

Шейко Т.В., Мельник Л.М. д. т. н. проф., **Жестерева Н.А.** к. т. н. доц,
Мачай Н. Ю. (НУХТ, Київ)

Шейко Т. В., Мельник Л. Н., д.т.н., проф., Жестерева Н.А., к.т.н., доц.,
Мачай Н.Ю. (НУПТ, Киев)

Sheiko T., Melnyk L., Jestereva N, Machay N (NUFT, Kyiv)

Адсорбційне очищення соку столового буряку від нітрат-іонів
Адсорбционная очистка сока столовой свеклы от нитрат-ионов
Adsorption cleaning of juice of table beet is from ions of nitrates

У статті наведено результати досліджень адсорбційного очищення соку столового буряку від нітрат-іонів природним вуглецевмісним мінералом – шунгітом. Розглянуто динаміку змін нітрат-іонів в соку при різних умовах його оброблення.

Ключові слова: Сік столового буряка, шунгіт, нітрат-іони, процес адсорбції.

В статье приведены результаты исследований адсорбционной очистки сока столовой свеклы от нитрат-ионов природными углеродосодержащим минералом - шунгитом. Рассмотрено динамику изменений нитрат-ионов в соке при различных условиях его обработки.

Ключевые слова: Сок столовой свеклы, шунгит, нитрат-ионы, процесс адсорбции.

To the article the results of researches of the adsorption cleaning of juice of table beet are driven from нитрат-ионов natural a углеродосодержащим mineral - shunhit. The dynamics of changes of нитрат-ионов is considered in juice at the different terms of his treatment.

Keywords: Juice of table beet, shunhit, нитрат-ионы, process of adsorption.

Постановка проблеми і її зв'язок із найважливішими науковими та практичними завданнями. При загальній оцінці якості свіжої та переробленої плодоовочевої продукції необхідно враховувати її гігієнічні показники:

присутність ксенобіотиків, регуляторів росту, важких металів, токсичність (наявність азотовмісних сполук - нітратів та нітритів).

Нітрати – це солі нітратної кислоти (HNO_3), які є нормальним продуктом обміну азотистих речовин будь-якої живої клітини. Проте, в разі перевищення ступеня навантаження цих речовин на організм людини, вони можуть негативно вплинути на її здоров'я. Нітрати не мають виявленої токсичності, але під час споживання продуктів із підвищеним їх вмістом нітрати у травному тракті частково відновлюються до нітритів (солей нітритної кислоти – HNO_2), механізм токсичної дії яких на організм полягає у їх взаємодії з гемоглобіном крові та утворенні метгемоглобіну, нездатного зв'язувати і переносити кисень.

Накопичення нітритів в організмі людини сприяє зменшенню кількості вітамінів А, В, С, В1, В6, що позначається на зниженні стійкості організму до дії різних негативних факторів, у тому числі і онкогенних. Крім того, із нітритів у присутності амінів можуть утворюватись N-нітрозоаміни, які мають канцерогенну активність, мутагенну та тератогенну дію.

Основними джерелами надходження нітратів і нітритів в організм людини є, в першу чергу, продукти рослинного походження. Від 58,7 до 86% добового надходження нітратів в організм людини припадає на овочі. Найбільшими “накопичувачами” нітратів є салат, столовий буряк, редька та інші, що містять їх до 4000 мг/кг. При цьому особливу увагу слід звертати на використання забрудненої овочевої продукції в харчуванні дітей. Так, відповідно до рекомендацій МОЗ України не можна використовувати соки з моркви, буряків столових, капусти, тощо, забруднених нітратами. В моркві може міститись до 334 мг/кг нітратів, у буряках – до 3200 мг/кг, у капусті білоголовій – до 1900 мг/кг сирого продукту [1]. При цьому відомо, що у сік, вилучений із моркви переходить до 40% нітратів, із буряків – до 70%, із капусти – до 60%. З цього можна зробити висновок, що найбільша кількість нітратів надходить в соки із столового буряку, який є унікальним продуктом за вмістом цінних речовин. Так, буряковий сік за вмістом калію і фосфору займає одне з перших місць серед інших овочів, містить унікальну речовину бетаїн, яка регулює обмін речовин, сприяє засвоєнню білків, покращує роботу печінки,

приймає участь в утворенні холіна. Буряковий сік містить пектин, який захищає організм людини від руйнівної дії радіоактивних елементів і важких металів.

Коренеплоди столового буряку в процесі дозрівання акумулюють значну кількість нітратів. Лабораторіями харчової токсикології науково дослідного центру Міністерства охорони здоров'я України затверджено максимально допустимі рівні нітратів у плодоовочевій продукції, зокрема для столового буряку він складає 1400 мг/кг. При порушенні агротехнічних умов вирощування вміст цієї домішки в буряках може перевищувати допустиму концентрацію.

Вилучення цих шкідливих домішок із соку столового буряку без втрати його цінних компонентів є актуальною проблемою, особливо при виробництві соків для дитячого харчування і концентрованих соків, де кількість цих токсичних речовин значно збільшується.

Провівши серію попередніх досліджень, було виявлено, що ефективним способом очищення бурякового соку від пектинових речовин, іонів важких металів, мікроорганізмів є використання природного вуглецевмісного мінералу – шунгіту. Його хімічний склад містить близько 60% вуглецю та 40% породоутворюючих елементів. До складу шунгіту, крім вуглецю, входить ряд сполук та елементів: Al_2O_3 ; Fe_2O_3 ; Fe_2O ; K_2O ; CaO ; SiO_2 ; MgO ; MnO ; Na_2O ; TiO_2 ; P_2O_3 .

Особливістю мінералу є його структура і стійкість до графітації, ефективні сорбційні властивості та хімічна інертність. На відміну від графіту, має вільний простір, який зазвичай представлений тривимірним лабіринтом взаємопов'язаних розширень та звужень різного розміру та форми [2, 3].

Метою наших досліджень було встановлення поглинальної спроможності шунгіту щодо нітрат-іонів із соку столового буряку.

Виклад основного матеріалу досліджень. Для проведення досліджень шунгіт попередньо піддавали термоактивації при температурі 1000C протягом 1 години. Сік отримували із свіжих, проінспектованих, без білих прожилок і очищених від шкірки столових буряків.

Методика проведення досліджень полягала в тому, що

свіжоприготований сік змішували з попередньо термоактивованим шунгітом у кількості 2,44...9,09% мас. (співвідношення адсорбент : сік – 1:40, 1:30, 1:20, 1:10) і витримували протягом 10...60 хвилин при температурі 200С, 500С і 600С. Оптимальні температурні параметри обробки вибрані, виходячи із попередніх досліджень. Після обробки отримані суміші фільтрували і в очищеному соку визначали вміст нітратів іонометричним методом [5].

Для порівняння отриманих результатів користувалися показником – ефектом очищення, який визначали за формулою:

$$E = \frac{K_1 - K_2}{K_1} \cdot 100, \%$$

де K_1 і K_2 – кількість нітрат-іонів в необробленому та обробленому адсорбентом соку.

Результати проведених досліджень наведені на рисунках 1...3. Отримані дані вмісту нітрат-іонів в обробленому адсорбентом соку порівнювали з його вмістом в соку, необробленому адсорбентом.

Із наведених на рисунках 1...3 даних видно, що ефективність очищення соку від нітратів збільшується із підвищенням концентрації адсорбенту – шунгіту в суміші, а також залежить від температури його обробки.

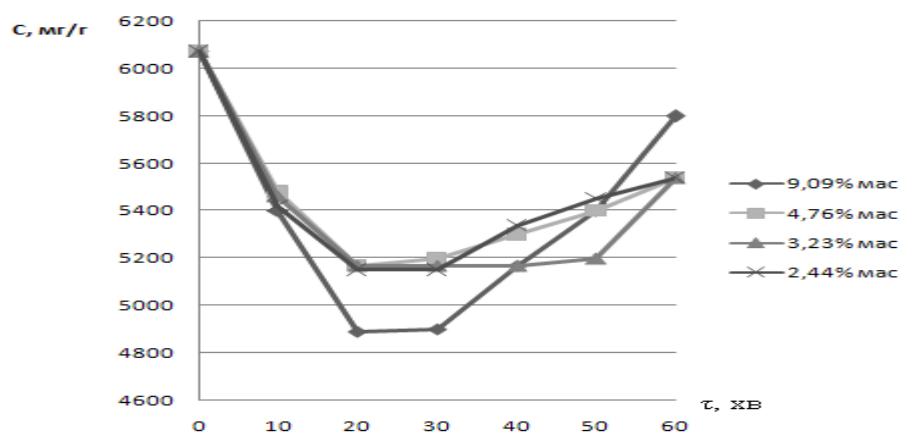


Рисунок 1. Динаміка вмісту нітрат-іонів у буряковому соку при його обробленні шунгітом при температурі 20°C.

Так, із даних наведених на рис. 1 видно, що кількість нітрат-іонів стрімко зменшується протягом перших двадцяти хвилин оброблення соку незалежно від концентрації сорбенту. Найбільший ефект очищення від нітрат-іонів спостерігається при концентрації адсорбента 9,09 % мас і складає 19%. При концентраціях 4,76%...2,44% мас вміст нітрат-іонів зменшується приблизно на 10...15%.

При збільшенні тривалості оброблення вміст нітрат-іонів в соку починає знову збільшуватися. Так, порівняно з контролем при 40 хвилинах взаємодії ефект очищення складає лише 9,0% при концентрації адсорбента 2,44% мас, і 13% - при концентрації шунгіта 9,09%...3,23% мас.

Тенденція збільшення вмісту нітратів в неохолоджених соках при тривалому їх обробленні адсорбентом може бути викликана розмноженням в них мікроорганізмів під дією яких також накопичуються нітрати [4].

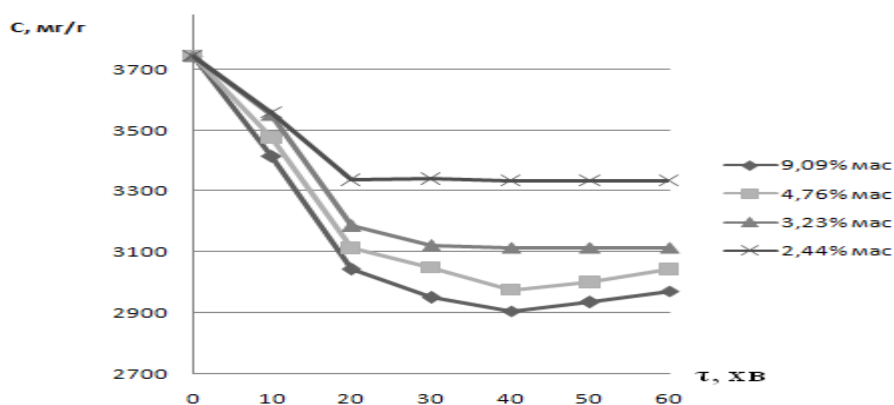


Рисунок 2. Динаміка вмісту нітрат-іонів у буряковому соку при його обробленні шунгітом при температурі 50°C.

Аналізуючи результати, представлені на рис. 2, видно, що при температурі обробки соку шунгітом 50⁰ С вміст нітратів в ньому суттєво зменшується після 20 хвилин оброблення незалежно від концентрації сорбенту. При цьому вміст нітратів зменшується на 22% при концентрації адсорбента 9,09%...4,76% мас і на 11% при концентрації шунгіта 3,23%...2,44% мас. При збільшенні тривалості оброблення до 40 хвилин вміст нітратів зменшується для соку обробленого шунгітом, концентрації 9,09% мас та 4,76% мас. Подальше підвищення тривалості взаємодії адсорбент: сік є недоцільним.

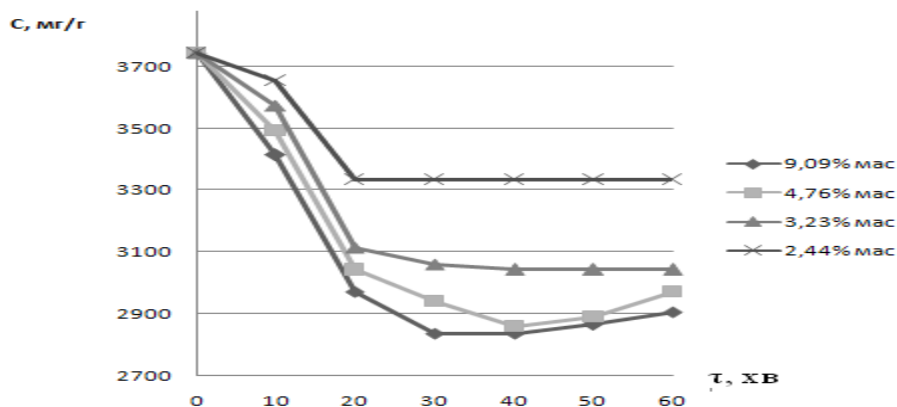


Рисунок 3. Динаміка вмісту нітрат-іонів у буряковому соку при його обробленні шунгітом при температурі 60°C.

Із рис. 3 видно, що при обробленні бурякового соку шунгітом при температурі 60° С найефективніше адсорбуються нітрати при концентрації адсорбента 9,09% мас, тривалості – 30 хвилин. За даних умов вміст нітрат-іонів в соку зменшується на 24%.

Аналогічна ефективність адсорбції нітратів спостерігається при концентрації шунгіту в соку 4,76% мас і тривалості його обробки 40 хвилин. При зменшенні концентрації сорбенту до 3,23%...2,44% мас ефективність його очищення від нітрат іонів зменшується відповідно до 18 і 11%. Збільшення часу взаємодії шунгіту із буряковим соком більше 30...40 хвилин є недоцільним, оскільки суттєвого збільшення ефективності очищення соку від нітратів при цьому не спостерігається.

Механізм адсорбції нітрат-іонів шунгітом можна пояснити структурою самого адсорбенту, який являє собою метастабільний вуглець, який включений в структуру фулеренів та нанотрубок. Вуглецеві нанотрубки – це згорнуті полоски різної конфігурації, циліндричної форми, що мають діаметр 1 – 2 нм та довжину до 50 мкм, які зазвичай зібрані в пакети з гексагональною упаковкою [3]. Нанотрубки відіграють роль контейнера для накопичення в них молекул та іонів. Нітрат-іони менші за розміри пор нанотрубки, тому легко проникають в пори між окремими нанотрубками, які утворилися при формуванні пакетів. Крім того 5% нанотрубок мають вуглецеві атоми з активними реакційноспроможними групами, що, можливо, дозволяє перетворювати частину нітратів у інші, менш шкідливі сполуки за рахунок взаємодії їх з

вільними водневими зв'язками.

Висновки. Таким чином, проведеними дослідженнями встановлена ефективність застосування природного мінералу шунгіту для адсорбції нітрат-іонів із соку столового буряку. Найкращий ефект очищення соку – до 24% забезпечується при концентрації адсорбенту 4,76 % мас., температурі 600 С, тривалості обробки 40 хвилин. Суттєве зниження вмісту нітратів – до 19% можна досягти і при температурі оброблення 200С, концентрації шунгіту 9,09 % мас, тривалості обробки суміші 20 хвилин.

Наведені умови оброблення соку шунгітом можна рекомендувати для очищення бурякового соку від надлишку нітрат-іонів у виробничих умовах і побуті.

Література

1. *Циганенко О.І.* Нітрати в харчових продуктах. – К.: Здоров'я, 1990. – 56с.
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.Ф. Давыдов// Физика твердого тела. – 1999, т. 41, вып.8, С. 1412 – 1415.
4. *Дубініна А.А., Малюк Л.П., Селютіна Г.А.* та ін. Токсичні речовини у харчових продуктах та методи їх визначення: Підручник. – К.: ВД “Професіонал“, 2007. – 384 с.
5. *ГОСТ 29270-95* „Продукты переработки плодов и овощей“. Определение нитратов.