НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЦИРУЛЬНІКОВА ВІТА ВАЛЕНТИНІВНА

УДК 664.1.037

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДОДАТКОВИХ РЕАГЕНТІВ

05.18.05 – Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Олянська Світлана Пантелеймонівна,
Національний університет харчових технологій
Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України,
професор кафедри технології цукру і підготовки води

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Чернявська Людмила Іванівна,
ДНУ «Український науково-дослідний інститут
цукрової промисловості» Міністерства агропромислової
політики та продовольства України, завідувач відділу
сировини, контролю та обліку виробництва

кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
Купчик Лідія Андріївна,
Інститут сорбції та проблем ендоекології
Національної академії наук України,
старший науковий співробітник

Захист відбудеться “ 29 ” лютого 2012 року о ____ 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 “___” січня 2012 року.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н., доц. М.В. Карпутіна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Цукор завдяки своїм цінним харчовим, смаковим та фізичним властивостям є одним з найважливіших продуктів в харчуванні людини, сировиною для багатьох підприємств харчової, хімічної і фармацевтичної промисловості. Тому, цукрова промисловість України нарівні з іншими галузями, що виробляють продукти харчування, повинна стабільно функціонувати і бути міцним фундаментом продовольчої та економічної безпеки держави.

Важливим завданням для вітчизняної цукрової промисловості, особливо у зв'язку зі вступом України до СОТ, є реконструкція заводів з оснащенням їх сучасним обладнанням, впровадження прогресивних енерго- та ресурсозберігаючих технологій для підвищення чистоти, зменшення забарвленості, вмісту зольних нецукрів в очищеному соку, сиропі та білому цукрі, зниження витрат вапна і собівартості готової продукції.

Однією з найважливіших стадій бурякоцукрового виробництва є вапняно-вуглекислотне очищення дифузійного соку, від ефективності проведення якого залежить вихід білого цукру та його якість, витрати енергетичних та природних ресурсів. Значний внесок у розвиток технології очищення дифузійного соку та апаратурного оформлення технологічних процесів зробили вітчизняні та зарубіжні вчені: Й. Вашатко, Й. Дедек, А. Брігєль-Мюллер, П.М. Сілін, М.О. Архипович, Я. Добжицький, О.Р. Сапронов, К.Д. Жура, П.В. Головін, А.А. Ліпєц, Л.П. Рева, М.І. Даішев , С.П. Олянська, В.М. Логвін, Ю.І. Молотілін, Ю.І. Сидоренко, А.К. Карташов, Л.Д. Бобрівник , Л.М. Хомічак, І.Ф. Бугаєнко, В.О. Лосева, Г.О. Сімахіна та ін., роботи яких присвячені вивченню суті фізико-хімічних процесів, що відбуваються на головних стадіях очищення соку, та напрямків підвищення їх ефективності.

Теоретичне обґрунтування та експериментальне розроблення нових способів очищення дифузійного соку з заміною частини вапна для очищення високоефективними хімічними реагентами, природними сорбентами, які дозволять підвищити ефективність технологічних процесів очищення, збільшити загальний ефект видалення нецукрів, зменшити витрати матеріальних та енергетичних ресурсів, збільшити вихід білого цукру та покращити його якість, є актуальним і необхідним для подальшого розвитку бурякоцукрової галузі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась згідно плану держбюджетної науково-дослідної тематики кафедри технології цукру і підготовки води НУХТ «Розробка способів очищення дифузійного соку із застосуванням хімічних реагентів і флокулянтів».

Особистий внесок автора полягає у проведенні лабораторних досліджень з питань розроблення нових способів очищення дифузійного соку із застосуванням хімічних реагентів і флокулянтів та промислових випробувань розроблених способів, безпосередній участі в опрацюванні, аналізі та

узагальненні отриманих експериментальних даних, а також у написанні та оформленні наукових публікацій.

Мета і завдання досліджень. Мета роботи – на основі комплексних теоретичних та експериментальних досліджень впливу додаткових хімічних реагентів і природних сорбентів на інтенсифікацію процесів очищення дифузійного соку обґрунтувати і розробити нові способи очищення дифузійного соку, які дозволяють суттєво підвищити загальний ефект очищення, зменшити матеріальні та енергетичні витрати, підвищити вихід і якість білого цукру.

Відповідно до поставленої мети були сформульовані наступні завдання:

– провести теоретичні та експериментальні дослідження фізико-хімічних та структурних перетворень нецукрів дифузійного соку під впливом додаткових хімічних реагентів;

– теоретично обґрунтувати доцільність використання додаткових хімічних реагентів на початкових стадіях вапняно-вуглекислотного очищення для збільшення ступеня видалення високомолекулярних сполук та інших нецукрів дифузійного соку, покращення седиментаційно-фільтраційних показників і відділення осаду нецукрів до основного вапнування;

– встановити оптимальні зони введення додаткових хімічних реагентів і теоретично обґрунтувати механізм їх дії на нецукри дифузійного соку;

– встановити раціональні витрати додаткових хімічних реагентів і витрати вапна на початкових стадіях очищення дифузійного соку для відділення осаду нецукрів до основного вапнування;

– провести дослідження ефективності застосування додаткових хімічних реагентів на заключних стадіях очищення дифузійного соку для підвищення ступеню видалення основних груп нецукрів, які визначають якість білого цукру;

– теоретично обґрунтувати та експериментально встановити оптимальні технологічні режими очищення дифузійного соку при використанні додаткових реагентів;

– теоретично обґрунтувати та розробити способи очищення дифузійного соку з використанням додаткових реагентів та їх апаратурне оформлення;

– на основі розроблених способів провести дослідження щодо ефективності часткового спрощення схеми очищення дифузійного соку з відділенням осаду нецукрів до основного вапнування шляхом карбонізації соку після основного вапнування одразу до pH оптимального для II карбонізації без проміжного фільтрування соку після I карбонізації;

– на основі отриманих експериментальних даних розробити математичні моделі процесів очищення дифузійного соку з використанням додаткових реагентів;

– провести порівняльні дослідження розроблених способів очищення дифузійного соку з типовим способом очищення;

– провести виробничі випробування розроблених способів очищення дифузійного соку з використанням додаткових реагентів.

Об'єкт дослідження – способи очищення дифузійного соку та їх інтенсифікація за допомогою хімічних реагентів та природних сорбентів.

Предмет дослідження – дифузійний сік, сік попереднього вапнування, переддефекосатурований сік, сік I карбонізації, сік II карбонізації, сироп, згущена суспензія осаду II карбонізації, хімічні реагенти, природні сорбенти.

Методи дослідження – галузеві традиційні та спеціальні фізико-хімічні, аналітичні з використанням сучасних приладів та технологічні методи оцінки якості напівпродуктів цукрового виробництва, ефективності застосування хімічних реагентів для очищення, інтенсифікації процесу очищення дифузійного соку, методи математичного моделювання, статистичного оброблення та оптимізації експериментальних даних з використанням комп'ютерних технологій.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі проведених досліджень теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність нових способів підвищення ефективності технологічних процесів очищення дифузійного соку, що ґрунтуються на використанні додаткових хімічних реагентів та природних сорбентів на різних етапах очищення, які забезпечують максимальне видалення нецукрів і формування осадів з мінімальною гідрофільністю та покращеними седиментаційно-фільтраційними показниками, сприяють зменшенню витрат вапняку та палива.

На основі проведених досліджень сформульовані наукові концепції, які виносяться на захист.

1. Вперше теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено ефективність застосування комплексного реагенту «КРОСС-5» після переддефекосатурації переддефекованого соку, що забезпечує збільшення швидкості осадження в 1,5 рази, зменшення фільтраційного коефіцієнту в 2…3 рази, дозволяє відокремлювати осад нецукрів до основного вапнування на тонкошарових відстійниках, фільтр-пресах, фільтрах-згущувачах.

2. Запропоновано механізм дії реагенту «КРОСС-5», який полягає в тому, що електрична взаємодія між полімерними ланцюгами «КРОСС-5» та поверхневими зарядами суспендованих часточок ВМС, викликає дестабілізацію поверхонь їх від'ємно заряджених груп, що призводить до збільшення ступеня коагуляції ВМС і барвних речовин до 70 %, дозволяє підвищити чистоту соку II карбонізації на 1,7…1,8 од., загальний ефект очищення на 12,6 %.

3. Встановлено, що використання комплексного реагенту «КРОСС-5» в схемі з відокремленням переддефекосатураційного осаду дозволяє перейти на карбонізацію соку основного вапнування безпосередньо до pH, оптимального для II карбонізації, підвищити ефект очищення при зменшенні витрат вапна до маси нецукрів дифузійного соку.

4. Вперше на основі теоретичних і експериментальних досліджень встановлено ефективність застосування дигідрофосфату амонію для інтенсифікації хімічних і адсорбційних процесів очищення дифузійного соку внаслідок утворення гідроксилапатиту з високою питомою поверхнею сорбції, що призводить до суттєвого підвищення чистоти соку II карбонізації, загального ефекту очищення.

5. Теоретично обґрунтовано механізм утворення гідроксилапатиту в умовах вапняно-вуглекислотного очищення дифузійного соку при використанні дигідрофосфату амонію $NH_4H_2PO_4$.

Практичне значення одержаних результатів. Виконані в дисертаційній роботі наукові розробки доведені до практичної реалізації, пройшли промислові випробування. Теоретичні узагальнення, експериментальні дослідження, аналітичні розрахунки стали науковою основою для удосконалення існуючих та розроблення нових способів інтенсифікації процесів вапняно-вуглекислотного очищення.

Спосіб інтенсифікації попереднього вапнування (патент України № 45866) з поступовим підвищенням температури до 50…55°С, проведенням переддефекосатурації за невеликих витрат вапна, введенням комплексного реагенту «КРОСС-5», відокремленням переддефекосатураційного осаду до основного вапнування дозволяє покращити седиментаційно-фільтраційні властивості осаду, легко відділяти осад, підвищити загальний ефект очищення на 13,4 %, чистоту соку II карбонізації на 1,8…1,7 од. у порівнянні з типовою схемою очищення.

Спосіб очищення дифузійного соку (патент України № 33567) з відокремленням переддефекаційного осаду і використанням дигідрофосфату амонію дозволяє збільшити ступінь осадження ВМС до 84,0 % і малорозчинних солей кальцію до 93,0 %, підвищити чистоту соку II карбонізації до 2,0 од. і збільшити вихід цукру на 0,45…0,50 % до маси буряків.

Спосіб очищення дифузійного соку (патенти України № 42254 і № 93722) дозволяє інтенсифікувати хімічні і адсорбційні процеси на заключній стадії очищення при введенні у фільтрований сік I карбонізації дигідрофосфату амонію внаслідок утворення гідроксилапатиту з високою питомою поверхнею сорбції, зменшити вміст білкових речовин, аніонів кислот та солей кальцію, барвних речовин, підвищити чистота соку II карбонізації в середньому на 1,4…1,6 од., а вихід білого цукру – на 0,43 %, що підтверджується промисловими випробуваннями на ВАТ «Саливонківський цукровий завод».

Спосіб очищення дифузійного соку (патент України № 63785) з використанням комплексного реагенту «КРОСС - 5», відокремленням осаду нецукрів до основного вапнування, карбонізацією соку основного вапнування до pH 11,6…11,8, подальшою карбонізацією до pH 11,0…11,2 і без проміжного фільтрування – до pH 9,2…9,5, оптимального для II карбонізації, дозволяє підвищити ефект очищення при одночасному зменшенні витрат вапна зі 120,0 % до 77,0 % до маси нецукрів у порівнянні з типовим способом.

Спосіб очищення дифузійного соку (патенти України № 39438 і № 93701) з використанням фільтроперліту для додаткового очищення нефільтрованого соку II карбонізації дає можливість підвищити чистоту очищеного соку II карбонізації, збільшити повноту осадження нецукрів, що найбільше впливають на якість білого цукру. Ефективність розробленого способу підтверджується промисловими випробуваннями на ПП «Європацукор» (Іваничівський цукровий завод): підвищення чистоти соку II карбонізації

становило 1,5 од., загального ефекту очищення – 10,0 %, виходу білого цукру – 0,36 % до маси буряків.

Особистий внесок здобувача полягає в організації та проведенні лабораторних досліджень, аналізі, обробленні та узагальненні одержаних результатів, розробленні математичних моделей, безпосередній участі в організації та проведенні досліджень розроблених способів очищення дифузійного соку в промислових умовах (ПП «Європацукор» (Іваничівський цукровий завод) та ВАТ «Саливонківський цукровий завод»), підготовці до публікації результатів досліджень, а також апробації основних результатів роботи на науково-технічних конференціях.

Планування роботи, обговорення механізмів дії реагентів, проведення досліджень розроблених способів очищення дифузійного соку в промислових умовах, аналіз та узагальнення результатів досліджень, формулювання висновків, підготовка матеріалів до публікації проведено спільно з науковим керівником к.т.н., проф. С.П. Олянською.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на: 74 – 77-й наукових конференціях молодих учених, аспірантів і студентів НУХТ (м. Київ, 2008 - 2011 р.р.); Науково-технічній конференції цукровиків України (м. Київ, НУХТ, 2010 р.); Міжнародній науково-практичній конференції (м. Київ, НУХТ, 2010 р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 26 друкованих праць, з них: 8 статей у фахових виданнях, 6 патентів України на корисну модель, 2 патенти України на винахід, 10 тез доповідей в опублікованих матеріалах науково-практичних конференціях.

Структура та об’єм роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, п’яти розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 220 найменувань вітчизняних і зарубіжних авторів, та додатків. Основний зміст роботи викладено на 153 сторінках друкованого тексту, містить 31 рисунок і 28 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету та завдання досліджень, наведено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі «Аналіз сучасного стану технології очищення дифузійного соку» встановлено необхідність удосконалення існуючих і розроблення та впровадження нових прогресивних енерго- та ресурсозберігаючих технологій з метою підвищення ефективності очищення технологічних процесів очищення дифузійного соку. Розглянуто основні групи нецукрів та їх перетворення під час очищення дифузійного соку. Узагальнено світовий та вітчизняний науково-практичний досвід очищення дифузійного соку та визначено основні напрямки підвищення його ефективності, зокрема з використанням додаткових реагентів.

Обґрунтовано необхідність розроблення додаткових заходів підвищення ефективності очищення дифузійного соку, в результаті чого було поставлене

завдання дослідити та розробити способи очищення дифузійного соку з відокремленням осаду до основного вапнування та використанням додаткових реагентів.

На основі аналізу літературних даних визначено основні напрямки досліджень, сформульовано задачі досліджень та шляхи їх вирішення.

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

Визначення технологічних показників соків та сиропів проведено за загальноприйнятими методиками відповідно до діючих стандартів.

Вміст білкових речовин в соках визначали оперативним фотоколориметричним методом за біуретовою реакцією, аніонів кислот – за різницею загального вмісту солей кальцію, визначеного комплексометричним титруванням, і кальцію вапняної лужності соку, а вміст ВМС в соках та сиропах – класичним методом Думанського А.В. і Харіна С.Є.

Задачі оптимізації розв'язували за допомогою сучасних методів математичної обробки даних з використанням комп'ютерних технологій. Статистичну обробку результатів експериментальних досліджень та побудову графіків виконано за допомогою пакету прикладних програм MathCAD Professional 2000 та Microsoft Office Excel 2003.

Третій розділ «Розроблення способів очищення дифузійного соку з використанням комплексного реагенту і відокремленням осаду нецукрів до основного вапнування» присвячено дослідженню доцільності використання реагенту «КРОСС-5» для покращення седиментаційно-фільтраційних та якісних показників соку, відокремлення осаду нецукрів до основного вапнування.

Встановлено високу ефективність використання реагенту «КРОСС-5» для додаткового очищення переддефекосатурованого соку у порівнянні з флокулянтами: MAGNAFLOC LT-25, PRAESTOL 2640, PRAESTOL 2530.

Комплексний реагент «КРОСС-5» випускається ТОВ «Iris» відповідно ТУ У 24.6-32280955-001:2005. На даний реагент розроблено і затверджено Паспорт безпеки, одержано Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи та Держстандарту та дозвіл на використання в цукровій промисловості (гігієнічне заключення МОЗ України №05.03.02-04/37638 від 23.08.2005 р.).

Основною складовою речовиною високомолекулярного комплексного реагенту «КРОСС-5» є сополімер N,N–діалкіл-N,N–діаліламонійхлориду (ДАДААХ) з метакриловою кислотою з високим вмістом катіонних груп, в яких позитивній заряд знаходиться в кожній ланці макромолекули (рис. 1).

Рис. 1. Ланки ДАДААХ циклічної (I) та ациклічної (II) будови та ланки метакрилової кислоти (III)

Оптимальною зоною введення реагенту «КРОСС-5» в переддефекосатурований сік є зона pH 9,0...9,5, оскільки чистота декантату переддефекосатурованого соку підвищується в середньому на 1,8 %, за рахунок збільшення ступеню осадження солей кальцію і білкових речовин на 67,0 % і барвних речовин на 75,0 %, порівняно з контрольною пробою. При введенні ж реагенту «КРОСС-5» в зону з pH 11,2 ефект видалення солей кальцію і барвних речовин зменшується майже вдвічі, порівняно з введенням реагенту у зону pH 9,0...9,5.

Запропоновано механізм дії реагенту «КРОСС-5», який полягає в тому, що макромолекули полікатіонного типу можуть адсорбуватись різними своїми частинами одночасно на декількох часточках дисперсної фази, утворюючи між ними водневі зв'язки. Електрична взаємодія між полімерними ланцюгами «КРОСС - 5» і поверхневими зарядами суспендованих часточок викликає дестабілізацію поверхонь від'ємно заряджених груп ВМС, що призводить до швидкої коагуляції і осадження ВМС, суттєвого покращення седиментаційно-фільтраційних властивостей соку, збільшення ступеня видалення солей кальцію, білкових і барвних речовин.

Оптимальними витратами комплексного реагенту «КРОСС-5» є витрати $4{,}0\cdot10^{-4}\ldots5{,}0\cdot10^{-4}$ % до м.с. (табл. 1), за яких спостерігається суттєве покращення седиментаційно-фільтраційних показників соку: більш ніж у півтора рази прискорюється швидкість седиментації за перші за 2 хв та більш ніж удвічі зменшується фільтраційний показник переддефекосатурованого соку, седиментація завершується практично за 2…3 хв.

Таблиця 1

Вплив витрат комплексного реагенту «КРОСС-5» на технологічні показники переддефекосатурованого соку

Технологічні показники	Витрати реагенту, % до маси соку						Контр. проба
Чистота, %							
Вміст солей кальцію, г на 100 г СР							
Вміст білкових речовин, г на 100 г СР							
Забарвленість, од. ICUMSA							
S_2 , см/хв							
S_5 , см/хв							
V_{25} , %							
Fk, с/см^2							

За таких витрат реагенту спостерігається підвищення чистоти переддефекосатурованого соку на 1,3…1,4 од., що досягається за рахунок збільшення

ступеня осадження солей кальцію майже на 60 %, ВМС білково-пектинового комплексу і барвних речовин – майже на 70 % порівняно з контрольним дослідом (табл. 1), що дозволить отримати в умовах I та II карбонізації майже чистий високодисперсний карбонат кальцію з підвищеною адсорбційною здатністю.

Використавши масив отриманих експериментально даних, апроксимували їх в пакеті прикладних програм MathCAD Professional 2000 за допомогою регресійного аналізу залежностями третього порядку від параметрів оптимізації, отримали наступні рівняння локальних критеріїв оптимальності (приросту чистоти, вмісту солей кальцію, забарвленості переддефекосатурованого соку):

$$\mathbf{\Delta Ч}_{\text{ПДС соку}}\mathbf{(x1, x2)} = -757{,}6 + 29882{,}6\cdot\mathbf{x1} + 6{,}7\cdot\mathbf{x2} - 257{,}1\cdot\mathbf{x1}\cdot\mathbf{x2} - 1{,}0\cdot10^{7}\cdot\mathbf{x1}^{2} + 0{,}1\cdot\mathbf{x2}^{2} + 4{,}0\cdot10^{9}\,\mathbf{x1}^{3} - 0{,}001\cdot\mathbf{x2}^{3}, \quad (1)$$

$$\mathbf{Солі\ Ca}^{2+}_{\text{ПДС соку}}\mathbf{(x1, x2)} = -1{,}52\cdot10^{3} - 1{,}44\cdot10^{4}\cdot\mathbf{x1} + 13{,}18\cdot\mathbf{x2} + 147{,}81\cdot\mathbf{x1}\cdot\mathbf{x2} + 1{,}68\cdot10^{6}\cdot\mathbf{x1}^{2} + 0{,}28\cdot\mathbf{x2}^{2} - 6{,}92\cdot10^{8}\,\mathbf{x1}^{3} - 2{,}68\cdot10^{-3}\cdot\mathbf{x2}^{3}, \quad (2)$$

$$\mathbf{Зб}_{\text{ПДС соку}}\mathbf{(x1, x2)} = -7{,}10\cdot10^{6} - 6{,}34\cdot10^{7}\cdot\mathbf{x1} + 6{,}13\cdot10^{4}\cdot\mathbf{x2} + 6{,}31\cdot10^{5}\cdot\mathbf{x1}\cdot\mathbf{x2} + 1{,}10\cdot10^{10}\cdot\mathbf{x1}^{2} + 1{,}32\cdot10^{3}\cdot\mathbf{x2}^{2} - 5{,}06\cdot10^{12}\cdot\mathbf{x1}^{3} - 12{,}49\cdot\mathbf{x2}^{3}, \quad (3)$$

де **x1** – витрати комплексного реагенту «КРОСС – 5», % до маси соку;

x2 – чистота переддефекосатурованого соку, %.

Зміна витрат вапна на переддефекосатурацію від 0,1 до 0,7 %CaO до м.с. веде до покращення якісних показників преддефекосатурованого соку (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив різних витрат вапна на преддефекосатурацію на седиментаційно-фільтраційні та якісні показники переддефекосатурованого соку

Технологічні показники	Контрольна проба	Витрати вапна, %CaO до м. с.			
		0,1	0,3	0,5	0,7
Приріст чистоти, од.					
Вміст солей кальцію, г на 100 г СР					
Видалення солей кальцію, %					
Забарвленість, од. ICUMSA					
Зниження забарвленості, %					
Вміст білкових речовин, г на 100 г СР					
Видалення білкових речовин, %					
S_2, см/хв					
S_5, см/хв					
Fk, с/см^2					

За витрат вапна більше 0,5 %CaO до м.с. припиняється різке покращення технологічних показників. Тому, витрати вапна на переддефекосатурацію при використанні реагенту «КРОСС-5» варто обмежувати до такого рівня (0,3…0,5 %CaO до м.с. в залежності від якості дифузійного соку), який перш за все забезпечить нормальне відокремлення осаду нецукрів до основного вапнування. Висока швидкість відстоювання і низьке значення F_k за таких умов дає змогу використовувати для відділення преддефекосатурованого осаду не

тільки тонкошарові відстійники, а й фільтр-преси, фільтри-згущувачі ФІЛС, фільтри ТФ-110, ТФ-120 підвищеної потужності, легко проводити відокремлення та висолодження переддефекосатураційного осаду за різної якості дифузійного соку.

Високу ефективність використання реагенту «КРОСС-5» за запропонованим способом підтверджують результати очищення дифузійного соку до II карбонізації (табл. 3).

Таблиця 3

Якісні показники соку II карбонізації при використанні комплексного реагенту «КРОСС-5» при різних витратах вапна на переддефекосатурацію

Технологічні показники	Сік II карбонізації			
	за запропонованим способом з витратами вапна на переддефекосатурацію, %CaO до м.с		контр. проба	за типовим способом
	0,3	0,5		
Чистота соку, %				
Приріст чистоти, од. (контр/тип)				
Вміст солей кальцію, г на 100 г СР				
Забарвленість, од ICUMSA				
Вміст ВМС, г на 100 г СР				
Приріст ефекту очищення, %				

Розроблено спосіб очищення дифузійного соку (табл. 4, спосіб 1), що включає прогресивне попереднє вапнування дифузійного соку з поступовим підвищенням температури до 50…55°С, підігрівання переддефекованого соку до 70…75°С (при необхідності до 80…85°С), переддефекосатурацію до pH 9,0…9,5 чи pH 11,0…11,2 залежно від якості сировини з витратою вапна 0,3…0,5 %CaO до м. с., введення реагенту «КРОСС-5», відокремлення переддефекосатураційного осаду, карбонізацію дефекованого соку до pH 11,6…11,8 для використання високої адсорбційної здатності $CaCO_3$ за ступеня карбонізації вапна 40…50 %, а далі – до pH 11,0…11,2 і без проміжного відділення осаду карбонізацію – до pH 9,25, оптимального для II карбонізації.

Результати порівняльних досліджень різних способів очищення дифузійного соку наведені в табл. 4.

У способах 1 - 3 витрати вапна на переддефекосатурацію становили 0,5 %CaO, на основне вапнування – 0,5 %CaO, а в типовому способі – 1,0 %CaO. Вапнування перед II карбонізацією в способі 1 не проводилось, а способах 2, 3, 4 проводилось з витратами вапна 0,3 %CaO.

Скорочення витрат вапна на вапнування соку перед II карбонізацією на 0,3 %CaO до м. с. і виключення стадії фільтрування соку I карбонізації дещо погіршує якість очищеного соку (способи 1 і 2).

Однак, використання реагенту «КРОСС-5» дозволяє частково спростити технологічну схему (спосіб 1), перейти на безпосередню карбонізацію соку основного вапнування до pH 9,25…9,5, оптимального для II карбонізації, без проміжного відділення осаду I карбонізації: чистота очищеного соку підвищується на 1,6 од., що дозволить збільшити вихід білого цукру на 0,40…0,45 % до маси буряків, а загальні витрати вапна на очищення зменшити зі 120,0 до 77,0 %CaO до маси нецукрів дифузійного соку у порівнянні з типовим способом 4.

У четвертому розділі «Розроблення способів очищення дифузійного соку з використанням дигідрофосфату амонію» теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено високу ефективність використання дигідрофосфату амонію на початковій та заключній стадії очищення дифузійного соку для інтенсифікації хімічних та адсорбційних процесів.

Встановлено, що при введенні $NH_4H_2PO_4$ у лужне середовище в зоні pH 11,5…9,5 за високого іонного співвідношення Ca/P 1,67 утворюється гідроксилапатит $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ з високою питомою поверхнею сорбції (100 $м^2$) і адсорбційною здатністю.

Ознайомившись з різними можливими механізмами утворення фосфатів кальцію і гідроксилапатиту, представленими у монографіях і наукових роботах по фосфору і фосфорним сполукам, ми запропонували механізм утворення гідроксилапатиту при використанні дигідрофосфату амонію $NH_4H_2PO_4$.

1. Спочатку утворюється найменш стійкий монокальцієвий фосфат (МКФ) – $Ca(H_2PO_4)_2$:

$$Ca(OH)_2 + 2\ NH_4H_2PO_4 = Ca(H_2PO_4)_2 + 2\ NH_4OH \qquad (4)$$

2. Монокальцієвий фосфат розчиняється у великій кількості води і гідролізує з утворенням дикальцієвого фосфату (ДКФ) – $CaHPO_4$:

$$Ca(H_2PO_4)_2 \xrightarrow{nH_2O} CaHPO_4 + H_3PO_4 \qquad (5)$$

3. Дикальцієвий фосфат у вузькій зоні нейтральних значень pH при гідролізі утворює октакальцієвий фосфат (ОКФ) – $Ca_8(HPO_4)_2 \cdot (PO_4)_4 \cdot 5H_2O$:

$$8Ca(HPO_4)_{(тв.)} + 2Ca(OH)_2 + H_2O \rightarrow Ca_8(HPO_4)_2 \cdot (PO_4)_4 \cdot 5H_2O_{(тв.)} + 2\ CaHPO_4 \qquad (6)$$

4. Метастабільний октакальцієвий фосфат є попередником, проміжним продуктом при утворенні більш стійких фаз, наприклад, гідроксилапатиту (ГАП) $Ca_{10}(PO_4)_6 \cdot (OH)_2$:

$$Ca_8(HPO_4)_2 \cdot (PO_4)_4\ 5H_2O + 2\ Ca^{2+} + 4\ OH^- \rightarrow Ca_{10}(PO_4)_6 \cdot (OH)_2 + 2\ H_2O \qquad (7)$$

Внаслідок інтенсифікації хімічних і адсорбційних процесів на поверхні утвореного гідроксилапатиту за витрат 0,20 % до м.с. $NH_4H_2PO_4$ ступінь осадження ВМС в декантаті соку попереднього вапнування збільшується на 84,0 %, солей кальцію – на 93,0 % (рис. 2), барвних речовин – на 27 %, що призводить до суттєвого покращення адсорбційної здатності осадів $CaCO_3$ на I та II карбонізації. Чистота очищеного соку II карбонізації підвищується на 2,0 од., збільшується вихід цукру на 0,45…0,50 %.

Оптимальні витрати дигідрофосфату амонію для додаткового очищення декантату соку попереднього вапнування - 0,20 % до м. с. (рис. 3).

Рис. 2. Залежність вмісту солей кальцію у декантаті соку попереднього вапнування від витрат $NH_4H_2PO_4$ при різних чистотах (83,7; 84,4; 84,5; 87,1; 90,2; 91,0%)

Рис. 3. Лінії рівня узагальненого критерію оптимізації у координатах чистота декантату – витрати дигідрофосфату амонію

На рис. 4 представлена технологічна схема очищення дифузійного соку з використанням запропонованих додаткових реагентів за такими способами:

– для заводів, які планують модернізацію типової схеми з переходом на удосконалений варіант з відокремленням переддефекосатураційного осаду, рекомендуємо спосіб з використанням реагенту «КРОСС-5» і спосіб з введенням в декантат переддефекосатурованого соку дигідрофосфату амонію $NH_4H_2PO_4$;

– для заводів з сучасною типовою схемою найбільш просто можна реалізувати спосіб оброблення фільтрованого соку I карбонізації дигідрофосфатом амонію $NH_4H_2PO_4$ та спосіб з введенням у нефільтрований сік II карбонізації перед відстійником-дозрівачем фільтроперліту.

Рис. 4. Технологічна схема очищення дифузійного соку різними способами з використанням запропонованих додаткових реагентів

1, 4, 7, 19 – збірники соку; 2, 5, 15, 21 – підігрівники соку; 3 – переддефекатор; 6 – переддефекосатуратор; 8, 13, 22 – статичні мішалки; 9 – збірник-мішалка приготування розчину реагенту «КРОСС-5»; 10 – тонкошаровий відстійник; 11 – збірник суспензії соку; 12 – збірник-мішалка декантату переддефекосатурованого соку; 14, 16 – апарати основного вапнування; 17 - карбонізаційна колонка – зона високої лужності; 18 – апарат I карбонізації; 20 – збірник-мішалка фільтрованого соку I карбонізації; 23 – апарат вапнування перед II карбонізацією; 24 – апарат II карбонізації; 25 – дозрівач соку II карбонізації; 26 – збірник соку II карбонізації; 27 – мішалка вапняного молока; 28 – дозатори вапняного молока.

Встановлено, що при введенні у фільтрований сік I карбонізації 0,10 % $NH_4H_2PO_4$ до м.с. утворюється гідроксилапатит з високою поверхнею сорбції, внаслідок чого ступінь осадження аніонів кислот та солей кальцію збільшується на 85 %, барвних речовин – на 55 %, ВМС на 57 %, в тому числі білкових речовин і продуктів їх деструкції – на 70 %. Раціональними витратами вапна на вапнування перед II карбонізацією є 0,4…0,5 %CaO до м.с., за яких спостерігається підвищення чистоти соку II карбонізації до 2,0 од.

Виробничі випробування способу очищення з використанням $NH_4H_2PO_4$ на заключній стадії очищення на ВАТ «Саливонківський цукровий завод» у 2010 році підтвердили його переваги перед типовим способом: ступінь осадження солей кальцію в очищеному соку збільшується на 58 %, забарвленість зменшується на 35,0 %, чистота соку II карбонізації підвищується на 1,4 од., вихід білого цукру збільшується на 0,43 %. Розрахунковий

економічний ефект від впровадження розробленого способу очищення склав 2,75 млн. грн.

У п'ятому розділі «Розроблення способу очищення дифузійного соку з обробленням нефільтрованого соку II карбонізації фільтроперлітом» доведена доцільність використання фільтроперліту як додаткового природного реагенту для оброблення нефільтрованого соку II карбонізації у кількості 0,20 % до м. с., що дає можливість підвищити чистоту очищеного соку II карбонізації на 1,7 од. за рахунок збільшення ступеня осадження високомолекулярних сполук до 54,1 %, зменшення вмісту солей кальцію на 12,8 % та забарвленості на 19,2 %, підвищити вихід білого цукру на 0,36 % та покращити його якісні показники. Виробничі випробування на ПП «Європацукор» (Іваничівський цукровий завод) у 2008 році підтвердили високу ефективність використання фільтроперліту для оброблення нефільтрованого соку II карбонізації для інтенсифікації хімічних і адсорбційних процесів: чистота очищеного соку підвищилась на 1,5 од., загальний ефект очищення – на 10,0 %. Розрахунковий економічний ефект від впровадження розробленого способу склав 740 722,0 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Наведені у дисертації теоретичні узагальнення та практичне вирішення проблеми підвищення ефективності технологічних процесів очищення дифузійного соку з використанням додаткових реагентів дозволяють зробити наступні висновки.

1. Науково обгрунтовано спосіб інтенсифікації попереднього вапнування з поступовим підвищенням температури від 38…40°C до 50…55°C, проведенням переддефекосатурації невеликою кількістю вапна, введенням високо-молекулярного комплексного реагенту «КРОСС-5», відокремленням переддефекосатураційного осаду, який дозволяє одержати високий ефект очищення та зменшити загальні витрати вапна.

Встановлено, що введення реагенту «КРОСС-5» в кількості $4{,}0\cdot10^{-4}$…$5{,}0\cdot10^{-4}$% до м.с. в переддефекосатурований сік порушує стійкість гетерогенного дисперсного середовища, що призводить до швидкої коагуляції і осадження ВМС, суттєвого покращення седиментаційно-фільтраційних показників: швидкість осадження за перші дві хвилини становить 11,33…9,35 см/хв, фільтраційний коефіцієнт F_k зменшується в 2…3 рази.

За витрат вапна 0,3…0,5 %CaO на переддефекосатурацію F_k становить 1,26…1,51с/см^2, що забезпечує легке відділення осаду нецукрів до основного вапнування, дає змогу використовувати для відділення осаду тонкошарові відстійники, фільтр-преси, фільтри-згущувачі підвищеної потужності.

2. Механізм дії реагенту «КРОСС-5» полягає в тому, що макромолекули полікатіонного типу можуть адсорбуватися своїми частинами одночасно на декількох часточках дисперсної фази, утворюючи між ними сітки міжмолекулярних, наприклад, водневих зв'язків. Електрична взаємодія між полімерними ланцюгами «КРОСС-5» і поверхневими зарядами суспендованих

часточок викликає дестабілізацію поверхонь від'ємно заряджених груп ВМС, сприяє збільшенню ступеня осадження білкових речовин і солей кальцію.

3. Встановлено, що використання комплексного реагенту «КРОСС-5» в схемі з відокремленням переддефекосатураційного осаду до основного вапнування призводить до збільшення повноти осадження солей кальцію на 60 %, ВМС білково-пектинового комплексу – на 70 % в соку, який надходить на основне вапнування, а далі на карбонізацію, що дозволить отримати в умовах I та II карбонізації майже чистий високодисперсний $CaCO_3$ з підвищеною адсорбційною здатністю. Чистота очищеного соку підвищується на 1,7…1,8 од, вміст солей кальцію в соку зменшується на 66,0 %, забарвленість соку – на 64,0 % у порівнянні з типовим способом очищення.

4. Розроблені математичні моделі, обрано локальні критерії оптимальності та розв'язані задачі оптимізації витрат високомолекулярного комплексного реагенту «КРОСС-5» та витрат вапна на переддефекосатурацію.

Для забезпечення максимального приросту чистоти соку, видалення солей кальцію, зниження забарвленості оптимальні витрати реагенту складають $5{,}0 \cdot 10^{-4}$% до м.с., а оптимальні витрати вапна на переддефекосатурацію – 0,3…0,5 %CaO до м. с.

5. Теоретично обґрунтовано та експериментально розроблено спосіб очищення дифузійного соку, який передбачає прогресивне попереднє вапнування, підігрівання соку до температури 70…75°C (або 80…85°C залежно від якості сировини), переддефекосатурацію до pH 9,0…9,5 з невеликими витратами вапна, введення реагенту «КРОСС-5», відокремлення осаду нецукрів до основного вапнування, основне вапнування, карбонізацію соку основного вапнування до pH 11,6…11,8, витримування в цій зоні соку для досягнення максимальної адсорбції нецукрів на поверхні золю $CaCO_3$ з високим зарядом ПЕШ, подальшу карбонізацію соку до pH 9,2…9,5, оптимального для II карбонізації. Чистота соку II карбонізації підвищується на 1,6 од., вміст солей кальцію зменшується на – 40,0 %, аніонів кислот на – 44,0 %, забарвленість соку – на 48,0 % у порівнянні з типовим способом. Вихід білого цукру збільшується на 0,40…0,45 % до маси буряків, загальні витрати вапна на очищення зменшуються зі 120,0 до 77,0 % CaO до маси нецукрів дифузійного соку.

6. Теоретично обґрунтовано та експериментально розроблено спосіб очищення дифузійного соку з відокремленням осаду нецукрів до основного вапнування та використанням дигідрофосфату амонію для додаткового очищення декантату соку попереднього вапнування. Встановлено, що за витрат дигідрофосфату амонію 0,20 % до маси декантату в високолужному середовищі утворюється гідроксилапатит з високою питомою поверхнею осаду і позитивним зарядом поверхні. Внаслідок інтенсифікації хімічних і адсорбційних процесів повнота осадження ВМС збільшується на 84,0 %, солей кальцію – на 93,0 %, барвних речовин – на 27,0 %, що призводить до суттєвого покращення адсорбційної здатності осадів $CaCO_3$ на I та II карбонізації. Чистота очищеного соку II карбонізації підвищується на 2,0 од., збільшується вихід цукру на 0,45…0,50 %.

Розроблено математичну модель, обрано локальні критерії оптимальності та розв'язана задача оптимізації витрат дигідрофосфату амонію залежно від чистоти декантату переддефекованого соку.

7. Теоретично обґрунтовано та експериментально розроблено спосіб очищення дифузійного соку, що передбачає використання дигідрофосфату амонію на заключній стадії очищення шляхом введення у фільтрований сік I карбонізації. Встановлено, що при введенні у фільтрований сік I карбонізації дигідрофосфату амонію в кількості 0,10…0,15 % до м.с. в зоні pH 11,5…9,5 за високого іонного співвідношення Ca/P 1,67 утворюється гідроксилапатит $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ з високою питомою поверхнею сорбції (100 $м^2$) і адсорбційною здатністю.

Внаслідок інтенсивної адсорбції на поверхні гідроксилапатиту (за витрат реагенту 0,10 % до м.с.) повнота осадження аніонів кислот та солей кальцію збільшується на 85,0 %, барвних речовин – на 55,0 %, ВМС – на 57,0 %, в тому числі білкових речовин і продуктів їх деструкції – на 70,0 %, що призводить до суттєвого підвищення чистоти соку II карбонізації – в середньому на 2,0 од.

8. Запропоновано та науково обґрунтовано механізм утворення гідроксилапатиту у високолужному середовищі в умовах вапняно-вуглекислотного очищення.

9. Розроблено математичну модель, обрано локальні критерії оптимальності та розв'язана задача оптимізації значення pH після використання дигідрофосфату амонію, яке забезпечує максимальну адсорбційну здатність гідроксилапатиту при зміні чистоти фільтрованого соку I карбонізації.

Встановлено, що раціональними витратами вапна на вапнування соку перед II карбонізацією при використанні дигідрофосфату амонію є 0,40…0,50 %CaO до м.с., за яких спостерігається підвищення чистоти соку II карбонізації на 2,0 од. внаслідок збільшення повноти осадження розчинних солей кальцію на 57,0 % та зменшення забарвленості на 39,0 %.

10. Виробничі випробування способу очищення з використанням дигідрофосфату амонію на заключній стадії очищення проведені у 2010 році на ВАТ «Саливонківський цукровий завод» показали його переваги перед типовим способом: повнота осадження солей кальцію в очищеному соку зменшується на 58,0 %, забарвленість – на 35,0 %, чистота соку II карбонізації підвищується на 1,4 од. Розрахунковий економічний ефект від впровадження розробленого способу очищення склав 2,75 млн. грн.

11. Розроблено новий спосіб очищення дифузійного соку з використанням фільтроперліту як додаткового природного сорбенту для оброблення нефільтрованого соку II карбонізації, що дозволяє підвищити чистоту соку на 1,7 од. за рахунок зменшення вмісту солей кальцію на 12,8 %, забарвленості соку – на 19,2 %, вмісту ВМС соку – на 54,0 %.

Ефективність розробленого способу підтверджується промисловими випробуваннями на ПП «Європацукор» (Іваничівський цукровий завод), проведеними у виробничий сезон 2008 року: чистота очищеного соку підвищилась на 1,5 од., загальний ефект очищення – на 10,0 %. Розрахунковий економічний ефект від впровадження розробленого способу склав 740 722,0 грн.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Доцільність використання фільтроперліту для покращення якісних показників очищеного соку / В.В. Цирульнікова, О.Б. Войтович, С.П. Олянська, М.П. Купчик // Харчова промисловість. – 2009 – № 8 – С. 38–41.

2. Олянская С.П. Химические реагенты на завершающей стадии очистки диффузионного сока / С.П. Олянская, В.В. Цырульникова // Сахар. – 2010. – № 4. – С. 54–59.

3. Олянская С.П. Использование флокулянтов как метод повышения эффективности очистки диффузионного сока / С.П. Олянская, В.В. Цырульникова, А.Д. Ровинский // Сахар. – 2010. – № 8. – С. 43–48.

4. Олянська С.П. Підвищення ефективності очищення дифузійного соку з використанням однозаміщеного фосфату амонію / С.П. Олянська, В.В. Цирульнікова, О.Б. Войтович // Наукові праці НУХТ. – 2010. – № 33. – С. 37–41.

5. Олянська С.П. Удосконалення технології очищення дифузійного соку з використанням високоефективних флокулянтів / С.П. Олянська, В.В. Цирульнікова // Цукор України. – 2010. – № 2. – С. 29–35.

6. Цирульнікова В.В. Використання високоефективних флокулянтів для інтенсифікації процесів очищення дифузійного соку / В.В. Цирульнікова, С.П. Олянська // Харчова промисловість. – 2010 – № 9 – С. 27–32.

7. Олянська С.П. Інтенсифікація хімічних і адсорбційних процесів очищення дифузійного соку при використанні дигідрофосфату амонію / С.П. Олянська, В.В. Цирульнікова // Цукор України. – 2010. – № 3. – С. 23–30.

8. Олянская С.П. Использование однозамещенного фосфата аммония при очистке диффузионного сока / С.П. Олянская, В.В. Цырульникова // Сахар. – 2010. – № 12. – С. 38–42.

9. Пат. № 29714 Україна, МПК (2006) C13D 3/00. Спосіб очищення дифузійного соку / Олянська С.П., Манк В.В., Українець А.І., Ровинський А.Д., Войтович О.Б., Нікіфоренко В.В.; замовник і патентовласник Націон. ун-т харч. техн. – № 2007 10430; заявл. 20.09.07; опубл.25.01.08, Бюл. № 2.

10. Пат. № 33567 Україна, МПК C13D 3/02 (2008.01). Спосіб очищення дифузійного соку / Олянська С.П., Купчик М.П., Нікіфоренко В.В., Войтович О.Б.; замовник і патентовласник Націон. ун-т харч. техн. – № 200803303; заявл.17.03.08; опубл.25.06.08, Бюл. № 12.

11. Пат. № 39438 Україна, МПК C13D 3/02 (2008.01). Спосіб очищення дифузійного соку / Олянська С.П., Войтович О.Б., Цирульнікова В.В., Купчик М.П., Рева Л.П., Замура С.А.; замовник і патентовласник Націон. ун-т харч. техн. – № 2008 11825; заявл.03.10.08; опубл.25.02.09, Бюл. № 4.

12. Пат. № 42254 Україна, МПК C13D 3/02 (2009.01). Спосіб очищення дифузійного соку / Олянська С.П., Цирульнікова В.В., Войтович О.Б., Павленко Я.С., Лісова О.М., Купчик М.П.; замовник і патентовласник Націон. ун-т харч. техн. – № 200901151; заявл.13.02.09; опубл.25.06.09, Бюл. №12.

13. Пат. № 45866 Україна, МПК C13 D 3/02. Спосіб очищення дифузійного соку / Олянська С.П., Цирульнікова В.В., Ровинський А.Д.; замовник і патентовласник Націон. ун-т харч. техн. – № 200906935; заявл.02.07.09; опубл.25.11.09, Бюл. №22.

14. Патент на винахід № 93701 Україна, МПК C13D 3/00 (2006.01). Спосіб очищення дифузійного соку / Олянська С.П., Войтович О.Б., Цирульнікова В.В., Купчик М.П., Рева Л.П., Замура С.А.; замовник і патентовласник Націон. ун-т харч. техн. – № а 2008 11824; заявл.03.10.08; опубл.10.03.11, Бюл. № 5.

15. Патент на винахід № 93722 Україна, МПК (2011.01) C13B 20/00. Спосіб очищення дифузійного соку / Олянська С.П., Цирульнікова В.В., Войтович О.Б., Павленко Я.С., Лісова О.М., Купчик М.П.; замовник і патентовласник Націон. ун-т харч. техн. – № а 2009 01147; заявл.13.02.09; опубл.10.03.11, Бюл. № 5.

16. Пат. № 63785 Україна, МПК (2011.01) C13B 20/00. Спосіб очищення дифузійного соку / Олянська С.П., Цирульнікова В.В., Хаба К.М., Мельничук В.А., Котик Т.В.; замовник і патентовласник Націон. ун-т харч. техн. – № u 2011 01973; заявл.21.02.11; опубл.25.10.11, Бюл. № 20.

17. Нікіфоренко В.В. Інтенсифікація колоїдно-хімічних процесів на попередній дефекації з використанням хімічних реагентів / В.В. Нікіфоренко, О.Б. Войтович , С.П. Олянська , М.П. Купчик // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: 74-а наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 21–22 квітня 2008 р.: тези доповідей. – К.: НУХТ, 2008. – С. 173.

18. Цирульнікова В.В. Інтенсифікація процесу очищення дифузійного соку з використанням хімічних реагентів і флокулянтів / В.В. Цирульнікова, О.М. Лісова, Я.С. Павленко, С.П. Олянська // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: 75-а наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 13-14 квітня 2009 р.: тези доповідей. – К.: НУХТ, 2009. – Ч.2. – С. 184.

19. Олянська С.П. Інтенсифікація процесів очищення дифузійного соку з використанням однозаміщеного фосфату амонію / С.П. Олянська, В.В. Цирульнікова // Цукровий бізнес в умовах національного та світового ринку: науково-технічна конференція цукровиків України, 23 – 24 березня 2010 р.: матеріали конф. – К.: «Цукор України», 2010. – С. 204–206.

20. Цирульнікова В.В. Підвищення ефективності очищення дифузійного соку при використанні флокулянтів / В.В. Цирульнікова, Н.О. Скворцова, С.П. Олянська // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: 76-а наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 12 – 13 квітня 2010 р.: тези доповідей. – К. : НУХТ, 2010. – Ч. 2. – С. 62.

21. Цирульнікова В.В. Використання однозаміщеного фосфату амонію для інтенсифікації процесів очищення дифузійного соку / В.В. Цирульнікова, К.М. Хаба, С.П. Олянська // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: 76-а наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 12 – 13 квітня 2010 р.: тези доповідей. – К. : НУХТ, 2010. – Ч. 2. – С. 63.

22. Олянська С.П. Використання високоефективних флокулянтів у виробництві білого цукру / С.П. Олянська, В.В. Цирульнікова // Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи: науково-практична міжнародна конференція, 27 - 28 вересня 2010 р.: матеріали конф. – К.: Частина 2, НУХТ, 2010 р. - С. 4 - 5.

23. Олянська С.П. Удосконалення технології очищення дифузійного соку з використанням однозаміщеного фосфату амонію / С.П. Олянська, В.В. Цирульнікова // Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи: науково-практична міжнародна конференція, 27 - 28 вересня 2010 р.: матеріали конф. – К.: Частина 2, НУХТ, 2010 р. - С. 5.

24. Цирульнікова В.В. Дослідження ефективності використання дигідрофосфату амонію на заключній стадії очищення дифузійного соку / В.В. Цирульнікова, Т.В. Котик, С.П. Олянська // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: 77-а наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 11 – 12 квітня 2011 р.: тези доповідей. – К. : НУХТ, 2011. – Ч.1. – С. 105.

25. Цирульнікова В.В. Обґрунтування доцільності використання високоефективних флокулянтів у виробництві білого цукру / В.В. Цирульнікова, В.А. Мельничук, С.П. Олянська // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: 77-а наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 11 – 12 квітня 2011 р.: тези доповідей. – К. : НУХТ, 2011. – Ч.1. – С. 105.

26. Цирульнікова В.В. Механізм утворення гідроксилапатиту при використанні дигідрофосфату амонію в технологічній схемі очищення дифузійного соку / В.В. Цирульнікова, С.П. Олянська // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: 77-а наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 11 – 12 квітня 2011 р.: тези доповідей. – К. : НУХТ, 2011. – Ч.1. – С. 106.

Особистий внесок: брала участь у проведенні пошуку джерел літератури, проведенні експериментальних досліджень, обробленні результатів, підготовці та оформленні матеріалів до публікації, розробленні математичних моделей.

АНОТАЦІЯ

Цирульнікова В.В. Підвищення ефективності технологічних процесів очищення дифузійного соку з використанням додаткових реагентів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.05 – технологія цукристих речовин та продуктів бродіння. – Національний університет харчових технологій, Київ, 2012.

В дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність нових способів підвищення ефективності технологічних процесів очищення дифузійного соку, що ґрунтуються на використанні додаткових хімічних реагентів та природних сорбентів – комплексного реагенту «КРОСС-5», дигідрофосфату амонію, фільтроперліту на різних стадіях очищення.

Встановлено, що використання високомолекулярного комплексного реагенту «КРОСС-5» в кількості $4{,}0\cdot10^{-4}\ldots5{,}0\cdot10^{-4}$% до м.с. після переддефекосатурації дозволяє не тільки суттєво покращити седиментаційно-фільтраційні властивості переддефекосатурованого осаду, а й підвищити чистоту соку II карбонізації на 1,8…2,0 од., за рахунок збільшення ступеню видалення розчинних солей кальцію – на 71…81 %, барвних речовин – на 44…54 %.

Експериментально встановлено, що при введенні у фільтрований сік I карбонізації дигідрофосфату амонію в кількості 0,10 % до м.с. внаслідок інтенсивної адсорбції на поверхні гідроксилапатиту ступінь осадження аніонів кислот та солей кальцію збільшується на 85,0 %, барвних речовин – на 55,0 %, ВМС – на 57,0 %, в тому числі білкових речовин і продуктів їх деструкції – на 70,0 %, що призводить до суттєвого підвищення чистоти соку II карбонізації – в середньому на 2,0 од.

Запропоновано і теоретично обґрунтовано механізм дії реагенту «КРОСС - 5», механізм утворення гідроксилапатиту в умовах вапняно-вуглекислотного очищення дифузійного соку при використанні дигідрофосфату амонію.

Ключові слова: вапняно-вуглекислотне очищення соку, переддефекосатурація, комплексний реагент, дигідрофосфат амонію, седиментаційно-фільтраційні показники соку, коагуляція, адсорбція, нецукри, чистота соку, вміст солей кальцію, забарвленість, карбонізація, адсорбент, вихід цукру.

АННОТАЦИЯ

Цырульникова В.В. Повышение эффективности технологических процессов очистки диффузионного сока с использованием дополнительных реагентов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.05 – технология сахаристых веществ и продуктов брожения. – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2012.

Диссертация посвящена повышению эффективности очистки соков путем использования дополнительных реагентов, природных сорбентов, отделения осадка до основного известкования.

Научно обосновано и экспериментально подтверждена высокая эффективность использования комплексного реагента «КРОСС-5» в количестве $4{,}0\cdot10^{-4}\ldots5{,}0\cdot10^{-4}$% к массе сока после преддефекосатурации преддефекованного сока, что позволяет существенно улучшить седиментационно-фильтрационные показатели преддефекосатурированного сока: более чем в 1,5 раза повышается скорость седиментации, в 2...3 раза уменьшается фильтрационный коэффициент. Это позволяет легко отделять преддефекосатурационный осадок не только на тонкослойных отстойниках, а и фильтр-прессах, фильтрах-сгустителях.

Введение в переддефекосатурированный сок реагента «КРОСС-5» обеспечивает повышение чистоты сока на 1,3…1,4 ед. за счет увеличения степени осаждения солей кальция на 60,0 %, ВМС белково-пектинового

комплекса и красящих веществ – на 70,0 % по сравнению с контрольным опытом, позволяет получить в условиях I и II сатурации почти чистый высокодисперсный карбонат кальция с повышенной адсорбционной способностью. Чистота сока II сатурации повышается на 1,8...1,7 ед., общий эффект очистки – на 12,6 %.

Механизм действия реагента «КРОСС-5» заключается в том, что макромолекулы поликатионного типа могут адсорбироваться разными своими частями одновременно на нескольких частицах дисперсной фазы, образуя между ними водородные связи. Электрическое взаимодействие между полимерными звеньями «КРОСС-5» и поверхностными зарядами суспендированных частиц вызывает дестабилизацию поверхностей отрицательно заряженных групп ВМС, что приводит к их быстрой коагуляции и осаждению, существенному улучшению седиментационно-фильтрационных характеристик сока, увеличению степени осаждения ВМС, солей кальция и красящих веществ.

Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что использование комплексного реагента «КРОСС-5» в схеме с отделением преддефекосатурационного осадка до основной дефекации, позволяет перейти на карбонизацию дефекованного сока непосредственно до pH, оптимального для II сатурации. Способ позволяет значительно повысить общий эффект очистки, чистота сока II сатурации повышается на 1,6 ед., содержание солей кальция уменьшается на 40,0 %, анионов кислот на – 44,0 %, цветность сока – на 48,0 % по сравнению с типовым способом. Общий расход извести на очистку уменьшается со 120,0 до 77,0 % CaO к массе несахаров диффузионного сока.

Теоретически обосновано и экспериментально подтверждена высокая эффективность использования дигидрофосфата аммония $NH_4H_2PO_4$ на начальной и заключительной стадии очистки диффузионного сока, что позволяет интенсифицировать химические и адсорбционные процессы в результате образования гидроксилапатита с большой удельной поверхностью.

Разработан способ интенсификации предварительной дефекации с отделением осадка несахаров до основной дефекации и использованием $NH_4H_2PO_4$ в количестве 0,10…0,20 % до м. с. для дополнительной очистки декантата преддефекованного сока, что позволяет увеличить полноту осаждения ВМС до 84,0 %, солей кальция – до 93,0 % и красящих веществ – до 27,0 % на поверхности образующегося гидроксилапатита. Это способствует повышению чистоты сока II сатурации на 2 ед., и, как следствие, увеличению выхода сахара на 0,45…0,50 %, позволит уменьшить расход извести на очистку на 0,5 %CaO к массе свеклы.

Разработан способ очистки диффузионного сока, позволяющий интенсифицировать химические и адсорбционные процессы на завершающей стадии очистки путем введения в фильтрованный сок I сатурации дигидрофосфата аммония $NH_4H_2PO_4$. в количестве 0,10…0,15 % к м. с.

Вследствие интенсивной адсорбции на поверхности гидроксилапатита степень осаждения ВМС увеличивается на 57 %, в том числе белковых веществ – на 70 %, содержание органических кислот и солей кальция снижается более

чем на 80 %, а цветность сока – более чем в два раза, что позволяет существенно повысить чистоту очищенного сока в среднем на 1,7…2,0 ед.

Предложен и теоретически обоснован механизм образования гидроксилапатита в высокощелочной среде при известковой очистке диффузионного сока с использованием дигидрофосфата аммония $NH_4H_2PO_4$.

Ключевые слова: известково-углекислотная очистка сока, преддефекосатурация, комплексный реагент, дигидрофосфат аммония, седиментационно-фильтрационные показатели сока, коагуляция, адсорбция, несахара, чистота сока, содержание солей кальция, цветность, карбонизация, адсорбент, выход сахара.

ANNOTATION

Tsirulnikova V.V. Increase of the efficiency of technological processes of diffusion juice purification using additional reagents. – Manuscript.

Thesis for Candidate of Technical Sciences Degree, Speciality 05.18.05 – Technology of Sugary Substances and Fermentation Products. – National University of Food Technologies, Kiev, 2012.

Results of the theoretical and experimental researches have been presented in the thesis concerning increase of the efficiency of raw juice purification with progressive predefecation, defecocarbonatation and use of flocculant “CROSS-5”. Addition of “CROSS-5” in the juice before removal predefecocarbonatation mud improved both the sedimentation/filtration properties and adsorptive capacity of the mud on 1st carbonatation and 2nd carbonatation. The mechanism of coagulation and adsorption of nonsugars and dye-stuffs of thin juice by use flocculant “CROSS-5” is scientifically proved. Thin juice had purity 1,4…2,0 units higher and calcium salts 71…81 % lower, colour – 44…54 % lower.

The analysis and comparison of the numerous literary data and results of own researches are directed on the further development of technology of production the white sugar high-quality. The overview describes the mechanism of formation calcium apatites which can be used for the efficiency of raw juice purification by means using $NH_4H_2PO_4$. The mechanism of adsorption of nonsugars and dye-stuffs of thick juice (after 1st carbonatation) is described.

Key words: raw juice purification, thick juice, nonsugars, dye-stuffs, efficiency, mathematical processing, sugar yield.