

РОЗРОБЛЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ІЗ ЦУКРОВОГО СОРГО

Н.О. Григоренко, к.т.н., провідний науковий співробітник

В.О. Штангеев, д.т.н., професор

Інститут продовольчих ресурсів НААН України

Купчик Л.А., к.т.н., старший науковий співробітник

Котинська Л.Й., аспірант

Інститут сорбції та проблем ендоекології НАН України

У статті обґрунтовано доцільність комплексної переробки цукрового сорго з отриманням цукровмісного продукту із соку, а із вторинної сировини – сорбентів. Розроблено методики та визначено оптимальні параметри отримання сорбентів. Досліджено сорбційні властивості модифікованих сорбентів із багаси по відношенню до катіонів важких металів.

Ключові слова: цукрове сорго, багаса, іони важких металів, цукровмісний продукт, сорбенти

DEVELOPMENT OF INTEGRATED TECHNOLOGY FOR PROCESSING OF PLANT RAW MATERIALS, DERIVED FROM SWEET SORGO

N.A. Grigorenko, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher

V.A. Stangeev, Doctor of Technical Sciences, Professor

Institute of Food Resources of the National Academy of Sciences of Ukraine

L.A. Kupchuk, Candidate of Technical Sciences, sen. res. worker

L. Y. Kotynska, postgraduate student

Institute of sorption and problems of endoecology of NAS of Ukraine

The article substantiates the expediency of complex processing of sugar sorghum to produce a sugar-containing product from juice, and from secondary raw materials - sorbets. Methods are developed and optimal parameters are determined for obtaining sorbets. The sorption properties of modified bagasse in relation to cations of heavy metals are studied.

Keywords: sweet sorghum, bagasse, heavy metal ions, sugar-containing product, sorbents

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ С САХАРНОГО СОРГО

Н.А. Григоренко, к.т.н., ведущий научный сотрудник

В.А. Штангеев, д.т.н., профессор

Институт продовольственных ресурсов НААН Украины

Купчик Л.А., к.т.н., старший научный сотрудник

Котинская Л.Й., аспирант

Институт сорбции и проблем эндоэкологии НАН Украины

В статье обоснована целесообразность комплексной переработки сахарного сорго с получением сахаросодержащего продукта из сока, а из вторичного сырья - сорбентов. Разработаны методики и определены оптимальные параметры получения сорбентов. Исследованы сорбционные свойства модифицированных сорбентов из багассы по отношению к катионам тяжелых металлов.

Ключевые слова: сахарное сорго, багасса, ионы тяжелых металлов, сахаросодержащих продуктов, сорбенты

Для України потенційним сировинним джерелом цукрів може бути цукрове сорго, яке досить добре адаптоване до вирощування в південних, центральних та західних регіонах країни і в змозі забезпечувати високі і стабільні врожаї зеленої біомаси (понад 100 т/га) з вмістом цукрів в ній 18-20 %. Ця особливість культури цукрового сорго дає можливість отримання нового цукровмісного продукту, придатного для використання у різних галузях харчової промисловості.

Однак при отриманні цукровмісного продукту із соку стебел цукрового сорго, залишається значна кількість лігноцелюлозного відходу – багаси. Так, при переробці 100 т стебел цукрового сорго гарантовано отримуємо від 6 до 10 т цукровмісного продукту і від 35 до 40 т багаси у вигляді відходу.

Одним із головних напрямків підвищення ефективності виробництва та зниження собівартості цукровмісного продукту із цукрового сорго є комплексне використання рослинної сировини з повторним залученням у переробку отриманих вторинних відходів.

Метою роботи є розроблення технології комплексної переробки цукрового сорго з отриманням цукровмісного продукту, а з відходів виробництва - продуктів технічного призначення.

При вирішенні поставленої мети в роботі використовувались як загальноприйняті, так і спеціальні **методи досліджень** [1-6]. Так, визначення вмісту сухих речовин у соку та готовому продукті здійснювали рефрактометричним методом, а у стеблах і багасі – ваговим; вмісту клітковини у багасі – методом Кюршнера і Хафера; вмісту лігніну у багасі – методом Попова; вмісту загальних цукрів у соку, готовому продукті і багасі – меднометричним методом Люффа-Шорля.

Вміст токсичних важких металів у фільтраті після проведення дослідження сорбційних властивостей модифікованої багаси визначали за допомогою методу атомно-абсорбційної спектроскопії на приладі КАС-120М “SELMI” (Україна) та ААС фірми “SHIMADZU” (Японія).

Детальні дослідження з розроблення комплексної технології переробки цукрового сорго проводили в умовах Інституту продовольчих ресурсів НААН України. Так, на основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблена технологія отримання цукровмісного продукту із цукрового сорго, яка передбачає, на початковому етапі, проведення подрібнення стебел, вилучення соку пресовим методом та відокремлення від соку мезги. Для досягнення високої фільтраційної здатності соку та підвищення вмісту моносахаридів, ферментативний гідроліз крохмалю проводили у дві стадії, на першій використовували термостабільну α -амілазу для декстринізації і одночасного розрідження крохмалю, а на другій – глюकोамілазу для повного зцукрювання декстринів до глюкози.

Для зменшення вмісту високомолекулярних сполук у розчині, проводили основну коагуляцію високомолекулярних сполук соку сорго, використовуючи флокулянт-антисептик «Валеус-Д» (Полідез) з подальшим відокремленням осаду шляхом фільтрування. На наступному етапі для отримання високоякісного цукровмісного продукту проводили додаткове ультрафільтраційне очищення соку з подальшим його концентруванням до вмісту сухих речовин від 65 до 75 %.

За таких умов проведення очищення та згущення отримуємо цукровмісний продукт з вмістом сухих речовин 75,0 % і загальних цукрів 66,8 % та чистотою 89,0 %. Причому вуглеводна складова даного продукту має оптимальне співвідношення сахарози:глюкози:фруктози – 50:33:15 % до маси загальної кількості цукрів [10].

В той же час, при отриманні цукровмісного продукту, залишається не залучена в технологічну переробку багаса (знецукрена біомаса із стебел сорго). Причому обсяг

вторинного сировинного ресурсу (багаси) у 4-5 разів перевищує вихід готового цукровмісного продукту.

Аналіз наукових публікацій показав, що при переробці цукрового сорго даний вторинний продукт не має широкого вжитку у різних галузях народного господарства. Ведуться роботи, направлені на використання його у біоенергетиці в якості твердого або газоподібного палива, а також у кормо виробництві в якості корму для тварин [7-9].

В наших дослідженнях ми надаємо перевагу технології отримання сорбційних матеріалів із знецукреного вторинного продукту. Як свідчать результати досліджень хімічної складової біомаси цукрового сорго, головними компонентами багаси є целюлоза та лігнін, які зв'язані у біополімерні комплекси, вміст яких знаходиться в межах від 30,4 до 39,2 % та від 11,0 до 14,4 %, відповідно, і залежать від ряду факторів: сортових особливостей досліджуваних зразків сорго, умов районування, часу збирання сировини, технології вирощування та способу екстрагування соку із стебел

Ці складові багаси у необробленому вигляді мають слабкі сорбційні властивості через фібрилярну будову та низький вміст в них вільних функціональних груп.

В процесі створення нового, модифікованого продукту необхідно намагатись збільшити в ньому внутрішню адсорбційну поверхню, покращити його сорбційні та іонообмінні властивості.

Для покращення сорбційних та іонообмінних властивостей целюлозовмісних відходів потрібна часткова їх деполімеризація, окиснення спиртових груп до карбоксильних та отримання простих ефірів з кислотними властивостями. Особливий практичний інтерес становлять похідні окиснених целюлозовмісних комплексів, в структуру яких методом хімічного модифікування введені активні іоногенні групи (сульфометильні, карбоксиметильні, карбоксиетильні, фосфатні, аміноетильні) а також отримання матеріалів збагачених лігніном.

В наших дослідженнях були випробувані наступні методи хімічного модифікування багаси.

1. Фосфорилювання

Багасу нагрівали при температурі 100 °С в середовищі 20 %-ної фосфорної кислоти протягом трьох годин при співвідношенні кислота-багаса 5:1, після чого її відділяли, промивали дистильованою водою до нейтральної реакції та висушували.

Із сировини при такій обробці видаляються складові речовини, що легко гідролізуються (крохмаль, пектинові речовини, сахариди), целюлоза при цьому частково гідролізується, набуваючи властивостей мікрочасточності. Це забезпечує покращення поруватості та зростання питомої поверхні матеріалу, що зумовлює підвищення її реакційної здатності. При такій обробці має місце процес етерифікації целюлози фосфорною кислотою.

Отриманий нами продукт, що містить фосфат целюлози, має високу обмінну ємність ($COE = 4,81$ мг-екв/г) і може бути використаний для зв'язування та вилучення катіонів важких металів водних розчинів за механізмом іонного обміну, комплексоутворення чи молекулярної сорбції.

2. Обробка сірчаною кислотою

Багасу нагрівали при температурі 100 °С в середовищі 20 %-ної сірчаної кислоти на протягом трьох годин при співвідношенні кислота-багаса 5:1, після чого її відділяли, промивали дистильованою водою до нейтральної реакції та висушували.

Отриманий нами продукт, що містить крім сульфату целюлози ще і карбоксильні, альдегідні та кетонні кисеньвмісні групи, має обмінну ємність 1,9 мг-екв/г, а за своїм виглядом та властивостями близький до активованого вугілля.

3. Карбоксилювання

Багасу обробляли сумішшю концентрованих азотної та сірчаної кислот в співвідношенні 3:1 протягом трьох годин при співвідношенні реагент-багаса 10:1 при температурі 100 °С, після чого багасу відділяли, промивали дистильованою водою до

нейтральної реакції та висушували. При такій обробці відбувається більш глибока деполімеризація вуглеводного комплексу та часткове його окиснення за рахунок дегідратації з утворенням карбоксиметилцелюлози.

Висока обмінна ємність продукту ($CO_2 = 3,1$ мг-екв/г) свідчить, що дослідження сорбційної здатності по відношенню до катіонів важких металів мають перспективу.

Дослідження процесу сорбції катіонів токсичних важких металів хімічно модифікованою багасою здійснювали в статичних умовах із водних розчинів солей: хлоридів п्लумбуму, кадмію, стронцію. Кінетику сорбції досліджували методом обмеженого об'єму: серію колб з наважками сорбенту по 0,2 г заливали 0,1 л модельного розчину з початковою концентрацією 100 мг/л, витримували 100 хв при температурі 293 К. Через певні проміжки часу розчини відфільтровували та визначали у фільтраті рівноважну концентрацію іонів металу. Отримані значення величин сорбції та ефективності вилучення катіонів важких металів наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристики сорбційних властивостей модифікованих біосорбентів

Назва зразка	Величина сорбції, мг/ г					Ефект вилучення катіону із розчину, %				
	Pb ²⁺	Cd ²⁺	Sr ²⁺	Cu ²⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺	Cd ²⁺	Sr ²⁺	Cu ²⁺	Ni ²⁺
Фосфорильована багаса	46,2	35,7	11,6	35,4	16,3	92,4	71,4	23,2	70,7	32,5
Сульфована багаса	31,2	33,6	16,5	29,3	12,8	62,4	67,1	33,0	58,5	25,6
Карбоксильована багаса	40,0	44,1	12,6	33,9	20,3	79,9	88,1	25,2	67,7	40,5

З наведених даних видно, що біосорбенти, отримані хімічним модифікуванням багаси, мають досить високі показники ефективності сорбційного вилучення катіонів важких металів. Для вилучення катіонів міді, кадмію і свинцю більш придатна фосфорильована та карбоксильована багаса. Для нікелю більш ефективна карбоксильована багаса. Стронцій добре вилучає карбоксильована та сульфована багаса.

Висновки

При комплексному використанні цукрового сорго можна отримати високорентабельне виробництво, а саме із соку стебел отримувати цукровмісний продукт, а з відходів виробництва - біосорбент для очищення забруднених катіонами важких металів стічних вод та ґрунтів.

Отже, цукрове сорго є цінним вітчизняним сировинним ресурсом і може мати широкий сегмент використання з отриманням продуктів харчового і технічного призначення.

Література

1. Герасименко О.А. Методи аналізу і контролю у виробництві цукру / О.А. Герасименко, Т.П. Хвалковський. – К.: Вища школа, 1992. – 388 с.
2. Ковальчук В.П. Сборник методов исследования почв и растений/ В.П. Ковальчук, В.Г. Васильев, Л.В. Бойко, В.Д. Зосимов. – К.: Труд-ГриПол –XXI вік, 2010. -252 с.
3. Шарков В.И. Количественный химический анализ растительного сырья / В.И. Шарков, Н.И. Куйбина, Ю.П. Соловьева. - М.: Изд. «Лесная промышленность», 1998.- 60 с.
4. Бурштейн А.И. Методы исследования пищевых продуктов / А.И.Бурштейн. ГосМедиздат УССР. – К.: 1963. – 587 с.

5. Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел /Под ред. Г. Парфита, - Киев: Рочестера, 1986.-С. 488.
6. ДСТУ 20255.1-09. Іоніти: Методи визначення обмінної ємності 2009:6.
- 7 Крицкий А.Н. Силос из соргового жома – отходы сорго сиропного производства/ А.Н. Крицкий, Т.И. Елизарова// Материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2010.- С.24-26.
8. Nimbkar N. Syrup Production from Sweet Sorgum / N. Nimbkar, N.M. Kolekar, J. H. Akade, A. K. Rajvanshi // Nimbkar Agricultural Research Institute (NARI), Phaltan. September 2006. s.10. E-mail: nariphaltan@gmail.com
9. Конкурентні переваги агробізнесу в альтернативних джерелах енергії. Кернасюк Ю.// Агробізнес сьогодні. – 2014. -№18(289). Ел.версія: <http://www.agro-business.com.ua>
10. Григоренко Н.О. Шляхи пошуку розширення асортименту продукції цукрової галузі України / Н.О. Григоренко, В.О. Штангеев, Л.М. Хомічак, І.Г.Гріненко // Цукор України .- К. – 2016. - № 6-7 (126-127). – С. 41-44.