

# Підвищення ефективності технологічних процесів очищення дифузійного соку у схемі з відділенням переддефекосатураційного осаду нецукрів до основного вапнування

**С.П. Олянська**, кандидат технічних наук, професор кафедри технології цукру і підготовки води, Національний університет харчових технологій

**В.В. Цирульнікова**, аспірант кафедри технології цукру і підготовки води, асистент кафедри технології харчування та ресторанного бізнесу, Національний університет харчових технологій

*Обґрунтовано та експериментально підтверджено високу ефективність способу очищення дифузійного соку з використанням комплексного високомолекулярного реагенту «КРОСС-5» після переддефекосатурації переддефекованого соку, відокремленням переддефекосатураційного осаду до основного вапнування, карбонізацією дефекованого соку безпосередньо до рН, оптимального для II карбонізації без проміжного фільтрування соку після досягнення рН, оптимального для I карбонізації.*

*Ключові слова:* вапняно-вуглекислотне очищення соку, переддефекосатурація, комплексний високомолекулярний реагент, седиментаційно-фільтраційні показники соку, коагуляція, адсорбція, нецукри, чистота соку, вміст солей кальцію, забарвленість, карбонізація.

*Обосновано и экспериментально подтверждено высокую эффективность способа очистки диффузионного сока с использованием комплексного высокомолекулярного реагента «КРОСС-5» после преддефекосатурации преддефекованного сока, отделением преддефекосатурационного осадка до основной дефекации, карбонизацией дефекованного сока непосредственно до рН, оптимального для II карбонизации без промежуточного фильтрования сока после достижения рН, оптимального для I карбонизации.*

*Ключевые слова:* известково-углекислотная очистка сока, преддефекосатурация, комплексный высокомолекулярный реагент, седиментационно-фильтрационные показатели сока, коагуляция, адсорбция, несахара, чистота сока, содержание солей кальция, цветность, карбонизация.

*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". The mechanism of coagulation and adsorption of nonsugars and dye-stuffs of thin juice by use flocculant "CROSS-5" is scientifically proved.*

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

Підвищення ефективності технологічних процесів очищення дифузійного соку можливе за рахунок інтенсифікації хімічних та адсорбційних процесів на різних стадіях очищення, модернізації існуючих і створення нових варіантів апаратурного оформлення процесів очищення з поступовим (ступінчастим) обробленням соків в секціонованих реакторах, впровадження технологій з відокремленням коагуляту ВМС та малорозчинних солей кальцію піс-

ля попереднього вапнування в комбінації з переддефекосатурацією, використання додаткових високоєфективних хімічних реагентів [1].

Нами розроблено ефективний спосіб очищення дифузійного соку [2, 3, 4], що передбачає проведення прогресивного попереднього вапнування і переддефекосатурації невеликою кількістю вапна, введення комплексного високомолекулярного реагенту «КРОСС-5», відокремлення переддефекосатураційно-

го осаду до основного вапнування. Очищення дифузійного соку цим способом дозволяє не тільки покращити седиментаційно-фільтраційні властивості осаду, але й суттєво підвищити чистоту соку II карбонізації (на 1,8-2,0 од.) та збільшити повноту видалення нецукрів, які найбільше впливають на якість білого цукру: розчинних солей кальцію - до 81,0%, барвних речовин - до 54,0% [2, 3, 4].

Подальшим логічним розвитком розробленого способу очи-

щення дифузійного соку [2] є його спрощення за рахунок відсутності стадії проміжного фільтрування соку після завершення I карбонізації і перехід на безпосереднє насичення дефекованого соку  $\text{CO}_2$  до рН 9,2-9,5, оптимального для II карбонізації.

Проблемою відділення переддефекаційного осаду і виключення I карбонізації займалося багато видатних вчених ХХ століття: Шумілов А.А., Головін П.В. і Герасименко О.А., Куцев С.С., Й. Дедек, Й. Вашатко, Тібенський В., Вашаткова В., Загородський С., Даїшев М.І. та багато інших. Перша згадка зустрічається в енциклопедії Зуєва М.Д. [5] як спосіб Kuthe та Andres'a. До дифузійного соку, нагрітого до температури 60-65°C, додавали 0,5-0,7 %CaO до маси буряків і перемішували протягом 10 хв. Після цього сік фільтрували на фільтрпресах, попередньо додавши до нього фільтраційний осад. До фільтрату додавали 0,75-1,0 %CaO до маси буряків, нагрівали до температури 80°C і проводили карбонізацію до лужності 0,02-0,03 %CaO. За даними авторів Kuthe та Andres'a, незважаючи на зменшення витрат вапна майже вдвічі, ефект очищення дифузійного соку не погіршувався.

Проф. Шумілов А.А. запропонував спосіб очищення дифузійного соку [6], який полягав в обробці дифузійного соку вапном в кількості 0,5 %CaO до м.б. і відокремленні переддефекаційного осаду за допомогою сепаратійної центрифуги; нагріванні фільтрованого соку і карбонізації його до лужності 0,02 % CaO (з додаванням на карбонізацію 0,25 % CaO до м.б. при необхідності); нагріванні карбонізованого соку до кипіння і відокремленні осаду на другій центрифугі. Складність роботи на сепаратійних центрифугах та їх недостатня потужність стали на заводі продовження цих досліджень в промисловості.

Куцев С.С., Горовіц Г.А., Сергєєв П.С. запропонували

спосіб очищення дифузійного соку з використанням колоїдного карбонату кальцію [7], який утворюється під час карбонізації вапняного молока сатураційним газом до ступеня карбонізації 30% і відповідає формулі  $n\text{CaCO}_3 \cdot 2\text{CaO}$ . На попереднє вапнування додавали таку кількість колоїдного карбонату, яка відповідала витратам вапна 0,25-0,30 %CaO до м.б., сік перемішували 5 хв, нагрівали до 100°C і відділяли осад. Після додавання колоїдного карбонату кальцію до фільтрованого соку в кількості 0,25-0,50 %CaO до м.б. і нагрівання до 100-102°C, проводили карбонізацію соку до оптимальної лужності II карбонізації і фільтрування.

Напівпромислові випробування схеми очищення дифузійного соку суспензією колоїдного карбонату кальцію із застосуванням сепараторів для відділення переддефекаційного осаду і після II карбонізації показали можливість часткового скорочення технологічної схеми за рахунок виключення основного вапнування та I карбонізації, а також можливість скорочення витрат вапна на очищення [8].

Загальні витрати вапна на очищення становили 1,25-1,50 %CaO. Спосіб, запропонований Куцевим С.С., не знайшов застосування в промисловості внаслідок складності фільтрування переддефекованого соку з колоїдним карбонатом та необхідності застосування двох ступенів сепараторів [7, 8, 9].

Й. Дедеком були проведені промислові випробування способу очищення дифузійного соку з відділенням переддефекаційного осаду та виключенням I карбонізації зі схеми очищення [10]. Дифузійний сік направляли на попереднє вапнування за способом Дедека-Вашатко, переддефекаційний осад відфільтрували на фільтр-пресах, проводили карбонізацію декантату до лужності соку II карбонізації. Після чотирьох діб безперервної роботи заводу випарна стан-

ція була паралізована внаслідок утворення товстого шару солей кальцію [11].

Спосіб очищення дифузійного соку з однією адсорбційною карбонізацією було розроблено югославським інститутом цукрової промисловості і вперше впроваджено на заводі «Нові Сад» [12], а далі – на заводах Югославії та інших країн. До дифузійного соку в мішалку-змішувач додавали згущену суспензію соку II карбонізації з гравітаційного відстійника, а далі після нагрівання сік надходив в коагуляційний «осаджувальний» карбонізатор. Після осаджувальної карбонізації сік подавали на гравітаційний відстійник. Згущену суспензію переддефекокованого соку направляли на вакуум-фільтра, а декантат та фільтрат після нагрівання - на основне вапнування, в апарат I карбонізації для адсорбційного очищення і без проміжного фільтрування на кінцеву карбонізацію, де сік насичували сатураційним газом до лужності II карбонізації і направляли на гравітаційні відстійники.

Перехід на одну адсорбційну II карбонізацію без проміжного відділення осаду I карбонізації з адсорбованими нецукрами в типовій технологічній схемі неодмінно призводить до погіршення якості очищеного соку і сиропу внаслідок десорбції слаблорозчинних солей кальцію [13], барвних речовин – продуктів лужного розкладу інвертного цукру і меланоїдинів, максимальна адсорбція яких спостерігається за рН 10,5-11,0 [1, 14, 15, 16], пептизації високомолекулярних сполук білковопектинового комплексу [1, 17]. Як показали дослідження, виконані Журом К.Д. і Олянською С.П. [1, 18], в схемі очищення дифузійного соку з відділенням коагуляту нецукрів до основного вапнування при переробці свіжої сировини (цукрових буряків хорошої якості) можна виключати I карбонізацію, оскільки при пересатуванні дефе-

кованого соку від рН 11,0 до рН 9,2-9,5 в ньому немає коагуляту ВМС білково-пектинового комплексу, осаду слабозчинних солей кальцію, які могли б переходити в розчин, погіршуючи якість соку. Проте навіть в цьому випадку існує загроза деякої десорбції нецукрів з осаду карбонату кальцію при пересатуруванні соку від рН 11,0 до 9,2-9,5. Чим більший ступінь коагуляції і видалення ВМС і малорозчинних солей кальцію в декантаті соку, який надходить на основне вапнування, а далі на I карбонізацію, тим менша загроза десорбції нецукрів і погіршення якості соку. В разі перероблення сировини низької якості, збільшення вмісту нецукрів в дифузійному соку для максимального використання адсорбційної здатності карбонату кальцію доцільно працювати з двома ступенями карбонізації.

Ревою Л.П. та Ковдієм Є.В. розроблено спосіб очищення дифузійного соку з відокремленням осаду нецукрів до основного вапнування і безпосередньою карбонізацією дефектованого соку до рН 9,2-9,5 – рН II карбонізації [19]. Для зниження ефекту десорбції солей кальцію і барвних речовин було запропоновано в сік I карбонізації з рН 11,0-11,2 додавати флокулянт, що призводитиме до укрупнення часточок осаду  $\text{CaCO}_3$  і зменшення поверхні десорбції, а для додаткової декальцинації очищеного соку - у нефільтрований сік II карбонізації вводити фосфат амонію (у формі амофосу) в кількості 0,3-0,4 % до маси СР.

На підставі вивчення гідродинаміки і кінетики процесів, які перебігають на I карбонізації, Ревою Л.П. встановлено, що для максимального використання адсорбційної здатності карбонату кальцію в існуючій технологічній схемі очищення необхідно проводити ступінчасту карбонізацію зі ступенем карбонізації вапна на одній зі стадій 30-45% [20, 21] для досягнення максимального ефекту адсорбції

розчинних нецукрів одиницею поверхні карбонізованого вапна. Сидоренком Ю.І. були запропоновані способи очищення дифузійного соку високодисперсним колоїдним осадом карбонату кальцію, розроблено електрокінетичний механізм сорбційного процесу I карбонізації [17, 22 - 24]. Запропоновано проводити I карбонізацію з витриманням рН паузи 5-7 хв. в зоні оптимальної сорбції карбонату кальцію за рН 11,6-11,8, що забезпечує підвищення ефекту адсорбційного очищення на 10-15%.

Підтвердженням високої ефективності двоступеневого проведення I карбонізації є схема очищення дифузійного соку, розроблена Хомічаком Л.М., Петриченком І.Б., Виговським В.Ю. [25], яку впроваджено на багатьох цукрових заводах України, Росії та Білорусії. В А-котлі I карбонізації дефектований сік насичують сатураційним газом до лужності 0,45-0,55 %CaO, а далі – в Б-котлі I карбонізації – до максимально високої лужності 0,09-0,11 %CaO, за якої задовільно працює фільтраційне обладнання. Висока лужність в I А карбонізаторі забезпечує високу адсорбційну здатність осаду  $\text{CaCO}_3$ , а режим рециркуляції в I Б карбонізаторі - хорошу структуру отриманого осаду.

Експериментальні дослідження [26] електроповерхневих характеристик карбонату кальцію (заряду подвійного електричного шару (ПЕШ), кількості зв'язаної гідродинамічно-нерухомої рідини,  $\zeta$  потенціалу поверхні залежно від ступеню карбонізації вапна) – головного адсорбенту в процесі очищення підтвердили високу ефективність проведення двоступеневої I карбонізації зі ступенем карбонізації вапна на першому етапі 40-50%. Заряд ПЕШ часточок  $\text{CaCO}_3$ , отриманих за високої лужності на першому ступені карбонізації вапняного розчину до 11,75, в 23 рази більший заряду часточок  $\text{CaCO}_3$ , утворених при карбонізації до кінце-

вого рН. Високий заряд ПЕШ зумовлює високу адсорбційну здатність осаду  $\text{CaCO}_3$  за підвищених лужностей [26].

Розроблений нами спосіб з використанням комплексного високомолекулярного реагенту «КРОСС-5» у кількості 4,0-10 4-5,0·10<sup>-4</sup>% до маси соку після переддефекосатурації невеликою кількістю вапна (0,3-0,5 %CaO) [2, 3] дозволяє суттєво покращити седиментаційно-фільтраційні показники переддефекосатурованого соку, легко відділяти осад нецукрів до основного вапнування. Висока швидкість відстоювання ( $S_2 = 10,58-9,35$  см/хв) і низьке значення Fk (1,26-1,51 с/см<sup>2</sup>) дає змогу використовувати для відділення переддефекосатураційного осаду не тільки тонкошарові відстійники, а й інше фільтраційне обладнання – фільтрпреси, фільтри - згущувачі ФІЛС, фільтри підвищеної потужності - ТФ 110, ТФ – 120.

В таблиці 1 наведені результати визначення оптимальної зони рН введення комплексного високомолекулярного реагенту «КРОСС-5» у переддефекосатурований сік.

Введення комплексного високомолекулярного реагенту «КРОСС-5» з високим вмістом катіонних груп, в яких позитивний заряд знаходиться в кожній ланці макромолекули [4], в переддефекосатурований сік з рН 9,0-9,5 і рН 11,2 порушує стійкість гетерогенного дисперсного середовища, стабілізуючих сольватних шарів ВМС, внаслідок інтенсивної міжмолекулярної взаємодії. Механізм дії реагенту «КРОСС-5» полягає в тому, що макромолекули полікатионного типу можуть адсорбуватись різними своїми частинами одночасно на декількох часточках дисперсної фази, утворюючи між ними водневі зв'язки.

Електрична взаємодія і обмін електричними зарядами між полімерними ланцюгами «КРОСС-5» і поверхневими зарядами суспендованих часточ-

Вплив рН введення комплексного високомолекулярного реагенту «КРОСС-5» на якісні показники переддефекосатурованого соку

№ дослідю	Технологічні показники	рН соку		
		9,0-9,5	11,2	11,2 контр.проба
1.	Чистота соку, %	91,4	90,4	89,6
	Вміст солей кальцію, г на 100 г СР	0,327	0,677	0,904
	Забарвленість, од. ICUMSA	336,6	875,2	1450,1
2.	Чистота соку, %	91,5	90,8	89,9
	Вміст солей кальцію, г на 100 г СР	0,222	0,698	1,193
	Забарвленість, од. ICUMSA	323,9	832,4	1375,6
3.	Чистота соку, %	91,8	90,9	89,8
	Вміст солей кальцію, г на 100 г СР	0,198	0,308	0,683
	Забарвленість, од. ICUMSA	344,8	642,0	1148,4
	Вміст білкових речовин, г на 100 г СР	0,60	-	1,80
середнє	Чистота соку, %	91,6	91,0	89,8
	Вміст солей кальцію, г на 100 г СР	0,249	0,491	0,751
	Забарвленість, од. ICUMSA	335,1	783,2	1324,7
	Вміст білкових речовин, г на 100 г СР	0,60	-	1,80

чок викликає дестабілізацію поверхонь від'ємно заряджених груп ВМС, що призводить до швидкої коагуляції і осадження ВМС, суттєвого покращення седиментаційно-фільтраційних властивостей соку, збільшення повноти видалення солей кальцію, білкових і барвних речовин.

Оптимальною зоною введення реагенту «КРОСС-5» в переддефекосатурований сік є зона рН 9,0-9,5, оскільки чистота декантату переддефекосатурованого соку підвищується в середньому на 1,8 одиниць, за рахунок збільшення повноти осадження солей кальцію на 66,8%, білкових речовин – на 66,7% і барвних речовин, про що свідчить зменшення забарвленості соку майже на 75,0%, порівняно з контрольною пробою. При введенні ж реагенту «КРОСС-5» в зону з рН 11,2 ефект видалення солей кальцію і барвних речовин зменшується майже вдвічі, порівняно з введення реагенту у зону рН 9,0-9,5.

При використанні реагенту «КРОСС-5», внаслідок суттєвого збільшення повноти коагуляції і осадження ВМС білково-пектинового комплексу, барвних речовин, солей кальцію в декан-

таті переддефекосатурованого соку, який далі надходитиме на основне вапнування та І карбонізацію, зменшується загроза десорбції нецукрів з осаду карбонату кальцію при пересатурованні соку від рН 11,0 до 9,2-9,5.

Нами запропоновано спосіб очищення дифузійного соку з карбонізацією дефекованого соку безпосередньо до рН оптимального для ІІ карбонізації без проміжного фільтрування соку після досягнення рН, оптимального для І карбонізації [27].

Цей спосіб очищення включає проведення прогресивного попереднього вапнування дифузійного соку з поступовим підвищенням температури від 38-40°C до 50-55°C з використанням утфельних парів, підігрівання переддефекованого соку до 70-75°C (при необхідності до 80-85°C), переддефекосатурацію до рН 9,0-9,5 чи рН 11,0-11,2 залежно від якості сировини (див. табл. 1) з витратою вапна 0,3-0,5 %СаО до маси соку, введення високомолекулярного комплексного реагенту «КРОСС-5», відокремлення переддефекосатураційного осаду, карбонізацію дефекованого соку до рН 11,6-11,8 для використання високої

адсорбційної здатності СаСО<sub>3</sub> за ступеня карбонізації вапна 40-50%, а далі – до рН 11,0-11,2 і без проміжного відділення осаду після завершення І карбонізації - до рН 9,25, оптимального для ІІ карбонізації.

Прогресивне попереднє вапнування дифузійного соку у запропонованому способі з використанням суспензії осаду ІІ карбонізації і поступовим підвищенням температури від 38-40°C до 50-55°C дозволяє отримати сік з низькою забарвленістю внаслідок зменшення розкладу редукувальних нецукрів і забезпечує високу ступінь коагуляції і осадження високомолекулярних сполук, яка спостерігається за температури 40-50°C.

Підігрівання переддефекованого соку до температури 70-75°C (в разі потреби до 80-85°C) запобігає піненню соку в переддефекосатураторі та сприяє покращенню седиментаційно-фільтраційних властивостей утвореного осаду, особливо при переробці цукрових буряків низької якості.

Далі проводиться переддефекосатурація переддефекованого соку до рН 9,0-9,5 чи рН 11,0-11,2 залежно від якості си-

ровини (з витратами вапна 0,3-0,5 %CaO), вводиться високомолекулярний комплексний реагент «КРОСС-5» у кількості 5,0-10-4% до маси соку. Після відділення переддефекосатураційного осаду шляхом седиментації чи фільтрування декантат нагрівається до температури 85°C і проводиться 10 хв основне вапнування 0,5 %CaO до маси соку.

Дефекований сік карбонізують до рН 11,6-11,8 і витримують 5-7 хв для досягнення максимальної адсорбції нецукрів на поверхні золю CaCO<sub>3</sub> з високим позитивним зарядом ПЕШ, а далі – до рН 11,0-11,2 і без проміжного відділення осаду після завершення I карбонізації продовжують карбонізацію соку до рН 9,25, оптимального для II карбонізації.

В таблиці 2 наведено результати 3 серій досліджень очищення дифузійного соку за різними способами.

**Спосіб 1.** Проводили прогресивне попереднє вапнування дифу-

зійного соку з введенням у сік 1 %CaCO<sub>3</sub> до маси соку і поступовим підвищенням температури від 38-40°C до 50-55°C, нагрівали переддефекований сік до температури 85°C, проводили переддефекосатурацію до рН 9,0-9,5 з витратами вапна 0,5 %CaO, вводили комплексний високомолекулярний реагент «КРОСС-5» у кількості 5,0-10<sup>-4</sup>% до маси соку, відокремлювали переддефекосатураційний осад седиментацією. Далі проводили основне вапнування за витрат вапна 0,5 %CaO до маси соку, карбонізацію до рН 11,6-11,8 (ступінь карбонізації вапна 40-50%), витримували 7 хв для досягнення максимальної адсорбції нецукрів, а далі сік карбонізували до рН 11,0-11,2, оптимального для I карбонізації, і без проміжного відділення осаду після завершення I карбонізації - до рН 9,25, оптимального для II карбонізації.

**Спосіб 2.** Очищення дифузійного соку здійснювали як і в способі 1 з витриманням рН-паузи

після карбонізації дефекованого соку до рН 11,6-11,8 і фільтруванням соку I карбонізації після досягнення рН 11,0-11,2, оптимального для I карбонізації. Витрати вапна на вапнування перед II карбонізацією становили 0,3 %CaO до маси соку.

**Спосіб 3.** Контрольний, з прогресивним попереднім вапнуванням, переддефекосатурацією до рН 9,25-9,5 за витрат вапна 0,5 %CaO до маси соку, без використання високомолекулярного комплексного реагенту «КРОСС-5», з відділенням переддефекосатураційного осаду. Витрати вапна на основне вапнування становили 0,5 %CaO до маси соку, на вапнування перед II карбонізацією – 0,3 %CaO до маси соку.

**Спосіб 4.** Очищення дифузійного соку здійснювали за типовою тепло-гарячою схемою з витратами вапна на основне вапнування 1,0 %CaO до маси соку, на вапнування перед II карбонізацією – 0,3 %CaO до маси соку.

**Спосіб 5.** Очищення дифузій-

Таблиця 2

Технологічні показники соку II карбонізації при очищенні дифузійного соку різними способами

№ п/п	Спосіб очищення дифузійного соку	№ досліду	Чистота, %	Вміст солей Ca <sup>2+</sup> , г на 100 г СР	Забарвленість, од. ICUMSA	Вміст аніонів к-т, %CaO на 100 г СР
1	З переддефекосатурацією, введенням реагенту «КРОСС-5», відокремленням ПДС осаду, без фільтрування соку I карбонізації	1	91,6	0,070	228,6	0,062
		2	91,6	0,068	223,6	0,047
		3	91,3	0,184	224,9	0,151
		середнє	91,5	0,107	225,7	0,087
2	З переддефекосатурацією, введенням реагенту «КРОСС-5», відокремленням ПДС осаду, з фільтруванням соку I карбонізації	1	92,0	0,072	155,0	0,067
		2	91,9	0,061	118,8	0,054
		3	91,6	0,148	128,1	0,122
		середнє	91,8	0,094	134,0	0,081
3	З переддефекосатурацією і відокремленням ПДС осаду	1	90,8	0,117	255,6	0,081
		2	90,3	0,080	265,0	0,070
		3	89,6	0,224	270,6	0,211
		середнє	90,2	0,140	263,7	0,121
4	Типова схема очищення	1	90,6	0,128	432,0	0,125
		2	90,1	0,121	403,8	0,104
		3	89,1	0,281	459,4	0,239
		середнє	89,9	0,177	431,7	0,156
5	Типова схема очищення без фільтрування соку I карбонізації	1	90,0	0,195	527,3	0,173
		2	89,3	0,173	576,9	0,168
		3	88,2	0,332	590,9	0,294
		середнє	89,2	0,233	565,0	0,212

ного соку здійснювали за типовою тепло-гарячою схемою з витратами вапна на основне вапнування 1,0 %CaO до маси соку, без проміжного фільтрування соку після проведення I карбонізації до рН 11,0-11,2, витратами вапна на вапнування перед II карбонізацією – 0,3 %CaO до маси соку.

Порівнюючи 1 та 2 способи очищення, можна стверджувати, що виключення стадії фільтрування соку I карбонізації у схемі з відокремленням переддефекосатураційного осаду і використанням комплексного реагенту «КРОСС 5», а також скорочення витрат вапна на вапнування соку перед II карбонізацією на 0,3 %CaO до маси соку дещо погіршує якість очищеного соку.

Використання комплексного високомолекулярного реагенту «КРОСС-5» в схемі з прогресивним попереднім вапнуванням, переддефекосатурацією і відокремленням переддефекосатураційного осаду до основного вапнування (схема 1) незважаючи на відсутність стадії фільтрування соку I карбонізації після досягнення рН 11,0-11,2 і вапнування перед II карбонізацією за витрат вапна 0,3 %CaO до маси соку, дозволяє частково спростити технологічну схему, перейти на безпосередню карбонізацію дефекованого соку до рН 9,25-9,5, оптимального для II карбонізації без проміжного відділення осаду I карбонізації.

Як показала наші дослідження, в схемі з відділенням коагуляту нецукрів до основного вапнування на I карбонізації утворюється більш високодисперсний осад  $\text{CaCO}_3$  з підвищеною адсорбційною здатністю порівняно з типовою тепло-гарячою схемою. Так, питома поверхня сорбції  $\text{CaCO}_3$ , який утворюється на I карбонізації, збільшується з 1,5 до 2,5 м<sup>2</sup>/г, тобто більш ніж на 60% [1].

Отже, збільшення повноти осадження малорозчинних солей кальцію, ВМС білково-пектинового комплексу і барв-

них речовин при використанні комплексного високомолекулярного реагенту «КРОСС-5» з переддефекосатурацією і відокремленням переддефекосатураційного осаду (спосіб 1 порівняно зі способом 3), на стадії карбонізації утворюються міцели майже чистого високодисперсного  $\text{CaCO}_3$  з підвищеною адсорбційною здатністю, що дозволяє отримати очищений сік II карбонізації високої якості незважаючи на відсутність стадії фільтрування соку I карбонізації після досягнення рН 11,0-11,2, відсутність вапнування перед II карбонізацією і скорочення витрат вапна на очищення на 0,3 %CaO до маси соку.

В запропонованому способі 1 очищення дифузійного соку з використанням комплексного високомолекулярного реагенту «КРОСС-5» за витрат вапна на очищення 76,9 %CaO до маси нецукрів чистота очищеного соку підвищується на 1,3 од., вміст солей кальцію зменшується на 23,6%, забарвленість соку знижується на 14,4%, вміст аніонів кислот – на 28,1% порівняно зі способом 3 за витрат вапна 100 %CaO до маси нецукрів (без використанням комплексного високомолекулярного реагенту «КРОСС-5»).

При очищенні дифузійного соку за запропонованим способом 1 досягається покращення якісних показників очищеного соку II карбонізації у порівнянні з типовим способом 4: чистота очищеного соку підвищується на 1,6 од., вміст солей кальцію зменшується на 39,5%, вміст аніонів кислот – на 44,2%, забарвленість соку знижується на 47,7%. Загальні витрати вапна на очищення зменшуються зі 120,0 до 76,9 %CaO до маси нецукрів дифузійного соку.

Таким чином, збільшення повноти осадження малорозчинних солей кальцію органічних кислот майже на 60%, ВМС білково-пектинового комплексу і барвних речовин – на 70% при використанні комплексно-

го високомолекулярного реагенту «КРОСС-5» в схемі очищення дифузійного соку з переддефекосатурацією і відокремленням переддефекосатураційного осаду дозволяє отримати в процесі карбонізації міцели майже чистого високодисперсного карбонату кальцію з високим позитивним зарядом, підвищеною адсорбційною здатністю [3]. Це дозволяє зменшити загрозу десорбції нецукрів з поверхні осаду  $\text{CaCO}_3$  при пересатураванні соку від рН 11,0 до 9,25-9,5, переходити на безпосередню карбонізацію дефекованого соку до рН, оптимального для II карбонізації без проміжного відокремлення осаду соку після досягнення рН 11,0-11,2. Витрати вапна на очищення зменшуються зі 120,0 за типовою схемою до 76,9 %CaO до маси нецукрів дифузійного соку за запропонованою схемою. Інтенсифікація колоїдно-хімічних і адсорбційних процесів за запропонованою схемою дозволяє частково скоротити технологічну схему очищення з відділенням коагуляту нецукрів до основного вапнування внаслідок відсутності стадії фільтрування соку I карбонізації, а підвищення чистоти очищеного соку на 1,6 од., порівняно з типовою схемою очищення, дозволить збільшити вихід білого цукру на 0,5%.

#### Список використаних джерел

1. Олянская С.П. Высокоэффективная технология очистки сока и получения белково-витаминных концентратов: Монография/ Олянская С.П. - К. : НУПТ, 2005. -373 с.
2. Патент на корисну модель України 45866, МПК6 C13D3/00. Спосіб очищення дифузійного соку/ С.П. Олянська, В.В. Цирульнікова, А.Д. Ровинський. - Заявлено 02.07.09; Опубл. 25.11.09, Бюл. №22.
3. Цирульнікова В.В., Олянська С.П. Використання високо-ефективних флокулянтів для інтенсифікації процесів очищен-

ня дифузійного соку // Харчова промисловість. - 2010. - № 9. - С. 27 - 32.

4. С.П. Олянська, В.В. Цирульнікова. Удосконалення технології очищення дифузійного соку з використанням вискоєфективних флокулянтів. // Цукор України. - № 2. - 2010. - С.29 - 30.

5. Зуев М.Д. Энциклопедия свеклосахарного производства. - К. : Сахаротрест. - 1924 Т. II. - 517 с.

6. Шумилов АА. Об отделении дефекационной и сатурационной грязи центрифугами-сепараторами // Записки научно-исследовательской кафедры технологии сельскохозяйственных производств. Т. II. - 1925. - С. 166 - 174.

7. Куцев С.С., Горовиц Г.А., Сергеев П.С. Очистка диффузионных соков и сиропов коллоидным углекислым кальцием // Труды ЦИНС. - Киев. - 1939. - С. 37 - 51.

8. Полузаводское испытание очистки диффузионного сока суспензией коллоидного карбоната кальция с применением сепараторов / С.С. Куцев, В.А. Кузин, О.П. Новиков, Б.Н. Борисоглебский // Сах. пром-сть. - 1959. - № 2. - С. 31 - 34.

9. Куцев С.С. Очистка полупродуктов свеклосахарного производства коллоидным карбонатом кальция // Сах. пром-сть. - 1956. - № 11. - С. 16-20.

10. Технология сахара: Пер. с нем. / Под ред. проф. П.М. Силина. - М. : Пищепромиздат, 1958. - 478 с.

11. Dedek J. Lime salts - a measure of the purification of beet juices or the story of a failure // Socker handlingar. - 1946. - Vol.

II, №12. - P. 357 - 372.

12. *Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства*: В 2 ч. / В.О. Штангеев, В.Т. Кобер, Л. Г. Белостоцкий и др. - К.: Цукор України, 2003.-Ч. I. - 352 с.

13. Даишев М.И. Адсорбционная очистка карбонатом кальция в сахарном производстве// Изв. вузов. Пищ. технология. - 1972. - №6 - с. 61-66.

14. Олянская С.П., Жура К.Д., Покрасс Н.Н. О переходе кальциевых солей и красящих веществ из сатурационного осадка в сок при пересатурации // Сах. пром-сть. - 1972. - № 8. - С. 22 - 25.

15. Zagrodsky S., Dobrzycki I. *Wplyw przesaturiwania na adsorpcie cial barwnych przezweglan wapniowy* // Gazeta cukrownicza. - 1963. - № 3. - P. 69 71.

16. Zagrodsky S., Dobrzycki I. *Influence de la surcarbonatation sur l'adsorption des matieris colorus par le carbonate de calcium*. // Zeszyty problemowe postepow nauk rolnicznych. - 1966. - Zeszyt 62 - P. 245 - 247.

17. Сидоренко Ю.И., Славянский А.А., Вовк Г.А. Технология сорбционной очистки соков и сиропов сахарного производства: Монография. - М. : Издательский комплекс МГУПП, 2003. - 246 с.

18. Жура К.Д., Олянская С.П. Об очистке диффузионного сока с исключением I сатурации // Обзор. информац. / ЦНИИТЭИпищепром. - 1975. - Вып. 1. - С. 6 - 11.

19. Патент України 69269 А, МПК (2006) C13D 3/00. Спосіб очищення дифузійного соку / Л.П. Рева, Є.В. Ковдій, Ю.О. Заець, В.В. Гречка. - Заявлено

24.12.03; Опубл. 16.08.04., бюл. № 8.

20. Рева Л.П. Интенсификация технологических процессов очистки сока в свеклосахарном производстве: Дис...докт. техн. наук: 05.18.05. - М., 1982. - 276 с.

21. Рева Л.П., Ковдій Є.В. Эффекты адсорбції нецукрів карбонатом кальцію та їх десорбції при сатуруванні дефекованного соку // Цукор України. - 2003. - № 6 (35). - С. 17 20.

22. А.с. 1544804 СССР, МКИЗ С13 Д 3/02. Способ очистки диффузионного сока / А.Р. Сапронов, Ю.И. Сидоренко, Ю.В. Огольцова и др. - Опубл. 23.02.90, Бюл. № 7.

23. А.с. (патент) 1833431, МКИЗ С13 Д 3/02. Способ очистки диффузионного сока / А.Р. Сапронов, Ю.И. Сидоренко, М.С. Жигалов и др. - Опубл. 07.08.93, Бюл. № 29.

24. Пат. 2131463, МКИЗ С13 Д 3/02. Способ очистки диффузионного сока / Ю.И. Сидоренко, В.й. Тужилкин, А.А. Славянский и др. — Опубл. 10.06.99, Бюл. № 16.

25. Хомичак Л.М., Петриченко И.Б., Виговский В.Ю. Усовершенствованная технологическая схема очистки диффузионного сока // Сахар. - 2010. - № 2. - С.68 70.

26. Электроповерхностные характеристики карбоната кальция/ Л.М. Хомичак, С.П. Олянская, А.Н. Архипович и др.// Изв. вузов. Пищ. технология. - 1983. - № 3. - С.25 - 27.

27. Позитивне рішення на заявку № u201101973. Спосіб очищення дифузійного соку/ С.П. Олянська, В.В. Цирульнікова - Опубл. 02.08.2011.