

Ефективність застосування методів озонування та адсорбційного очищення цеолітом при переробленні цукрових буряків, уражених слизистим бактеріозом

Н.А. Гусятинська, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології цукру і підготовки води, Національний університет харчових технологій

Т.М. Нечипор, аспірант кафедри технології цукру і підготовки води, Національний університет харчових технологій

42

В статті представлено результати експериментальних досліджень щодо інтенсифікації процесу очищення дифузійного соку з підвищеним вмістом декстрану. Досліджено ефективність застосування процесу озонування дифузійного соку та додавання сорбенту цеоліту-клинотилоліту при переробленні цукрових буряків, уражених слизистим бактеріозом. Встановлено, що застосування додаткових реагентів, зокрема озону або цеоліту, сприяє зменшенню вмісту декстрану у дифузійному соку, покращенню фільтраційно-седиментаційних властивостей осаду соку I сатурації, а також підвищенню чистоти та зменшенню забарвленості очищеного соку.

Ключові слова: слизистий бактеріоз, декстран, озон, адсорбція, цеоліт.

В статье представлены результаты экспериментальных исследований по интенсификации процесса очистки диффузионного сока с повышенным содержанием декстрана. Исследована эффективность применения процесса озонирования диффузионного сока и добавления сорбента цеолита-клинотилолита при переработке сахарной свеклы, пораженной слизистым бактериозом. Установлено, что применение дополнительных реагентов, в частности озона или цеолита, способствует уменьшению содержания декстрана в диффузионном соке, улучшению фильтрационно-седиментационных свойств осадка сока I сатурации, а также повышению чистоты и уменьшению цветности очищенного сока.

Ключевые слова: слизистый бактериоз, декстран, озон, адсорбция, цеолит.

In the article presented the results of experimental studies on intensification of raw juice purification process with a high content of dextran. Investigated the efficiency of application the ozonation process of diffusion juice and adding sorbent zeolite-clinoptilolite in the processing of sugar beet with the content of slime bacteriosis. Established that the use of additional reagents, such as ozone or zeolite helps to reduce the content of dextran in the diffusion juice, improve filtration and sedimentation properties of carbonation precipitate juice and increase the purity of color and a decrease in the purified juice.

Keywords: slime bacteriosis, dextran, ozone, adsorption, zeolite.

Якість цукрових буряків визначає технологічний процес виробництва білого цукру. Проте існує ряд об'єктивних чинників, що впливають на зниження технологічної якості цукрових буряків внаслідок перебігу мікробіологічних процесів. Найбільш небезпечним видом мікробного псування цукрових буряків є слизистий бактеріоз. Детально наслідки розвитку слизистого бактеріозу досліджено і описано в наших попередніх дослідженнях [1]. Так,

внаслідок ураження коренеплодів в буряковому соку утворюється декстран, підвищується вміст високомолекулярних і пектинових речовин, молочної кислоти, що тим самим спричинює не лише прямі втрати сахарози, але й створює значні проблеми у виробництві, а також призводить до фінансових збитків підприємства.

Для отримання вітчизняного білого цукру, конкурентоспроможного за показниками якості на міжнародному ринку, ви-

никає необхідність підвищення ефективності процесу очищення виробничих цукровмісних розчинів традиційними реагентами (гідроксид кальцію і діоксид вуглецю), а також шляхом застосування додаткових реагентів.

При переробці цукрових буряків, уражених слизистим бактеріозом, важливо зменшити негативний вплив декстрану, що можливо шляхом його деструкції або видалення з дифузійного соку.

– Деструкцію декстрану можна забезпечити наступними способами [2]: дією окислювачів (озон, перекис водню, пероксиди металів, хлорне вапно);

- механічним впливом;
- дією ферментів - декстраназ;
- ультразвукової обробкою;
- радіаційним опроміненням;
- кислотним гідролізом.

Найбільш ефективним способом є застосування окислювачів, а саме – озону, в зв'язку з його високим окислювальним потенціалом. Озон характеризується великою надлишковою енергією молекули (24 ккал/моль). Він вступає в реакції з речовинами різної хімічної природи: аміноз'єднаннями, поліфенолами, речовинами з ароматичними групами та іншими, що супроводжується розривом їх вуглеводних ланцюгів. Речовини з ароматичними групами під дією озону утворюють малорозчинні озоніди, що випадають в осад. Озонування призводить до деструкції таких високомолекулярних сполук як декстран і леван, що сприяє зниженню фільтраційного коефіцієнта. При взаємодії озону з редукувальними речовинами відбувається їх розкладання до органічних кислот та альдегідів. Продукти розкладання адсор-

буються на карбонаті кальцію, при цьому знижується забарвленість і підвищується ефективність видалення нецукрів в процесі очистки дифузійного соку [3].

В технології цукристих речовин для очищення дифузійного соку, цукрових соків і сиропів, а також глюкозних сиропів в крахмале-патоковому виробництві використовують сорбційні процеси. У харчових виробництвах широко використовують такі адсорбенти: активоване вугілля, силікагель (гель кремнієвої кислоти), алюмогелі (гідроокис алюмінію), цеоліти, глини та інші природні адсорбенти. Адсорбенти, які безпосередньо контактують з продуктами, повинні бути біологічно нешкідливими, тобто не виявляти токсичності та не призводити до введення додаткових речовин у продукт [4].

Серед численних природних мінеральних утворень різного походження (осадового, вулканічного й ін.) найбільше практичне застосування знаходять дисперсні кремнеземи, глинисті мінерали (шаруваті і шарувато-стрічкові алюмо-залізо-магнієві силікати) і цеоліти [5].

Особливістю природних цеолітів є наявність системи порот і каналів в їх структурі, об'єм яких може сягати 50% загального обсягу мінералу, що зумовлює цінність цеоліту як

сорбента [6]. Структура цеоліту побудована з кремнистих тетраедрів та алюмокислих октаедрів, які при об'єднанні в різні структури утворюють цілу низку різноманітних мінералів. Поєднуючись одна з одною, такі елементарні структури утворюють відповідні шари, стрічки чи об'ємні утворення. Іони Si^{4+} і Al^{3+} , що розташовані в центрі тетраедрів чи октаедрів, можуть ізоморфно розміщуватися іонами менших зарядів Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} та ін. Нестача негативного заряду в ґратках може компенсуватися одно- та двозарядними іонами, що розташовані між структурними шарами. Це так звані обмінні іони, які у водному середовищі легко гідратуються і здатні до обміну. Внаслідок цього для цеолітів характерні іонообмінні властивості. Існування на поверхні цеолітів «шару» з атомів кисню робить їх ефективними адсорбентами за рахунок утворення водневих зв'язків з адсорбованими молекулами [7].

Нами поставлене завдання щодо пошуку способів підвищення ефективності очищення дифузійного соку, отриманого з цукрових буряків, уражених слизистим бактеріозом. Для досліджень обрано спосіб озонування та адсорбційного очищення цеолітом з метою деструкції або видалення декстрану.

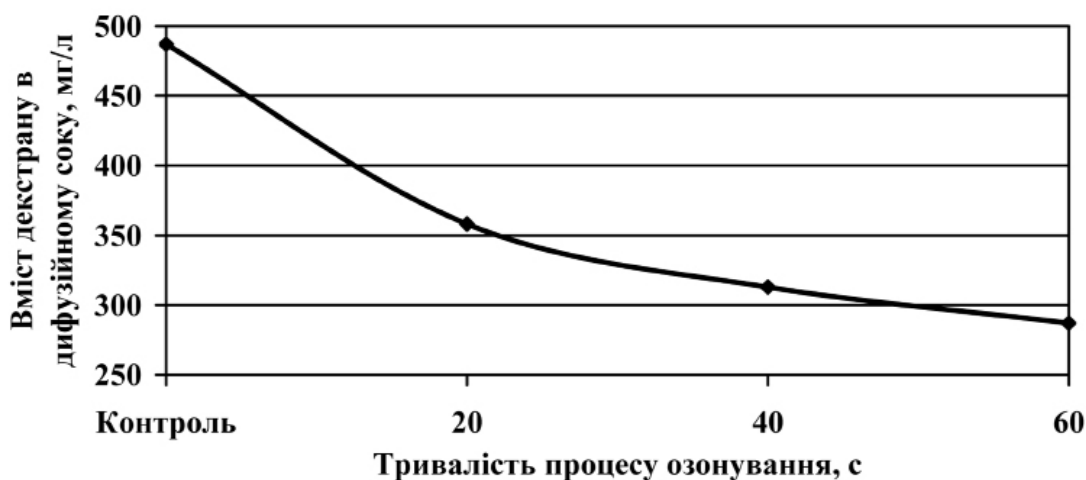


Рис. 1. Вплив тривалості озонування дифузійного соку на вміст декстрану

ТЕХНІКА & ТЕХНОЛОГІЇ

Для дослідження використовували коренеплоди цукрових буряків після зберігання в кагатах протягом 45 діб. Для одержання буряків, уражених слизистим бактеріозом, коренеплоди обробляли культурою *Leuconostoc mesenteroides*, після чого їх заморожували протягом 24 год., а далі витримували при кімнатній температурі протягом 2-3 діб в закритій посудині. Дифузійний сік одержували в лабораторних умовах, відповідно моделюючи вміст декстрану залежно від маси уражених коренеплодів.

Вихідний дифузійний сік (500 см³), з чистотою 76% та

34,7%, і вже через 60 с декстран в дифузійному соку розклався майже вдвічі.

Особливостями розвитку слизоутворювальних бактерій є підвищення кислотності соку внаслідок утворення органічних кислот, переважно молочної кислоти [1]. Поряд з цим, озон є сильним окисником, і тому представляє інтерес визначення впливу обробки озonom дифузійного соку на розклад вуглеводів, зокрема за показником приросту загального вмісту кислот. Результати досліджень, наведені на **рис. 2**, свідчать, що поряд з деструкцією декстрану має місце розкла-

за рахунок додавання цеоліту-клинотилоліту. Для досліджень використовували природний цеоліт-клинотилоліт фракцією 0,2...0,5 мм, виготовлений ДП «Закарпатський Цеолітовий завод» с. Сокирниця, Хустського р-ну, Закарпатської обл., ТУ-У 15.7-31251965-001:2009.

Для досліджень використовували дифузійний сік з вихідним вмістом декстрану – 240 мг/л (що відповідало вмісту 10% буряків, уражених слизистим бактеріозом). До проб дифузійного соку додавали різну кількість (0,5; 1; 2 %) цеоліту-клинотилоліту

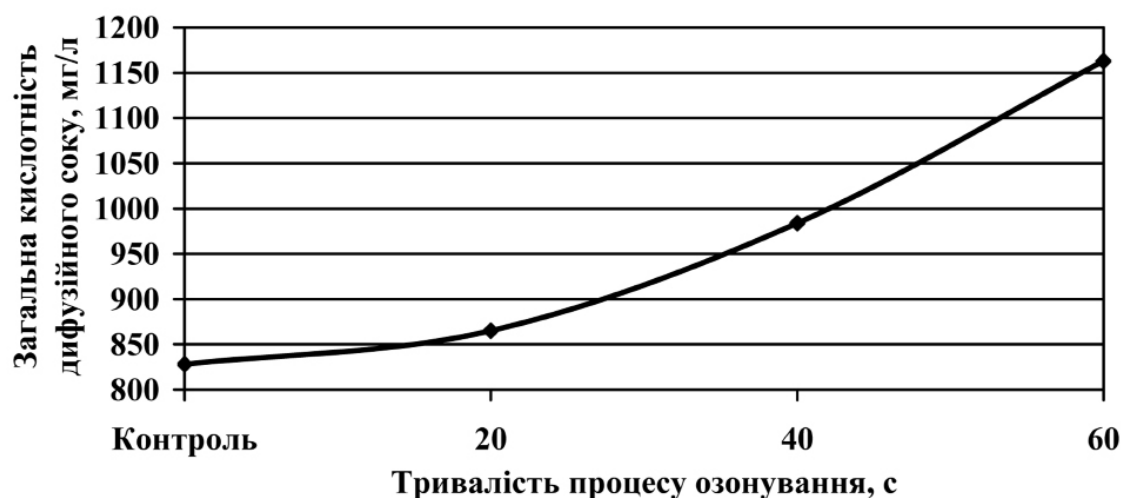


Рис. 2. Вплив озонування на зміну кислотності дифузійного соку

відповідно вмістом декстрану 480 мг/л (уражених коренеплодів 20 %), обробляли диспергованою озоноповітряною сумішшю. Обробку проводили на експериментальній лабораторній установці протягом 20...60 секунд за концентрації озону 50 мг/дм³. У дифузійному соку визначали показники вмісту декстрану та кислотності до та після оброблення озonom.

Результати досліджень, наведені на **рис. 1**, показали, що застосування процесу озонування сприяє ефективному зниженню вмісту декстрану в дифузійному соку. Так, за 20 секунд обробки озonom вміст декстрану знизився на 26,5 % порівняно з початковим значенням, після 40 с – відповідно на

данню редукувальних речовин, що впливає на підвищення кислотності і відповідно зниження рН₂₀ дифузійного соку. Необхідно зазначити, що за таких умов може спостерігатися також і кислотний гідроліз сахарози.

Одержані результати показали ефективність обробки дифузійного соку озonom з метою зменшення вмісту декстрану, що в подальшому сприятиме покращенню умов очищення соку. Але при цьому, підвищення кислотності дифузійного соку є не бажаним.

Тому нами було проведено дослідження альтернативного способу зниження вмісту декстрану в дифузійному соку шляхом використання сорбційних методів, а саме

фракцією 0,2...0,5 мм, витримували при постійному перемішуванні за температури 60 °С протягом 10 хв. Дифузійний сік з після обробки цеолітом підлягав типовій схемі вапно-карбонізаційного очищення за витрат: для проведення процесу попереднього вапнування – 0,25 % СаО, основного вапнування – 1,8 % СаО, вапнування перед другою карбонізацією – 0,5 % до маси соку. Під час досліджень використано загальноприйняті методи визначення основних технологічних показників якості дифузійного і очищеного соків [8]. Результати досліджень наведено у **таблиці 1**.

Аналіз результатів експериментальних досліджень (табл.) свідчить, що при збільшенні

Вплив цеоліту-клинотилоліту на технологічну якість очищеного соку

Витрати цеоліту-клинотилоліту, % до маси соку	Забарвленість, од. опт. густ. ICUMSA	Чистота, %	Швидкість відстоювання осаду соку I сатурації, S_5 , см/хв
Контрольна проба	360	86,6	0,84
0,3	288	87,2	1,17
0,5	264	87,9	1,38
1,0	216	88,5	1,46
2,0	193	88,9	1,52

витрат сорбенту спостерігається зниження забарвленості очищеного соку на 20...46 % порівняно з контрольною пробєю. При цьому чистота очищеного соку підвищилася на 0,6...2,3 од., а швидкість відстоюван-

ня осаду соку I сатурації зростає майже вдвічі (при витраті цеоліту 2 %). За результатами експериментальних досліджень встановлено, що доцільним є введення цеоліту до дифузійного соку за середніх ви-

трат 0,5-1,0%.

Також нами було проведено визначення оптимальної тривалості обробки дифузійного соку сорбентом при його витраті 0,8 %. Використовували вище наведену методику обробки дифу-

Таблиця 2

Технологічні показники дифузійного соку погіршеної якості після обробки цеолітом

Технологічні показники	Контроль (без обробки цеолітом)	Тривалість обробки сорбентом при витраті 0,8 %		
		5 хв	10 хв	15 хв
Дифузійний сік з вмістом декстрану 240 мг/л				
Чистота, %	79,8	82,0	82,4	82,5
pH ₂₀	5,69	5,68	5,66	5,65
Вміст декстрану, мг/дм ³	240	182	154	138
Вміст пектинових речовин, % на 100 СР	1,77	1,5	1,32	1,26
Вміст високомолекулярних сполук, % на 100 СР	3,7	3,4	3,08	2,82
Сік I сатурації				
pH ₂₀	11,1	10,9	11,1	11,1
Лужність, % СаО	0,12	0,1	0,12	0,12
Середня швидкість седиментації осаду соку I сатурації, $S_{5\text{хв}}$, см/хв	0,84	1,30	1,44	1,5
Об'єм осаду через 25 хв, %	43,0	37,6	32,4	30,3
Сік II сатурації				
pH ₂₀	9,3	9,26	9,24	9,25
Лужність, % СаО	0,02	0,015	0,014	0,015
Чистота, %	85,0	87,5	88,4	88,7
Забарвленість, од. ICUMSA	360	285	258	250
Вміст солей Са, % до маси соку	0,08	0,055	0,048	0,046
Ефект очищення соку час дефекосатурації, %	30,3	34,9	38,6	40,0

ТЕХНІКА & ТЕХНОЛОГІЇ

зійного соку цеолітом. При цьому аналізували як дифузійний сік після обробки цеолітом, так і очищений сік. Результати досліджень наведено у **таблиці 2**.

Результати експериментальних досліджень свідчать про підвищення технологічної якості напівпродуктів бурякоцукрового виробництва при використанні для обробки дифузійного соку додаткового адсорбенту цеоліту-клинотилоліту фракцією 0,2...0,5 мм. При цьому чистота дифузійного соку підвищується на 2,2...2,7 од., а також знижується вміст декстрану на 24,2...42,5%. Варто зазначити, що у разі обробки цеолітом спостерігається зменшення вмісту пектинових речовин і високомолекулярних сполук у дифузійному соку відповідно на 12,8...26,7% і 8...23,7%. При цьому на ефективність видалення високомолекулярних сполук впливала тривалість обробки дифузійного соку цеолітом. В середньому, тривалість обробки соку повинна становити 10-15 хв.

Доведено, що використання цеоліту дозволяє покращити фільтраційно-седиментаційні властивості осаду соку I сатурації. Так середня швидкість седиментації осаду соку I сатурації $S_{5 \text{ хв}}$ при 15 хв обробки дифузійного соку цеолітом підвищується на 44% і становила 1,5 см/хв.

Таким чином, ураження коренеплодів цукрових буряків слизистим бактеріозом призводить до погіршення технологічних показників соків і продуктів, що вимагає застосування дієвих заходів при їх переробленні. Завдяки озонуванню дифузійного соку відбувається розклад декстрану, що в цілому сприятиме покращенню умов фільтрування соку та зменшен-

ню забарвленості очищеного соку, проте при озонуванні спостерігалось підвищення загального вмісту кислот у дифузійному соку.

З точки зору забезпечення технологічних показників якості, більш ефективним при переробленні буряків, уражених слизистим бактеріозом, є застосування адсорбенту цеоліту-клинотилоліту для обробки дифузійного соку перед вапняно-карбонізаційним очищенням. Така обробка сприяє одержанню соків високої технологічної якості з покращеними фільтраційно-седиментаційними властивостями осаду за рахунок осаження та адсорбції на поверхні цеоліту-клинотилоліту більшої кількості нецукрів дифузійного соку, зокрема високомолекулярних сполук, в тому числі декстрану. Наслідком є: по-перше, зменшення забарвленості та підвищення чистоти очищеного соку за рахунок підвищення стійкості осаду нецукрів в умовах основної дефекації; по-друге, покращення фільтраційно-седиментаційних властивостей осаду, що надзвичайно актуально у разі перероблення буряків погіршеної якості, з підвищеним вмістом декстрану. ■

Список використаних джерел

1. *Гусятинська Н. А.* Технологічні аспекти перероблення буряків, уражених слизистим бактеріозом / Н. А. Гусятинська, Т. М. Нечипор. // Цукор України. – 2016. – №11–12 (131–132). – С. 53–58.
2. *Савостин А. В.* Обоснование способов переработки сахарной свеклы, пораженной

слизистым бактериозом / Савостин А. В. // Известия вузов. Пищевая технология. – 2012. – Т. 325, № 1. – С. 71 – 73.

3. *Агеев В. В.* Повышение эффективности очистки диффузионного сока с использованием озона : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.05 "Технология сахара и сахаристых продуктов" / Агеев Виталий Валериевич – Москва, 2006. – 20 с.

4. *Процеси і апарати харчових виробництв.* Курсове проектування : навч. посіб. / За ред. проф. І. Ф. Малєжика. — К.: НУХТ, 2012. — 543 с.

5. *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. – С. 87-89.

6. *Заграй Я. М.* Використання природних мінералів (цеоліту) як етапів комплексної технології корегування складу водних розбавлених розчинів до природно сформованої якості / Я. М. Заграй, А. В. Ребренюк. // Екологічні науки: науково-практичний журнал. – 2014. – №6. – С. 82–87.

7. *Ліпец, А. А.* Використання природного цеоліту-клинотилоліту для деамонізації конденсатів сокових парів / А. А. Ліпец, В. О. Малишев // Наукові праці НУХТ. – К. : НУХТ, 2011. - № 37. – С. 57–61.

8. *Технологія цукристих речовин.* Лабор. практикум / М.П. Купчик, Л.П. Рева, Н.І. Штангеева і ін. – М. : НУХТ, 2007. – 393 с.