

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ



МАРТИНЮК АЛІНА СЕРГІЇВНА

УДК 664.1.038.3

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ
ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ
І КАРБОНІЗАЦІЇ

05.18.05 – технологія цукристих речовин та продуктів бродіння

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2017

Дисертацією є рукопис
Робота виконана в Національному університеті харчових технологій
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Логвін Володимир Матвійович,
Національний університет харчових технологій,
професор кафедри технології цукру і підготовки води

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Чернявська Людмила Іванівна,
Інститут продовольчих ресурсів
НААН України,
головний науковий співробітник лабораторії

кандидат технічних наук, доцент
Слива Юлія Володимирівна,
Національний університет біоресурсів і
природокористування України
Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри стандартизації та сертифікації
сільськогосподарської продукції

Захист відбудеться «03» жовтня 2017 року о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.04 Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий «29» серпня 2017 р.

Учений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 26.058.04, к.т.н., доцент



М.В. Карпутіна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. В Україні бурякоцукрова промисловість одна із найстаріших і найважливіших галузей харчової промисловості. Її продукція має широке використання, як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

Останнім часом вітчизняні цукровиробники нарощують експортний потенціал і якщо в 2012 році Україна експортувала на зарубіжні ринки 144,4 тис. тон цукру, то у 2016 році ця частка зросла до 465,9 тис. тон. Паралельно із цим істотно скорочується імпорт цукру.

Зважаючи на такі тенденції і у зв'язку зі вступом України до СОТ постає нагальна необхідність впровадження у бурякоцукрову промисловість нових технологій, котрі забезпечували б високу якість готової продукції, її відповідність міжнародним стандартам при одночасній економії матеріальних та енергетичних ресурсів, сприяли б підвищенню ефективності та рентабельності виробництва. Такі технології, передусім, необхідні на стадіях очищення дифузійного соку, оскільки численні дослідження показали, що підвищення чистоти соку на 1,0% забезпечує збільшення виходу цукру на 0,3% до маси перероблених буряків.

Саме тому проблемі вдосконалення роботи сокоочисного відділення присвячено праці багатьох українських та зарубіжних учених: І.Ф. Бугаська, Л.Д. Бобрівника, П.В. Головіна, М.І. Даїшева, Я. Добжицького, В.М. Логвіна, С.П. Оляньської, І.Б. Петриченка, Л.П. Реви, О.Р. Сапронова, П.В. Сіліна, Г.О. Сімахіної, А.А. Славянського, Л.М. Хомічака та ін.

Разом із тим, питання удосконалення процесу карбонізації цукровмісних напівпродуктів потребують подальшого розвитку та нових сучасних рішень, тому дана робота є актуальною і орієнтованою на підвищення ефекту вилучення несахарозних речовин дифузійного соку карбонатом кальцію і, як результат, збільшення виходу цукру високої якості.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалася відповідно до пріоритетного напряму наукових робіт Національного університету харчових технологій: «Розроблення наукових основ технологічних процесів харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв з метою створення високоефективних технологій та обладнання, засобів механізації і автоматизації» (схвалено вченою радою НУХТ, протокол №8, від 28.03.2013 р.).

Особистий внесок автора полягає у розробленні програми, методик та проведенні лабораторних досліджень і промислових випробувань, в опрацюванні, аналізі та узагальненні експериментальних даних, а також у написанні та оформленні наукових публікацій за темою дисертаційної роботи.

Мета і завдання досліджень. Мета роботи полягає у підвищенні ефективності очищення дифузійного соку на основі вивчення та практичного використання механізму адсорбції несахарозних сполук карбонатом кальцію в умовах періодичної та ступеневої карбонізації.

Відповідно до поставленої мети на підставі аналізу літературних джерел було визначено наступні завдання:

- розробити методологічні підходи до вивчення особливостей адсорбції несахарозних речовин карбонатом кальцію при різних умовах карбонізації модельних сахарозмісних систем та дифузійного соку;
- дослідити закономірності утворення та руйнування комплексних сполук в системі “сахароза – несахарозні речовини – CaO – CO₂ – H₂O”;
- виявити початкову стадію нуклеації карбонату кальцію;
- встановити якісний та гранулометричний склад твердої фази при проведенні періодичної карбонізації в діапазоні величин рН від 12,1 до 9,0;
- з'ясувати та кількісно охарактеризувати вплив комплексних сполук, що утворюються при періодичній карбонізації соку, на ефект його очищення;
- запропонувати та описати механізм утворення кристалів карбонату кальцію при періодичній та ступеневій карбонізації;
- шляхом пошарового дослідження структури часток (твердої фази) карбонату кальцію встановити локалізацію барвних речовин;
- запропонувати рівняння швидкості очищення соку карбонатом кальцію;
- розробити раціональні технологічні параметри проведення I карбонізації;
- розробити удосконалений спосіб I карбонізації;
- провести апробацію результатів дослідження у виробничих умовах і розрахувати економічну ефективність від впровадження удосконаленої технології.

Об'єкт дослідження – способи очищення дифузійного соку карбонатом кальцію та їх апаратурне оформлення.

Предмет дослідження – дифузійний сік першої карбонізації, вапновані, сахарозні та забарвлені модельні розчини, соки та осади I та II карбонізацій.

Методи дослідження – традиційні фізико-хімічні та аналітичні, виконані з використанням сучасних приладів та комп'ютерних технологій, а також методики визначення показників технологічної якості напівпродуктів цукрового виробництва.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше отримано нові експериментальні дані та встановлено закономірності локалізації несахарозних речовин на твердій фазі карбонату кальцію і підтверджено ефект співосадження барвних речовин з карбонатом кальцію.

Науково обґрунтовано та експериментально підтверджено явище максимальної швидкості зниження забарвленості вапнованого сахарозного розчину на першому етапі періодичної карбонізації.

Визначено діапазон значень рН, за яких відбуваються основні процеси під час карбонізації дифузійного соку (модельних розчинів): утворення та руйнування комплексних сполук, початок кристалізації CaCO₃.

Обґрунтовано раціональні технологічні параметри проведення I карбонізації, які забезпечують підвищення виходу цукру та його якості.

Вперше запропоновано рівняння розрахунку швидкості очищення соку карбонатом кальцію під час I карбонізації.

Практичне значення одержаних результатів. За результатами системного аналізу теоретичних та експериментальних досліджень вдосконалено технологію проведення I карбонізації на підставі з'ясування і практичного використання особливостей механізму утворення карбонату кальцію і адсорбції несахарозних сполук в умовах карбонізації дифузійного соку.

На основі аналізу рівняння швидкості очищення соку карбонатом кальцію запропоновано ефективний спосіб інтенсифікації процесу карбонізації шляхом перемішування, що реалізується встановленням додаткових перемішуючих пристроїв.

Показано недоцільність розбавлення соку під час попереднього вапнування нефільтрованим соком I карбонізації, що призводить до зменшення швидкості видалення несахарозних речовин.

Розроблено спосіб очищення дифузійного соку карбонатом кальцію (Патент України №112220 від 12.12.2016 р.).

Проведено дослідно-промислові випробування розробленої технології на ПрАТ «ПК «Поділля» Крижопільському цукровому заводі, за результатами яких встановлено підвищення показника очищення соку під час I карбонізації на 0,6%, а загальний ефект очищення соку склав 39,73%.

Річний розрахунковий економічний ефект від впровадження способу очищення зі ступеневою карбонізацією соку для заводу потужністю 8000 тон буряків на добу складає 1 млн. 806 тис. грн. в цінах 2016 р.

Матеріали досліджень використовуються у навчальному процесі.

Особистий внесок здобувача полягає у постановці завдань, плануванні та проведенні експериментальних досліджень, науковому аналізі, математичній обробці, узагальненні та публікації отриманих результатів, формулюванні висновків та пропозицій, науковому обґрунтуванні та розробці технології. Постановку мети, завдань досліджень, аналіз та обговорення одержаних результатів виконано разом із науковим керівником д.т.н. проф. Логвіном В.М., а також д.т.н. проф. Сімахиною Г.О. та к.т.н., доц. Резніченком Ю.М.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на наукових конференціях: 78-й, 80-й, 81-й, 82-й та 83-й Науковій конференції молодих вчених, аспірантів і студентів (Київ, НУХТ, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017 р.р.), Міжнародній науковій конференції, присвяченій 130-річчю Національного університету харчових технологій (Київ, НУХТ, 2014 р.), Київській конференції з аналітичної хімії, присвяченій 100-річчю від дня народження академіка Пилипенка А. Т. (Київ, Київський національний університет імені Т. Г. Шевченка, 2014 р.), Науковій конференції на тему: «Педагогіка. Сучасна наука. Новий погляд» (Вроцлав, 2015 р.), II Міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції (Тернопіль, 2015 р.), Міжнародній науково-практичній конференції "Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях водопідготовки" (Київ, НУХТ, 2015).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 16 друкованих праць, із них 4 статті в наукових фахових виданнях, перелік яких

затверджено МОН України, 1 стаття опублікована в закордонному виданні, яке зареєстровано у міжнародних наукометричних базах (Index Copernicus, Citefactor indexing, Google Scholar, Національній бібліотеці Польщі, POL-index), 1 патент України на корисну модель, 10 тез доповідей на наукових та міжнародних конференціях.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, 7 розділів, висновків, списку використаної літератури, який включає 166 найменувань вітчизняних і зарубіжних джерел, та додатків. Роботу викладено на 148 сторінках основного тексту, містить 30 рисунків і 11 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, визначено мету та завдання досліджень, зазначено наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, наведено дані щодо їх апробації, особистий внесок автора та кількість публікацій.

У першому розділі «Очищення дифузійного соку карбонатом кальцію під час I карбонізації» детально розглянуто роль процесу карбонізації в очищенні дифузійного соку. Велику увагу приділено утворенню комплексних сполук під час попереднього вапнування та періодичної карбонізації. Зазначено, що цей процес відбувається поступово: спочатку проходить розчинення $\text{Ca}(\text{OH})_2_{\text{тв.ф.}}$ та $\text{CO}_2_{\text{газ}}$ у соці. Присутні в дифузійному соці сахароза та несахарозні речовини беруть участь у хімічних перетвореннях, в результаті утворюються сполуки, до складу яких входить вапно, сахароза, CO_3^{2-} , вода та несахарозні речовини. Літературні джерела свідчать, що за величин $\text{pH} > 11,8$ у розчині відсутній катіон Ca^{2+} , що виключає наявність карбонату кальцію. Очищення соку відбувається під час росту твердої фази карбонату кальцію і значна кількість несахарозних речовин може знаходитися всередині кристалів карбонату кальцію.

Детально вивчено етапи утворення та росту кристалів CaCO_3 , вплив домішок. Під час карбонізації відбувається кристалізація карбонату кальцію, на якому проходить адсорбція та співосадження несахарозних речовин. Процес очищення соку CaCO_3 має досить складний механізм. Аналіз наукової літератури вказує на те, що в очищенні соку має місце і фізична, і хімічна адсорбція.

Сформульовано висновки та визначено завдання, які необхідно вирішити для досягнення мети дисертаційної роботи.

У другому розділі «Об'єкти і методи досліджень» наведено характеристику об'єкта, предмета та методів проведення досліджень.

Для аналізу твердої фази, яка утворилася в умовах карбонізації використовували сучасні прилади: Mastersizer Malvern 2000 (HYDRO) для визначення розміру частинок твердої фази; скануючий електронний мікроскоп SEM JSM 6490-LV для дослідження осаду в соку після I карбонізації; Perkin Elmer – спектрометр для визначення хімічного складу твердої фази.

Оброблення цифрових даних та графічне оформлення результатів здійснювали за допомогою персонального комп'ютера із застосуванням таких програм: MathCad, Microsoft Office Excel, Corel Draw X3 та Компас LT10.

Визначення технологічних показників соків проводили згідно загальноновизнаних методик відповідно до діючих стандартів.

Змонтовано установку для проведення процесу очищення забарвленого вапнованого розчину за умов безперервної карбонізації для перевірки адекватності рівняння швидкості очищення забарвленого модельного розчину.

У **третьому розділі** «Дослідження першої періодичної карбонізації» наведено результати дослідження періодичної I карбонізації. Під час періодичної карбонізації має місце підвищення в'язкості системи. Встановлено, що у цей час утворюються сполуки, до складу яких входить вапно, сахароза, несахарозні речовини, вода та CO_3^{2-} (рис. 1).

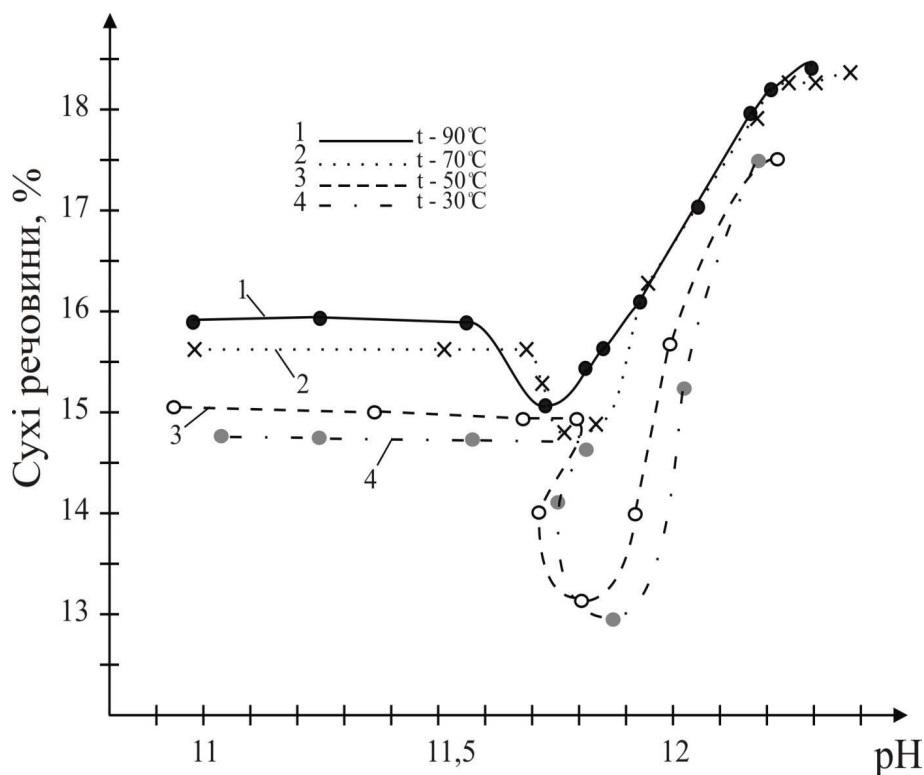


Рисунок 1 – Зміни вмісту сухих речовин у фільтраті залежно від величини рН карбонізованого розчину та температурного режиму процесу карбонізації

За величини рН 11,8...11,6 утворені сполуки починають руйнуватися (рис. 2), в'язкість системи повертається до вихідної величини. Відомо, що за величини рН $> 11,8$ в розчині відсутні катіони Ca^{2+} , без яких неможливе утворення CaCO_3 . Лише у період утворення комплексних сполук (ділянка АВ кривої рис. 2) відбувається різке зниження забарвленості, яке має тимчасовий характер (ділянка ВС кривої рис. 2). Під час періодичної карбонізації утворюється декілька видів комплексних сполук із різним хімічним складом (рис 2. ділянки АВ і CD – утворення комплексних сполук). За відсутності іонів

Ca^{2+} у високолузних розчинах комплексні сполуки матимуть таку загальну формулу:

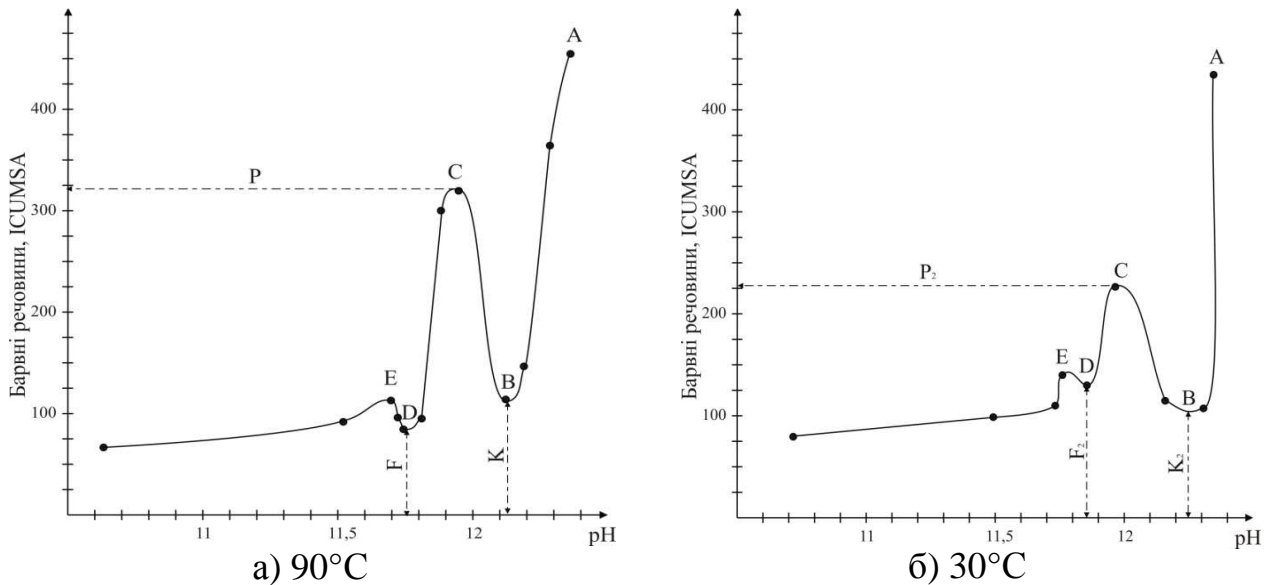
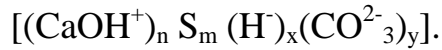


Рисунок 2 – Залежність вмісту барвних речовин від рН карбонізованого розчину за температури процесу карбонізації 90 (а) та 30°C (б)

За величин рН > 11,8 у системі дійсно відсутній карбонат кальцію, про що свідчать результати ІЧ-спектроскопії досліджуваних зразків (рис. 3). У зразках твердої фази за рН 11,3 і 9,0 присутність CaCO_3 встановлено.

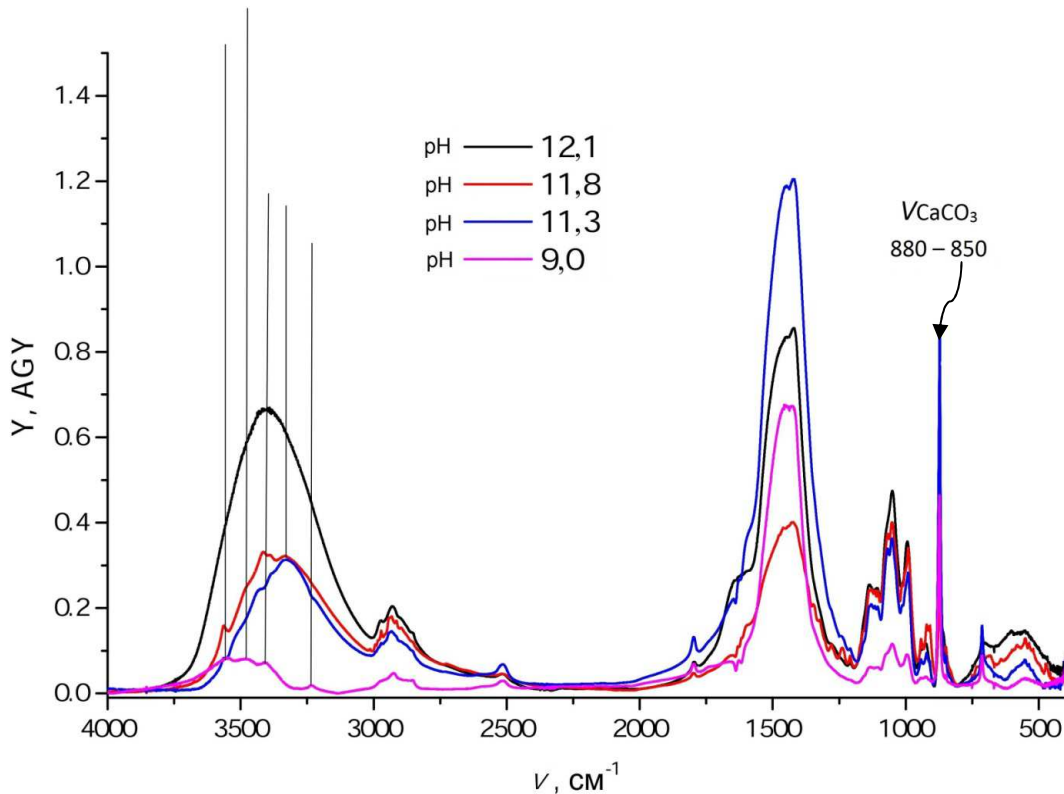


Рисунок 3 – ІЧ-спектри твердої фази за рН 12,1; 11,8; 11,3 та 9,0 представлені через коефіцієнт пропускання. Вісь абсцис – обернені см, 1/см; вісь ординат – одиниці оптичної густини (логарифм оберненого пропускання)

Вплив адсорбційної здатності комплексних сполук було досліджено на несахарозних сполуках дифузійного соку. Дослідження проводилися для з'ясування впливу комплексних сполук на ефект вилучення несахарозних речовин дифузійного соку, а значить і на ефективність очищення соку I карбонізації.

Сік I карбонізації одержували двома способами (таблиця 1). Для цього готувалося вапняне молоко у кількості 200 см³ (2,5% CaO до маси дифузійного соку). Вапно загашувалося водою з температурою 85°C.

Перший спосіб отримання соку I карбонізації: дифузійний сік у кількості 500 см³ + 200 см³ вапняного молока підігрівали до температури 85°C та проводили карбонізацію до значення рН 11,2.

Другий спосіб отримання соку I карбонізації відрізняється тим, що проводили карбонізацію лише вапняного молока до рН 11,6 і вносили його в попередньо підігрітий до 85°C дифузійний сік. При змішуванні соку з рН 6,2 та частково карбонізованого вапняного молока із значенням рН 11,6, отримали сік з рН I карбонізації.

Таблиця 1 – Технологічні показники соків, отриманих різними способами очищення

Показники	Дифузійний сік	Перший спосіб отримання соку I карбонізації	Другий спосіб отримання соку I карбонізації
рН	6,2±0,02	11,25±0,02	11,2±0,02
Вміст білкових речовин, %	0,48±0,02	0,24±0,02	0,2±0,02
Чистота, %	88,6±0,05	91,2±0,05	91,8±0,05
Вміст солей Ca ²⁺ , % CaO	–	0,05±0,02	0,045±0,02
Аніони к-т, % CaO	–	0,27±0,01	0,14±0,01
Забарвлені речовини, ICUMSA	–	109,5±1,5	110,3±1,5
Об'єм осаду, % (за 25 хв.)	–	29,6±0,5	31,1±0,5
Середня швидкість осадження осаду за 5 хв., см/хв.	–	1,6±0,05	2,0±0,05

Отриманий за другим способом сік I карбонізації має кращі технологічні показники порівняно із соком, отриманим за першим способом (таблиця 1). Це показує, що комплексні сполуки не беруть участі в очищенні соку.

Утворений карбонат кальцію (2 спосіб) має високі адсорбційні властивості. Це пояснюється високою швидкістю його утворення (не витрачається час на перетворення CO₂ газ → CO₂ розч.). Відсутня лімітуюча стадія розчинення газу порівняно із першим способом приготування карбонізованого

соку. Тому утворені мікрозародки карбонату кальцію мають дуже високу дисперсність та велику адсорбційну площу поверхні.

Окремі дослідження показали, що осаждена фаза представлена карбонатом кальцію зі структурою кальцит.

Четвертий розділ «Розміщення несахарозних речовин у твердій фазі карбонату кальцію» присвячено вивченню локалізації несахарозних речовин у кристалах карбонату кальцію в процесі адсорбції.

Дослідження проводилися із системою “Сх+Ca(OH)₂+H₂O+розч. барвних речовин”. Два модельні розчини з однаковим вмістом барвних речовин карбонізували за температури 85°C до рН 11,0 і 9,25 відповідно (таблиця 2). Визначали значення оптичної густини в фільтраті одразу після завершення карбонізації та через певний проміжок часу (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 хв.).

Таблиця 2 – Значення оптичної густини модельних розчинів

Значення оптичної густини забарвленого модельного розчину – 0,448, рН середовище забарвленого розчину – 7,1, вміст сухих речовин – 14,0%							
Карбонізація забарвленого модельного розчину до рН	рН – 11,0	Час після закінчення карбонізації, хв.	Барвні речовини, значення оптичної густини, λ-560 нм	Карбонізація вапняно-сахарозного розчину до рН 11,0 (9,25) з наступним введенням барвних речовин	рН – 11,0	Час після закінчення карбонізації, хв.	Барвні речовини, значення оптичної густини, λ-560 нм
		рН – 9,25	0			0,113	рН – 9,25
10	0,101		10	0,182			
20	0,098		20	0,182			
30	0,097		30	0,178			
40	0,096		40	0,179			
50	0,096		50	0,176			
60	0,094		60	0,176			
70	0,092		70	0,174			
0	0,099		0	0,284			
10	0,090		10	0,258			
20	0,088		20	0,252			
30	0,084		30	0,247			
40	0,082		40	0,245			
50	0,082		50	0,244			
60	0,081	60	0,242				
70	0,080	70	0,243				

Зі збільшенням часу взаємодії барвних речовин та карбонату кальцію значення оптичної густини фільтрату зменшується. Тверда фаза розчину, яку отримано за рН 9,25, має вищі адсорбційні властивості порівняно з твердою фазою, яку отримано за рН 11,0. Пояснюється це тим, що за рН 9,25 утворюється більша кількість карбонату кальцію з відповідно більшою площею

адсорбції. Як результат підвищується ефективність очищення соку твердою фазою карбонату кальцію.

Паралельно проводилися дослідження із системою “сахароза+вапно+вода”. Дві проби розчину карбонізували до рН, відповідно, 11,0 та 9,25 та вносили ту ж саму кількість барвних речовин у кожну пробу, що і в попередній серії досліджень. Як видно, більша кількість барвних речовин адсорбувалася з розчину за рН 11,0 (права частина таблиці 2). Під час карбонізації відбувається ріст кристалів карбонату кальцію. Проведення карбонізації до рН 9,25 сприяє росту та агрегації частинок карбонату кальцію, що в даному випадку, на відмінну від попереднього варіанту, зменшує площу адсорбції. Збільшення тривалості контакту карбонату кальцію з барвними речовинами зменшує значення оптичної густини фільтрату, це є результатом агрегації та перекристалізації частинок CaCO_3 . Під час агрегації частинок утворюються порожнечі, так звані канали, в які потрапляють барвні речовини та аніони кислот.

Порівнявши результати лівої і правої частини таблиці 2 можна зробити висновок, що очищення соку відбувається під час кристалізації карбонату кальцію, тому що барвні речовини, які були присутні у розчині до проведення процесу карбонізації (ліва частина таблиці 2) видалялися із розчину повніше порівняно з барвними речовинами, які вносили у карбонізований розчин (права частина таблиці 2).

У ряді джерел є інформація, що під час кристалізації будь-якої речовини в присутності домішок значна їх кількість буде вбудовуватися в кристалічну гратку основної речовини. Тобто, несахарозні речовини повинні розміщуватися всередині кристалів карбонату кальцію. На основі цього припущення були проведені дослідження на модельному вапняно-сахарозному забарвленому розчині з твердою фазою карбонату кальцію, отриманого за умов періодичної карбонізації. Якщо очищення відбувається лише під час кристалізації CaCO_3 , то забарвлені речовини будуть знаходитися всередині кристалів. Для підтвердження цього припущення осад CaCO_3 розчиняли соляною кислотою, попередньо відділивши дрібні частинки та промивши його ретельно від сахарози дистильованою водою. З рис. 4 видно, що після розчинення всієї твердої фази розчин має темно-коричневе забарвлення, що говорить про те, що значна кількість несахарозних речовин знаходиться усередині кристалів карбонату кальцію.



Рисунок 4 – Склянки з розчинами:
 1) вихідний вапнований модельний розчин;
 2) розчин I карбонізації;
 3) розчин II карбонізації;
 4) розчин після розчинення твердої фази CaCO_3 .

Шляхом 3-ступеневого розчинення твердої фази (з представленого рис. 5) видно, що найбільша кількість несахарозних речовин розміщена ближче до

середини кристалів, це має такі пояснення: вихідний розчин має найбільшу концентрацію забарвлених речовин і на початку кристалізації утворюється CaCO_3 , який володіє високою адсорбційною здатністю.

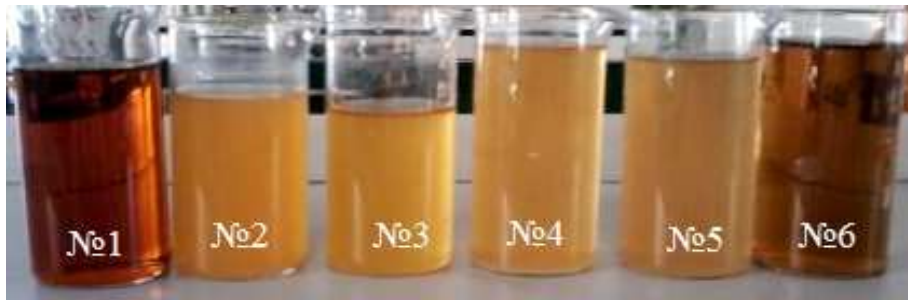


Рисунок 5 – Склянки з розчинами:

- 1) вихідний розчин; 2) розчин I карбонізації; 3) розчин II карбонізації;
- 4) розчин I етапу розмив. тв. ф. CaCO_3 ; 5) розчин II етапу розмив. тв. ф. CaCO_3 ;
- 6) розчин III етапу розмив. тв. ф. CaCO_3

Складність проведення таких досліджень пов'язана з високою дисперсністю часток CaCO_3 та їх агрегуванням. Так як під час карбонізації утворюються не лише окремі частинки, а й агрегати кристалів CaCO_3 , розмивалися і окремі часточки, і агрегати. Насамперед розчинялися найдрібніші частинки, які вносили похибку під час вимірювання оптичної густини розчинів.

Отож, можна стверджувати, що очищення соку відбувається під час росту частинок карбонату кальцію, а несахарозні речовини знаходяться як на поверхні, так і в центральній частині твердої фази карбонату кальцію. Відбувається співосадження несахарозних речовин з карбонатом кальцію, а власне адсорбція є лише етапом процесу співосадження.

Розділ п'ять «Рівняння швидкості очищення соку карбонатом кальцію» присвячено виведенню рівняння швидкості очищення соку CaCO_3 . Емпіричні рівняння Фрейндліха та Ленгмюра аналітично описують лише фізичну адсорбцію. Враховуючи те, що очищення соку відбувається зростаючими частинками і включає кристалізацію, адсорбцію і співосадження, зазначені рівняння не можуть бути використані для розрахунку хімічної адсорбції. Вона відрізняється від фізичної адсорбції лише тим, що очищення соку проходить тільки під час зростання частинок, відсутністю рівноважного стану та десорбції і наявністю зарядів на поверхні частинок.

Адсорбція несахарозних речовин твердою фазою карбонату кальцію, який утворюється під час карбонізації вапнованого соку, складається з двох етапів (рис. 6). Перший етап – зовнішня дифузія несахарозних речовин чи їх дифузія в соці до поверхню зростаючих частинок карбонату кальцію. Другий етап – адсорбція несахарозних речовин на поверхні часток карбонату кальцію. Цей етап проходить майже миттєво і він не впливає на загальну швидкість адсорбції.

Швидкість перенесення несахарозних речовин з об'єму соку до поверхні частинок карбонату кальцію характеризується гідродинамічними умовами в карбонізаторі, в першу чергу – інтенсивністю перемішування соку.

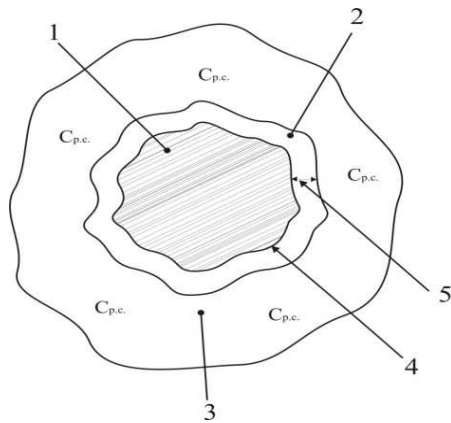


Рисунок 6 – Частинка карбонату кальцію в рідинному середовищі та концентрація несахарозних речовин у нерухомому шарі:

- 1 – частинка, яка оточена нерухомим шаром;
- 2 – нерухомий шар;
- 3 – рідинне середовище, тобто $C_{p.c.}$;
- 4 – поверхня частинки, де $C_{п} = 0$;
- 5 – найменший шлях від $C_{p.c.}$ до $C_{п} = 0$.

Швидкість адсорбції несахарозних речовин при очищенні соку карбонатом кальцію під час карбонізації вапнованого соку пропонується розрахувати за рівнянням, за основу якого взято рівняння Фіка:

$$A = K_{p.c.} \cdot F \cdot z \cdot (C_{p.c.} - C_{п}),$$

де A – швидкість очищення соку (розчину), кг/с;

F – площа поверхні адсорбції, m^2 ;

$K_{p.c.}$ – коефіцієнт масовіддачі в рідинному середовищі, м/с;

$C_{p.c.}$ – конц. несахарозних речовин в рідинному середовищі (в соку), kg/m^3 ;

$C_{п}$ – конц. несахарозних речовин у рідинному середовищі біля поверхні адсорбенту, kg/m^3 ;

z – фактор прискорення адсорбції несахарозних речовин за наявності зарядів на поверхні частинок $CaCO_3$.

Рівняння швидкості очищення соку карбонатом кальцію показує, що підвищенню швидкості вилучення несахарозних речовин із соку сприятиме їх висока концентрація в вихідному соці. Вилученню більшої кількості несахарозних речовин із соку сприятиме інтенсифікація перемішування і швидке транспортування несахарозних речовин до поверхні частинок $CaCO_3$.

Експериментальні дані, які були отримані на лабораторній експериментальній установці під час очищення забарвленого модельного розчину за безперервної карбонізації, підтверджують адекватність рівняння швидкості очищення барвних речовин карбонатом кальцію.

У шостому розділі «Розробка способу очищення дифузійного соку шляхом удосконалення I карбонізації» викладено результати лабораторних експериментальних досліджень розроблених способів очищення дифузійного соку $CaCO_3$. За основу удосконаленого способу очищення дифузійного соку карбонатом кальцію було використано результати з встановлення періоду, при якому відбувається руйнування комплексних сполук, початок утворення твердої фази карбонату кальцію, яка адсорбує несахарозні речовини з соку.

У таблиці 3 представлено порівняльний аналіз показників очищених соків, отриманих різними способами: №1 – удосконалений спосіб очищення дифузійного соку, №2 – типова схема очищення; №3 – спосіб очищення дифузійного соку, що включає прогресивне попереднє вапнування, тепле та гаряче основне вапнування з мінімальною кількістю вапна 0,8% CaO , I карбонізацію зі ступінчастим зниженням лужності (I-ст. рН 11,8...11,4 і

введення вапняного молока; II-ст. рН 11,2...10,8), вапнування перед II карбонізацією і II карбонізацію; спосіб очищення дифузійного соку №4, що включає попереднє вапнування, тепле та гаряче основне вапнування з мінімальною кількістю вапна 0,8% СаО, I карбонізацію зі ступінчастим зниженням лужності (I-ст. рН 11,6...11,4 і введення вапняного молока; II-ст. рН 11,2...10,8), вапнування перед II карбонізацією і II карбонізацію.

Таблиця 3 – Технологічні показники соків, отриманих різними способами очищення

Способи очищення дифузійного соку	Дифузійний сік	Сік II карбонізації			
	Ч, %	Ч, %	Солі Са ²⁺ , % СаО на 100г СР	Барвні речов., од. опт. густини на 100 г СР	Е _{оч.} , %
Спосіб №1	87,65	92,10	0,157	156,0	39,10
Спосіб №2	87,65	91,40	0,218	215,0	33,20
Спосіб №3	87,65	91,85	0,178	164,0	37,00
Спосіб №4	87,65	91,80	0,181	168,0	36,60
Спосіб №1	84,40	90,10	0,368	359,0	40,55
Спосіб №2	84,40	89,10	0,449	457,0	33,81
Спосіб №3	84,40	89,75	0,375	373,0	38,21
Спосіб №4	84,40	89,60	0,384	392,0	37,20

У запропонованому способі очищення, яке відбувається в розробленому нами карбонізаторі (рис. 7), основне вапнування здійснюється мінімальною кількістю СаО, необхідного для досягнення оптимального значення рН. Так як попереднє вапнування здійснюється в присутності 0,25% СаО на основне вапнування необхідно додати 0,55% СаО. Решту вапна додається на I та II карбонізації.

Руйнування комплексних сполук, які утворюються в умовах періодичної та ступеневої карбонізації приводить до утворення кристалів карбонату кальцію. Процес руйнування комплексних сполук в об'ємі соку першої секції апарата відбувається частково, не всі комплексні сполуки руйнуються одночасно (рис. 2, ділянки ВС та DE). Це пояснюється їх різним компонентним складом, тому мають місце різні умови їх руйнування. Проведення першого ступеня карбонізації за величини рН 11,8...11,6 забезпечує утворення незначної кількості карбонату кальцію з високим позитивним зарядом подвійного електричного шару, який у 20 разів більший, ніж при рН 11,2...10,8. Це зумовлює його високу адсорбційну здатність до високомолекулярних сполук білково-пектинового комплексу, аніонів кислот, α -амінного азоту.

Введення вапняного молока на другий ступінь I карбонізації (значення рН в другій секції 11,5...11,4) сприяє утворенню високодисперсного карбонату

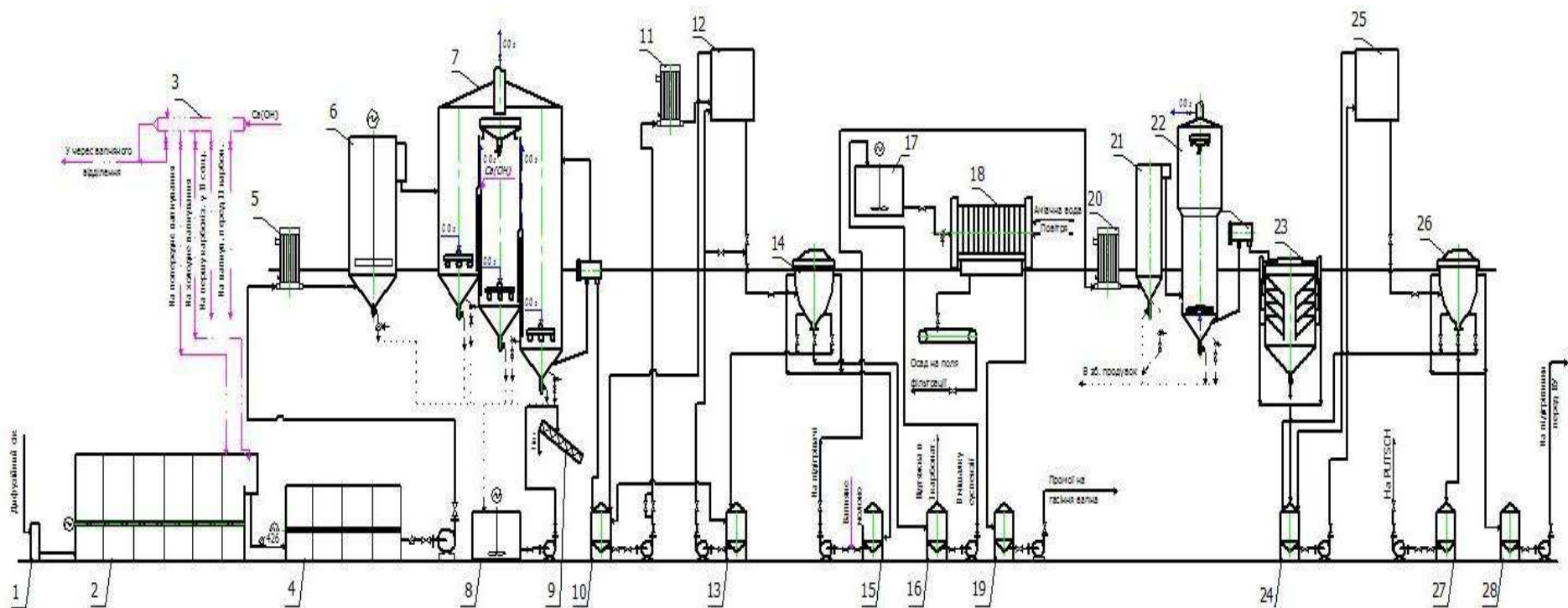


Рисунок 7 – Технологічна схема очищення дифузійного соку з використанням ступеневої карбонізації:

- 1 – піногасник; 2 – апарат попереднього вапнування; 3 – колектор вапняного молока; 4 – апарат теплового вапнування; 5 – підігрівник; 6 – апарат гарячого вапнування; 7 – установка для проведення триступеневої I карбонізації; 8 – мішалка продувок; 9 – шнек; 10 – збірник нефільтрованого соку; 11 – підігрівник; 12 – напірний збірник; 13 – збірник часткового спорожнення; 14 – ФІЛС; 15 – збірник фільтрованого соку I карбонізації; 16 – збірник часткового спорожнення; 17 – мішалка згущеної суспензії; 18 – фільтр-преси PUTSCH; 19 – збірник промивів; 20 – підігрівник; 21 – вапнування перед II карбонізацією; 22 – апарат II карбонізації; 23 – відстійник; 24 – збірник нефільтрованого соку II карбонізації; 25 – напірний збірник; 26 – ФІЛС; 27 – збірник суспензії; 28 – збірник очищеного соку.

кальцію із високорозвиненою адсорбційною поверхнею та підвищенню величини позитивного заряду CaCO_3 . Покращення седиментаційних і фільтраційних властивостей твердої фази соку після I карбонізації з поступовим зниженням лужності досягається за рахунок високої адсорбційної здатності карбонату кальцію під час росту часток щодо ВМС. Карбонізація вапнованого соку, яка відбувається у другій секції карбонізатора створює найбільш сприятливі умови для агрегації високомолекулярних речовин з частинками карбонату кальцію. Процеси, які відбуваються в другій секції карбонізатора зумовлюють склад і структуру осаду, забезпечують хороші фільтраційно-седиментаційні показники соку.

В третій секції рН соку підтримується на рівні 11,2...10,8, що забезпечує хороші фільтраційні властивості соку після I карбонізації. За даної величини рН в соці відсутні комплексні сполуки, які ускладнювали б процес фільтрування. А далі фільтрований сік I карбонізації подається на II карбонізацію.

У сьомому розділі «Виробничі випробування за запропонованим способом очищення дифузійного соку» представлені результати випробувань у промислових умовах на пілотній установці запропонованого способу очищення дифузійного соку карбонатом кальцію із застосуванням триступеневої карбонізації та введенням вапняного молока в другу секцію на ПрАТ «ПК» Поділля» Крижопільського цукрового заводу під час виробничого сезону 2016 р. (таблиця 4), які підтвердили адекватність одержаних результатів лабораторних досліджень.

Таблиця 4 – Технологічні показники роботи ПрАТ «ПК» «Поділля» Крижопільського цукрового заводу при роботі по заводській схемі та схемі з включенням ступеневої I карбонізації

Показники роботи	Заводська схема	Зі ступеневою I карбонізацією
Чистота дифузійного соку, %	89,2	89,2
Сік I карбонізації		
- рН	10,9	10,9
- об'єм осаду, %	21,0	18,4
- швидкість седиментації, см/хв.	4,20	4,87
Сік II карбонізації		
- рН	9,1	9,0
- вміст солей Ca^{2+} , % СаО	0,035	0,030
- вміст солей Ca^{2+} , % на 100 СР	0,201	0,173
- барвні речовини, ICUMSA	212,3	193,5
- вміст білка, %	0,181	0,159
- чистота, %	92,63	93,20
Ефект очищення, %	34,29	39,73

У разі впровадження розробленого способу у виробництво досягається підвищення чистоти очищеного соку на 0,6 од., зниження вмісту солей кальцію на 14%, зниження забарвленості соку на 10% та підвищення ефекту очищення соку, що порівняно із заводською технологічною схемою очищення дифузійного соку забезпечить збільшення виходу цукру на 0,11% та дозволить отримати прогнозований додатковий річний прибуток у розмірі 1 млн. 806 тис. грн. (у цінах 2016 року).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На основі літературних даних, теоретичних та експериментальних досліджень вирішено актуальне науково-практичне завдання: удосконалено технологію очищення дифузійного соку на підставі вивчення і практичного використання механізму адсорбції несахарозних речовин карбонатом кальцію, що дає можливість отримати очищений сік високої якості, збільшити вихід цукру і покращити техніко-економічні показники роботи підприємства.

Результати роботи дозволили зробити наступні висновки:

1. При періодичній карбонізації на певних етапах її проведення має місце утворення комплексних сполук і різке зниження забарвленості вапняно-сахарозного розчину. Продовження карбонізації приводить до руйнування комплексних сполук та повернення в розчин раніше захоплених несахарозних речовин, сахарози та вапна, які входили до складу комплексних сполук. Діапазон величин рН, за яких відбувається руйнування комплексних сполук і одночасно розпочинається нуклеація кристалів карбонату кальцію, становить 11,8...11,6.
2. Вуглекальцієвий сахарат у період підвищення в'язкості не є ні колоїдним карбонатом кальцію високого ступеня дисперсності, ні аморфним карбонатом кальцію. За високих значень рН у розчині відсутні вільні іони Ca^{2+} , які є складовими CaCO_3 . У період підвищення в'язкості знижується концентрація сахарози порівняно з вихідним розчином, що свідчить про її приєднання до складу твердої фази комплексних сполук.
3. Оскільки карбонат кальцію починає утворюватися після руйнування комплексних сполук, встановлено, що осаджена фаза представлена карбонатом кальцію зі структурою кальцит.
4. Комплексні сполуки не впливають на очищення дифузійного соку і лише після їх руйнування за умов періодичної карбонізації починає утворюватися тверда фаза карбонату кальцію. Це перший шлях утворення карбонату кальцію. Другий шлях – поглинання діоксиду вуглецю з утворенням CO_3^{2-} за наявності в розчині іону Ca^{2+} (за умови, що рН вапнованого розчину має бути менше 11,8...11,6).
5. Одноразовим розчиненням кристалів карбонату кальцію, одержаних під час карбонізації вапнованого сахарозного розчину, встановлено, що основна кількість вилучених з розчину несахарозних речовин знаходиться в середині кристалів CaCO_3 . Забарвленість розчину, одержаного розмиванням частинок CaCO_3 близька до забарвленості вихідного розчину. В очищенні дифузійного

соку карбонатом кальцію значне місце належить співосаженню несахарозних речовин з CaCO_3 .

Пошаровим розмиванням частинок карбонату кальцію, одержаних за умов періодичної карбонізації вапнованого розчину, встановлено, що основна кількість несахарозних речовин, вилучених з розчину знаходиться в центральній частині кристалів карбонату кальцію, а отже кристалізація центральної частини карбонату кальцію розпочалась за найвищої концентрації несахарозних речовин.

6. Виведене рівняння швидкості очищення соку карбонатом кальцію враховує, що швидкість очищення соку CaCO_3 залежить від рушійної сили, коефіцієнта масовіддачі, адсорбційної площі поверхні частинок та від величини заряду частинок CaCO_3 . Воно визначає шляхи інтенсифікації очищення соку за рахунок підтримання високої лужності в апараті, збільшення площі адсорбції та інтенсивного перемішування соку під час карбонізації.
7. Для вдосконалення способу очищення дифузійного соку пропонується проводити триступеневу карбонізацію: на першому етапі карбонізація вапнованого соку відбувається за величини рН 11,8...11,6; на другому етапі рН соку підтримується на рівні 11,5...11,4, саме в цю секцію додається частина гідроксиду кальцію у вигляді вапняного молока, у другій секції відбувається вапнокарбонізація; на третьому етапі сік карбонізується до рН величини соку I карбонізації 11,2...10,8. На другому етапі карбонізації відбувається адсорбція несахарозних речовин за високої величини позитивного заряду карбонату кальцію.
8. Виробничі випробування удосконаленого способу очищення дифузійного соку, проведені у сезон 2016 р. на ПрАТ «ПК» Поділля» Крижопільському цукровому заводі, показали його переваги перед способом, що використовується на заводі, стосовно отримання осаду з необхідними седиментаційно-фільтраційними властивостями та підвищення загального ефекту очищення соку. Впровадження запропонованого способу сприяє підвищенню чистоти соку на 0,6%, а загальний ефект очищення при цьому складає 39,73%.
9. Розрахунковий економічний ефект від впровадження розробленого способу очищення дифузійного соку склав 1 млн. 806 тис. грн.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Логвін ВМ, Мартинюк АС, Виговський ВЮ, Резніченко ЮМ. Барвні речовини в очистці соку карбонатом кальцію. Цукор України. 2014 Лист; 11 (107): 27–31. (*Журнал, входить до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук*).
2. Логвін ВМ, Мартинюк АС. Новий механізм очищення соку карбонатом кальцію. Цукор України. 2015 Серп; 8 (116): 14–16. (*Журнал, входить до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук*).
3. Логвін ВМ, Мартинюк АС, Резніченко ЮМ, Виговський ВЮ. Рівняння швидкості адсорбції на основі механізму очищення соку карбонатом кальцію під час безперервної карбонізації. Цукор України. 2015 Вер; 9 (117): 27–32. (*Журнал, входить до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук*).
4. Логвін ВМ, Мартинюк АС, Виговський ВЮ, Резніченко ЮМ. Комплексні сполуки в очищенні соку карбонатом кальцію. Цукор України. 2015 Жовт; 10 (118): 7–12. (*Журнал, входить до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук*).
5. Логвін ВМ, Мартинюк АС. Розрахунок швидкості адсорбції за умов безперервної карбонізації в одноступінчастому апараті. Міжнародний збірник наукових праць «Європейське співробітництво». 2016 Лют; 2 (9): 73–83. (*Наукове періодичне видання Польщі; міжнародна індексація: Index Copernicus, Citefactor indexing, Google Scholar, Національній бібліотеці Польщі, POL-index*).
6. Логвін ВМ, Мартинюк АС, винахідники; Національний університет харчових технологій МОН України, патентовласник. Спосіб очищення цукровмісного розчину. Патент України №112220. 2016 Груд 12.
7. Мартинюк АС, Логвін ВМ. Дослідження очищення соку карбонатом кальцію. 78-а міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті»; 2012 Квіт 2–3; Київ. Київ: Націон. ун-т харчових технологій; 2012, Ч.1. с. 162–163.
8. Логвін В, Мартинюк А, Силюк Т. Пошарова адсорбція нецукрів карбонатом кальцію. 80-а міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті»; 2014 Квіт 10–11; Київ. Київ: Націон. ун-т харчових технологій; 2014, Ч. 1. с. 294–295.
9. Логвін ВМ, Мартинюк АС. Співосадження при очищенні соку карбонатом кальцію. Київська Конференція з Аналітичної Хімії: Сучасні тенденції. Присвячена 100-річчю від дня народження А. Т. Пилипенка; 2014 Черв 9–12; Київ. Київ: Націон. університет ім. Т. Шевченка; 2014, 142 – 143.
10. Логвін ВМ, Мартинюк АС. Співосадження при очищенні соку карбонатом кальцію. Міжнародна наукова конференції «Нові ідеї в харчовій науці – нові

- продукти харчовій промисловості»; 2014 Жовт 13–16; Київ. Київ: Націон. ун-т харчових технологій; 2014, с. 860.
11. Мартинюк АС, Логвін ВМ. Адсорбція і співосадження та їх роль в очищенні соку карбонатом кальцію. Сборник научных докладов. Техника и технология. Современная наука. Новый взгляд «Инженерия и технология»; 2015 Січн 30–31; Варшава: Вроцлав; 2015, с. 48–49.
 12. Логвін В, Мартинюк А. Комплексні сполуки під час першої періодичної карбонізації та їх роль в знебарвленні. 81-а міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті»; 2015 Квіт 23–24; Київ. Київ: Націон. ун-т харчових технологій; 2015, Ч. 1. с. 178.
 13. Мартинюк А, Логвін В. Інтенсифікація проведення процесу карбонізації. Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва: матеріали II міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф.; 2015 Жовт 20–21; Тернопіль: Крок; 2015, с. 166–168.
 14. Логвін ВМ, Мартинюк АС. Застосування ультразвуку в цукровому виробництві для запобігання відкладень на поверхні нагріву. Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях водопідготовки: матеріали міжнародної науково-практичної конференції; 2015 Лист 18–19; Київ: Центр учбової літератури; 2015, с. 106–107.
 15. Мартинюк А, Логвін В. Розрахунок швидкості очищення дифузійного соку карбонатом кальцію. 82-а міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті»; 2016 Квіт 13–14; Київ. Київ: Націон. ун-т харчових технологій; 2016, Ч. 1. с. 202.
 16. Логвін В, Мартинюк А. Особливості утворення CaCO_3 під час періодичної карбонатизації. 83-я міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті»; 2017 Квіт 5–6; Київ. Київ: Націон. ун-т харчових технологій; 2017, Ч. 1. с. 198.

АНОТАЦІЯ

Мартинюк А.С. Підвищення ефективності очищення дифузійного соку шляхом удосконалення I карбонізації. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.05 – технологія цукристих речовин і продуктів бродіння. – Національний університет харчових технологій МОН України, Київ, 2017.

Дисертація присвячена удосконаленню технології очищення дифузійного соку карбонатом кальцію.

Встановлено тенденцію вилучення забарвлених речовин за умов періодичної карбонізації. Описано результати досліджень впливу температури і витрат вапна на утворення та руйнування комплексних сполук. Встановлено межі рН (11,8...11,6), за яких відбувається руйнування комплексних сполук та

кристалізація карбонату кальцію. Визначено зміни якісного та гранулометричного складу твердої фази при проведенні карбонізації. Досліджено участь комплексних сполук в очищенні соку.

На основі детального аналізу літератури та отриманих експериментальних даних запропоновано уточнений механізм для періодичної та ступеневої карбонізації.

Встановлено локалізацію несахарозних речовин у твердій фазі карбонату кальцію. На основі пошарового розмивання кристалів CaCO_3 виявлено, що основна кількість несахарозних речовин знаходиться в центральній частині кристалів карбонату кальцію. В очищенні соку карбонатом кальцію має місце співосадження барвних речовин з карбонатом кальцію.

Вперше виведено рівняння швидкості очищення соку карбонатом кальцію на основі вивчення механізму адсорбції несахарозних речовин та проведених експериментальних досліджень.

Розроблено удосконалений спосіб очищення дифузійного соку CaCO_3 та отримано патент на корисну модель запропонованого способу. Запропонований спосіб апробовано на пілотній установці на Крижопільському цукровому заводі «ПрАТ «ПК «Поділля». Впровадження запропонованого способу сприяє підвищенню чистоти соку на 0,6%, а загальний ефект очищення при цьому складає 39,73%.

Ключові слова: карбонат кальцію, карбонізація, адсорбція, співосадження, комплексні сполуки, меланоїдини, барвні речовини.

АННОТАЦІЯ

Мартынюк А.С. Повышение эффективности очистки диффузионного сока путем усовершенствования I карбонизации. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.05 – «Технология сахаристых веществ и продуктов брожения» – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2017.

Диссертационная работа посвящена повышению эффективности очистки диффузионного сока карбонатом кальция, который образуется в результате карбонизации известкованного сока. Выполненная работа дает теоретические знания о механизме образования карбоната кальция и их применение на практике.

Выполнены исследования на модельных окрашенных растворах с использованием меланоидинов, на основе которых установлена тенденция извлечение красящих веществ за весь период проведения периодической карбонизации. Установлено влияние температуры и расхода извести на обесцвечивание (очистку) модельного раствора.

Красящие вещества, которые в своем большинстве являются анионами кислот входят в состав комплексных соединений. Во время разрушения комплексных соединений окрашенность раствора возвращается к исходной величине.

Очистка окрашенного раствора начинается в пределах рН 11,8...11,6 в результате окончательного разрушения комплексных соединений и образования карбоната кальция, который адсорбирует несахаристые вещества.

С помощью седиментографа Mastersizer (HYDRO) 2000 установлено, что со снижением величины рН карбонизованного раствора уменьшается размер твердой фазы. Полученные результаты свидетельствуют, что образование CaCO_3 начинается со временем, когда карбонизационный газ вводится в известковый сок, а только при условии, что в растворе свободные анионы Ca^{2+} и рН среды менее 11,8.

На основе исследований по размыванию твердой фазы CaCO_3 , образовавшегося во время проведения периодической карбонизации, установлено локализацию красящих веществ в твердой фазе карбоната кальция. Во время кристаллизации CaCO_3 и адсорбции на нем, красящие вещества находятся в центральной части твердой фазы CaCO_3 , что свидетельствует об участии соосаждения в очистке окрашенного раствора. Основное количество красящих веществ находится в центральной части твердой фазы карбоната кальция, что связано с высокой исходной окрашенностью раствора. Это показывает, что основное удаление несахаристых веществ происходит только в период кристаллизации карбоната кальция.

Предложен механизм очистки сока CaCO_3 в условиях периодической и ступенчатой карбонизации, учитывающий образования и разрушения комплексных соединений.

На основе процессов, которые происходят в условиях непрерывной карбонизации впервые выведено уравнение скорости очистки сока карбонатом кальция. Проверку уравнения осуществлено на экспериментальной лабораторной установке, на которой проведено непрерывную карбонизацию окрашенного известкового раствора.

Предложен усовершенствованный способ очистки диффузионного сока карбонатом кальция. Способ основан на очистке известкового сока во время карбонизации в три этапа, с введением известкованного молока во вторую секцию аппарата.

Предложенный способ апробирован на пилотной установке на Крыжопольском сахарном заводе «ЧАО» ПК «Подолье». Испытание усовершенствованного способа способствует повышению чистоты сока на 0,6%.

Ключевые слова: карбонат кальция, карбонизация, адсорбция, соосаждения, комплексные соединения, меланоидины, красящие вещества.

ANNOTATION

Martyniuk A.S. Increasing efficiency of cleaning the diffusion juice by improving I carbonizing. – Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

The dissertation is devoted to the improvement of the technology of purification of the diffusion juice with calcium carbonate.

The tendency of withdrawal of colored substances in conditions of periodic carbonization is established. The results of studies of the effect of temperature and lime consumption on the formation and degradation of complex compounds are described. The pH range (11,8...11,6) is established at which the complex compounds are destroyed and the calcium carbonate crystallizes. The qualitative and granulometric composition of the solid phase during the carbonization is determined. The participation of complex compounds in purified juice was investigated.

Based on a detailed analysis of literature and obtained experimental data, an improved mechanism is proposed for periodic and stepwise carbonization.

The localization of non-sucrose compounds substances in the solid phase of calcium carbonate is established. It was discovered that the majority of non-sucrose compounds substances are in the central part of crystals of calcium carbonate by the layer-by-layer blurring of CaCO_3 crystals. In the purification of the juice by calcium carbonate there is a coprecipitation of coloring matters with calcium carbonate.

For the first time, the equation of the rate of purification of the juice with calcium carbonate was derived on the basis of the mechanism study adsorption of non-sucrose compounds substances and conducted experimental research.

An improved method for purifying CaCO_3 diffusion juice has been developed and a patent has been obtained for a useful model of the proposed method. The proposed method was tested on the pilot installation of the Kryzhopolsky sugar factory «LLC «PC «Podilya». Implementation of the proposed method increases the purity of juice by 0,6%, and the overall cleaning effect is 39,73%.

Key words: calcium carbonate, carbonization, adsorption, coprecipitation, complex compounds, melanoidins, colorants.