	2,20	2,28	2,07	2,19	2,00
Эффект очистки сока от пектиновых веществ, %	18,7	17,0	28,8	21,9	31,6	24,5
Продолжительность обработки сока 20 мин						
Контрольная проба	3,20	2,65	3,20	2,65	3,20	2,65
Проба, обработанная палыгорскитом	2,43	2,04	2,18	2,00	2,01	1,89
Эффект очистки сока от пектиновых веществ, %	24,0	23,0	31,9	24,5	37,2	28,8
Продолжительность обработки сока 30 мин						
Контрольная проба	3,20	2,65	3,20	2,65	3,20	2,65
Проба, обработанная палыгорскитом	2,40	2,01	2,17	1,89	2,00	1,86
Эффект очистки сока от пектиновых веществ, %	25,0	24,2	32,2	28,7	37,5	30,0

Результаты, представленные в табл. 2 позволяют сделать следующие выводы: эффективнее поглощаются пектиновые вещества палыгорскитом при концентрации адсорбента 4,76% масс, температуре 50°C, продолжительности 30 минут. (Эффект очистки – 37,2...37,5%).

Механизм адсорбции пектиновых веществ из свекольного сока объясняется тем, что кристаллы палыгорскита насыщены однородными положительно заряженными группами, активно образуют водородные связи с пектиновыми веществами, имеющие отрицательный заряд за счет поверхностной диссоциации карбоксильных групп.

Таблица 3

Содержание пектиновых веществ в соке столовой свеклы до и после обработки глауконитом при различных концентрациях адсорбента и продолжительности обработки

Контрольная проба и проба, обработанная адсорбентом	Концентрация глауконита в соке, % масс					
	2,44%		3,23%		4,76%	
	Температура, °С					
	50	60	50	60	50	60
Вміст пектинових речовин, мг/г						
Продолжительность обработки сока 10 мин						
Контрольная проба	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
Проба, обработанная глауконитом	1,85	1,87	1,76	1,79	1,79	1,76
Эффект очистки сока от пектиновых веществ, %	13,9	13,02	18,1	16,7	16,7	18,1
Продолжительность обработки сока 20 мин						
Контрольная проба	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
Проба, обработанная глауконитом	1,78	1,80	1,76	1,73	1,75	1,72
Эффект очистки сока от пектиновых веществ, %	17,2	16,3	18,1	19,5	18,6	20,0
Продолжительность обработки сока 30 мин						
Контрольная проба	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
Проба, обработанная глауконитом	1,70	1,17	1,62	1,64	1,60	1,61
Эффект очистки сока от пектиновых веществ, %	20,9	20,9	24,7	23,7	25,6	25,1

Способность глауконита поглощать пектиновые вещества из сока столовой свеклы - ниже, чем у шунгита и палыгорскита. Максимальный эффект очистки 25,6% достигается при обработке сока глауконитом, концентрацией 4,76% масс, температуре 50°C, продолжительности 30 мин.

Адсорбционную способность глауконита относительно пектиновых веществ свекольного сока можно объяснить наличием обменных катионов и гидроксильных групп, расположенных на поверхности и на гранях кристаллов адсорбента.

Заключение

При очистке сока столовой свеклы наиболее эффективным поглотителем оказался карбоновый адсорбент шунгит.

Оптимальными технологическими параметрами являются концентрация шунгита 4,76% масс, температура обработки 60°C, продолжительность взаимодействия – 30 минут.

Среди исследуемых адсорбентов палыгорскит проявляет большую адсорбционную способность относительно пектиновых веществ из сока столовой свеклы, чем глауконит. При очистке сока палыгорскитом концентрацией 4,76% масс, температуре 50°C, продолжительности 20...30 минут достигается эффект очистки 37,2...37,5%.

Максимальный эффект очистки сока столовой свеклы глауконитом составил 25,6%.

Литература:

1. Кадровский А. А. Совершенствование технологии и разработка новых видов купажированных соков из свеклы: автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.18.01/ А. А. Кадровский – Краснодар, 2008. – 24 с.
2. Ковалевский В. В. Шунгитовые породы – кристаллогенез и нанотехнологии/ В. В. Ковалевский// Минералогия, петрология и минерагенез докембрийских комплексов Карелии. Материалы юбилейной научной сессии. – Петрозаводск: КарНЦРАН. – 2007 с.35-36, с. 335-339.
3. Холодкевич С. В. Особенности структуры и температурная стойкость шунгитового углерода к графитации/ С. В. Холодкевич, В. И. Березкин, В. Ю. Давыдов// Физика твердого тела. – 1999, т 41. вып. 8, с. 1412-1415.
4. Тарасевич Ю. И. Адсорбция на глинистых минералах/ Ю. И. Тарасевич, Ф. Д. Овчаренко - К. Наукова думка. 1975. – 351 с.
5. Проблемы определения реальной структуры глауконитов и родственных филлосиликатов/ Отв. ред. Д. К. Архипенко – Новосибирск. ВО „Наука“. 1993. – 200 с.

Сведения об авторах:

Мельник Людмила Николаевна, д.т.н., проф., Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина, 044-2879230

Мельник Зиновий Петрович, к.т.н., доц., Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина

Шейко Тамила Владимировна, аспирант, Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина, 044-2879168, sheiko_tamila@ukr.net