

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

РЕЗНІЧЕНКО ЮРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 664.1.037

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ВАПНОКАРБОНІЗАЦІЇ
ДИФУЗІЙНОГО СОКУ**

05.18.05 – Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Виговський Валерій Юрійович,
Національний університет харчових технологій,
професор кафедри технології цукру та полісахаридів

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

кандидат технічних наук,
Гусятинський Микола Володимирович,
докторант кафедри аудиту та економічного аналізу
Національного університету державної податкової
служби України

Захист відбудеться “ 18 ” березня 2010 року о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.04 Національного університету харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий “ ___ ” лютого 2010 року.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н., доц.

М.В. Карпутіна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Серед галузей агропромислового комплексу України бурякоцукрове виробництво посідає особливо важливе місце, оскільки має стратегічне значення у забезпеченні споживчого ринку та стабільності роботи підприємств харчової промисловості. Висока якість готової продукції та низька її собівартість – це ті головні чинники, що можуть сприяти конкурентноспроможності українського цукру. Особливо це важливо для бурякопереробних підприємств України після входження її до Світової організації торгівлі. На сьогоднішній день пріоритетним завданням галузі є збільшення обсягів промислового виробництва цукру за рахунок підвищення його виходу з одиниці сировини, підвищення його якості та зниження витрат вапна і собівартості готової продукції. Поставлене завдання може бути вирішене шляхом технічного переоснащення підприємств галузі, впровадження нових ефективних ресурсо- та енергозберігаючих технологій.

Вивченням проблем очищення дифузійного соку і виявленням основних їх закономірностей займались багато вітчизняних і зарубіжних вчених: М.О. Архипович, Л.П. Рева, Л.Д. Бобрівник, М.І. Даїшев, Л.М. Хомічак, П.П. Карташов, К.Д. Жура, В.М. Логвін, В.О. Лосева, А.А. Ліпець, Я. Добжицький, Р. Кон, І. Вашатко, А. Брігель-Мюллер, Ф. Шнайдер та інші, результати робіт яких були враховані і стали базою для постановки досліджень та при аналізі одержаних результатів.

Важливим напрямом розвитку науково-технічного прогресу є удосконалення і інтенсифікація технологічних процесів, підвищення ефективності діючого і створення нового високопродуктивного обладнання.

Від ефективності способу очищення дифузійного соку в значній мірі залежить потужність заводу, вихід цукру, його якість, витрата вапна, фільтрувальної тканини та енергетичних ресурсів. В зв'язку з цим актуальними є наукові дослідження, що проводяться з метою підвищення загального ефекту очищення дифузійного соку, створення нового і удосконалення існуючого обладнання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась згідно плану держбюджетної науково-дослідної тематики кафедри технології цукру та полісахаридів НУХТ “Розроблення, удосконалення, інтенсифікація та оптимізація технологічних процесів, апаратного оформлення у цукровому та крохмале-патоковому виробництві”.

Автор особисто провів лабораторні дослідження та брав участь в промислових випробуваннях, безпосередній участі в опрацюванні, аналізі та узагальненні експериментальних даних, а також у написанні та оформленні наукових публікацій по темі дисертаційної роботи.

Мета і завдання досліджень. Мета роботи – на основі теоретичних і експериментальних досліджень обґрунтувати і розробити спосіб проведення попередньої ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку, який дозволить покращити седиментаційно-фільтрувальні властивості осаду з мінімальною

витратою вапна, а також умов досягнення максимального ефекту очищення соку в результаті відокремлення осаду до основного вапнування.

Відповідно до поставленої мети були сформульовані такі завдання досліджень:

- провести експериментальні дослідження впливу вапнокарбонізації на ступінь видалення розчинних нецукрів дифузійного соку і седиментаційно-фільтрувальні властивості одержаного осаду;
- встановити раціональні витрати вапна на перший етап очищення (ступінчаста вапнокарбонізація) за умов додавання флокулянту;
- провести дослідження щодо визначення найефективнішого виду повертання карбонізаційного осаду та його кількості;
- провести дослідження впливу відокремлення осаду до основного вапнування і ступінчастого зниження лужності в процесі I та II карбонізацій на технологічні показники очищеного соку;
- визначити оптимальні параметри проведення удосконаленого способу попередньої ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку;
- на основі одержаних експериментальних даних розробити і випробувати у виробничих умовах спосіб очищення дифузійного соку з використанням ступінчастої попередньої вапнокарбонізації дифузійного соку з наступним відокремленням осаду до основного вапнування і карбонізацією вапнованого соку зі ступінчастим зниженням лужності на I та II карбонізаціях.

Об'єкт дослідження – способи очищення дифузійного соку та їх апаратне оформлення.

Предмет дослідження – дифузійний сік, сік та осад після попередньої ступінчастої вапнокарбонізації, сік основного вапнування, соки та осади I та II карбонізації, згущена суспензія осаду соків I та II карбонізації.

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

Наукова новизна одержаних результатів. Одержані в роботі результати поглиблюють загальні відомості щодо способів очищення дифузійного соку.

1. Встановлено, що одночасне вапнування та карбонізація дифузійного соку зі ступінчастим підвищенням рН забезпечує отримання необхідних для відокремлення осаду до основного вапнування седиментаційно-фільтрувальних показників осаду соку.

2. Встановлений, раніше невідомий вплив попередньої ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку залежність на підвищення ефекту видалення з дифузійного соку загального азоту, білків та пектинових речовин.

3. Встановлено, що найкращі седиментаційно-фільтрувальні показники осаду в соку після ступінчастої вапнокарбонізації та якісні показники очищеного соку досягаються за умов повертання у дифузійний сік всієї

згущеної суспензії соків після I та II карбонізацій.

4. Вперше встановлено, що вища ефективність введення флокулянта MAGNAFLOK LT-27 досягається при введенні його в сік після попередньої ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку в порівнянні з введенням його на різних етапах ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку у кількості $0,5 \cdot 10^{-4}$ % до маси соку за витрат вапна на вапнокарбонізацію 0,6...0,7% CaO до маси соку. При цьому підвищується швидкість осадження осаду на 25%, а фільтрувальний коефіцієнт зменшується в 2 рази.

Практичне значення одержаних результатів. На основі теоретичних і експериментальних досліджень розроблений спосіб проведення попередньої ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку, що забезпечує досягнення високих якісних показників очищеного соку та покращення седиментаційних та фільтрувальних показників осаду за умов відокремлення його до основного вапнування. Підвищення ефективності ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку вирішується шляхом повертання згущених суспензій після I та II карбонізацій та застосуванням флокулянту. Максимальне покращення технологічних показників вапнокарбонізованого соку спостерігається при повертанні всієї кількості суспензії соку I та II карбонізацій при витраті вапна на вапнокарбонізацію 0,6...0,7% CaO до маси соку та в сукупності з додаванням флокулянта Magnaflok LT-27 у кількості $0,5 \cdot 10^{-4}$ % до маси соку.

Встановлено, що відокремлення осаду до основного вапнування та наступна карбонізація вапнованого соку зі ступінчастим зниженням лужності під час I та II карбонізацій сприяє підвищенню чистоти соку на 1,1 %, а загальний ефект очищення при цьому складає 39,68%.

Розроблено апарат для проведення попередньої ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку (деклараційний патент на корисну модель № 37536, 2008 р.).

Річний економічний ефект від впровадження способу очищення з вапнокарбонізацією дифузійного соку, відокремленням осаду до основного вапнування та ступінчастим зниженням лужності на I карбонізації для заводу потужністю 6000 т. буряків на добу складає 1881,1 тис. грн. в цінах 2008 р.

Особистий внесок здобувача полягає в організації та проведенні лабораторних досліджень, опрацюванні, аналізі та узагальненні одержаних експериментальних даних, розробленні математичних моделей, проведенні досліджень в промислових умовах, підготовці результатів до публікації, а також апробації основних результатів роботи на науково-технічних конференціях. Автор брав безпосередню участь в організації та проведенні дослідно-промислових випробувань, розробленні апарату для проведення попередньої ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку, на який одержано 1 деклараційний патент України на корисну модель.

Аналіз, обговорення і узагальнення результатів досліджень проведено спільно з науковим керівником к.т.н., доц. Виговським В.Ю., а також д.т.н., проф. Логвіном В.М., д.т.н., проф. Хомічаком Л.М. та к.т.н., доц. Петриченком І.Б. Математична обробка експериментальних даних –

з д.т.н., проф. Гусятинською Н.А.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на наукових конференціях: 74-й Науковій конференції молодих вчених, аспірантів і студентів (Київ, НУХТ, 2008 р.), 75-й Науковій конференції молодих вчених, аспірантів і студентів (Київ, НУХТ, 2009 р.).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 7 друкованих праць, із них 4 статті у наукових фахових виданнях, перелік яких затверджено ВАК України, 1 патент України на корисну модель, 2 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура і об'єм роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаної літератури, який включає 203 найменування вітчизняних і зарубіжних джерел, 3 додатків. Робота викладена на 135 сторінках основного тексту, містить 25 рисунків і 19 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** “Сучасний стан технології очищення дифузійного соку” встановлено необхідність удосконалення існуючих і розроблення нових ефективних технологічних способів очищення дифузійного соку. Розглянуто основні групи нецукрів дифузійного соку та їх поведінку в процесах очищення його вапном та карбонатом кальцію. Визначено недоліки сучасної типової схеми очищення дифузійного соку за умов перероблення буряків низької якості, а також технологічні напрями, які б забезпечили максимальний ступінь видалення нецукрів із соку (з отриманням високих седиментаційно-фільтрувальних показників) при раціональній витраті вапна. Узагальнено світовий і вітчизняний науково-практичний досвід інтенсифікації процесів очищення дифузійного соку, в результаті чого було поставлене завдання дослідити та розробити спосіб очищення дифузійного соку з відокремленням осаду до основного вапнування після попередньої ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку та використанням флокулянтів.

У **другому розділі** «Об'єкти та методи досліджень» наведено характеристики об'єкта, предмету, методів та умов проведення досліджень.

У процесі досліджень використано загальноприйняті методи визначення основних технологічних показників соків та сиропу. Вміст білкових речовин визначали фотоколориметричним методом, який ґрунтується на біуретовій реакції присутніх в соках білків, вміст пектинових речовин – кальцій-пектатним методом.

Масову частку сахарози (Цк) в продуктах визначали інструментальним методом з використанням сахариметра СУ-4. Концентрацію сухих речовин (СР) у продуктах визначали з використанням рефрактометра РПЛ-3. Забарвленість продуктів в одиницях оптичної густини визначали з використанням колориметру фотоелектричного концентраційного КФК-3.

Планування експерименту, постановку та розв'язання задач оптимізації проводили за допомогою сучасних методів математичного оброблення даних. Статистичне оброблення результатів експериментальних досліджень, побудову графіків виконано з використанням пакету прикладних програм Mathcad Professional 13 та Microsoft Office Excel 2003.

Третій розділ «Розробка способу очищення з використанням ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку» присвячений ефективності використання попередньої ступінчастої вапнокарбонізації з метою отримання високих седиментаційно-фільтрувальних показників осаду, що забезпечують відокремлення його до основного вапнування та якісних показників соку.

Встановлено, що підвищення ефективності попередньої ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку досягається за умов: повертання в дифузійний сік всієї згущеної суспензії соків після I (рис.1) та II (табл.1) карбонізації за умови відокремлення осаду до основного вапнування. При цьому покращуються седиментаційно-фільтрувальні показники осаду соку після вапнокарбонізації та якісні показники очищеного соку.

Таблиця 1

Вплив зони введення повертання суспензії соку II карбонізації на седиментаційно-фільтрувальні властивості осаду після вапнокарбонізації та якісні показники очищеного соку.

Зони введення повертань згущеної суспензії соку після II карбонізації	Показники осаду соку після вапнокарбонізації			Показники очищеного соку		
	S ₅ , см/хв	V ₂₅ , %	F _к , с/см ²	Ca ²⁺ , %СаО на 100 г СР	Забарвленість, од. опт. густини на 100 г СР	Ч, %
Без повертань	2,8	18,9	3,6	0,257	293	89,92
дифузійний сік	4,1	15,6	1,6	0,127	164	90,4
в зону з рН 9,0-9,5	3,8	16,2	1,9	0,136	169	90,37
-/- 10,0	3,7	16,7	2,2	0,145	178	90,21
-/- 10,5	3,4	17,1	2,35	0,151	189	90,12
-/- 1, 0	3,2	117,7	2,5	0,159	206	90,01

З наведеної таблиці 1 та рисунка 1 видно, що кращі седиментаційно-фільтрувальні показники осаду після вапнокарбонізації та якісні показники очищеного соку досягаються за умов додавання осаду до початку коагуляції ВМС. Осад, що повертається, приймає участь в утворенні компактних агрегатів,

що сприяє більш повному осадженню ВМС. Причому з підвищенням величини рН зони введення суспензії ці показники погіршуються.

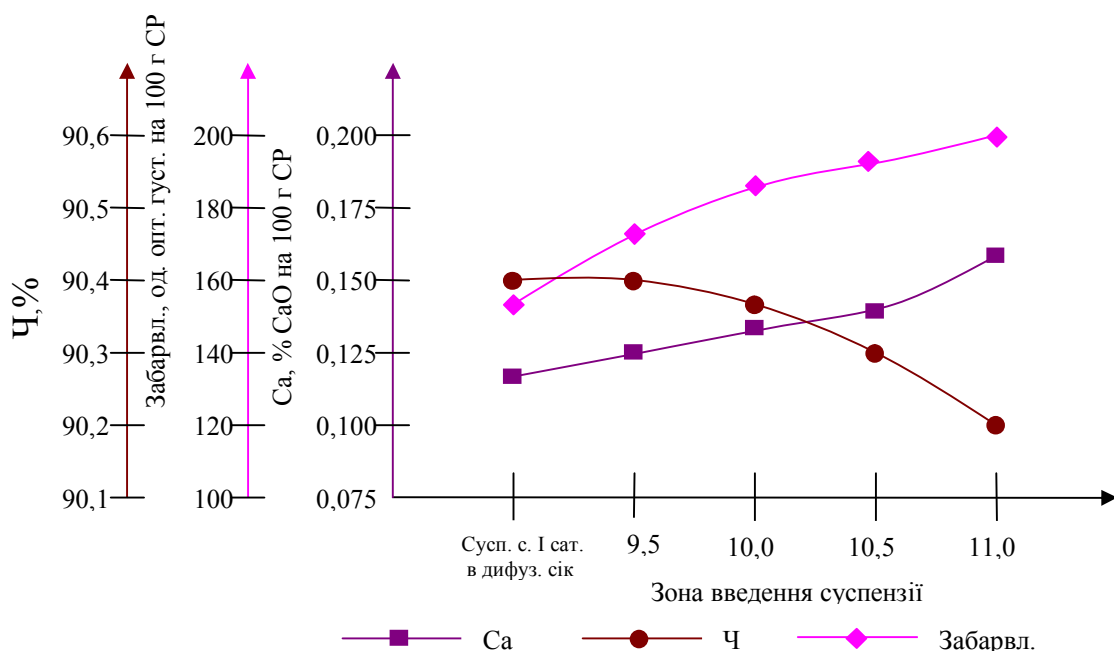


Рис.1. Залежність якісних показників очищеного соку від зони введення суспензії соку I карбонізації

В результаті проведених досліджень встановлено, що використання флокулянта Magnaflok LT-27 приводить до укрупнення агрегатів осаду, за рахунок чого покращуються седиментаційно-фільтрувальні властивості осаду вапнокарбонізованого соку (рис.2), підсилюється ефективність розділення суспензії та покращуються якісні показники очищеного соку.

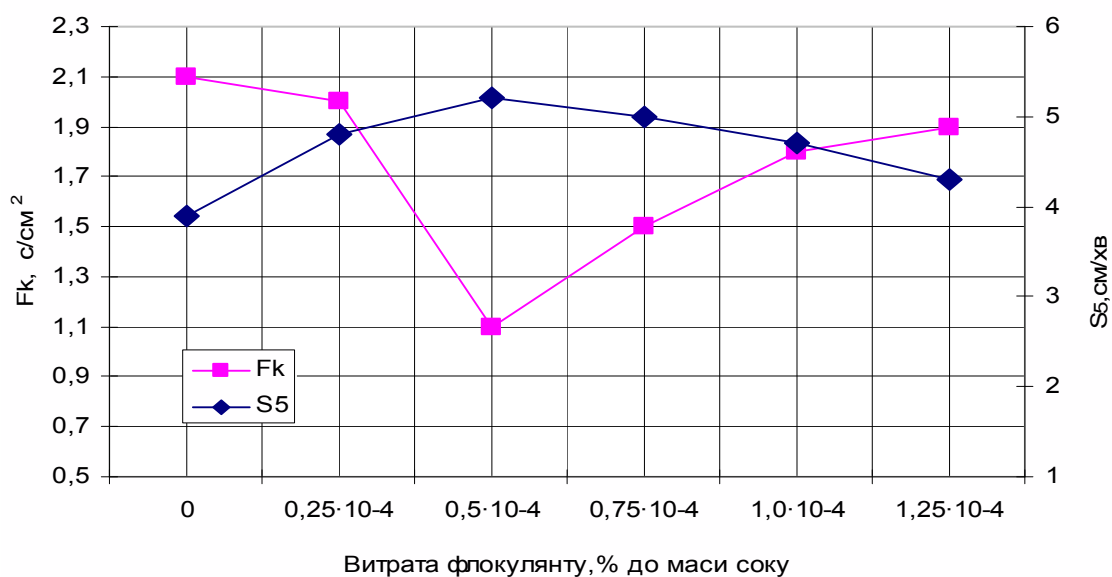


Рис.2. Залежність фільтрувального коефіцієнта та швидкості осадження осаду перед основним вапнуванням від витрат флокулянта Magnaflok LT-27

Найбільш оптимальні умови для агрегації спостерігаються за витрати флокулянта $0,5 \cdot 10^{-4}\%$ до маси соку (рис.2.), що позитивно впливає на фільтрувальний коефіцієнт та швидкість осадження. Подальше додавання флокулянту збільшує масу органічної частини агрегатів осаду, оскільки флокулянт має органічне походження, що приводить до погіршення фільтрувальних властивостей агрегатів осаду, сформованих під час проведення одночасного вапнування і карбонізації дифузійного соку зі ступінчастим підвищенням рН.

Таким чином (табл. 2), використання попередньої ступінчастої вапнокарбонізації у способі з відокремленням осаду до основного вапнування сприяло зменшенню вмісту білкових (БР) і пектинових речовин (ПР) (відповідно на 36 та 46%) у соку І карбонізації. До того ж візуальні спостереження за якістю декантату вапнокарбонізованого соку показали, що він був прозорим, без завислих частинок, тоді як за типовим способом попередньовапнований сік був мутним.

Таблиця 2

**Вміст білків та пектинових речовин в соку І карбонізації
в залежності від способу очищення**

№ пор.	Білкові речовини(БР) чи пектинові речовини(ПР)	Дифузійний сік	Сік І карбонізації	
			Спосіб з відокремленням осаду до основного вапнування	Типовий спосіб без відокремленням осаду до основного вапнування
			% на 100 г СР	% на 100 г СР
1.	БР	0,85	0,11	0,17
	ПР	0,122	0,016	0,027
2.	БР	0,82	0,10	0,15
	ПР	0,119	0,013	0,026
3.	БР	0,79	0,09	0,16
	ПР	0,101	0,011	0,019
4.	БР	0,84	0,12	0,19
	ПР	0,131	0,014	0,030
5.	БР	0,81	0,13	0,18
	ПР	0,107	0,012	0,020
6.	БР	0,86	0,14	0,21
	ПР	0,100	0,012	0,023
сер.	БР	0,83	0,115	0,18
	ПР	0,113	0,013	0,024

У четвертому розділі “Дослідження ефективності очищення дифузійного соку з відокремленням осаду після попередньої ступінчастої

вапнокарбонізації” висвітлюються результати досліджень щодо впливу відокремлення осаду до основного вапнування і ступінчастого зниження лужності на I та II карбонізаціях на технологічні показники очищених соків.

В ході досліджень встановлено, що відокремлення осаду до основного вапнування і карбонізація вапнованого соку зі ступінчастим зниженням лужності сприяють, у значній мірі, підвищенню ефекту очищення соку, при цьому чистота очищеного соку підвищується на 1,1 од., а ефект очищення на 9,3% (табл.3).

Таблиця 3

Порівняльна оцінка різних способів очищення дифузійного соку

Способи очищення дифузійного соку	Сік II карбонізації			E _{оч}
	Ч, %	Солі Ca ²⁺ , % CaO на 100 г СР	Забарвленість, од. опт. густини на 100 г СР	
1. Попередня ступінчаста вапнокарбонізація дифузійного соку, основне вапнування, I і II карбонізації за умов постійної лужності.	90,9	0,317	214	29,41
2. Попередня ступінчаста вапнокарбонізація дифузійного соку, відокремлення осаду, основне вапнування, I і II карбонізації за умов постійної лужності.	91,7	0,296	196	36,2
3. Попередня ступінчаста вапнокарбонізація дифузійного соку, відокремлення осаду, основне вапнування, I і II карбонізація зі ступінчастим зниженням лужності.	92,0	0,279	179	38,7
4. Попередня ступінчаста вапнокарбонізація дифузійного соку, основне вапнування, I і II карбонізація зі ступінчастим зниженням лужності.	91,4	0,342	188	33,65

Покращення якісних показників очищеного соку, за умов відокремлення осаду до основного вапнування, можна пояснити слідуючими причинами: по-перше, відокремлення осаду до основного вапнування запобігає зворотному переходу частини осаджених під час вапнокарбонізації нецукрів з осаду в сік при проведенні основного вапнування в умовах високої температури та лужності, а по-друге покращити умови очищення соку під час проведення карбонізації.

Дослідження показали, що за умов відокремлення осаду до основного вапнування раціональні витрати вапна на основне вапнування складають: при переробленні буряків нормальної якості 0,6...0,8% CaO до маси соку (35-40% до маси нецукрів) (рис.3) і 1,4...1,6% до маси соку (45-55% до маси нецукрів) при переробленні буряків погіршеної якості (рис.4).

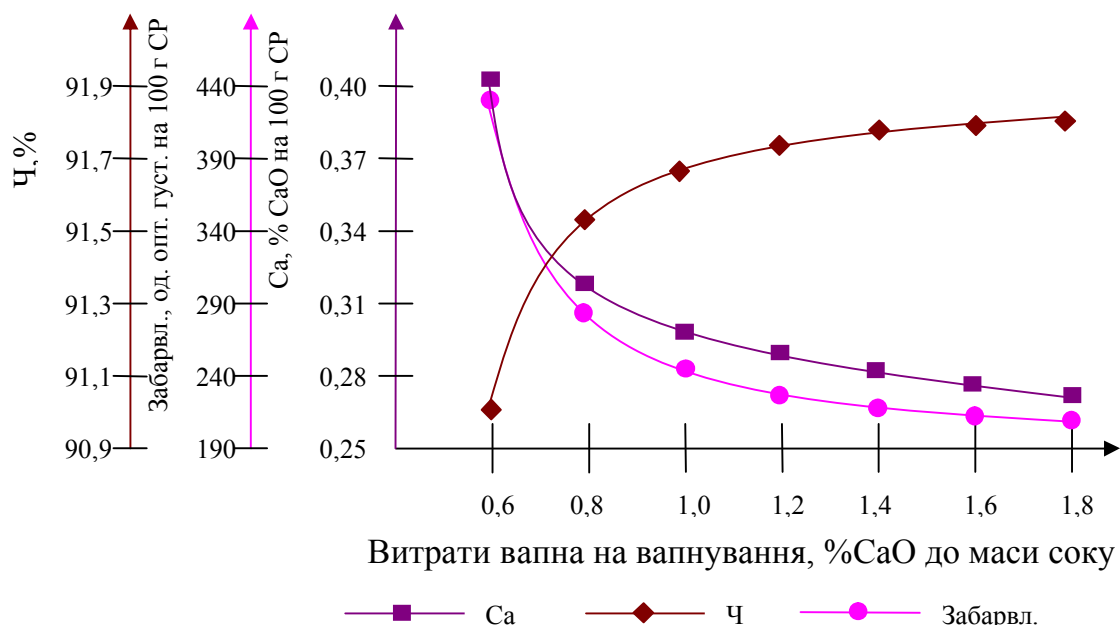


Рис.3. Вплив витрати вапна, при проведенні процесу вапнування, на якісні показники очищеного соку, при переробленні буряків нормальної якості

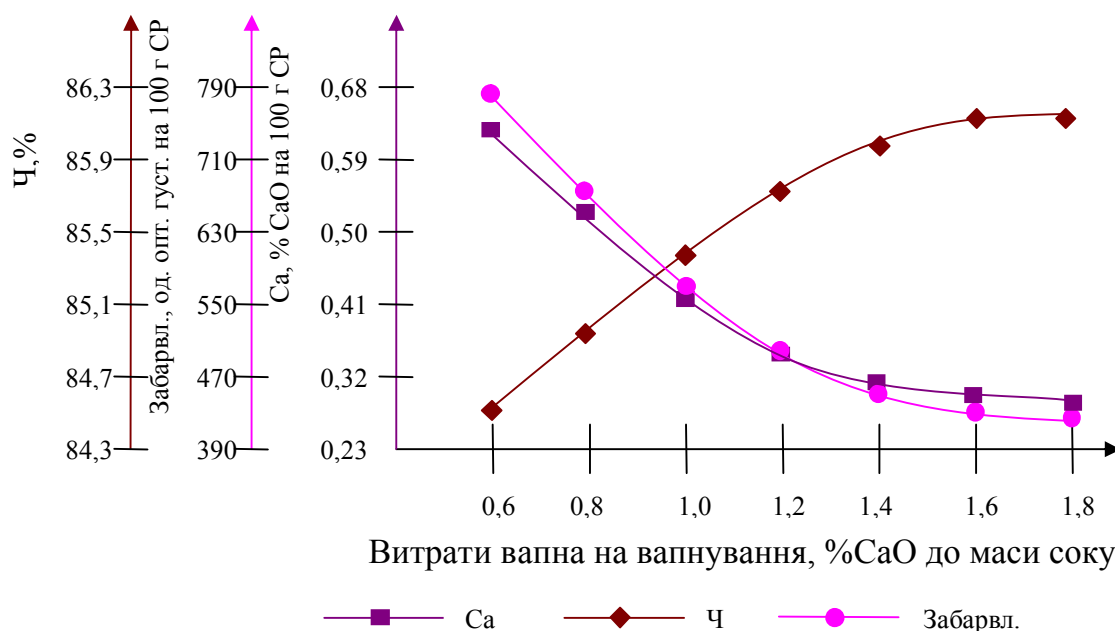


Рис.4. Вплив витрати вапна, при проведенні процесу вапнування, на якісні показники очищеного соку, при переробленні буряків погіршеної якості

Встановлено, що застосування карбонізації зі ступінчастим зниженням лужності в способі очищення дифузійного соку з відокремленням осаду до основного вапнування, не надає можливість карбонізувати сік до кінцевої лужності соку II карбонізації без проміжної фільтрації (табл.4).

З метою визначення впливу кінцевої лужності карбонізованого соку на якісні технологічні показники очищеного соку, за однієї карбонізації, проводили наступні дослідження. Сік, оброблений по способу попередньої вапнокарбонізації, після відокремлення осаду направляли на основне вапнування і карбонізували його до кінцевої лужності II карбонізації за способами наведеними в таблиці 4. Використовували дифузійний сік чистотою 85,8 од. На основне вапнування витрачали 1,5% CaO до маси соку. Тривалість основного вапнування 10 хвилин. Тривалість I карбонізації 10 хвилин.

Таблиця 4.

**Вплив способу очищення дифузійного соку
на якісні показники очищеного соку**

Способи очищення дифузійного соку	Якісні показники очищеного соку			
	$E_{оч}$, %	Ч, %	Забарвленість, од.опт. густини на 100 г СР	Соли Са, % СаО на 100 г СР
1. Карбонізація за умов постійної лужності до лужності соку II карбонізації.	32,1	89,9	226	0,345
2. Карбонізація зі ступінчастим зниженням лужності до лужності II карбонізації.	35,1	90,3	189	0,281
3. I карбонізація зі ступінчастим зниженням лужності, відокремлення осаду, вапнування, II карбонізація.	38,0	90,7	163	0,234
4. Типовий спосіб очищення дифузійного соку.	35,8	90,4	178	0,259

Дослідження показали, що найкращі результати отримані за способом очищення, що включає I карбонізацію вапнованого соку зі ступінчастим зниженням лужності, відокремлення осаду, вапнування, II карбонізацію. Чистота очищеного соку при цьому склала 90,7 од.; забарвленість – 163 од. опт. густини на 100 г СР і вміст солей кальцію 0,234% СаО на 100 г СР. Значно поступаються якісні показники очищеного соку одержані за способом з карбонізацією за умов постійної лужності, за якого чистота соку становить 89,9 од.; забарвленість – 226 од. опт. густини на 100 г СР і вміст солей кальцію – 0,345% СаО на 100 г СР. В цілому ефект очищення ($E_{оч}$) за способом, що включає I карбонізацію зі ступінчастим зниженням лужності, відокремлення осаду, вапнування і II карбонізацію вище ніж за способом з карбонізацією за постійної лужності до кінцевої лужності соку після II карбонізації на 5,9%.

У п'ятому розділі “Розробка способу очищення дифузійного соку з відокремлення осадку після попередньої ступінчастої вапнокарбонізації та апарата для його проведення” викладені результати досліджень щодо розроблення ефективного способу очищення дифузійного соку та наведена конструкція апарата.

Розроблено спосіб очищення дифузійного соку, завдяки якому досягається утворення осадку з високими седиментаційно-фільтрувальними властивостями і соку з високим ефектом очищення. Спосіб включає попередню вапнокарбонізацію дифузійного соку зі ступінчастим підвищенням лужності до кінцевого значення $pH=11,0$ з послідовним додаванням флокулянта Magnaflok LT-27 у кількості $0,5 \cdot 10^{-4}$ до маси соку, відокремлення осадку, основне вапнування, I карбонізацію зі ступінчастим зниженням лужності соку, відокремлення осадку, вапнування, II карбонізацію зі ступінчастим зниженням лужності соку, повертання суспензій на вапнокарбонізацію.

З метою визначення ефективності розробленого способу очищення дифузійного соку в лабораторних умовах були проведені порівняльні дослідження наступних способів очищення: №1 запропонованого способу очищення, що включає попередню вапнокарбонізацію дифузійного соку зі ступінчастим підвищенням лужності та pH соку до 11,0, відокремлення осадку, основне вапнування, I і II карбонізації зі ступінчастим зниженням лужності; №2 способу очищення дифузійного соку, що включає тепле прогресивне попереднє вапнування, комбіноване тепло-гаряче основне вапнування, I карбонізацію, вапнування перед II карбонізацією і II карбонізацію. Карбонізації за умов постійної лужності (типова схема); №3 способу очищення дифузійного соку, що включає гаряче прогресивне попереднє вапнування, гаряче основне вапнування, I карбонізацію, вапнування перед II карбонізацією і II карбонізацію. Карбонізації за умов постійної лужності; №4 способу очищення дифузійного соку, що включає попереднє вапнування, відокремлення осадку до основного вапнування, основне вапнування, I і II карбонізації за умов постійної лужності. Середні седиментаційно-фільтрувальні показники осадку в соках після вапнокарбонізації та I карбонізації, отримані за умов очищення дифузійного соку за чотирима способами очищення наведені в таблиці 5.

Таблиця 5

Залежність седиментаційно-фільтрувальних властивостей осадку соків після вапнокарбонізації та I карбонізації від способу очищення

Способи очищення дифузійного соку	Вапнокарбонізований сік і сік після попереднього вапнування					Сік I карбонізації				
	лужн., %CaO індик. м/о	лужн., %CaO з індик. ф/ф	Седиментаційно-фільтрувальні показники осадку			лужн., %CaO з індик. м/о	лужн., %CaO з індик. ф/ф	Седиментаційно-фільтрувальні показники осадку		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Спосіб №1	0,82	0,09	1,02	5,2	13,1	1,71	0,07	0,8	5,2	12,5

Продовження табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Спосіб №2	-	-	-	-	-	2,6	0,065	2,1	4,1	19,6
Спосіб №3	-	-	-	-	-	2,39	0,07	2,9	4,3	17,8
Спосіб №4	0,30	0,15	9,7	3,1	20,6	2,25	0,08	1,4	4,5	16,3

Чистота дифузійного соку за всіх способів складала 87,1%. Дослідження показали, що кращі седиментаційно-фільтрувальні показники осаду соку відповідають способу №1.

В таблиці 6 наведені якісні показники очищеного соку, одержані за способами №1–4.

Таблиця 6

Порівняльний аналіз ефективності очищення за різними способами очищення

Способи очищення дифузійного соку	Дифузійний сік	Сік II карбонізації			
	Ч, %	Ч, %	Вміст солей кальцію, % СаО на 100 г СР	Забарвленість, од. опт. густини на 100 г СР	Е _{оч} , %
Спосіб №1	87,1	91,8	0,143	156	39,68
Спосіб №2	87,1	91,0	0,219	205	33,22
Спосіб №3	87,1	90,8	0,244	232	31,58
Спосіб №4	87,1	91,3	0,198	187	35,66

З таблиці 6 видно, що відокремлення осаду до основного вапнування і карбонізація вапнованого соку зі ступінчастим зниженням лужності соку I та II карбонізацій сприяють підвищенню чистоти очищеного соку за розробленим способом(№1) в порівнянні з типовою схемою очищення (№2) на 0,8 од.

Базуючись на одержаних лабораторних дослідженнях нами була розроблена конструкція вапнокарбонізатора, яка дозволила проводити процес попередньої вапнокарбонізації зі ступінчастим підвищенням рН до 11,0, забезпечуючи високий коефіцієнт використання сатураційного газу та тривалу роботу апарата без зупинки на очищення (рис.5). Апарат складається з корпусу 1 прямокутної форми, нижня частина якого розділена трьома перегородками 2 на чотири секції.

У нижній частині перша секція має патрубок для підведення дифузійного соку і суспензії. Сік з газом, що подається через патрубок 12, рухаються у прямоотці. В верхній частині апарата сік переливається в зону дегазації звідки направляється патрубком 4 в наступну секцію. Принцип направлення потоків в другій та третій секціях аналогічний. У комунікації підведення соків між секціями підведені патрубки введення вапняного молока 5. В четверту секцію, підведення соку з вапняним молоком здійснюється в циркуляційну трубу 6. У першій, другій, третій секціях в нижній частині апарата розташований циліндричний розподільник газу з концентричними щілинами у верхній частині та по боках циліндра 7. В середині розподільника газу розміщений вал з очисними "пальцями", які здійснюють в щілинах зворотно-поступальний рух і очищають щілини від твердої фази, що відклалася на газорозподільних пристроях. У четвертій секції встановлені повздовжні барботери 8, що також мають пристрій для очищення накипу. Кожна з секцій має патрубки для проведення періодичного виведення піску 9.

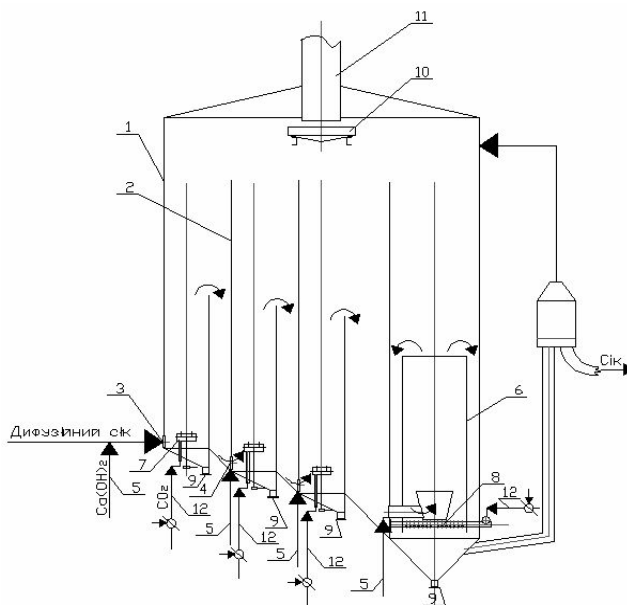


Рис.5. Вапнокарбонізатор

У верхній частині розміщений краплеуловлювач 10, відпрацьований газ відводиться через патрубок 11.

Запропонований спосіб очищення дифузійного соку представлений на рисунку 6.

Дифузійний сік потрапляє в збірник 1 в який додається згущена суспензія соку II карбонізації і після підігріву в підігрівнику 2 до заданої температури направляється разом зі згущеною суспензією соку I карбонізації в першу секцію ступінчастого вапнокарбонізатора 3.

Сік з контрольного ящика вапнокарбонізатора 3 насосом подається через підігрівник 2 на відстійник 5. Згущена суспензія фільтрується на камерних фільтр-пресах 6. Фільтрований сік після фільтр-пресів та відстійників обробляється вапном та надходить в апарат теплого ступеня основного вапнування 7. Далі сік через підігрівачі 2 де підігрівається до заданої температури, надходить в апарат гарячого ступеня основного вапнування 8.

Вапнований сік обробляється сатураційним газом в двох апаратах I карбонізації 9,10 зі ступінчастим зниженням лужності.

Після I карбонізації сік насосом подається в напірний збірник, звідки надходить на листові фільтри-згущувачі 11. Згущена суспензія подається в збірник перед вапнокарбонізатором 3. Фільтрат направляється на II

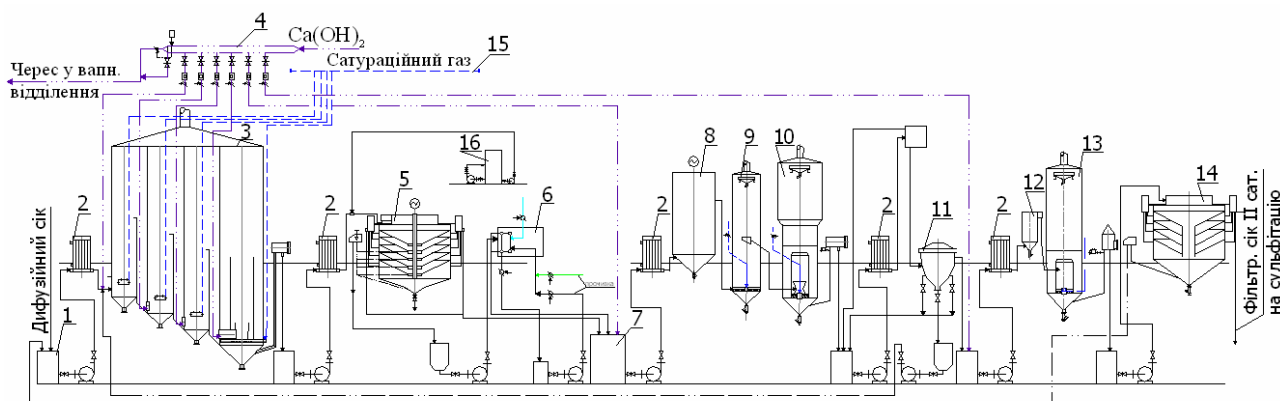


Рис. 6. Технологічна схема очищення дифузійного соку з використанням попередньої ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку та відокремлення осаду до основного вапнування:

1 – сенсibilізатор; 2 – підігрівач; 3 – вапнокарбонізатор; 4- колектор вапняного молока; 5 – відстійник; 6 – фільтр-прес; 7 – теплий дефекатор; 8 – гарячий дефекатор; 9 – ІА карбонізатор; 10 – ІБ карбонізатор; 11 – фільтр листовий; 12 – дефекатор перед ІІ карбонізацією; 13 – ІІ карбонізатор; 14 – відстійник-дозрівач; 15 – колектор сатураційного газу; 16 – вузол дозування флокулянта.

вапнокарбонізацію 12, 13, далі надходить на відстоювання у відстійник-дозрівач 14.

Покращення седиментаційних і фільтрувальних властивостей осаду в соку після попередньої ступінчастої вапнокарбонізації досягається за рахунок високої адсорбційної та об'єднуючої здатності карбонату кальцію під час росту часток щодо ВМС. Ступінчасте оброблення дифузійного соку згущеною суспензією соку ІІ карбонізації, суспензією соку І карбонізації з вапнокарбонізацією створює найбільш сприятливі умови для агрегації високомолекулярних речовин дифузійного соку з частинками карбонату кальцію. Іони кальцію і частки карбонату кальцію сприяють коагуляції високомолекулярних речовин і входять в склад агрегатів осаду, обумовлюючи їх склад і структуру. Ступінчасте підвищення рН вапнокарбонізованого соку до 11,0 сприяє досягненню максимальної повноти осадження різних груп високомолекулярних сполук, агрегації коагуляту з карбонатом кальцію в крупні, щільні і стійкі частки осаду, що має високі седиментаційні та фільтрувальні властивості.

Шостий розділ “Виробничі випробування запропонованого способу очищення дифузійного соку” присвячено випробуванням розробленого способу очищення дифузійного соку з використанням попередньої ступінчастої вапнокарбонізації та відокремлення осаду до основного вапнування. На Кобеляцькому цукровому заводі були проведені виробничі випробування розробленого способу очищення дифузійного соку з метою порівняння його ефективності зі способом, що використовується в заводі.

Порівняльні дослідження розробленого способу підтвердили більш високу ефективність очищення за якісними показниками очищеного соку та седиментаційно-фільтрувальними показниками осаду соку.

При очищенні дифузійного соку за розробленим способом, що передбачає попередню вапнокарбонізацію зі ступінчастим підвищенням рН до 11,0, відокремлення осаду, основне вапнування, I карбонізацію, фільтрацію, вапнування, II карбонізацію, чистота очищеного соку вище чистоти очищеного соку за способом, що використовується в заводі на 1,0...1,3 од.; вміст солей кальцію менше на 0,029...0,069% CaO на 100 г СР, забарвленість нижче на 16,8...41,2 од. опт. густини на 100 г СР.

Впровадження розробленої схеми дозволило отримати осад з необхідними седиментаційно-фільтрувальними властивостями. Так, при витраті вапна на вапнокарбонізацію 40...50% від загальних витрат його на очищення по заводській схемі фільтрувальний коефіцієнт вапнокарбонізованого соку виявився меншим, ніж для соку I карбонізації за заводською схемою на 0,8 од., швидкість осадження за перші 5 хвилин вище за розробленим способом очищення на 0,7 см/хв, а об'єм осаду через 25 хвилин менший на 6,3%.

В ході виробничих випробувань підтверджені наявні в літературі дані про ефективне видалення нецукрів за карбонізації зі ступінчастим зниженням лужності при проведенні I та II карбонізацій. При цьому чистота соку II карбонізації підвищується на 1,0...1,3%.

На основі отриманих даних можна рекомендувати, при переробленні буряків різної якості, проведення очищення за запропонованим способом очищення дифузійного соку.

ВИСНОВКИ

Запропоноване у дисертації практичне вирішення проблеми підвищення ефективності очищення соків шляхом використання попередньої ступінчастої вапнокарбонізації з повертанням згущених суспензій після I та II карбонізацій та додаванням флокулянту дозволяють зробити наступні висновки:

1. Розроблено новий спосіб очищення дифузійного соку з відокремленням осаду після попередньої ступінчастої вапнокарбонізації в сукупності з додаванням флокулянту Magnaflok LT-27 та карбонізації вапнованого соку зі ступінчастим зниженням лужності на I та II карбонізаціях, який дозволяє одержати високий ефект очищення соку та зменшити загальні витрати вапна.

Встановлено значне покращення технологічних показників очищеного соку за умов повертання всієї кількості згущених суспензій соків після I та II карбонізацій на попередню ступінчасту вапнокарбонізацію дифузійного соку, за умови відокремлення осаду до основного вапнування, за витрат вапна на вапнокарбонізацію 0,6...0,7% до маси соку та в сукупності з додаванням флокулянту Magnaflok LT-27 у кількості $0,5 \cdot 10^{-4}$ до маси соку. Установлено, що найбільш ефективним місцем вводу суспензій соку I та II карбонізацій є дифузійний сік.

2. Встановлено, що використання попередньої ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку у способі з відокремленням осаду до основного вапнування сприяло зменшенню вмісту загального азоту, білкових та пектинових речовин на 8,4%, 36% та 46% відповідно

3. Розроблено математичну модель, обрано узагальнені критерії оптимізації та розв'язана задача оптимізації витрат флокулянта Magnaflok LT-27 на проведення попередньої ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку. Оптимальна витрата флокулянту складає $-0,5 \cdot 10^{-4}\%$ до маси соку. Встановлено, що застосування флокулянта MAGNAFLOK LT-27 після проведення попередньої ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку сприяє підвищенню швидкості седиментації осаду в соку після вапнокарбонізації на 25,0 %, зменшенню фільтрувального коефіцієнта майже в 2 рази, зниженню забарвленості очищеного соку на 39,1 %, та зменшення вмісту солей кальцію в 2 рази.

4. Встановлено, що відокремлення осаду до основного вапнування і карбонізація вапнованого соку зі ступінчастим зниженням лужності під час I та II карбонізацій сприяє значному підвищенню ефекту очищення – чистота очищеного соку підвищується на 0,8...1,1 од., ефект очищення на 6,5 %, а також забезпечує високі седиментаційно-фільтрувальні властивості осаду в соку після I карбонізації: фільтрувальний коефіцієнт не перевищує 1,5 од., швидкість седиментації S_5 не нижче 4,2 см/хв., об'єм осаду через 25 хвилин не перевищує 21%.

5. Визначено, що витрати вапна на основне вапнування за умов відокремлення осаду до основного вапнування під час перероблення буряків нормальної та пониженої якості відповідно складають 0,6...0,8 та 1,4...1,6% CaO до маси соку. За умов використання способу очищення дифузійного соку з попередньою ступінчастою вапнокарбонізацією дифузійного соку та відокремленням осаду до основного вапнування витрати вапна на 0,6...0,8% CaO до маси соку нижчі ніж за типового способу.

6. Розроблена конструкція чотирьохсекційного апарата попередньої ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку.

7. Виробничі випробування удосконаленого способу очищення дифузійного соку, проведені в виробничий сезон 2008 р. на Кобеляцькому цукровому заводі, показали його переваги перед способом, що використовується на заводі у відношенні отримання осаду з необхідними седиментаційно-фільтрувальними властивостями та підвищення загального ефекту очищення соку.

Розрахунковий економічний ефект від впровадження розробленого способу очищення дифузійного соку з відокремленням осаду після попередньої ступінчастої вапнокарбонізації і карбонізації вапнованого соку зі ступінчастим зниженням лужності на I та II карбонізаціях склав 1881,1 тис.грн.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Ефективність використання флокулянта в процесі вапнокарбонізації зі ступінчастим підвищенням рН / Ю.М. Резніченко, В.Ю. Виговський,

В.М. Логвін, Л.М. Хомічак, І.Б. Петриченко // Цукор України.–2007.–№5-6. – С.22–24.

Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, участь в узагальненні одержаних результатів, підготовка матеріалів до публікації.

2. Прогресивна вапнокарбонізація як один із методів підвищення ефективності очищення дифузійного соку / Ю.М. Резніченко, В.Ю. Виговський, В.М. Логвін, Л.М. Хомічак, І.Б. Петриченко // Цукор України.–2008.–№2.– С.21–23.

Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, участь в узагальненні одержаних результатів, підготовка матеріалів до публікації.

3. Відділення осаду до основного вапнування в схемі з використанням прогресивної вапнокарбонізації / Ю.М. Резніченко, В.Ю. Виговський, В.М. Логвін, І.Б. Петриченко // Цукор України.–2008.–№4.– С.13–15.

Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, участь в узагальненні одержаних результатів, підготовка матеріалів до публікації.

4.. Шляхи підвищення ефективності очищення дифузійного соку / Л.М. Хомічак, І.Б. Петриченко, В.Ю. Виговський, О.М. Калініченко, Ю.М. Резніченко // Цукор України.–2005.–№5.– С.20–22.

Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, участь в узагальненні одержаних результатів, підготовка матеріалів до публікації.

5. Пат. №37536, МПК (2006) С13D3/00. Вапнокарбонізатор / Виговський В.Ю., Резніченко Ю.М., Логвін В.М., Петриченко І.Б., Яценко О.А.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій, заявл. 25.07.2008; опубл. 25.11.2008, Бюл. №22.

Особистий внесок: проведення патентного пошуку, виконання експериментальних досліджень, опрацювання експериментальних даних, участь у підготовці та написанні заявки на патент.

6. Резніченко Ю.М. Дослідження ефективності використання флокулянта в процесі ступінчатої вапнокарбонізації / В.Ю. Виговський, Ю.М. Резніченко, В.М. Логвін // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 74-а наук. конф. молодих вчених, аспіратів і студентів, 21–22 квітня 2008 р.: тези доп.–К.: НУХТ, 2008.– С.172.

Особистий внесок: проведення досліджень, опрацювання експериментальних даних, оформлення тез доповіді.

7. Резніченко Ю.М. Підвищення ефективності очищення дифузійного соку шляхом використання попередньої ступеневої вапнокарбонізації. / В.Ю. Виговський, Ю.М. Резніченко, В.М. Логвін // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 75-а наук. конф. молодих вчених, аспіратів і студентів, 13-14 квітня 2009р.: тези доп.–К.: НУХТ, 2009.– С. 183-184.

АНОТАЦІЯ

Резніченко Ю.М. Удосконалення попередньої вапнокарбонізації дифузійного соку. – 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, 2010.

Робота присвячена підвищенню ефективності очищення соків шляхом використання попередньої ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку з подальшим відокремленням осаду до основного вапнування.

Розроблено новий спосіб очищення дифузійного соку з відокремленням осаду після ступінчастої вапнокарбонізації в сукупності з додаванням флокулянту Magnaflok LT-27 та карбонізації вапнованого соку зі ступінчастим зниженням лужності на I та II карбонізаціях, який дозволяє одержати високий ефект очищення соку та зменшити загальні витрати вапна. Встановлено значне покращення технологічних показників очищеного соку за умов повертання всієї кількості суспензії соку I та II карбонізацій на ступінчасту вапнокарбонізацію дифузійного соку за витрат вапна на вапнокарбонізацію 0,6...0,7% до маси соку та в сукупності з додаванням флокулянту Magnaflok LT-27 у кількості $0,5 \cdot 10^{-4}$ до маси соку. Визначено, що найбільш ефективною точкою вводу суспензій соку I та II карбонізацій є дифузійний сік.

Розроблено апарат для проведення попередньої ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку (декларацийний патент на корисну модель № 37536, 2008 р.).

Використання попередньої ступінчастої вапнокарбонізації дифузійного соку з подальшим відокремленням осаду до основного вапнування надає можливість зменшити загальні витрати вапна відповідно на 0,6...0,7%CaO до маси соку при зберіганні високих якісних показників очищеного соку.

Встановлено, що спосіб очищення дифузійного соку з відокремленням осаду до основного вапнування, не надає можливості карбонізувати сік основного вапнування до кінцевої лужності II карбонізації без проміжної фільтрації.

Використання в способі очищення дифузійного соку відокремлення осаду до основного вапнування і карбонізації вапнованого соку зі ступінчастим зниженням лужності на I карбонізації сприяє значному підвищенню ефекту очищення – чистота очищеного соку підвищується на 1,1 %, а загальний ефект очищення складає 39,68%.

Ключові слова: очищення дифузійного соку, вапнокарбонізація, флокулянт, адсорбент, вихід цукру.

АННОТАЦИЯ

Резниченко Ю.Н. Усовершенствование предварительной дефекосатурации диффузионного сока. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.05 – Технология сахаристых веществ и продуктов брожения. – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2010.

На сегодняшний день первоочередным заданием отрасли есть увеличение объема промышленного производства сахара за счет повышения его выхода с

единицы сырья, повышения его качества, снижения расхода извести и себестоимости готовой продукции.

Диссертация посвящена повышению эффективности очистки соков путем использования предварительной ступенчатой дефекосатурации диффузионного сока с последующим отделением осадка до основной дефекации. В диссертационной работе представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований закономерностей очистки диффузионного сока с использованием ступенчатой дефекосатурации.

Разработан новый способ очистки диффузионного сока с отделением осадка до основной дефекации совместно с добавлением флокулянта Magnaflok LT-27 и сатурации дефекованного сока со ступенчатым снижением щелочности на I и II сатурации, который позволяет получить высокий эффект очистки сока и уменьшить общий расход извести.

Установлено явное улучшение технологических показателей очистки сока при условии возврата всего количества суспензии сока I и II сатурации на ступенчатую дефекосатурацию диффузионного сока при расходе извести на дефекосатурацию 0,6...0,7 % CaO к массе сока совместно с добавлением флокулянта Magnaflok LT-27 в количестве $0,5 \cdot 10^{-4}$ % к массе сока. Установлено, что наиболее эффективной точкой ввода суспензии сока I и II сатурации является диффузионный сок.

Разработан аппарат для проведения предварительной ступенчатой дефекосатурации диффузионного сока (декларационный патент №37536, 2008 г.).

Исследовано влияние температуры и продолжительности проведения предложенного способа на его эффективность. С помощью методов математической обработки экспериментальных данных определены оптимальные параметры проведения процесса предварительной ступенчатой дефекосатурации диффузионного сока: температура – 74 °С, продолжительность 11 мин. При данных параметрах достигаются высокие седиментационно-фильтрационные показатели осадка дефекосатурационного сока, и наблюдается незначительный рост содержания анионов кислот и цветности.

Установлено, что после отделения осадка до основной дефекации осадок в соке после I сатурации имеет высокие седиментационно-фильтрационные показатели: фильтрационный коэффициент не превышает 1,5 ед., скорость осаждения не ниже 4,2 см/мин, объем осадка после 25 мин не более 21%.

Установлено, что в условиях повышенного содержания азота в свекле при использовании способа с отделением осадка до основной дефекации, общего азота удалилось 21,2 %, при использовании типового способа без отделения осадка до основной дефекации 12,8 % от общего азота, который содержался в диффузионном соке в перерасчете на 100 г СВ.

Использование предварительной ступенчатой дефекосатурации диффузионного сока с дальнейшим отделением осадка до основной дефекации дает возможность уменьшить общий расход извести соответственно

на 0,6...0,7% СаО к массе сока при сохранении высоких качественных показателей очищенного сока.

Установлено, что способ очистки диффузионного сока с отделением осадка до основной дефекации не дает возможность сатурировать сок основной дефекации до конечной щелочности сока II сатурации без промежуточной фильтрации.

Использование в способе очистки диффузионного сока с отделением осадка до основной дефекации и сатурации дефекованного сока со ступенчатым снижением щелочности на I и II сатурации способствует существенному повышению эффекта очистки – чистота очищенного сока увеличивается на 1,1%, а общий эффект очистки составляет – 39,68%.

Ключевые слова: очистка диффузионного сока, дефекосатурация, флокулянт, адсорбент, выход сахара.

ANNOTATION

Reznichenko Yu.M. Improvement of Raw Juice Preliminary Liming-Carbonation. – Manuscript.

Thesis for a candidate of science degree on a speciality 05.18.05 – Technology of Sugary Substances and Fermentation Products. – National University of Food Technologies, Kyiv, 2010.

This work is devoted to the raise of juice purification efficiency by means of using preliminary stepwise liming-carbonation of raw juice with subsequent sediment separation before the main liming.

New raw juice purification method has been developed with sediment separation after the stepwise liming-carbonation in the aggregate with addition of flocculant Magnaflok LT-27 and carbonation of limed juice with stepwise alkalinity decrease at the 1st and 2nd carbonation. This method permits to obtain high juice purification effect and to reduce total lime consumption. Considerable improvement of purified juice technological characteristics has been determined provided recycling the total amount of the 1st and 2nd carbonation slurry to the stepwise liming-carbonation of raw juice and lime consumption for the liming-carbonation of 0.6–0.7 % on juice weight together with the flocculant Magnaflok LT-27 addition of $0,5 \cdot 10^{-4}$ on juice weight. It was determined that raw juice is the most efficient point for the 1st and 2nd carbonation slurry input.

Apparatus has been developed for carrying out of the preliminary stepwise liming-carbonation of raw juice (declaration Patent for useful model No. 37536, 2008).

Employment of the stepwise liming-carbonation of raw juice with subsequent sediment separation before the main liming gives possibility to decrease total lime consumption up to 0.6–0.7 % on juice weight, maintaining high quality characteristics of purified juice.

It was determined that the method of raw juice purification with sediment separation before the main liming does not give possibility to carbonate main liming juice up to the end alkalinity of the 2nd carbonation without interim filtration.

Use in the method of raw juice purification with sediment separation before the main liming and carbonation of limed juice with stepwise alkalinity decrease at the 1st carbonation facilitate considerable increase of the purification effect. Purified juice purity rises by 1.1 % and the total purification effect is 39.68 %.

Keywords: raw juice purification, liming-carbonation, flocculant, adsorbent, sugar yield.