
ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

УДК 504.062.2

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-2-25-31>

АКТУАЛЬНІ НАПРЯМИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Мартинюк А.С., Пастух Г.С.

Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68, 01601, м. Київ
martinyuk@i.ua, hannapastukh@ukr.net

У статті проаналізовано способи перероблення бурякового жому, враховуючи сучасні потреби населення та промисловості України. У тому числі розглянуто можливі способи отримання бурякового пектину, харчових волокон та біогазу. *Ключові слова:* жом, харчові волокна, пектин, вторинна сировина, буряковий жом, біогаз.

Актуальные направления утилизации отходов сахарного производства. Мартинюк А.С., Пастух Г.С. В статье проанализированы способы переработки свекловичного жома, учитывая современные потребности населения и промышленности Украины. В том числе рассмотрены возможные способы получения свекольного пектина, пищевых волокон и биогаза. *Ключевые слова:* жом, пищевые волокна, пектин, вторичное сырье, свекольный жом, биогаз.

Current trends in the disposal of sugar production waste. Martyniuk A.S., Pastuh H.S. The article analyzes the methods of processing beet pulp, given the current needs of the population and industry of Ukraine. Including possible ways of obtaining beet pectin, dietary fiber and biogas are considered. *Key words:* pulp, dietary fiber, pectin, secondary raw materials, beet pulp, biogas.

Постановка проблеми. Україна входить до числа країн світу з несприятливою екологічною ситуацією і серед усіх чинників, які формують загальний екологічний стан, значне місце займають відходи харчової промисловості. Харчова промисловість України об'єднує понад 40 галузей, які виробляють продукти харчування. Однією з основних галузей є цукрова.

В Україні налічується близько 42 діючих цукрових заводів. На жаль, із кожним роком кількість цукрових заводів зменшується, проте великі цукрові заводи збільшують свою продуктивність. У цьому році зібрано 13,8 млн. т цукрових буряків та вироблено 1,82 млн. т цукру [1; 2].

Основним продуктом цукрового виробництва є цукор. З усіх галузей харчової промисловості найбільшу масу відходів отримують саме в цукровому виробництві: мелясу та жом. Останній становить основну частину відходів.

Актуальність дослідження. Меляса містить близько 50% цукру, використовується для вироблення спирту, тому майже ніколи не затримується на цукрових заводах. Усе по-іншому відбувається з жомом. Вихід сирого жому становить 80–83% до маси перероблених буряків. Можемо спрогнозувати, що у цьому сезоні вихід жому становив близько 11 млн. т. Виробники цукру наголошують на проблемі зберігання та утилізації бурякового жому, що має негативні наслідки для екологічної ситуації регіонів

розташування цукрових заводів [3], тому актуальним залишається пошук шляхів перероблення жому.

Жом у сирому вигляді має малий термін зберігання. Для експорту жому за кордон його сушать та гранулюють, однак це зовсім невелика кількість (близько 9%), не всі цукрові заводи обладнано сушильними установками та пресами глибокого віджиму. Частина жому продають у свіжому вигляді на годівлю тварин. Нині такий спосіб утилізації бурякового жому досить незначний, це пояснюється різким зменшенням поголів'я худоби, а також високою вартістю його транспортування, а це призводить до того, що основну кількість жому скидають у жомові ями а згодом його вивозять за територію. За вивезення невикористаного жому і викидання його у навколишнє середовище заводам доводиться виплачувати великі штрафи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Буряковий жом (свіжий і висушений) – це джерело для виробництва енергії завдяки вмісту в ньому цукру. Є відомості, що будівництво біогазового комплексу та переробка жому дають змогу отримувати біогаз, електричну енергію, біодобрива та теплову енергію. Біогаз, що утворився у результаті анаеробного зброджування жому, після його подальшої газопідготовки передбачається використовувати залежно від пори року згідно з потребами замовника: у сезон цукроваріння біогаз буде спрямовуватися на

виробничі потреби як недорога заміна природного газу; під час збирання зернових біогаз направляється на зерносушарки, в решту часу біогаз спрямовується на газотурбінний енергоцентр для вироблення електроенергії і теплової енергії [4].

Окрім основного продукту – біогазу, створюються умови для поліпшення екологічної ситуації навколо цукрового заводу, тому що це дає змогу зменшити санітарну зону біля підприємства з 500 до 150 м. Використання бурякового жому як сировини для біогазових установок дає змогу отримувати 60–70 м³ газу з 1 т сировини [4].

Одним із перспективних і затребуваних напрямів використання бурякового жому є виробництво харчових волокон. Харчові волокна – це залишки рослинних клітин, які стійкі до гідролізу, що здійснюється травними ферментами людини. Встановлена фізіологічна добова потреба організму дорослої людини в харчових волокнах становить від 25 до 38 г. Їхня калорійність становить 55–65 ккал у перерахунок на 100 г сухих речовин [5].

Ще на початку 80-х років за кордоном буряковий жом почали використовувати для виробництва харчових волокон. Так, наприклад, в Англії фірмою British Sugar виробляються харчові волокна, у США фірма Crystal Sugar Company також налагодила виробництво подібної продукції, де вона продається під назвою Dio Fiber. Харчові волокна, що виробляються в різних країнах, відрізняються за вмістом основних хімічних компонентів і містять 90–92,6% сухих речовин, 65,5–67,5% клітковини, 20–23% пектину, близько 10% білка, а також мікроелементів у вигляді К, Na, Ca. Харчові волокна використовують для приготування соусів, присипок і приправ. Так, фірма Raffinerie Tirlemontaisi (Бельгія) виробляє подібний продукт під назвою Sarkara, який містить бурякові волокна, збагачені вітамінами В₂, В₆, В₁₂, а також мікроелементи Ca, Zn, Fe [6].

Сьогодні відомо різні способи отримання харчових волокон із жому [5]. Харчові волокна є готовим продуктом у вигляді порошку кремового кольору без запаху і смаку. Волокна з розміром часток 0,25–0,5 мм можна використати як добавку в м'ясні продукти, а волокна з розміром часток 0,25 мм і менше рекомендується використовувати в хлібопе-

карській, кондитерській, молочній та інших галузях харчової промисловості. Готовий продукт має такий склад (табл. 1).

Харчові волокна характеризуються такими функціональними властивостями: висока зв'язуюча й вологоутримуюча здатність – 1:3–1:7, ефективний загусник, знижує міграцію вологи з начинки в продукт, добрий стабілізатор, надають сипкість сумішам, збагачують продукти баластними речовинами, знижують енергетичну цінність, можуть бути нерозчинні у воді й жирі, термостабільні, володіють адгезією, нейтральністю смаку й запаху [5].

Поєднання харчових волокон, які мають стандартизовані технологічні характеристики, з іншими харчовими та функціональними інгредієнтами дасть змогу отримувати продукти із заданими органолептичними та фізико-хімічними властивостями.

Останніми роками за кордоном знаходять широке застосування пігулки, що включають до свого складу суміші різних харчових волокон. Так, акціонерне товариство ВУЦ (Прага) в Чехії розробило пігулки з бурякового волокна під назвою «СИТА», збагачені вітаміном С. Їх рекомендується вживати при розвантажувальних дієтах. Наголошується, що завдяки наявності їх у складі пектину пігулки дають змогу понизити вміст холестерину в крові, і тим самим виключається можливість інфаркту міокарду і низки інших захворювань [6].

Окрім харчових волокон, із бурякового жому є можливість отримувати пектин, який, на жаль, в Україні не виробляють, а купують за кордоном.

Користь пектину з погляду медицини безцінна. Пектини нормалізують мікрофлору кишечника, поліпшують травлення, проявляють бактерицидні властивості. Пектин, отриманий із буряка, має найкращу комплексоутворювальну здатність і як детоксуюча природна речовина не має аналога у світі. Дані досліджень показують, що з усіх видів пектину (яблучний, цитрусовий і буряковий) комплексоутворювальна здатність, тобто здатність зв'язувати метали і виводити з організму отруйні речовини та радіонукліди, у бурякового пектину втричі вище [7].

Якщо звернутися до розрахунків, то з однієї тонни сирого бурякового жому можна отримати в середньому 12 кг пектину, а щоб виробити 35 тис. т, тобто задовольнити потребу всього населення України, необхідно близько 3 млн. т сировини [7]. Сировини у нас більше ніж досталь.

Наукові дослідження з проблем бурякового пектину відображено у працях І.М. Литвака, М.І. Барабанова, Л.Б. Сосновського, Г.В. Бузіної, Б.Б. Аймухамедової, Н.П. Шелухіної, З.Д. Ашубаєвої, М.С. Карповича, Л.В. Донченко, В.В. Неліної та ін. Їхній науковий доробок був реалізований у створенні пектинових виробництв на Нальчицькій кондитерській фабриці, Краснодарському пектиновому заводі, Гайсинському спиртзаводі. Однак великі енерговитрати, у тому числі на висушування буряко-

Таблиця 1

Склад харчових волокон жому

Речовина	Вміст, %
Клітковина	28
Целюлоза	26
Загальний вміст пектинових речовин, у тому числі:	19-20
нерозчинний протопектин,	10-11
розчинний пектин	9-10
Лігнін	10
Вода	10-12

Таблиця 2

Положення характеризуючих смуг (см-1) ІЧ-спектрів

Типи коливань	Положення характеристичних смуг	Буряковий
$\nu(\text{OH})_n$	3600-3000	3433
CH_2	2960-2926	2931
C-H	3000-2800	-
C=O	1750-1350	1745
	1640	1635
		1524
$\delta_{\text{ас}}[(\text{CH}_2)_3]_E$	1442	1446
$\delta_{\text{с}}[(\text{CH}_2)_3]_E$	1378	1329
$\delta(\text{CH})_K$	1331	-
C-O-C	1300-1050	1287
(C-OH) ν , n(C-C, C-O)K		1153
		1101
		1016

вого жому, невідповідність якості сухого жому вимогам пектинового виробництва, а також недосконалі технічні рішення не дали змоги виробляти конкурентоздатний пектин [7].

Виклад основного матеріалу. Із літературних джерел відомо, що у пектиновому виробництві використовується як свіжий, так і висушений буряковий жом. Типова промислова технологія пектину, й тому числі й бурякового, базується на кислотно-термічному гідролізі сировини.

Для отримання бурякового пектину та дослідження його фізико-хімічних властивостей у лабораторних умовах процес проводили за такою схемою: свіжий буряковий жом екстрагували розчином хлоридної кислоти за співвідношення фаз 1:1 при температурі 80–85°C, рН 0,8–1,0 протягом 1 год. Слід зазначити, що отриманий таким чином пектин має слабку коагуляційну структуру, є низькоетерифікованим пектином (ступінь етерифікації – 42%) [7].

Спектри зразків знімали на спектрофотометрі FT-IR Spectrum BX-II, Perkin Elmer в діапазоні 400–4000 см-1. Зразки готували у вигляді таблеток KBr. Отримані ІЧ-спектри дають інформацію про склад і будову, чистоту, абсолютну та відносну кількість вільних та заміщених карбоксильних груп досліджуваного зразка пектину [7].

Спектри пектинових речовин мають досить складну структуру, тому ми розглядали лише смуги, ідентифікація яких збігається з іншими дослідженнями. У табл. 2 наведено літературні дані щодо положення піків відповідних груп та піків досліджуваного пектину.

У зразка пектину (рис. 1) наявні полоси, що характерні для пектинових речовин. Коливання ОН-групи проявляється у вигляді широкої полоси в межах 3200–3400 см-1, що відповідає первинним гідроксильним групам. Слід підкреслити, що ОН-групи пектинових речовин порівняно з ОН-групами води зміщені в низькочастотну область. Це пояснюється участю гідроксилів у системі Н-зв'язків.

Незначна полоса (плече) в області 2700–2500 відповідає валентним коливанням зв'язаної групи



Рис. 1. Буряковий пектин

ОН карбоксила. Пік 2926 см^{-1} , відносять до валентних симетричних коливань CH_2 -групи. Область $2000\text{--}1500\text{ см}^{-1}$ – до коливань групи $\text{C}=\text{O}$. Тут можливі поглинання, які відносяться до валентних коливань $\text{C}=\text{O}$ трьох груп: $1748\text{--}1739\text{ см}^{-1}$, $1700\text{--}1680\text{ см}^{-1}$, $1610\text{--}1550\text{ см}^{-1}$. Співвідношення інтенсивності поглинання, що відповідає цим групам, може змінюватися залежно від того, яка форма в структурі пектину переважає (ефірна, кислотна, іонна). У даного зразка спостерігається чітка полоса в межах $1750\text{--}1735\text{ см}^{-1}$. Дана область – одна з найважливіших в ідентифікації пектинових речовин. Наявність смуги в області 1640 см^{-1} підтверджує наявність іонізованих карбонільних і карбоксильних груп. Під час аналізу спектру пектину можна зробити висновок, що міститься велика кількість галактуранової кислоти (інтенсивні смуги поглинання в області $1010\text{--}1150\text{ см}^{-1}$). $1200\text{--}950\text{ см}^{-1}$, піки у цій зоні відповідають коливанням скелету молекули [7].

Але, незважаючи на високі показники фізико-хімічних властивостей бурякового пектину, він потребує додаткового вивчення, а саме дослідження інтенсифікації процесу гідролізу-екстрагування без порушення його структури, можливість поліпшення структури коагуляти за рахунок комбінування сировини.

З бурякового жому виробляється також пектиновий клей. Спосіб отримання клею базується на переведенні в розчин нерозчинних у холодній воді пектинових речовин, що містяться в жомі. Вихід клею при цьому становить $2,5\text{--}3\%$ до маси свіжого жому [3].

Головні висновки. Отримані результати лабораторних досліджень показують перспективи отримання бурякового пектину – цінного продукту харчової та фармацевтичної промисловості. Результати ІЧ-спектрів показують, що отриманий за класичної технології пектин низькоетерифікований, із високим умістом уранідного складника. Доцільніше налагодити виробництво пектину зі свіжого бурякового жому поблизу цукрових заводів (окремий цех) і не витратити кошти на доставку сировини та продовження терміну зберігання (сушіння та консервування жому).

Перспективи використання результатів дослідження. Нині Міністерство екології та природних ресурсів розробляє нові нормативи з охорони навколишнього середовища з посиленням штрафних санкцій за викиди відходів виробництва вище допустимих норм. У зв'язку із цим проблема тривалого зберігання або утилізації бурякового жому є вкрай актуальною, а запропоновані способи є вирішенням даної проблеми [3].

У даній статті розглянуто альтернативні шляхи вирішення проблеми перероблення бурякового жому. Актуальним є отримання харчових волокон та пектину власного виробництва.

Запуск нових підприємств та налагодження перероблення жому на діючих цукрових заводах позитивно вплине на екологію, економіку, додатково будуть створені робочі місця, що є надзвичайно актуальним для сільської місцевості.

Література

1. Инфоиндустрия. Київ, 2018. URL: <http://infoindustria.com.ua/v-ukrayini-dozrivaye-rekordniy-urozhay-tsukrovih-buryaki/> (дата звернення: 03.03.2019).
2. Виробництво цукру в Україні скоротилося на 15%. Київ, 2019. URL: <https://news.finance.ua/ua/news/-/443355/vyrobnytstvo-tsukru-v-ukrayini-skorotylos-na-15> (дата звернення: 20.03.2019).
3. Сучасні напрями використання та утилізації бурякового жому. Київ, 2019. URL: <http://diamantsugar.com.ua/ua/articles/sychasn-napryamki-vikoristannya-ta-utylizats-buryakovogo-zhomy> (дата звернення: 20.03.2019).
4. Левандовський Л.В., Бублієнко Н.О., Семенова О.І. Природоохоронні технології та обладнання : підручник. Київ : НУХТ, 2013. 243 с.
5. Федоренченко Л.О., Сімахіна Г.О. Технологія природних харчових сорбентів : навчальний посібник. Київ : НУХТ, 2006. 100 с.
6. АД_БАД Україна. URL: <https://ag-bag.ua/advice/kormovaja-cennost-zhoma-saharnej-svekly> (дата звернення: 22.03.2019).
7. Грабовська О.В., Пастух Г.С. Про перспективи розвитку пектинового виробництва в Україні. *Цукор України*. 2017. № 6–7(138–139). С. 42–47.
8. Пастух Г.С. Розроблення технології пектину з вторинної картопляної сировини : дис. ... канд. тех. наук : 05.18.05 ; НУХТ. Київ, 2018. 267 с.