

Технологічні аспекти одностадійної фільтрації соку І карбонізації та виробництва цукру-сирцю з цукрових буряків

*Л.Хомічак, І.Петриченко, Ю.Резніченко, О.Калініченко – НУХТ
С.Філатов, В.Шурбований - ІК НТ-Пром*

Перед тим, як зупинитись на вказаних темах, вважаємо за необхідне підкреслити два основних технологічних аспекти вапняно-вуглекислотного очищення дифузійного соку. Сьогодні на більшості цукрових заводів, де осадок соку І карбонізації відділяється в дві стадії шляхом згущення на відстійниках чи фільтрах-згущувачах, в більшості випадків відсутня контрольна фільтрація декантату чи повертання "на себе" перших мутних порцій фільтрату. Таке явище слід вважати неприпустимим з точки зору зниження якості очищеного соку внаслідок пептизації частинок муті та десорбції нецукристих сполук в умовах другої вапнокарбонізації, що призводить до суттєвого збільшення залишкових солей кальцію в очищеному соку, підвищенню його забарвленості та в'язкості сиропу і утфелів, підвищенню зольності цукру та каламутності його розчинів.

Стосовно дачі вапна на ІІ карбонізацію потрібно керуватися двома факторами. По-перше, такий спосіб доцільний лише в разі підвищеного залишкового вмісту редукувальних речовин в соку І карбонізації чи погіршення фільтраційної здатності соку ІІ карбонізації. По-друге, додавання 0,2% СаО на другу вапнокарбонізацію зумовлює до одночасного введення з вапняним молоком не менше 0,6% води (для заводу А=3000 т/д це складає мінімум 24 т!), збільшення в 2,5 рази витрати сатураційного газу на ІІ карбонізацію, що призведе до додаткового охолодження соку мінімум на 1°C та додаткової витрати вапнякового каменю в кількості 0,4% (аналогічно - 12 т/д). А як показала практика, повертання при цьому суспензії соку ІІ карбонізації на попереднє вапнування за чистоти дифузійного соку 87% і вище не призводить ні до суттєвого покращення якості очищеного соку, ні до підвищення фільтраційної здатності соку І карбонізації.

А тепер по темі. Двохстадійна фільтрація соку І карбонізації передбачає попереднє згущення нефільтрованого соку на листових фільтрах різної конструкції або на відстійниках. Перший спосіб потребує встановлення батареї фільтрів, екіпіровку їх тканиною, котру потрібно міняти через 30...40 днів, окремого контуру та пульта автоматизації, додаткового збірника та насосної станції перекачування суспензії. При цьому тривалість перебування соку на верстаті заводу збільшується мінімум на 15 хв., що не тільки зумовлює до втрат цукрози через термічний її розклад (в межах 0,008...0,010%), але й до втрат теплової енергії внаслідок охолодження соку під час фільтрування, перекачки та перебування в збірниках. До того ж така система дуже чутлива до якості нефільтрованого соку І карбонізації, а саме до фізико-хімічних властивостей осаду, що часто призводить до вимушеного зниження продуктивності заводу через незадовільну фільтрацію соку або ж до "забивання" фільтраційних рамок

осадом, що змушує перепускати частину соку мимо фільтрів-згущувачів безпосередньо на фільтрпреси та "мити" фільтри, розбавляючи сік.

І хоча система двохстадійної фільтрації в ряді випадків має вищі техніко-економічні показники, в першу чергу при простій заміні вакуум-фільтрів на фільтрпреси, одностадійна фільтрація має також ряд незаперечних переваг. Це стосується зменшення виробничих площ, задіяних під станцію фільтрування, спрощення системи управління процесом розділення осаду від соку, зменшення тривалості перебування соку на верстаті заводу, зменшення витрат фільтрувальної тканини та її різновидностей, але саме головне – це можливість відділяти осад від соку навіть при погіршенні фільтраційних властивостей соку майже вдвічі. Така обставина не тільки уможливорює переробку буряків погіршеної якості (підгнивших, підморожених, підв'ялених), але й сприяє роботі на першій карбонізації за підвищених кінцевих рН, що значно підвищує ефективність адсорбційного очищення соку. Адже відомо, що підвищення кінцевої лужності соку І карбонізації на 0,1% СаО зумовлює до підвищення ефекту кальцій-карбонатного очищення дифузійного соку на 1%.

Одним із ефективних способів покращення седиментаційно-фільтраційних властивостей осадів соків є повертання на попереднє вапнування осаду у вигляді суспензії або нефільтрованого соку І карбонізації. Як встановив професор Л.П.Рева та співробітники, оптимальною кількістю повернення суспензії соку І карбонізації на попереднє вапнування є 60...75%, що сприяє не тільки покращанню седиментаційно-фільтраційних властивостей соків, але й зменшенню вмісту аніонів кислот на 22...28% та білків на 30...34% від початкового їх вмісту у дифузійному соку. Стосовно зони введення повернення варто розглянути наступні дані:

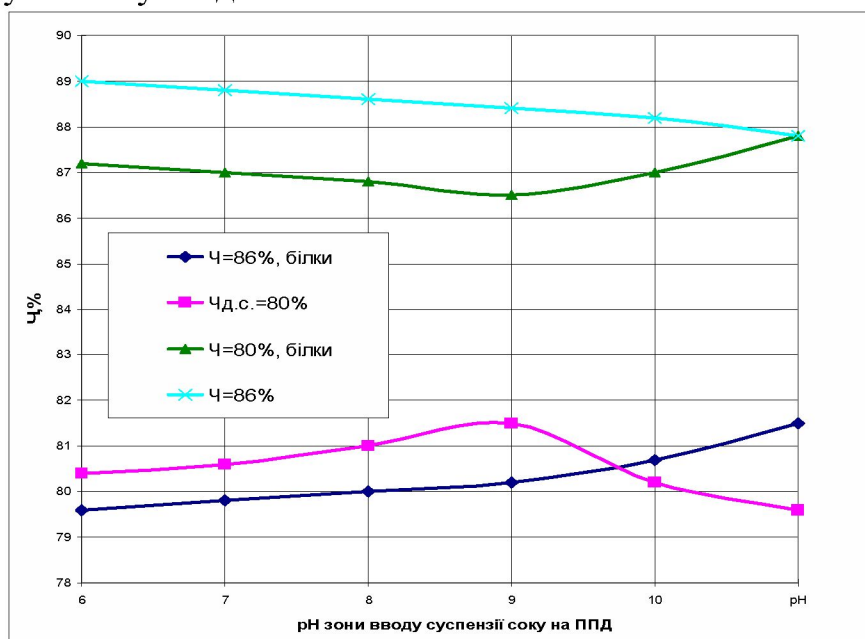


Рис.1. Вплив зони введення повернень суспензії соку І карбонізації на якість соку попереднього вапнування в залежності від чистоти дифузійного соку

Як видно, в разі зниження чистоти дифузійного соку менше 85% повертання суспензії соку І карбонізації на попереднє вапнування в зону з рН менше 9,0 призводить як до збільшення вмісту білків, так і до погіршення чистоти переддефекованого соку. Зумовлене це тим, що за рН суспензії, як правило, близько 11,0, в ній практично відсутній катіон Ca^{2+} , зате достатньо CaOH^+ . Останній також зумовлює до осадження і коагуляції нецукристих речовин, але при цьому в разі значної кількості гідрофільних ВМС в дифузійному соку низької чистоти утворюється сильно гідратований та об'ємний осад, нестійкий до пептизації в умовах основного вапнування. Введення ж осаду в зону з рН більше 9,0 не визиває цього явища, оскільки в попередніх зонах уже пройшли реакції осадження та коагуляції, а тому введений осад сприяє в основному агрегуванню та покращанню седиментації.

Разом з тим в заводських умовах замічено, що повертання суспензії соку І карбонізації попри вигоду теплотехнічну (зменшення витрат вапна та відповідно палива) має на жаль технологічні недоліки. Пов'язано це як з явищем "старіння осаду" (за час згущення суспензії закінчуються процеси кристалізації частинок карбонату кальцію та зниження їх адсорбційної здатності), що призводить за переробки буряків погіршеної якості до підвищення забарвленості соків та зниження їх чистоти, так і до погіршення фільтраційної здатності соку І карбонізації. Останнє пояснюється тим, що повернення нефільтрованого соку І карбонізації в кількості хоча б 40...50% сприяє дегідратації утвореного на І карбонізації осаду за рахунок його перекарбонізації (пересатуруванню) кислотами дифузійного соку під час введення на попереднє вапнування в зони з рН однозначно меншими за 10,8. За рахунок цього покращується фільтраційна здатність утвореного потім соку І карбонізації, хоча частково погіршується його якість. Повернення уже профільтрованого один раз осаду не змінює при цьому дегідратацію осаду в нефільтрованому соку І карбонізації.

Одним із недоліків одностадійної фільтрації, крім початкової високої ціни на фільтрпреси, є відсутність суспензії соку І карбонізації, котру можна було б повертати на попереднє вапнування замість нефільтрованого соку І карбонізації. Відповідно це призводить до необхідності повертання нефільтрованого соку І карбонізації, що спричиняє збільшення витрат вапна на очищення та додаткового розбавлення соку водою вапняного молока. Адже кожні 12% повертань призводять до збільшення витрат вапна на 0,1% CaO до кількості буряків та відповідно введення в сік 0,3% води. Тому нами розроблений спосіб згущення частини нефільтрованого соку І карбонізації із використанням гідроциклонів та збірника-ущільнювача, що на декілька порядків дешевше за встановлення фільтрів-згущувачів чи відстійників. При цьому появляється і суттєвий технологічний ефект – тривалість отримання суспензії складає всього декілька хвили (1...2 хв.), що сприяє збереженню високих адсорбційних властивостей частинок карбонату кальцію в осаді соку І сатурації та відповідно високого ефекту при його повертанні на стадію попередньої дефекації. Крім цього

усувається і другий недолік – на повернення направляється фактично та частина осаду, котра перед наступним фільтруванням зможе за рахунок дегідратації в умовах попереднього вапнування покращити свої фільтраційні властивості.

Два інших недоліки прямого фільтрування соку І карбонізації на фільтр-пресах, а саме проблема стабілізації сокового потоку на виході із фільтрувальної станції через значне падіння продуктивності фільтра в результаті потовщення шару осаду в камері та виконанням операцій промивки і просушки, а також наявність муті в перших порціях фільтрату та необхідність їх повертання в збірник нефільтрованого соку, легко усуваються засобами сучасного автоматизованого управління та відповідним програмним забезпеченням, що перевірено нами в умовах прямого фільтрування соку І карбонізації на Бійському цукровому заводі в сезон 2011 року.

Разом з тим, нами розроблено та перевірено на практиці технологічні резерви підвищення фільтрувальної здатності карбонізованих соків. Це є: спосіб оброблення дифузійного соку перед попереднім вапнуванням одночасно парою (ефект пароконденсаційної кавітації) та підготовленою суспензією соку І карбонізації в розробленому та апробованому нами пристрої (процес сенсibiliзації); проведення процесу І карбонізації в два ступені, що не тільки суттєво підвищує адсорбційне очищення соків, сприяє формуванню рівномірного осаду, що гарно фільтрується та легко відділяється від фільтрувальної тканини, але й дозволяє легко змінювати схему в залежності від якості дифузійного соку; попередня підготовка (активація) суспензії соку І карбонізації перед повертанням на попереднє вапнування в залежності від якості дифузійного соку; оброблення нефільтрованого соку І карбонізації перед подаванням на фільтрпреси одночасно парою та флокулянтom (впроваджено на ц/з ім. Цюрупи).

Розглядаючи технологічні аспекти отримання цукру-сирцю із цукрових буряків, варто зазначити, що попри всю зацікавленість в цьому питанні багатьох виробників та операторів ринку цукру потрібно врахувати, що собівартість виробленого цукру-сирцю на 70% і більше буде залежати від собівартості цукрових буряків. Ситуація, що склалася зараз в Україні, явно не сприяє оптимальному вирішенню цього питання. Середня закупівельна ціна буряків урожаю 2011 р. в Україні склала 63\$, в той час коли в РФ - 50\$, а в країнах ЄС - 37\$. Аналіз структури їх собівартості в Україні показує, що 15% - це оплата праці, більше 10% - вартість насіння, 23 % - мінеральні добрива, 15% - засоби захисту, 12% - паливно-мастильні матеріали.

Багатьох виробників відлякують високі витрати на вирощування цукрових буряків. Але ж вони, по перше, мають бути високоефективними, а, по друге, їх можна й потрібно значно скоротити без особливої шкоди для урожаю. Так провідні фермери в США при аналогічних витратах на 1 га на рівні 9000 грн. одержують урожай 625 ц/га і при закупівельній ціні на коренеплоди 227 грн./т мають рентабельність 54%, або 4932,5 грн. прибутку на 1 гектар в аналогічних українським умовах. На оплату праці, паливо, техніку, добрива й пестициди американські фермери витрачають всього 5000 грн. в розрахунку на гектар,

решту 4000 грн. на оренду землі (44,4%), а українські - на оренду землі ~ 300 грн. (3%), а решту 9800 грн. на оплату праці, насіння, добрива, техніку і пестициди, тобто в 2 рази більше, ніж американці, а урожайність при цьому мають у 1,85 рази нижчу (373 ц/га проти 625 ц/га).

Вся справа в недосконалій технології й марнотратстві, тому що ціни на матеріальні ресурси в усьому світі практично рівні. Бурякосійні країни, особливо західні, так оптимізували свої технології і мінімізували витрати, що за економічною ефективністю цукробурякове виробництво перевищує економічну ефективність тростинного цукровиробництва. Це, найперше, стосується Франції, Німеччини, США. Загальні витрати в німецькій технології у розрахунку на 1 га дорівнюють нашим ~ 9,5...10,5 тис. грн., а рентабельність понад 50% завдяки високій урожайності й збору цукру, але, найперше, оптимізації витрат. В українській виробничій технології витрати праці дорівнюють ~ 107 людино-годин на гектар проти 12...15 людино-годин у німецькій, тому витрати на зарплату у нас в 2 рази вищі, витрати пального у 1,4 рази, а витрати на добрива у 2,4 рази.

Розрахунки показують, що за однакових затратах на 1 га в розмірі 1,5 тис. \$ при отриманні урожаю в 350 ц витрати на виробництво 1 т буряків складають 43\$, а при урожаї в 500 ц - відповідно 30\$. Витрати ж на виробництво 1 т цукру за однакового коефіцієнта галузі в першому випадку складають 628\$, а в другому - 438\$.

Аналізуючи динаміку вартості матеріалів за три останні роки, видно, що вартість палива (природного газу) зросла в 2,5 рази, вапнякового каменю – в 1,8 рази, вугілля – в 2 рази. Звідси напрашується висновок, що для виробництва цукру-сирцю з цукрових буряків низької вартості, попри зниження витрат на сировину, другим критерієм є зниження витрат палива та вапнякового каменю. Попередні дослідження, проведені і УкрНДІЦП спільно з НУХТ та апробовані на Яготинському цукровому заводі показали, що є можливість отримати жовтий цукор з дифузійного соку без вапняно-карбонатного його очищення, але з використанням ефектів пароконденсаційної кавітації та відділення скоагульованих ВМС шляхом фільтрування з додавкою перліту. При цьому показники якості отриманого цукру-сирцю з буряків були наступні: вміст цукрози 97,2 - 98,1%, вміст РР 0,17 – 0,18%, зольність 0,3 – 0,5%, кольоровість 5,1 – 5,8 од. Шт.

Проте така схема можлива лише в разі наявності на цукровому заводі цеху з виробництва спирту чи біоетанолу, оскільки напівпродукти та кінцеві продукти при цьому мають високу в'язкість і тому промити їх від сахарози чи додатково викристалізувати останню дуже проблематично, а використання цих напівпродуктів для виготовлення спирту не складає проблем. Разом з тим проблема виробництва жовтого цукру за вказаним способом чи як напівпродукту класичного виробництва цукру-піску ще потребує додаткових досліджень та аналізів, котрі зараз і проводяться в НУХТ.