

ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ

Рева Л.П., Ковдій Є.В. – Національний університет харчових технологій

Для одержання кристалічної цукрози із дифузійного соку загалом можливі два шляхи:

1. За методами класичної хімічної технології осадити із розчину специфічним реагентом цукрозу і відокремити її від всього комплексу розчинних нецукрозних речовин (так званих нецукрів), після чого розкласти цукратний осад, відокремити цукрозу від реагенту, доочистити цукрозний розчин і отримати кристалічний цукор з високим виходом. Із розчину нецукрів після його згушення можна було б отримувати ряд цінних хімічних сполук: рослинні білки, органічні безазотисті кислоти (лимонна, шавлева), амінокислоти (глутамінова, аспарагінова), бетаїн та ін. Така раціональна технологія виробництва із буряків цукрози та цінних нецукрів, на жаль, сьогодні ще не може бути реалізована в зв'язку з відсутністю ефективного специфічного на цукрозу реагента-осаджувача.

2. Тому у світовій практиці реалізується другий шлях – видалення із дифузійного соку якомога більшої кількості нецукрів, який менш досконалий, ніж перший, оскільки практично неможливо знайти універсальний реагент, що дозволив би повністю видалити із розчину весь комплекс нецукрів із різними властивостями.

Аналізується сучасний стан класичної технології очищення дифузійного соку вапном і діоксидом вуглецю і рекомендується впроваджувати у виробництво додаткові хімічні реагенти, ступінчате оброблення соків в секціонованих апаратах, відокремлення переддефекаційного осаду до основної дефекації, природні сорбенти, методи технологічної оптимізації.

При сучасному очищенні дифузійного соку вапном і діоксидом вуглецю видаляється лише 25...35% нецукрів (коагуляцією, осадженням, адсорбцією), які практично втрачаються, а ті, що залишились, створюють побічний продукт виробництва – мелясу, на долю якої припадають основні втрати цукрози у виробництві (15% і більше до маси введеної цукрози).

Основні завдання сучасної технології очищення дифузійного соку гідроксидом кальцію та діоксидом вуглецю такі:

- досягнення максимально можливих локальних ефектів та загального ефекту очищення соку і підвищення таким чином виходу цукру та його якості;
- зниження витрат вапна до раціонального мінімуму, при якому ще не спостерігається суттєвого погір-

шення якісних та седиментаційно-фільтраційних показників соків;

- забезпечення нормальних седиментаційно-фільтраційних показників соків при переробці сировини різної якості;

- одержання термостійких соків та сиропу;

- проведення технологічних процесів в оптимальних режимах.

Визначальні критерії ефективності переважної більшості існуючих способів очищення дифузійного соку, як правило, несумісні і вступають в протиріччя один з одним. Так, наприклад, досить простий спосіб очищення соку по системі Дорра, який застосовується на цукрових заводах США та Великобританії, дає високі седиментаційно-фільтраційні показники при відносно низькій якості очищеного соку і високих витратах вапна. В той же час досить громіздка схема очищення "Нові Сад" сприяє підвищенню якісних показників соків при значних витратах вапна і невисокій швидкості фільтрації.

Тільки переддефекація реалізується в найкращому на сьогоднішній день режимі прогресивного протитечійного підвищення лужності соку (без місцевих перелужень) по принципу Брігель-Мюлера. Решта ж процесів очищення дифузійного соку проводиться в неефективному режимі роботи односекційних реакторів неповного змішування з великою дисперсією часу перебування частинок потоку соку, що не сприяє їх найкращій реалізації, виходячи із вимог кінетики визначальних хімічних реакцій та масопередачі.

Виник технологічний парадокс: заміна періодичних процесів очищення дифузійного соку (дефекація, I та II сатурація), в яких соки поступово оброблялись оптимальний час, на безперервні процеси в сучасних односекційних апаратах із низькою сумарною лужністю, байпасами частини потоку та застійними зонами привела до погіршення якісних показників соків при забезпеченні достатньо високих седиментаційно-фільтраційних показників. Так, виконані Мак-Джінісом промислові порівняння показали, що при безперервній (односекційній) I сатурації в соку в середньому було більше: солей кальцію – на 43%, колоїдів – на 21%, забарвленості – на 67% в порівнянні з режимом поступового зниження лужності періодичної сатурації [1].

Вітчизняна типова тепло-гаряча схема очищення дифузійного соку (тепла прогресивна переддефекація, тепло-гаряча основна дефекація, I сатурація, фільтрація, дефекація, II сатурація, фільтрація, сульфатація очищеного соку – при необхідності) є однією із модифікацій класичної схеми очищення соку вапном та CO_2 . Її експлуатація на цукрових заводах України та Росії дала, в порівнянні з так званою "гарячою" схемою, кращі результати, хоча при цьому було виявлено і деякі недоліки:

- відносно низька ефективність очищення в односекційних апаратах;

- значне погіршення якості очищеного соку в результаті нестійкості (розчинення) переддефекаційного осаду в сильнолужному середовищі і високій температурі гарячої стадії комбінованої дефекації при переробленні вітчизняної сировини середньої і

низької якості, що спричиняє необхідність роботи з високими витратами вапна.

Подальше удосконалення схеми очищення дифузійного соку повинно бути спрямоване на підвищення його якості, розробку способів максимальної ефективності очищення в окремих технологічних процесах, модернізацію існуючих і створення нових варіантів апаратурного оформлення процесів очищення з поступовим (ступінчастим) обробленням соків в секціонованих реакторах, впровадження технологій з відокремленням переддефекаційного осаду, використання відносно дешевих сорбентів для додаткового очищення соків, впровадження об'єктивних методів технологічної оптимізації процесів.

Підвищення якості дифузійного соку

Для одержання якісного дифузійного соку, збільшення виходу цукру при раціональних витратах вапна, необхідно:

- Досягти значного ефекту очищення соку уже в екстракторі, об'єднавши в єдиний очисний комплекс процеси екстракції цукрози із бурякової стружки і наступного очищення дифузійного соку вапном та діоксидом вуглецю. Заслугує уваги ефективність обробки живильної води $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ та іншими реагентами. Так, наприклад, при випробуванні способу підготовки живильної води для дифузійного процесу з утворенням в ній бісульфіту кальцію (як очисного реагенту) було отримано підвищення ефекту очищення соку в екстракторі на 10%, а чистоти соку II сатурації на 1% і, відповідно, виходу цукру на 0,3% до маси буряків [2].

- Організувати процеси очищення дифузійного соку таким чином, щоб витрачене вапно використовувалось лише на видалення нецукрів дифузійного соку, що перейшли із клітинного соку, і додатково утворених на основній дефекації при реалізації мети підвищення термостійкості соку. Треба створити умови, які перешкоджали б надходженню в соки додаткових нецукрів, оскільки вони потребують збільшення витрат вапна, а очищений сік буде мати погіршені якісні показники.

Інтенсифікація окремих стадій очищення дифузійного соку для підвищення його локальних ефектів і зниження витрат вапна

Попередня дефекація.

Її мета – максимальне видалення невеликою кількістю вапна деяких нецукрів (високомолекулярних сполук і аніонів кислот) в осад, який за своєю структурою і властивостями повинен бути достатньо стійким в умовах основної дефекації і мати високі седиментаційно-фільтраційні показники.

В схемі очищення дифузійного соку прогресивна протитечійна переддефекація по принципу Брігель-Мюлера без місцевих перелужень на сьогоднішній день є найефективнішою як в горизонтальному коритному варіанті, так і у вертикальних протитечійних апаратах системи Наво і КТІХП [3]. Ефект очищення соку значно зростає при переході на рециркуляцію в метастабільну зону рН (8,5...9,5) згущеної суспензії відносно чистого осаду соку II сатурації, а також подачу в останню секцію частково відсатурованого дефекованого соку замість вапняного молока [4], який

набагато менш концентрований за вмістом вапна, ніж вапняне молоко, і при ступені карбонізації 35...45% містить також дрібнодисперсний осад CaCO_3 з високою адсорбційною здатністю.

До недоліків цієї переддефекації слід віднести те, що прогресивність плавного наростання лужності соку забезпечується поверненням великих кількостей соку (200...250%) із останньої секції (де досягається максимальний ступінь осадження нецукрів) в попередні, що може призвести до часткової пептизації осаджених нецукрів, а також різну тривалість перебування окремих порцій соку у переддефекаторі.

Основна defeкація.

Метою основної defeкації є якомога повніше лужне розкладання інвертного цукру, амідів та солей амонію для одержання термостійкого очищеного соку без суттєвого розчинення та деструкції осаджених на попередній defeкації нецукрів (коагуляту високомолекулярних сполук і малорозчинних солей кальцію) в жорстких умовах високої лужності та температури.

Найбільш ефективною вважається комбінована тепло-гаряча defeкація, яка забезпечує більш повне розкладання нецукрів до випарної установки, оскільки після defeкації в схемі є потужне видалення кислотних продуктів розкладання інвертного цукру та амідів адсорбцією на поверхні карбонату кальцію на I та II сатурації, а після випарки такого адсорбційного очищення вже немає і тому продукти розкладання накопичуються у мелясі. Але нинішнє її апаратурне оформлення незадовільне. Особливо це стосується великих односекційних теплих defeкаторів з поганим перемішуванням і тривалістю перебування соку 30 хв і більше, а також гарячих defeкаторів ОД з поганим перемішуванням, характерними байпасами та застійними зонами, великою дисперсією часу перебування окремих елементів сокового потоку.

Більш досконалий defeкатор повинен забезпечити ретельне перемішування вапняного молока з соком, а також рівномірність тривалості перебування частинок потоку в ньому для забезпечення кінетики визначальних реакцій, чого можна досягти лише гідродинамічним режимом повного витіснення або секціонування об'єму апарата. Мінімальний час перебування соку у теплому defeкаторі повинен бути 5...7 хв. (лише для забезпечення розчинення відповідної кількості твердої фази вапна при даній температурі), а регульована оптимальна тривалість перебування соку в гарячому defeкаторі — 5...15 хв, що відповідатиме максимальному розкладанню інвертного цукру при незагрозливому розчиненні та деструкції компонентів переддефекаційного осаду, яке може значно зростати при зниженні чистоти дифузійного соку [5].

I сатурація.

Її метою є досягнення максимального ступеню видалення розчинних нецукрів (аніонів кислот та забарвлених сполук) адсорбцією на поверхні карбонату кальцію при достатньо високих седиментаційно-фільтраційних показниках і коефіцієнтах використання CO_2 .

Ідеальний режим проведення безперервної I сатурації — поступове зниження лужності соку, тільки не по координаті часу, як у періодичному сатураторі, а

по координаті довжини апарата в секціонованому безперервно діючому сатураторі. Тоді в перших секціях такого сатуратора в зонах високої лужності утворюється високодисперсний CaCO_3 з максимальним адсорбційним ефектом очищення соку і досягаються високі коефіцієнти використання CO_2 .

Створені конструкції багатосекційних сатураторів поки що не знайшли використання в промисловості перш за все тому, що не розроблено ефективного автоматичного промислового алкаліметра, з допомогою якого можна було б контролювати і регулювати ступінь відсатуровування вапна по секціях з відповідним регулюванням подачі сатураційного газу.

Найпростішим варіантом секціонування сатуратора є установка перед односекційним сатуратором адсорбційної колонки із зоною високої лужності соку і гідродинамікою, що наближається до інтенсивного пінного режиму [6]. Результати дворічної експлуатації такої двоступеневої сатурації на Велико-Октябрському заводі показали високу ефективність адсорбційної колонки, яка при відносно невеликих габаритах здатна відсатурувати 30...70% вапна defeкованого соку та сприяє підвищенню ступеня використання CO_2 і ефекту адсорбційного видалення нецукрів на одиницю карбонізованого вапна (наприклад, ефект видалення аніонів кислот виявився у 5...15 разів вищим порівняно з отриманим в основному односекційному сатураторі з низькою сумарною лужністю соку) [7].

Поширені в промисловості односекційні сатуратори, а також з внутрішніми циркуляційними трубами (які відкриті знизу і тому поступаючий в них defeкований сік відразу ж розбавляється невизначеною кількістю практично відсатурованого соку з відповідною втратою адсорбційного ефекту видалення нецукрів) по ефективності не можуть замінити секційні сатуратори, оскільки не мають зон високої лужності, не створюють режиму її поступового зниження, не запобігають розбавленню комплексу нецукрів defeкованого соку вже відсатурованим з недоліком низької сумарної лужності.

Виходячи з головної технологічної мети I сатурації, необхідно добиватись перш за все високого ефекту адсорбційного очищення, зробивши при цьому все можливе для покращання фільтраційних показників.

II сатурація.

Мета II сатурації — максимально можливе видалення катіонів кальцію, а також додаткове адсорбційне очищення соку при додаванні вапна перед нею.

Для підвищення ефекту очищення соку та зниження вмісту катіону кальцію II сатурацію також доцільно проводити в режимі роботи двоступінчатого сатуратора при додаванні вапна на другу defeкацію 0,5% CaO з наступним поверненням всієї суспензії осаду карбонату кальцію на переддефекацію.

Це підтвердила робота інтенсивної адсорбційної колонки із зоною підвищеної лужності у двоступінчатій сатурації на Городоцькому і Велико-Октябрському заводах, сприяючи значному підвищенню ступеню адсорбційного видалення нецукрів: ефект видалення солей кальцію в ній був у 1,5...3,0 рази вищий, ніж в основному сатураторі із низькою сумарною лужністю.

Сульфітація.

Її мета — знебарвлення забарвлених речовин шляхом їх відновлення, запобігання утворенню нових барвників (блокуванням карбонільних груп моноцукридів), зниження рН соку.

Сокова сульфітація є доцільною лише для соків з високою натуральною лужністю. При очищенні ж соків з низькою або від'ємною натуральною лужністю сульфитувати сік не можна, оскільки це призведе до ліквідації залишкового лужного резерву, підвищення вмісту солей кальцію і погіршення якості цукру. Сульфітація соку II сатурації також недопустима при високій концентрації в ньому нітритів (в результаті сильного мікробіологічного інфікування соку в екстракторі), тому що на сульфітації соку і наступному його згущенні при високих температурах і низьких значеннях рН (<8,0) нітрити можуть вступати у взаємодію з HSO_3^- з утворенням імідодисульфонату калію — $\text{HN}(\text{SO}_3\text{K})_2$ [8] з відповідним приростом вмісту золи в соках та в білому цукрі. Тому починаючи з 1980 р. на багатьох німецьких цукрових заводах сульфітацію очищеного соку не проводять, щоб виробляти вільний від SO_2 білий цукор [9].

При виключенні із технологічної схеми сульфітації соку потрібно створювати умови для підвищення якості цукру в результаті збільшення ефектів адсорбційного видалення нецукрів (зокрема забарвлених сполук) впровадженням інтенсивних технологій I та II сатурацій і використанням додаткових сорбентів.

Сульфітація сиропу (з метою знебарвлення і запобігання утворення нових барвників) доцільна тоді, коли сироп містить резерв лужності і має підвищений рН. При сульфітації сиропу немає значної небезпеки збільшити вміст солей кальцію в розчині, оскільки розчинність CaSO_3 в концентрованих цукрових розчинах відносно мала. В США при переробці буряків погіршеної якості для підтримання оптимального рН сиропу та наступних напівпродуктів відключають сульфітацію соку і сульфитують сироп, але величина рН сульфитованого сиропу не повинна опускатися нижче 8,5 [10].

Технологія очищення дифузійного соку з відокремленням переддефекаційного осаду до основної дефекації.

Навіть при впровадженні у класичну схему очищення дифузійного соку рекомендованих вище способів інтенсифікації окремих процесів в ній залишається ще такий недолік, як значне погіршення якості соку внаслідок нестійкості переддефекаційного осаду в сильнолужному середовищі гарячого ступеня комбінованої дефекації. В зв'язку з цим необхідно значно підвищувати витрати вапна для збільшення адсорбційного видалення на I сатурації нецукрів, але ефект видалення при цьому розчиненого у високолужному середовищі коагуляту високомолекулярних сполук переддефекаційного осаду складає лише 50%. Тому найбільш результативним напрямком подальшого підвищення ефективності схеми очищення дифузійного соку (після інтенсифікації її окремих технологічних процесів) є розробка раціональних способів відокремлення переддефекаційного осаду нецукрів до основної дефекації при переробці буряків різної якості.

При розробці такої схеми керувались вимогами:

- підвищити якість очищеного соку за рахунок виключення його забруднення продуктами розчинення і деструкції компонентів переддефекаційного осаду на основній дефекації;
- зменшити витрати фізично активного вапна на повторне видалення утворених на основній дефекації продуктів розчинення та деструкції переддефекаційного осаду;
- збільшити ефекти адсорбційного видалення нецукрів (оскільки утворений на I сатурації осад карбонату кальцію буде вільним від переддефекаційного коагуляту).

Враховуючи позитивний досвід впровадження схеми RT-Oreue [11], Українським НДІ цукрової промисловості була розроблена схема очищення дифузійного соку з відокремленням переддефекаційного осаду до основної дефекації (із попередньою інтенсифікацією окремих технологічних процесів), яка включає: потужну за отриманими технологічними ефектами теплу прогресивну переддефекацію (що виконує задачу максимального видалення нецукрів і формування структури осаду, який добре відокремлюється), переддефекацію при різних витратах вапна залежно від якості сировини (для остаточного формування осаду з високими седиментаційно-фільтраційними показниками і отримання додаткового адсорбційного ефекту очищення), відокремлення осаду нецукрів у відстійниках з введенням флокулянта, енергійну тепло-гарячу основну дефекацію (для повного розкладання інвертного цукру і максимально можливого лужного розкладання амідів) і двоступінчасті I та II сатурації (із зонами високої лужності, потужні за адсорбційною здатністю видалення нецукрів).

Така схема була випробувана у 1997 р. і успішно працювала на Городецькому цукровому заводі. Порівняння технологічних показників роботи заводу по класичній і новій схемі очищення дифузійного соку показали, що розроблена технологія та обладнання для її здійснення дозволяють підвищити ефект очищення соку на 8...10%, зменшити забарвленість та вміст солей кальцію і в результаті підвищити вихід цукру на 0,3...0,4% до маси буряків при зниженні витрат вапна до 0,3% CaO до маси буряків. Седиментаційно-фільтраційні показники переддефекаційного соку (з використанням флокулянта) були достатніми для нормального відокремлення осаду у відстійниках ($S = 5...6$ см/хв), F_k соку I сатурації в середньому дорівнював 1,0 [12].

Але при всіх її технологічних перевагах, ця схема складна, оскільки до двох основних сатурацій класичної схеми в неї вводиться також дефекація переддефекаційного соку з наступною декантацією у відстійнику. Тому сучасна схема очищення дифузійного соку з відокремленням переддефекаційного осаду має удосконалитися в напрямку спрощення. Один із напрямків спрощення — перехід на одну основну сатурацію дефекаційного соку до оптимального рН II сатурації (у зв'язку з відсутністю загрози розчинення переддефекаційного осаду при сатураванні соку від рН II до 9).

Розроблена спрощена технологія очищення дифузійного соку з відокремленням переддефекаційного

осаду що має такі елементи (рис. 1): тепла прогресивно-протитечійна переддефекація (1) з рециркуляцією в метастабільну зону рН згушеної суспензії сатураційного осаду, глибока пересатурація переддефекованого соку до $\text{pH} \approx 8,0$ (3), наступна переддефекосатурація з невеликими витратами вапна при $\text{pH} 10,8 \dots 11,2$ (4), відокремлення осаду відстоюванням (5) з наступним його змішуванням з рештою суспензії сатураційного осаду та висолодженням (6), дефекація (7), остаточна карбонізація дефекованого соку до $\text{pH}_{\text{опт}}$ II сатурації (9, 10) із застосуванням зони високої лужності (8) та укрупненням сатураційного осаду флокулянт при відсатуруванні соку до $\text{pH} 11,7 \dots 11,2$.

Дослідження показали, що зміна витрат вапна на переддефекосатурацію від 0,2% до 0,8% CaO до м. б. веде до покращання якісних показників переддефекосатурованого соку (зниження вмісту аніонів кислот на 20...25 %, забарвленості — на 30...35%) та деякого поліпшення седиментаційно-фільтраційних показників. При витратах вапна більше 0,4% CaO до м.б. в переддефекосатурованому соку припиняється різке покращання технологічних показників. При цьому якість очищеного соку дещо погіршується, оскільки при постійних загальних витратах вапна має місце відповідне їх зниження на адсорбційну сатурацію і зменшення кількості утвореного карбонату кальцію як адсорбенту. Адсорбційна здатність CaCO_3 , утвореного в умовах переддефекосатурації, значно нижча, ніж карбонату кальцію, що утворюється на адсорбційній сатурації при використанні зони високої лужності.

Тому витрату вапна на переддефекосатурацію варто обмежувати до такого рівня (0,3...0,5% CaO до маси буряків в залежності від якості дифузійного соку), який перш за все забезпечить нормальне відокремлення осаду нецукрів до основної дефекації.

Глибоке пересатурування переддефекованого соку дозволяє при необхідності додатково поліпшити його

седиментаційно-фільтраційні властивості за рахунок більшої дегідратації та ущільнення коагуляту високомолекулярних сполук [13]. Згідно з результатами експериментів застосування цього технологічного прийому з наступною переддефекосатурацією при $\text{pH} 10,8 \dots 11,2$ і невеликих витратах вапна веде до покращання F_k переддефекосатурованого соку в 1,8 раза і швидкості відстоювання — в 1,5 раза, зниження на третину об'єму осаду без помітного погіршення якісних показників очищеного соку. Це дає змогу досить легко проводити відокремлення та висолоджування переддефекосатураційного осаду при різній якості дифузійного соку.

Проведення основної дефекації з оптимальною тривалістю (для повного розкладання інвертного цукру при максимально можливому лужному розкладанні амідів) забезпечує отримання достатньої термостійкості очищеного соку.

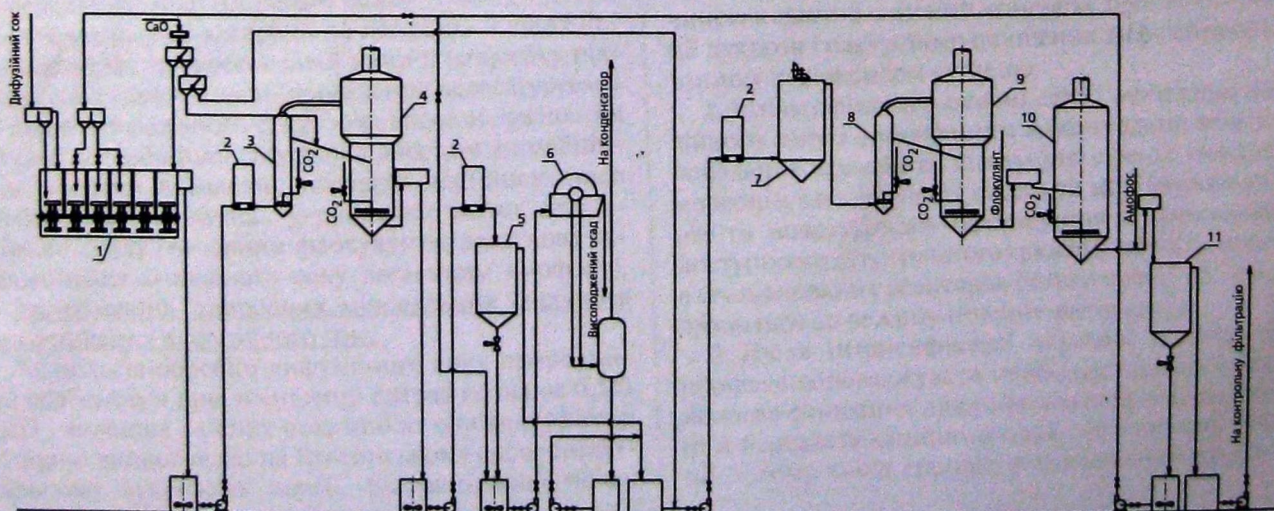
Застосування при сатуруванні дефекованого соку зони високої лужності в карбонізаційній колонці, де реалізується ступінь карбонізації дефекованого соку 30...45% (з максимумом питомої адсорбції нецукрів одиницею маси утвореного карбонату кальцію [14]), надає можливість найбільш ефективно використати адсорбційний потенціал CaCO_3 .

З метою уникнення ефекту зворотного переходу в сік адсорбованих карбонатом кальцію нецукрів при подальшій карбонізації дефекованого соку від $\text{pH} 11$ до 9 без проміжного відокремлення сатураційного осаду запропоновано для зменшення загальної поверхні десорбції нецукрів досить ефективний спосіб укрупнення частинок сатураційного осаду шляхом введення невеликої кількості флокулянта при відсатуруванні соку до $\text{pH} 11,7 \dots 11,2$ [14].

Результати експериментів показали, що при різній якості дифузійних соків спрощена схема дозволяє отримати очищені соки з основними технологічними показниками, які значно переважають отримані по

Рис. 1. Технологічна схема очищення дифузійного соку з відокремленням переддефекосатураційного осаду до основної дефекації і однією адсорбційною сатурацією:

1 — прогресивний переддефекатор; 2 — підігрівач; 3 — карбонізаційна колонка — пересатуратор; 4 — переддефекосатуратор; 5 — швидкісний тонкошаровий відстійник; 6 — вакуум-фільтр; 7 — дефекатор; 8 — карбонізаційна колонка — зона високої лужності; 9 — адсорбційний сатуратор I; 10 — сатуратор II; 11 — відстійник-дозрівач



класичній схемі очищення (при чистоті дифузійних соків 86,8% та 82,1% мали зниження вмісту аніонів кислот відповідно на 27% та 17%, забарвленості – на 14% та 17%, підвищення чистоти на 0,6% та 0,9%).

При очищенні дифузійного соку низької якості застосування лише ефекту укрупнення частинок сатураційного осаду введенням флокулянта виявилось недостатнім для уникнення деякої десорбції нецукрів з поверхні CaCO_3 . Найбільш небажаним при цьому є приріст вмісту аніонів кислот з відповідним збільшенням розчинних кальцієвих солей, що несе небезпеку накопчування на випарній станції. Однак цей недолік може бути усунений шляхом додаткової декальцинації очищеного соку введенням фосфату амонію у формі амофосу в нефільтрований остаточно відсатурований сік (0,2% до маси сухих речовин).

Слід також підкреслити, що з однією адсорбційною сатурацією (але без укрупнення сатураційного осаду флокулянтном і декальцинації соку) успішно експлуатувалась схема "Нові Сад" на заводі Леопольдсдорф в Австрії [15]: при очищенні дифузійного соку з чистотою в середньому 87,5% по цій схемі отримували очищений сік та сироп з досить високими якісними показниками (вміст солей кальцію в очищеному соку 0,06...0,08 % CaO на 100 г СР; забарвленість сиропу $8...10^\circ\text{Шт}$ на 100 г СР, чистота в середньому 92,1% при ефекті видалення нецукрів дифузійного соку до 40%).

Отже, спрощена технологічна схема очищення дифузійного соку з відокремленням осаду нецукрів до основної дефекації, маючи апаратно-технологічний комплекс за рівнем складності аналогічний класичній схемі (попередня та основна обробка соку вапном, дві сатурації та два відокремлення осаду), дозволяє досягти такої ж ефективності очищення соку та економії витрат вапна, як і більш складна схема з двома адсорбційними сатураціями, яка має додаткову дефекацію, сатурацію та відокремлення сатураційного осаду.

Незважаючи на те, що спрощена схема очищення дифузійного соку пройшла випробування лише в лабораторних умовах, можна стверджувати, що її впровадження у виробництво дозволить досягти підвищення якості очищеного соку і зниження витрат вапна. Основні елементи такої схеми в свій час були успішно застосовані на цукрових заводах (відокремлення переддефекосатураційного осаду – заводи Огеу, Городоцький; одна адсорбційна сатурація – завод Леопольдсдорф) та удосконалені нами в напрямку підвищення їх ефективності (проведення пересатурування переддефекованого соку; зона високої лужності в системі адсорбційної сатурації з високим адсорбційним ефектом видалення нецукрів одиницею маси карбонізованого вапна; укрупнення часток сатураційного осаду введенням флокулянта; додаткова декальцинація очищеного соку введенням амофосу).

Застосування природних мінеральних сорбентів для очищення дифузійного соку.

Технологія обробки дифузійного соку природними сорбентами при зменшенні витрат вапна на 0,5% CaO і хороших якісних показниках очищеного соку успішно випробувана на Яготинському експериментальному цукровому заводі. Відпрацьована також

технологія очищення та декальцинації соку II сатурації природними сорбентами [16]. Особливий інтерес викликає використання природних сорбентів для додаткового очищення сиропу з метою підвищення виходу цукру та його якості (при їх витратах 3...5% до маси сиропу одержано підвищення чистоти сиропу на 1,2...1,4% і ефекту знебарвлення до 30%).

Технологічна оптимізація процесів очищення дифузійного соку.

Рекомендуються до широкого впровадження на цукрових заводах розроблені об'єктивні методи технологічної оптимізації процесів очищення дифузійного соку: попередньої дефекації (за критерієм мінімального залишкового вмісту в розчині білкових речовин, як моделі загального вмісту високомолекулярних сполук, аніонів кислот і барвних сполук при обробленні проб дифузійного соку зростаючими дозами вапна), гарячої стадії основної дефекації (за критерієм максимізації розкладання інвертного цукру і мінімізації розчинення білкового коагуляту), I сатурації (за критерієм максимального ступеня адсорбційного видалення аніонів кислот, залишкових білкових сполук і барвних речовин), II сатурації (за критерієм мінімізації вмісту розчинних солей кальцію, видалення залишкових кальцієвих солей в осад при згущенні соку, термохімічного розкладання цукрози на випарній установці) [5, 17–19]. Для технологічної оптимізації основних процесів очищення дифузійного соку рекомендуються розроблені оперативні методи кількісного визначення вмісту білків у соках [20] і загального вмісту аніонів кислот (солей кальцію) [21]. Впровадження сучасних об'єктивних методів технологічної оптимізації і проведення окремих процесів очищення дифузійного соку в оптимальних режимах підвищить локальні ефекти очищення, значно збільшить загальний ефект очищення соку і таким чином поліпшить якість отриманого цукру, підвищить його вихід на 0,1...0,2% та зменшить витрати вапна на 0,3...0,5% до маси буряків [22].

Висновки.

Для підвищення ефективності сучасної технології очищення дифузійного соку з відповідним збільшенням виходу цукру, його якості при зменшених витратах вапна необхідно:

1. Досягати значного ступеня видалення нецукрів клітинного соку уже в екстракторі, об'єднавши таким чином в єдиний очисний комплекс процеси екстракції цукрози і наступного очищення дифузійного соку вапном та діоксидом вуглецю.

2. Інтенсифікувати окремі стадії очищення дифузійного соку з досягненням максимально можливих локальних ефектів та загального ефекту очищення, модернізувати існуючі і створити нові інтенсивні варіанти апаратного оформлення з переходом до поступового (ступінчатого) режиму оброблення соку в секціонованих реакторах безперервної дії, що наближається до режиму повного витіснення.

3. Після інтенсифікації окремих технологічних процесів впроваджувати найбільш прогресивну технологію очищення дифузійного соку з відокремленням переддефекаційного осаду до основної дефекації, в тому числі спрощену технологію очищення з

однією адсорбційною сатурацією, яка по апаратурному оформленню не складніша у порівнянні з типовою схемою та може працювати з технологічними показниками, що значно переважають показники діючої типової схеми.

4. Додатково застосувати для очищення дифузійного соку та інших рідких напівпродуктів відносно дешеві природні мінеральні сорбенти, що дозволить значно зменшити витрати фізично активного вапна.

5. Впроваджувати об'єктивні методи технологічної оптимізації окремих процесів очищення дифузійного соку, керуючись завданням максимального видалення нецукрів згідно з конкретною метою кожного технологічного процесу.

ЛІТЕРАТУРА

- Мак-Джинис Р. А. Технология свеклосахарного производства: пер. с англ. — М.: Пищепромиздат, 1958. — 487 с.
- Подготовка питательной воды для диффузионных установок с использованием бисульфита кальция / Демченко А. И., Головняк Ю. Д., Рева Л. П., Липец А. А., Листунова Е. И., Виговский В. Ю., Навроцкий Ю. Б. // Сахарная промышленность. — 1997. — №3. — с.18-19.
- Рева Л. П., Пышняк В. В., Королюк П. Н. Результаты ведомственных испытаний аппарата прогрессивной преддефекации в тепло-горячей схеме очистки сока // Сахарная промышленность. — 1980. — №1. — с.28-30.
- Рева Л. П., Симахина Г. А., Логвин В. М. Преддефекация возвратом частично отсатурированного дефекованного сока // Сахарная промышленность. — 1980. — №7. — с.13-15.
- Рева Л. П., Яковенко В. Ю. Оптимізація технологічних процесів очищення дифузійного соку // Наукові праці УДУХТ. — 2000. — №7. — с.67-70.
- Рева Л. П., Панкин Л. И., Танцюра В. В. Испытание двухсекционного сатуратора. В кн.: Сах. пр-сть. — М.: ЦНИИТЭ-Ипищепром. 1978. — №5. — с.11-14.
- Рева Л. П. Необхідність удосконалення типової схеми очищення дифузійного соку // Цукор України. — 2002. — №3. — с.15-17.
- Carruthers A., Gallagher P. Y., Oldfield J. F. T. Nitrate reduction by thermophilic bacteria in sugar beat diffusion system // The International Sugar Journal. — 1958. — №719. — p.335.
- Poel P. W., Shiweck H., Shwartz T. Sugar Technology. — Berlin: A. Bartens, 1998. — 1120 p.
- Рева Л. П. Роль сульфитації в технології бурякоцукрового виробництва // Цукор України. — 2004. — № 3-4. — с.29-33.
- Пиек Р. Некоторые соображения о получении и очистке диффузионного сока // Сахарная промышленность. — 1971. — №5. — с.68-71. [Zucker. — 1970. — № 23].
- Рева Л. П. Сучасні технологічні розробки по підвищенню ефективності очищення соків і зниженню витрат вапна // Матеріали семінару головних спеціалістів цукрових заводів ... на тему "Підвищення ефективності бурякоцукрового виробництва". — К., 1999. — С. 68-69.
- Даишев М. И., Решетова Р. С., Кулибаби М. С. и др. Глубокое пересатурирование при очистке сахарных соков // Изв. вузов. пищ. технол. — 1984. — № 6. — С.75-79.
- Рева Л. П., Ковдій Є. В. Ефекти адсорбції нецукрів карбонатом кальцію та їх десорбції при сатуруванні дефекованого соку // Цукор України. — 2003. — № 6. — С. 17 — 20.
- G. Quentin. Kampagneerfahrungen mit einem neuen Saftreinigungssystem // Zucker. — 18 (1965). — p.623-626.
- Рева Л. П., Щербатюк О. Є. Застосування природних дисперсних мінералів при очищенні дифузійного соку // Наукові праці УДУХТ. — 2001. — №10. — с.26-27.
- Рева Л. П., Сімахіна Г. О., Пушанко Н. М. Дослідження методів визначення оптимальних величин рН і лужності соку переддефекації // Цукор України. — 1996. — № 4. — с.20-22.
- Рева Л. П., Пушанко Н. Н., Симахина Г. А. Исследование оптимальных условий процесса I сатурации // Сахарная промышленность. — 1997. — № 6. — с.25-27.
- Рева Л. П. Мета та критерії технологічної оптимізації II сатурації // Цукор України. — 2003. — № 1. — с.15-16.
- Рева Л. П., Симахина Г. А. Быстрый метод количественного определения белков в соках сахарного производства // Сахарная промышленность. ЦНИИТЭИПП. — 1978. №1. с.12-16.
- Рева Л. П., Шестаковский В. А. и др. Технологические показатели работы промышленного секционного сатуратора // Сахарная промышленность. — 1976. — №4. — с.26-31.
- Рева Л. П. Заєць Ю. О. Сучасні об'єктивні методи технологічної оптимізації в процесі очищення дифузійного соку // Цукор України. — 2004. — №1-2. — с.13-17.