

Дослідження вибору оптимального місця введення природних мінеральних сорбентів при виробництві цукру

Н.О. Стеценко, кандидат хімічних наук, доцент кафедри функціональних харчових продуктів, Національний університет харчових технологій

О.М. Мірошников, кандидат хімічних наук, професор кафедри фізичної і колоїдної хімії, Національний університет харчових технологій

О.В. Подобій, кандидат технічних наук, доцент кафедри фізичної і колоїдної хімії, Національний університет харчових технологій

О.О. Бабич, завідувач лабораторією розробки та виготовлення стандартних зразків, УкрНДІспиртбіопрод

Н.М. Райчук, студентка, Національний університет харчових технологій

Досліджено адсорбційну здатність природних дисперсних мінералів на модельних розчинах цукрози. Показано, що найефективніше знижують забарвленість розчинів з невеликою концентрацією цукрози монтморилоніт та глауконіт.

Ключові слова: адсорбція, природні дисперсні мінерали, сахароза, ефект очищення, барвні речовини.

Исследовано адсорбционную способность природных дисперсных минералов на модельных растворах сахарозы. Доказано, что наиболее эффективно снижают цветность растворов с небольшим содержанием сахарозы – монтмориллонит и глауконит.

Ключевые слова: адсорбция, природные дисперсные минералы, сахароза, эффект очистки, красящие вещества.

Adsorption properties of natural disperse minerals have been studied on the model sugar solutions. It was investigated that adsorbents increase effective of purification coloring substances solutions with a little concentration of sucrose – palygorskite and glauckonite.

Key words: adsorption, natural disperses mineral, sucrose, effect of purification, coloring substances.

Адсорбція з розчинів на поверхні твердих тіл є основою для багатьох фізико-хімічних процесів. З кожним роком розширюється коло науково-технічних завдань, пов'язаних з використанням адсорбційних процесів. Адсорбційне розділення та очистка речовин вже досить давно застосовується в різноманітних галузях хімічної, нафтохімічної, газової, фармацевтичної та харчової промисловості [1]. Велике практичне значення процес адсорбції має в цукровій галузі. Якість готового цукру, зокрема його чистота та забарвленість, залежать від того, наскільки якісно проведена адсорбційна очистка цукрових соків та сиропів.

Дослідження процесів адсорбції барвних речовин із цукрових розчинів та підбір ефективних вітчизняних природних сорбентів для їх видалення є актуальним, оскільки забарвленість цукру, який виробляється в Україні, досить висока. Присутність нецукрів в більшій чи меншій мірі ускладнює отримання кристалічного цукру та збільшує його втрати з мелясою. Одна частина нецукрів при кристалізації здатна утримувати в розчині 1,2-1,5 частин цукрози [2]. Тому одним з важливих завдань технології цукрового виробництва є максимальне видалення нецукрів і барвних речовин з цукрових розчинів.

Для зниження забарвленості напівпродуктів цукро-

вого виробництва та готового цукру пропонується в якості адсорбентів використовувати природні дисперсні мінерали України. Завдяки пористій структурі та високорозвиненій поверхні такі мінеральні сорбенти здатні селективно вилучати з водних розчинів різні речовини, а їх нетоксичність робить можливим використання цих реагентів для потреб різних галузей харчової промисловості. Слід зазначити, що запаси цих мінералів у родовищах досить великі, видобуваються вони кар'єрним способом і вартість їх невелика у порівнянні з синтетичними адсорбентами.

В Україні виявлено більше 100 проявів бентонітових глин з сумарним запасом біль-

ТЕХНОЛОГІЇ

ше 100 млн. тон, які знаходять застосування в нафтопереробній галузі як адсорбенти і каталізатори, як пластифікатори при виробництві вогнетривких матеріалів, в олієжировій, виноробній та безалкогольній промисловості для освітлення масел, олій, вин, соків та для підготовки води для технологічних цілей [3].

Тому автори даної роботи вважають за доцільне дослідити адсорбційну здатність природних мінералів по відношенню до барвних речовин бурякоцукрового виробництва, вивчити вплив вмісту цукрози у розчині на величину адсорбції барвних речовин та визначити оптимальне місце вводу природних сорбентів по верстату цукрового заводу.

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктом дослідження обрано природні дисперсні мінерали України, зокрема бентоніти монтморилоніт та палигорськіт, а також глауконіт. В таблиці 1 наведені адсорбцій-

ції барвних речовин у водних розчинах визначали фотоколориметрично і спектрофотометрично на приладах КФК-2 і СФ-14 при рН (7,0±0,2) у кварцових кюветах з довжиною оптичного шляху 10⁻² м за рівняннями:

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

де C₀, C_p – початкова і рівноважна концентрації барвних речовин відповідно, кг/м³; D₀, D – оптична густина початкового і очищеного розчину відповідно; l – товщина шару розчину; k – коефіцієнт екстинкції. Значення коефіцієнта k для барвних речовин цукрового виробництва встановлені експериментально і становлять 1150 при довжині хвилі 420 нм і 250 при довжині хвилі 560 нм [4].

Питому адсорбцію барвників, кг/1 кг мінералу, визначали за рівнянням

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

де V – об'єм системи, м³; m – наважка мінералу, кг.

взаємодію з дифузійним соком, отриманим з цукрових буряків, механічно перемішували протягом 30 хвилин, фільтрували і в фільтраті визначали вміст сухих речовин, рН та оптичну густину, розраховували ефект знебарвлення. Результати наведено в таблиці 2.

Як видно з даних таблиці 2, при використанні адсорбентів спостерігається досить високий ефект знебарвлення. При цьому вміст сухих речовин після адсорбції також зменшується, що дає можливість припустити, що вилучаються не лише барвні речовини, але й інші нецукри. Вміст цукрози в розчинах не змінився, що підтверджує той факт, що взаємодії між мінеральними сорбентами та цукрозою не відбувається. Найвищі показники знебарвлення спостерігалися при використанні такого адсорбенту як монтморилоніт. Ефект знебарвлення складав 76% для зразка адсорбенту з Черкаського родовища і 74% для зразка з Непоротівського родовища. Слід зазначити, що дані адсорбенти

Таблиця 1

Адсорбційні характеристики природних дисперсних мінералів

Природний дисперсний мінерал	S _{вода} , м ² /г	S _{гексан} , м ² /г	a _{т вода} , ммоль/г	a _{т гексан} , ммоль/г	Вологість, %
Монтморилоніт	311	60	4,8	2,0	9,6
Палигорськіт	302	153	4,6	5,0	8,2
Глауконіт	142	127	2,2	4,1	2,7

ні характеристики мінеральних сорбентів, зокрема вологість і значення питомої поверхні та граничної адсорбції, визначені по воді та гексану.

Нами проведені дослідження адсорбційних властивостей цих природних дисперсних мінералів по відношенню до барвних речовин цукрового виробництва, які зумовлюють основну забарвленість цукрових соків, сиропів, утфелів та кристалічного цукру. Вихідні та рівноважні концентра-

ції барвних речовин оцінювали за ефектом знебарвлення, %:

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

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

На першому етапі визначали ефективність використання природних сорбентів при очистці дифузійного соку, вміст цукрози в якому складав 8%. Наважку повітряно-сухого мінералу приводили у

е кислотними, тому спостерігалось зниження рН дифузійного соку з 6,7 до 5,4 за рахунок іонообмінної адсорбції.

Наступним етапом досліджень було встановлення можливості використання природних дисперсних мінералів для очистки соку II сатурації. Аналогом соку II сатурації виступав 15% розчин цукрози з різним вмістом меляси. Меляса – це відходи цукрового виробництва, які містять всі види барвних речовин

Фізико-хімічні показники дифузійного соку після контакту з природними дисперсними мінералами

Адсорбент	Вміст сухих речовин, СР, %	pH	Оптична густина, D	Ефект знебарвлення E, %	Питома адсорбція, $a \cdot 10^{-2}$
Дифузійний сік до контакту з адсорбентом	9,2	6,7	0,90	–	–
Глауконіт	9,1	6,5	0,44	56,0	8,15
Палигорськіт	9,0	6,4	0,42	58,0	11,91
Монтморилоніт з Черкаського родовища	9,0	5,4	0,24	76,0	18,50
Монтморилоніт з Непоротовівського родовища	8,9	5,4	0,26	74,0	16,85

та нецукрів. Ці речовини зумовлюють основну забарвленість соків, сиропу, утфелів та кристалічного цукру.

Досліджували використання двох мінералів: глауконіту та монтморилоніту із Черкаського родовища. Їхню адсорбційну дію визначали за зменшенням вмісту барвних речовин в розчині. Результати досліджень представлені в таблиці 3.

В цілому ефективність адсорбційної очистки природними адсорбентами на розчинах, що імітують сік II сатурації дещо гірша, ніж для дифузійного соку. Ефект знебарвлення для обох природних дисперсних мінералів зростає при збільшенні концентрації барвних речовин, досягаючи 46,4% для монтморилоніту та 32,1% для глауконіту. Порівнюючи величину питомої ад-

сорбції та ефекту знебарвлення двох адсорбентів, можна зробити висновок, що адсорбційна здатність монтморилоніту значно вища, ніж глауконіту.

Отже, було встановлено позитивну дію природних дисперсних мінералів щодо видалення барвних речовин в розчинах з низьким вмістом цукрози (до 15%), які характеризуються невисокою

Таблиця 3

Результати адсорбційного видалення барвних речовин природними дисперсними мінералами

Показники	Природні адсорбенти									
	Монтморилоніт Черкаського родовища					Глауконіт				
Вихідна концентрація барвних речовин, 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
Кінцева концентрація барвних речовин, 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
Питома адсорбція, $a \cdot 10^{-6}$, кг/кг _{адс}	2	5	10	18	22	1	2	6	16	16
Ефект знебарвлення, E, %	20,0	33,3	33,3	39,1	46,4	10,0	13,3	20,0	25,0	32,1

в'язкістю. Адсорбція барвних речовин на природних дисперсних мінералах може бути зумовлена двома механізмами взаємодії: ван-дер-ваальсовим та водневими зв'язками. Водневі зв'язки виникають при сорбції молекул барвника на активних (зовнішніх) гідроксильних групах мінералів. Не виключена також роль іонообмінної адсорбції іонів

барвних речовин.

На наступному етапі нами були проведені дослідження ефективності вилучення барвних речовин з розчинів з високим вмістом цукрози, тобто перевіряли доцільність внесення адсорбентів у сиропи. Для дослідів готували розчини з різним вмістом меляси, яка містить всі види нецукрів та барвних речовин. В ці роз-

чини додавали цукрозу із розрахунку загального вмісту сухих речовин 60%. Визначали зміну оптичної густини зразків до та після взаємодії з адсорбентом. Результати досліджень, отримані при використанні монтморилоніту, представлені в таблиці 4.

Із наведених даних можна зробити висновок, що забарвленість даних розчинів з

Оптична густина сиропів

Вміст меляси в розчині, %	Оптична густина	
	до адсорбції, D_0	після адсорбції, 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

різним вмістом барвних речовин практично не змінюється. Можна припустити, що у сильнов'язких розчинах цукрози утворюються певні конгломерати з барвними речовинами, водою і власне цукрозою. Явище адсорбції при цьому не спостерігається.

З метою перевірки адекватності даних було інтенсифіковано умови проведення досліду: збільшено інтенсивність перемішування за тривалість процесу, яка складала 45, 60 та 75 хвилин. В усіх випадках забарвленість розчинів при додаванні монтморилоніту практично не змінилась. Аналогічні дані були отримані і при дослідженні взаємодії сиропів з такими адсорбентами, як глауконіт та палигорськіт. Отже, в сильнов'язких розчинах процес адсорбції не відбувається і використання при-

родних мінеральних сорбентів не має практичного значення.

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження показали, що використання природних дисперсних мінералів в процесах очищення водних розчинів цукрози є доцільним, найкращий ефект зниження забарвленості розчинів з невеликою концентрацією цукрози (до 15-20%) спостерігався для монтморилоніту та глауконіту.

Список використаних джерел

1. *Льгин 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., проф.

ЦІКАВІ ФАКТИ

Цукристі речовини

Вуглеводи або цукристі речовини є важливими компонентами їжі, слугують основним джерелом надходження енергії в організм людини. Кожен грам вуглеводів забезпечує надходження 4 Ккал енергії (16,7 кДж). У енергетичному балансі дорослої людини, зайнятої легкою фізичною працею, на долю вуглеводів доводиться приблизно 60-70% енергетичних компонентів їжі.

Цукри розрізняються як за хімічним складом, так і за ступенем солодкості, і таким же чином розподіляються по відношенню до сахарози, солодкість якої прийнята за 100 одиниць: фруктоза - 120-175 (залежно від температури тестування), ксиліт - 90, глюкоза - 70, сорбіт - 46-47, мальтоза - 32, галактоза - 32, рафіноза - 23, лактоза - 20-16. Ці властивості широко використовуються в кулінарії для підсолоджування і регулювання калорійності харчових продуктів. Додаючи, наприклад, фруктозу в обмежених кількостях в продукти харчування, можна значно знизити їх калорійність. Якщо сахарин застосовується разом з фруктозою, то у сахарині втрачається властивий йому гіркий смак. Застосування цієї суміші дозволяє знизити калорійність їжі до 80%.

Фруктоза має властивості посилення певних ароматів, зокрема, ягід і фруктів, що робить її незамінною у виробництві фруктових і овочевих консервів, натуральних соків, напоїв.