

УДК 547.458.2:66.081.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО МЕСТА
ВВЕДЕНИЯ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ СОРБЕНТОВ
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ САХАРА**

***Н.А. Стеценко**, кандидат химических наук, доцент кафедры функциональных пищевых продуктов Национального университета пищевых технологий*

***О.Н. Мирошников**, кандидат химических наук, профессор кафедры физической и коллоидной химии Национального университета пищевых технологий*

***Е.В. Подобий**, кандидат технических наук, доцент кафедры физической и коллоидной химии Национального университета пищевых технологий*

***О.А. Бабич**, заведующая лабораторией разработки и изготовления стандартных образцов, УкрНДИспиртбиопрод*

***Н.Н. Райчук**, студентка Национального университета пищевых технологий*

Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел является основой многих физико-химических процессов. С каждым годом расширяется круг научно-технических задач, связанных с использованием адсорбционных процессов. Адсорбционное разделение и очистка веществ уже достаточно давно применяются в разных отраслях химической, нефтехимической, газовой, фармацевтической и пищевой промышленности [1]. Большое практическое значение процесс адсорбции имеет в сахарной отрасли. Качество готового сахара, в частности его доброкачественность и цветность, зависят от того, насколько качественно проведена адсорбционная очистка сахарных соков и сиропов.

Исследование адсорбции красящих веществ сахарных растворов и подбор эффективных отечественных природных сорбентов для их удаления

являются актуальными задачами, поскольку цветность сахара, производимого в Украине, достаточно высокая. Присутствие несахаров в большей или меньшей мере усложняет процесс получения кристаллического сахара и увеличивает его потери с мелассой. Одна часть несахаров при кристаллизации способна удерживать в растворе 1,2...1,5 части сахарозы [2]. Поэтому одним из важных заданий технологии сахарного производства является максимальное удаление несахаров и красящих веществ из сахарных растворов.

Для снижения цветности полупродуктов сахарного производства и готового сахара предлагается в качестве адсорбентов использовать природные дисперсные минералы Украины. Благодаря пористой структуре и высокоразвитой поверхности такие минеральные сорбенты способны селективно выделять из водных растворов различные вещества, а их нетоксичность делает возможным использование этих реагентов для потребностей разных отраслей пищевой промышленности. Следует отметить, что запасы таких минералов в месторождениях достаточно велики, добываются они карьерным способом и стоимость их невысока по сравнению с синтетическими адсорбентами.

В Украине известно более 100 проявлений бентонитовых глин с суммарным запасом более 100 млн. тонн. Они находят применение в нефтеперерабатывающей отрасли как адсорбенты и катализаторы, как пластификаторы при производстве жаропрочных материалов, для осветления масел, вин, соков в масложировой, винодельческой и безалкогольной промышленности, а также при подготовке воды для технологических целей различных отраслей промышленности [3].

Поэтому авторы данной работы считают целесообразным исследовать адсорбционную способность природных минералов по отношению к красящим веществам свеклосахарного производства, изучить влияние содержания сахарозы в растворе на величину адсорбции красящих веществ и определить

оптимальное место введения природных сорбентов по верстату сахарного завода.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования выбраны природные дисперсные минералы Украины, а именно бентониты монтмориллонит и палыгорскит, а также глауконит. В таблице 1 приведены адсорбционные характеристики минеральных сорбентов, в частности значения удельной поверхности и предельной адсорбции, определенные по воде и гексану, а также влажность.

Таблица 1

Адсорбционные характеристики природных дисперсных минералов

Природный дисперсный минерал	$S_{\text{вода}}$ м ² /г	$S_{\text{гексан}}$ м ² /г	$a_{\text{твода}}$ ммоль/г	$a_{\text{тгексан}}$ ммоль/г	Влажность, %
Монтмориллонит	311	60	4,8	2,0	9,6
Палыгорскит	302	153	4,6	5,0	8,2
Глауконит	142	127	2,2	4,1	2,7

Нами проведены исследования адсорбционных свойств этих природных дисперсных минералов по отношению к красящим веществам сахарного производства, которые обуславливают основную цветность сахарных соков, сиропов, утфелей, а также кристаллического сахара. Исходные и равновесные концентрации красящих веществ в водных растворах определяли фотоколориметрическим и спектрофотометрическим методом на приборах КФК-2 и СФ-14 при рН (7,0±0,2) в кварцевых кюветах с длиной оптического пути 10⁻² м по формулам:

$$C_0 = \frac{1000 \cdot D_0}{k \cdot l}; \quad C_p = \frac{1000 \cdot D}{k \cdot l}$$

где C_0 , C_p – начальная и равновесная концентрации красящих веществ соответственно, кг/м³; D_0 , D – оптическая плотность исходного и очищенного раствора соответственно; l – толщина слоя раствора; k – коэффициент экстинкции. Значения коэффициента k для красящих веществ сахарного производства установлены экспериментально и составляют 1150 при длине волны 420 нм и 250 при длине волны 560 нм [4].

Удельную адсорбцию красящих веществ, кг/1 кг минерала, определяли по уравнению

$$a = \frac{(C_0 - C_p) \cdot V}{m},$$

где V – объем системы, м³; m – навеска минерала, кг.

Эффективность удаления красящих веществ оценивали по эффекту обесцвечивания, %:

$$E = \frac{D_0 - D}{D_0} \cdot 100.$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На первом этапе определяли эффективность использования природных сорбентов при очистке диффузионного сока, содержание сахарозы в котором составляло 8 %. Навеску воздушно-сухого минерала приводили в контакт с диффузионным соком, полученным из сахарной свеклы, механически перемешивали в течении 30 минут, фильтровали и в фильтрате определяли содержание сухих веществ, рН и оптическую плотность, рассчитывали эффект обесцвечивания. Результаты приведены в таблице 2.

Как видно из данных таблицы 2, при использовании адсорбентов наблюдается достаточно высокий эффект обесцвечивания. При этом содержание сухих веществ после адсорбции также уменьшается, что дает

возможность предположить, что извлекаются не только красящие вещества, но и другие сахара. Содержание сахарозы в растворах не изменилось, что подтверждает тот факт, что взаимодействие между минеральными сорбентами и сахарозой не происходит. Наиболее высокие показатели обесцвечивания наблюдались при использовании такого адсорбента, как монтмориллонит. Эффект обесцвечивания составил 76% для образца адсорбента из Черкасского месторождения и 74% для образца из Непоротовского месторождения. Следует отметить, что данные адсорбенты являются кислотными, поэтому наблюдалось снижение pH диффузионного сока с 6,7 до 5,4 за счет ионообменной адсорбции.

Таблица 2

**Физико-химические показатели диффузионного сока
после контакта с природными дисперсными минералами**

Адсорбент	Содержание сухих веществ, СВ, %	pH	Оптическая плотность, D	Эффект обесцвечивания E, %	Удельная адсорбция, $a \cdot 10^2$, кг/кг
Диффузионный сок до контакта с адсорбентом	9,2	6,7	0,90	–	–
Глауконит	9,1	6,5	0,44	56,0	8,15
Палыгорскит	9,0	6,4	0,42	58,0	11,91
Монтмориллонит Черкасского месторождения	9,0	5,4	0,24	76,0	18,50
Монтмориллонит Непоротовского месторождения	8,9	5,4	0,26	74,0	16,85

Следующим этапом исследований было установление возможности использования природных дисперсных минералов для очистки сока II сатурации. Аналогом сока II сатурации выступал 15% раствор сахарозы с разным содержанием мелассы, которая представляет собой отходы сахарного производства, которые содержат все виды красящих веществ и несхаров. Эти вещества обуславливают основную цветность соков, сиропа, утфелей и кристаллического сахара.

Исследовали применение двух минералов: глауконита и монтмориллонита Черкасского месторождения. Их адсорбционную способность определяли по уменьшению содержания красящих веществ в растворе. Результаты исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Результаты адсорбционного извлечения красящих веществ
природными дисперсными минералами**

Показатели	Природные адсорбенты									
	Монтмориллонит Черкасского месторождения					Глауконит				
Исходная концентрация красящих веществ, C_0 , кг/м ³	0,2	0,3	0,6	1,28	2,24	0,2	0,3	0,6	1,28	2,24
Конечная концентрация красящих веществ, C_p , кг/м ³	0,16	0,2	0,4	0,92	1,8	0,18	0,26	0,48	0,96	1,92
Удельная адсорбция, $a \cdot 10^{-6}$, кг/кг _{адс}	2	5	10	18	22	1	2	6	16	16

Эффект обесцвечивания, Е, %	20,0	33,3	33,3	39,1	46,4	10,0	13,3	20,0	25,0	32,1
-----------------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

В целом эффективность адсорбционной очистки природными адсорбентами на растворах, которые имитируют сок II сатурации несколько ниже, чем для диффузионного сока. Эффект обесцвечивания для обоих природных дисперсных минералов увеличивается при возрастании концентрации красящих веществ, достигая 46,4 % для монтмориллонита и 32,1 % для глауконита. Сравнивая величину удельной адсорбции и эффект обесцвечивания двух адсорбентов, можно сделать вывод, что адсорбционная способность монтмориллонита значительно выше, чем глауконита.

Таким образом, было установлено позитивное действие природных дисперсных минералов относительно удаления красящих веществ в растворах с низким содержанием сахарозы (до 15%), которые характеризуются невысокой вязкостью. Адсорбция красящих веществ на природных дисперсных минералах может быть обусловлена двумя механизмами взаимодействия: ван-дер-ваальсовым и механизмом водородных связей. Водородные связи возникают при сорбции молекул красящих веществ на активных (внешних) гидроксильных группах минералов. Не исключена также роль ионообменной адсорбции ионов красящих веществ.

На следующем этапе нами были проведены исследования эффективности извлечения красящих веществ из растворов с высоким содержанием сахарозы, то есть проверяли целесообразность внесения адсорбентов в сиропы. Для опытов готовили растворы с разным содержанием мелассы, которая содержит все виды несахаров и красящих веществ. В эти растворы добавляли сахарозу из расчета общего содержания сухих веществ 60 %. Определяли изменение оптической плотности образцов до и после

взаимодействия с адсорбентом. Результаты исследований, полученные при использовании монтмориллонита, представлены в таблице 4.

Из приведенных данных можно сделать вывод о том, что цветность исследованных растворов с разным содержанием красящих веществ практически не меняется. Можно предположить, что в растворах сахарозы, для которых характерна высокая вязкость, образуются определенные конгломераты между красящими веществами, водой и сахарозой. Явление адсорбции при этом не наблюдается.

С целью проверки адекватности полученных данных были интенсифицированы условия проведения экспериментов: увеличена интенсивность перемешивания и длительность данного процесса, которая составляла 45, 60 и 75 минут. Во всех случаях цветность растворов при добавлении монтмориллонита практически не изменилась. Аналогичные данные были получены и при исследовании взаимодействия сиропов с такими адсорбентами, как глауконит и палыгорскит. Таким образом, в растворах высокой вязкости процесс адсорбции не наблюдается и применение природных минеральных сорбентов не имеет практического значения.

Таблица 4

Оптическая плотность сиропов

Содержание мелассы в растворе, %	Оптическая плотность	
	до адсорбции, D_0	после адсорбции, D
10,0	0,35	0,35
5,0	0,25	0,25
2,5	0,13	0,12
1,25	0,075	0,072
0,625	0,05	0,049

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали, что целесообразным является использование природных дисперсных минералов в процессах очистки водных растворов сахарозы. Наилучший эффект снижения цветности растворов с невысокой концентрацией сахарозы (до 15%) наблюдался при использовании монтмориллонита и глауконита.

Список использованных источников

1. *Лыгин В.И.* Адсорбция из растворов на поверхностях твердых тел / *Под ред. В.И. Лыгина.* – М.: Мир, 1986. – 488 с.
2. *Л.Д. Бобровник.* Физико-химические основы очистки в сахарном производстве: – К.: Вища школа, 1994. –255 с.
3. *Стеценко Н.О.* Перспективи використання природних адсорбентів України в технологіях харчових продуктів / *Н.О. Стеценко, О.М. Мірошников, В.В. Манк, О.В. Подобій // “Veda a technologie: krok do budoucnosti – 2008”: IV mezinarodni vedecko-prakticka konference: materialy, Praha. – Dil 15/ Publishing House “Education and Science”, 2008. – s. 87-89.*
4. *Гарсия Ф.М.* Определение концентрации красящих веществ в продуктах сахарного производства / *Ф.М. Гарсия, И.Ф. Бугаенко // Сахарная промышленность.– 1984. – № 9. – С. 21-23.*

Рецензент: С.М. Василенко, д.т.н., профессор