

УДК 621.365.21

Чернявський М.М.

(Вінницький національний аграрний університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ СОКООЧИСТКИ У ЦУКРОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Установлено, что наиболее высокий эффект очистки сока на предварительной дефекации, 1 и 2 сатурации обеспечивается поддержанием на оптимальном уровне значения рН. Определение зависимости оптимального значения рН от текущей температуры в технологических аппаратах дает возможность рассчитывать и в дальнейшем поддерживать эти значения с целью качественной очистки сока при изменении показателей греющего пара или сатурационного газа

It is investigational, that the most high effect of cleaning of juice on previous defecation, 1 and 2 saturation provides support at optimum level of value of рН. Determination of dependence of optimum value of рН from a current temperature in technological vehicles enables to expect and in future to support these values with the purpose of the high-quality cleaning of juice at the change of indexes of warming pair or carbonation gas.

Вступ

Глобальною, загальною метою процесу сокоочистки є максимальне видалення нецукрів з цукрових розчинів [1].

Основна частина

У процесі попередньої дефекації виділяється максимальна кількість колоїдів з дифузійного соку, сокам надається лужна реакція, укрупнюються нерозчинні кальцієві солі і видаляється велика частина мікроорганізмів, які адсорбуються осадами.

Процес здійснюється при температурі 85-90°C з додаванням до дифузійного соку вапняного молока в кількості близько 1% до маси буряка або 150% нефільтрованого соку І сатурації і 15% дефекованого соку з розрахунку одержання розчину з рН 10,8-11,0.

У процесі основної дефекації до соку додають 2-2,5% вапна у вигляді вапняного молока для утворення на І сатурації карбонату кальцію, осад якого служить для фільтрації соку, а також адсорбції нецукрів, відбувається розкладання деяких речовин і осадження ряду кислот. Основна дефекація відбувається при температурі 85-90°C за 10 хв. При цьому з загальної кількості вапна в сокові розчиняється тільки 0,25%, чого досить для хімічних реакцій у дефекаторі. Інше вапно транспортується через апарат на І сатурацію. Вапно у вигляді вапняного молока дозують за допомогою різних дозаторів і регулюючих пристроїв. Контроль процесу основної дефекації здійснюють по лугові, обумовленому титруванням за допомогою приладу Каппуса. Лужність соку після основної дефекації підтримують на рівні 1,2-1,4% СаО, що відповідає 1,2-1,4м СаО на 100 мл соку. На І сатурації відбувається адсорбція вапняних солей, фарбуючих речовин і колоїдів, що залишилися в розчині після попередньої дефекації, осад набуває структури, що полегшує фільтрацію. При сатурації соку, отриманого в процесі основної дефекації, розрізняють два етапи, під час яких настають характерні зміни структури осаду та розчину [2].

Задачею ІІ сатурації є зниження лужності соку і вмісту в ньому солей кальцію. У процесі сатурації соку вміст солей кальцію в розчині підтримується мінімальним, чому відповідає визначений рН. Це значення рН має назву оптимальної лужності і залежить від складу нецукрів, що залишилися в сокові.

Контроль у процесі ІІ сатурації передбачає визначення лужності або рН соку, зміна температури, спостереження за рівнем соку, знаходження оптимальної лужності і відповідного її рН по мінімальній кількості солей кальцію.

На рис.1 наведена залежність вмісту білкових речовин від тривалості прогресивної попередньої дефекації.

На рисунках 2, 3 наведений вплив температури прогресивної попередньої дефекації на характеристики дифузійного соку.

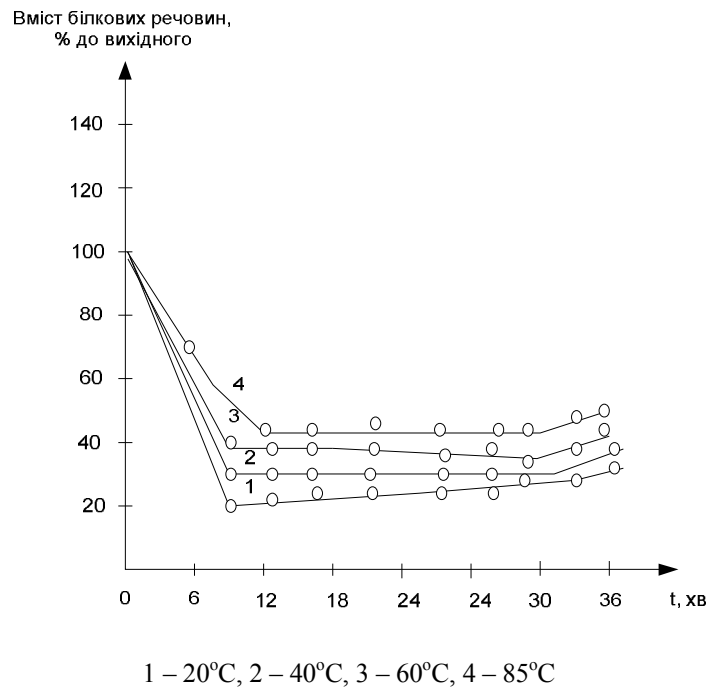
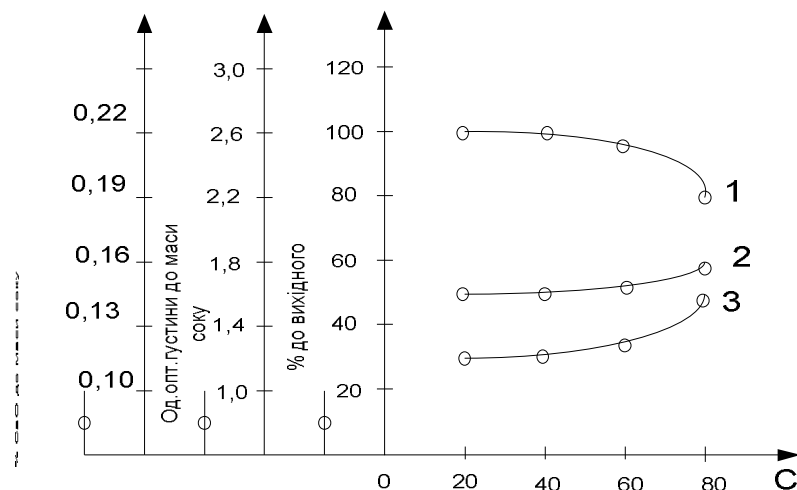


Рис. 1. - Зміна вмісту білкових речовин в залежності від тривалості прогресивної попередньої дефекації:



1 – вміст редуруючих цукрів; 2 – вміст аніонів кислот; 3 – колірність.

Рис. 2. - Вплив температури прогресивної попередньої дефекації на зміни в дифузійному соку

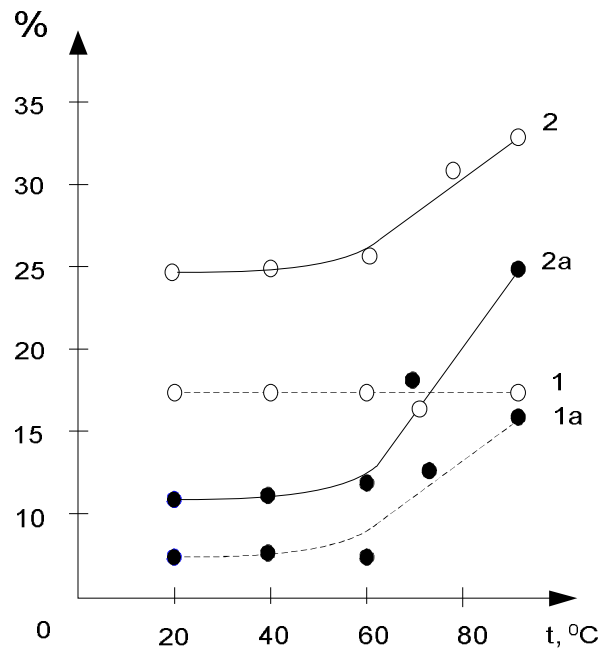
База процесу: процес очищення базується на використанні фізико-хімічних процесів очищення.

Процес: вапняково - вуглецеве очищення.

Декомпозиція процесу очищення дифузійного соку на стадії:

1. Попередня обробка дифузійного соку вапном (попередня дефекація).
2. Основна обробка дифузійного соку вапном (основна дефекація).
3. Обробка розчину дифузійного соку з вапном (дефекований сік) діоксидом вуглецю (сатурація).

Використовувані механізми очищення на стадіях процесу: 1, 2 - хімічне очищення; 3 - фізико-хімічне очищення.



1 – в дифузійному соку; 2 – в дефекованому соку без повернення сатураційного осаду на попередню дефекацію; 1a, 2a – відповідно для схеми очистки з поверненням сатураційного осаду на попередню дефекацію.

Рис. 3. - Вплив температури попередньої дефекації на вміст білкових речовин

Мета стадій процесу очищення:

1. Можлива більш повна коагуляція речовин колоїдної дисперсності, осадження нецукрів, а також нейтралізація й осадження солей ряду кислот.

2. Проведення реакцій розкладання речовин, що редукують, і амідів, а також можливе більш повне осадження аніонів Ca^{2+} , здатних утворювати нерозчинні сполуки, крім того створення надлишку вапна для одержання достатньої кількості карбонату кальцію на 3-й стадії.

3. Можливе більш повне очищення від нецукрів з використанням адсорбції нецукрів на частках осаду карбонату кальцію.

Виходячи з цілей стадій процесу очищення, сформулюємо необхідні задачі контролю і управління даними стадіями:

1. Дозована подача вапняного молока для створення заданої концентрації вапна в сокові (теоретично оптимальна масова концентрація 0,25 - 0,3 % CaO до маси буряка). Непрямий показник даної концентрації, концентрація іонів водню $pH_{20} = 10,8 \div 11,6$.

2. Дозована подача вапняного молока для створення концентрації вапна в сокові 2,0 - 2,5% CaO до маси буряка, непрямий показник $pH_{20} = 12,0 \div 12,5$.

3. Дозована подача сатураційного газу (суміш 30-40% двоокису вуглецю CO_2 для створення фільтруючого шару з карбонату кальцію), тобто для повного перетворення наявного в сокові нерозчиненого вапна в карбонат кальцію. Прямий показник - зниження лужності соку до 0,09 - 0,11% CaO. Непрямий показник $pH_{20} = 10,8 \div 11,2$.

Якщо узагальнити задачі контролю і управління процесом очищення дифузійного соку, то їх можна розділити на дві: 1, 2 - підтримка заданої концентрації вапна в розчині дифузійного соку, 3 - підтримка заданої концентрації лужності у вихідному сокові.

Відомо, що рН соків цукрового виробництва, який визначається при температурі 20 °C не відповідає значенням рН при температурі процесу [3]. Різниця значень рН при кімнатній температурі і при температурі процесу обумовлена ступенем дисоціації нецукрів.

Встановлено, наприклад, що сок II сатурації при температурі 20 °С має рН 9.5, а при нагріванні до 100 °С його рН знижується до 8. Однак, в середовищах, близьких до нейтрального (рН= 7-7.5), це зниження рН при нагріванні значно менше [4].

Для співставлення значень рН_t при 20 °С і температурі процесу рН_t необхідно знати величину зниження оптимального рН при підвищенні температури на 1 °С. Знайдено, що для соку попередньої дефекації підвищення температури на кожні 10 °С приводить до зниження оптимального рівня рН приблизно на 0.2, що і показано на рис.5.

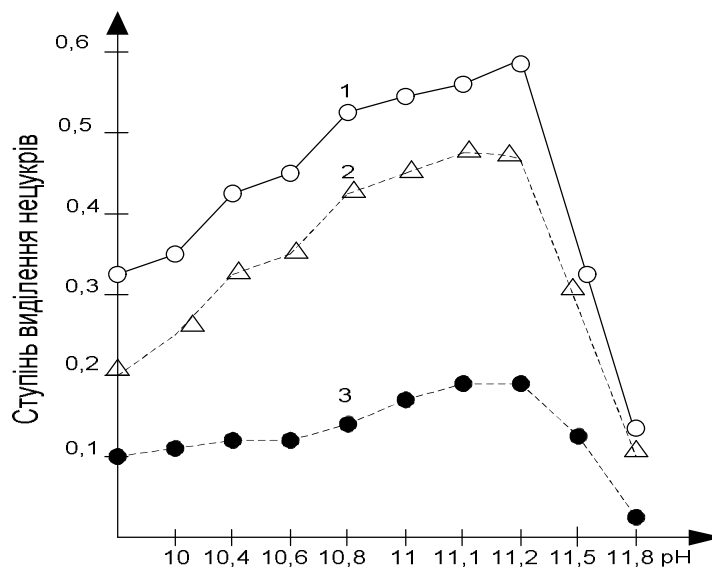
Визначити якісні показники попередньої дефекації соку при температурі процесу в умовах виробництва немає можливості, тому доцільно встановити коефіцієнт взаємозв'язку між значеннями рН₂₀ і рН_t.

Для обчислення температурного коефіцієнту рН були проведені досліді на цукрових заводах, які дали можливість встановити абсолютне значення ΔрН між рН₂₀ і рН₆₀ (для технологічної схеми з теплою прогресивною попередньою дефекацією – температура 60 °С, тривалість 10 хвилин). Середні результати приведені в таблиці 1.

З таблиці видно, що ΔрН між рН₂₀ і рН₆₀ знаходиться в межах від 0.58 до 0.67, тобто в середньому змінюється на 0.62. В цьому випадку при підвищенні температури на 1°С коефіцієнт зниження рН (температурний коефіцієнт рН):

$$K = \frac{pH_{20} - pH_{60}}{60 - 20} = \frac{0.62}{40} = 0.0155 \quad (1)$$

Значення коефіцієнту К в залежності від буферності і якісного складу дифузійного соку може змінюватися, тому його слід періодично визначати не тільки на протязі сезону цукроваріння, але й при переробці буряків різних зон посіву буряка і якості.



1 – аніони кислот; 2 – колірні речовини; 3 – білкові речовини

Рис. 4. - Ступінь виділення нецукрів в залежності від рН I сатурації, %

Для визначення рН_t справедливим буде рівняння:

$$pH_t = pH_{20} - K(t - 20). \quad (2)$$

Наприклад, попередня дефекація проводиться при температурі 55°С. Значення оптимального рН₂₀ після фільтрування і охолодження склало 11.2. Для контролю технологічного режиму по рН-метру, встановленому безпосередньо на лінії виробництва, необхідно знати значення рН₅₅.

$$pH_{55} = 11.2 - 0.0155(55 - 20) = 10.66 \quad (3)$$

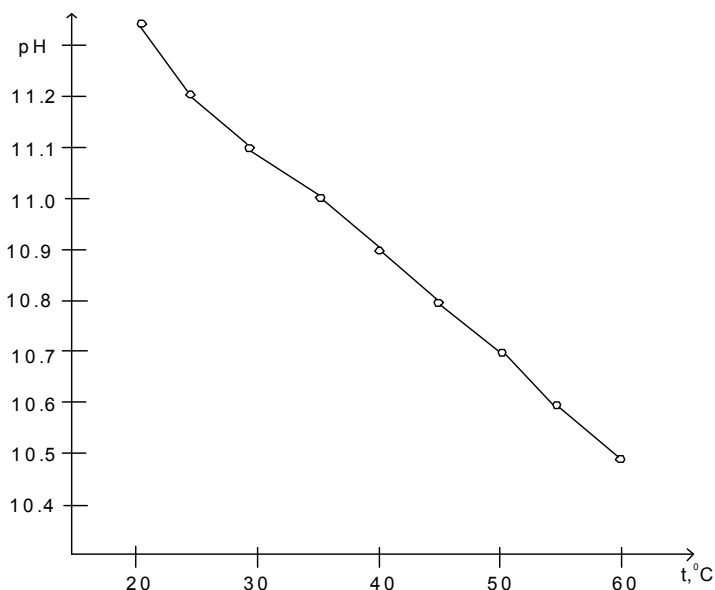


Рис. 5. - Залежність оптимального рН фільтрованого соку попередньої дефекації від температури

Таблиця 1

Значення рН для технологічної схеми з теплою прогресивною попередньою дефекацією

Сок попередньої дефекації									
рН ₂₀	рН ₆₀	ΔрН	рН ₂₀	рН ₆₀	ΔрН	рН ₂₀	рН ₆₀	ΔрН	Середнє значення ΔрН
-	-	-	10.90	10.20	0.70	9.28	8.70	0.58	0.64
10.54	9.90	0.64	10.95	10.30	0.65	9.95	9.25	0.70	0.66
10.89	10.21	0.68	11.35	10.70	0.65	10.70	10.02	0.68	0.67
10.30	10.62	0.68	11.42	10.72	0.70	11.15	10.57	0.58	0.65
11.45	10.90	0.55	11.50	10.84	0.66	11.46	10.92	0.54	0.58

З цього слідує, що рН-метр, встановлений безпосередньо в потоці на попередній дефекації, повинен показати рН₅₅ не 11.2, а 10.66.

Таким чином, визначення функції зміни оптимальної рН в залежності від температури дає можливість розраховувати і в подальшому підтримувати значення рН, який забезпечує найбільш високий ефект очищення соку на попередній дефекації.

Один з простих способів покращення седиментаційно-фільтраційних показників соку І сатурації - пересатурація. Лише при цьому, як відомо, погіршується його якість - підвищується колірність, обумовлена десорбацією частини фарбучих речовин, адсорбованих на карбонаті кальцію. Виходячи з такого пояснення, можна припустити, що при наступному додаванні вапна до пересатурованого соку і сатурації, десорбовані фарбуючі речовини будуть знову адсорбовані і колірність зменшиться.

Включення у схему перед ІІ сатурацією очистки з додаванням 0.25-0.4% вапна відкриває можливість для виключення від'ємного впливу пересатурації соку І сатурації на якість очищеного соку. Для з'ясування ефективності додаткової очистки вапном та вуглекислою пересатурованого соку І сатурації були проведені дослідження з дифузійним соком різної якості.

Із отриманих даних (табл.2) слідує, що при пересатуванні соку І сатурації седиментаційні якості соку І сатурації покращуються в середньому на 50%, колірність соку підвищується на 25-30%. При чому седиментаційні якості покращуються тим більше, чим більша степінь пересатурації. А колірність, навпаки, зі зниженням величини рН соку І сатурації збільшується.

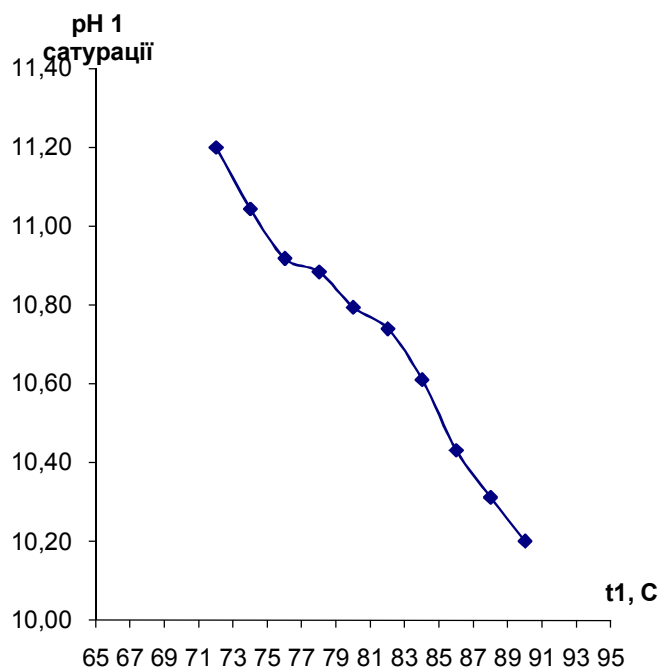


Рис. 6. - Отримана залежність оптимального рівня рН 1-ї сатурації від температури.

Із співставлення соків II сатурації, отриманих із нормально відсатурованого соку I сатурації, і пересатурованих з наступною їх обробкою вапняковим молоком і сатуруванням слідує, що пересатурування соку I сатурації практично не впливає на чистоту соку II сатурації. При наступній вапняково-вуглекислотній очистці нормально відсатурованого і пересатурованого соку I сатурації колірність знижується.

Однак колірність соку II сатурації, отриманого із пересатурованих соків I сатурації, приблизно на 20-30% вище у порівнянні із соком, отриманим із нормально відсатурованого соку I сатурації. Пересатурування соку на I сатурації приводить до підвищення солей кальцію у соку II сатурації приблизно на 60%.

На рис.7 наведена отримана залежність оптимального рівня рН 2-ї сатурації від температури для досягнення максимального ефекту очистки дифузійного соку. Цей технологічний показник є дуже важливим, тому що не всі заводи обладнані сульфідаторами соку і сік 2-ї сатурації після фільтрації безпосередньо потрапляє у випарну установку. В наслідок неякісної очистки нецукри потрапляють до вакуум-апаратів і погіршують якісні показники кінцевого продукту – цукру.

Підвищення колірності і підвищення вмісту солей кальцію у соку II сатурації, отриманому із пересатурованого соку, взаємопов'язані.

Це обумовлено тим, що фарбуючі речовини, які перейшли у розчин при пересатуруванні, зв'язують іон кальцію. Оскільки фарбуючі речовини, які перейшли у розчин при пересатуруванні в процесі II сатурації видаляються лише частково, то це і приводить до збільшення солей кальцію.

Підвищення колірності при пересатуруванні соку I сатурації і потім соку II сатурації відбувається головним чином за рахунок меланінів. Останні, як відомо, містять фенольні сполуки. Адсорбція меланінів на карбонаті кальцію обумовлена карбонільними і карбоксильними групами, які містяться в молекулі цих фарбуючих речовин. При зниженні рН в процесі пересатурування ступінь дисоціації цих груп зменшується і частина меланінів внаслідок цього переходить у розчин. Наявність в молекулі меланінів карбоксильних груп і азоту дає підстави припустити можливість утворення ними з іоном кальцію комплексних сполук.

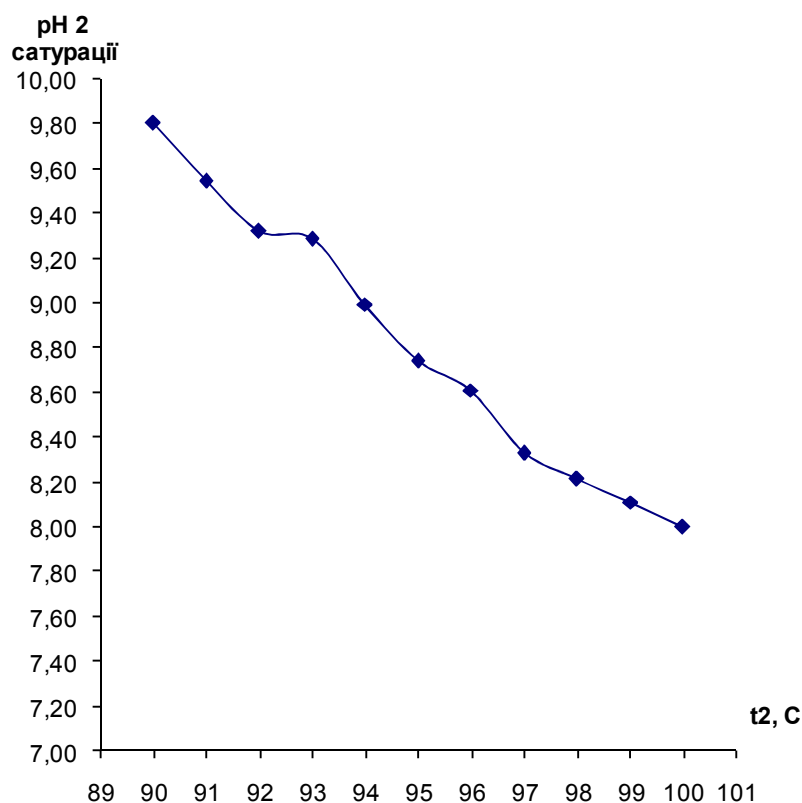


Рис. 7. - Отримана залежність оптимального рівня рН 2-ї сатурації від температури для досягнення максимального ефекту очистки дифузійного соку.

Таблиця 2

Вплив пересатування соку I сатурації на показники соку II сатурації

Проба соку	Сок I сатурації				Сок II сатурації						
	рН ₂₀	Лужність, % СаО	Колірність, ум.од.	S, см/хв	рН ₂₀	Лужність, % СаО	Колірність, ум.од.	Солі Са, % СаО	СВ, %	СХ, %	Ч, %
1	10.2	0.130	13.5	2.0	9.0	0.033	12.8	0.127	10.9	12.4	87.7
	9.1	0.125	13.7	2.6	9.0	0.025	13.5	0.200	10.9	12.4	87.7
	8.5	0.06	16.6	3.1	9.0	0.027	13.3	0.220	10.9	12.4	87.7
2	10.3	0.13	11.9	2.3	9.0	0.031	10.2	0.090	11.2	13.0	86.1
	9.7	0.12	13.9	2.9	9.0	0.028	12.3	0.138	11.2	13.0	86.1
	9.0	0.09	15.6	3.3	9.0	0.033	13.6	0.170	11.2	13.0	86.1
3	10.3	0.11	12.5	2.0	9.0	0.019	11.2	0.179	11.8	13.8	85.5
	9.7	0.09	13.3	2.6	9.0	0.017	13.2	0.273	11.8	113.8	85.5
	9.1	0.065	16.1	3.3	9.0	0.021	15.6	0.310	11.8	13.8	85.5
4	10.8	0.135	11.4	2.4	9.0	0.013	10.0	0.170	11.0	13.5	81.5
	9.8	0.10	13.2	3.0	9.0	0.018	11.4	0.270	11.0	13.5	81.5
	9.0	0.073	15.6	3.9	9.0	0.023	12.5	0.290	11.0	13.5	81.5

Мала ступінь видалення цієї групи фарбуючих речовин при наступній обробці їх вапном і діоксидом вуглецю на II сатурації, пов'язана з тим, що в їх молекулі при пересатуванні внаслідок подальших окислювальних процесів під дією кисню повітря



відбуваються структурні і конформаційні зміни молекули фарбуючих речовин. Фарбуючі речовини, які містять фенол, не видалені на I сатурації карбонатом кальцію, піддаються полімеризації, що приводить до утворення фарбуючих речовин з більшою молекулярною масою. В результаті полімеризації знижується і їх здатність адсорбуватися на карбонаті кальцію.

Висновки

Таким чином, на основі виконаних досліджень, можна зробити висновок, що пересатування соку I сатурації покращує седиментаційні якості соку I сатурації, погіршує якість соку II сатурації. У зв'язку з цим пересатування соку I сатурації можна використовувати як крайню міру для покращення седиментаційно-фільтраційних показників соку I сатурації.

Встановлені оптимальні рівні рН попередньої дефекації, 1 та 2 сатурації та їх залежність від температури у відповідних апаратах. Це дає можливість враховувати залежність якості сокоочистки по апаратах від поточних температур і досягти підвищення рівня виділення нецукрів з дифузійного соку.

Література

1. Шнейдер Ф., Гофман-Вальбек Г.П. *Технология сахара.* – М.: Пищепромиздат, 1958. – 380с.
2. Еременко Б.А. *Автоматизация управления процессами свеклосахарного производства.* – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 224с.
3. Сапронов А.Р., Бобровник Л.Д. *Сахар.* – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 256с.
4. Ушаков Е.П. *Математична модель процесу сокоочищення в цукровому виробництві.* // *Вісник національного університету „Львівська політехніка”.* – Львів, 2003. - №481. – с.41-46.