

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ХОМІЧАК ЛЮБОМИР МИХАЙЛОВИЧ

УДК 664.126.1.039

**НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ СПОСОБІВ
ОЧИЩЕННЯ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ**

05.18.05 – Технологія цукристих речовин

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового
ступеня доктора технічних наук

Київ – 2003

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Українець Анатолій Іванович, Національний університет харчових технологій, ректор

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Сидоренко Юрій Ілліч, Московський державний університет харчових виробництв, проректор з організаційно-кадрових питань, перспективного розвитку і громадських зв'язків, завідувач кафедри товарознавства та основ харчових виробництв

доктор технічних наук, професор
Пушанко Микола Миколайович, Національний університет харчових технологій, кафедра технологічного обладнання харчових виробництв

доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Міщук Ромуальд Цезарович, Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості, завідувач відділу цукрафінадного виробництва

Провідна установа: Інститут харчової хімії і технології Національної академії наук України

Захист відбудеться 25 червня 2003р. о 14.00 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.26.058.04 Національного університету харчових технологій, аудиторія А-311, за адресою 01033, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

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

Автореферат розіслано 23 травня 2003р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради, к.т.н.

Кобилянська О.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Цукор, нарівні із зерном, за своєю значущістю є стратегічною продукцією, важливою складовою забезпечення національної продовольчої безпеки, а отже, й економічної незалежності України. Незважаючи на дуже незначний експорт цукру з держави, цукровий бізнес в ряду інших видів бізнесу (нафта, газ, кольорові метали, алмази, зброя та зерно) посідає сьоме місце.

Виробництво цукру навіть на небагатьох відносно ефективних заводах України залишається невиправдано енерго- і матеріаломістким, що впливає на собівартість кінцевого продукту. Однією з найважливіших стадій технології отримання цукру з буряків, яка значною мірою визначає ефективність всього бурякоцукрового виробництва, є очищення дифузійного соку з використанням вапна і сатураційного газу. Результати роботи багатьох вітчизняних та зарубіжних учених – М.О. Архиповича, Л.П. Реви, Л.Д. Бобрівника, М.І. Дайшева, Г.О. Сімахіної, Ю.І. Моло-тіліна, О.Р. Сапронова, С.П. Олянської, В.М. Логвіна, А.А. Лі-пеца, Р. Кона, І. Вашатко та ін., присвячені виявленню основних закономірностей цього процесу, були враховані і стали базою для постановки досліджень та аналізу одержаних результатів.

До нинішнього часу відсутня єдина теорія, котра зумовлює уніфікований підхід до створення технології очищення дифузійного соку, що свідчить про необхідність подальшого пошуку нових технологічних і технічних рішень з використанням сучасних фізичних і фізико-хімічних методів інтенсифікації.

Виходячи з цього, теоретичне та експериментальне обґрунтування нових ефективних способів очищення дифузійного соку, які дозволять збільшити вихід цукру та знизити енергетичні та матеріальні витрати, є актуальним завданням і має важливе народногосподарське значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконувались відповідно до тематики науково-дослідних робіт НУХТ, згідно з планом кафедральної держбюджетної теми “Розробка, удосконалення, інтенсифікація, оптимізація технологічних процесів в цукровому виробництві”, дорученнями МОН України “Створити теоретичне, розрахункове та методичне забезпечення розробки та впровадження в харчову промисловість високоефективних тепломасообмінних апаратів з безпосереднім контактом фаз” (0198U000545) та “Розробити технологію отримання білого цукру з використанням нетрадиційних методів очищення соку” (0101U000453),

планами госпрозрахункових робіт НУХТ: “Технологічні і технічні рекомендації по інтенсифікації схеми одержання та очищення дифузійного соку з використанням відкритої пари і вапна” (№ 224/93); “Розробка ефективного способу та пристрою для ведення процесу попередньої дефекації” (№ 710/98); “Розроблення способу та пристрою для активації вапняного молока”(№ 910/00).

Автором особисто розроблено програми та методики проведення лабораторних і промислових досліджень, проведено ряд промислових випробувань розроблених способів та пристроїв, оброблено та узагальнені отримані результати, здійснювалось керівництво темами.

Мета і завдання досліджень. Мета роботи – на основі комплексних теоретичних і експериментальних досліджень впливу хімічних реагентів, ефектів кавітації, активації та рециркуляції на інтенсифікацію процесів вапняно-вуглекислотного очищення дифузійного соку обґрунтувати і розробити нові способи очищення дифузійного соку, які дозволять підвищити вихід цукру та знизити енергетичні і матеріальні витрати.

Для досягнення цієї мети поставлено до вирішення такі завдання:

провести теоретичні та експериментальні дослідження фізико-хімічних та структурних перетворень нецукрів дифузійного соку під впливом ефектів пароконденсаційної (ПК) та гідродинамічної (ГД) кавітації;

розробити математичну модель динаміки парової бульбашки в потоці недогрітої рідини та дослідити на її основі кавітаційні ефекти і механізм їх впливу на нецукри дифузійного соку;

теоретично обґрунтувати та розробити способи очищення дифузійного соку з використанням кавітаційних ефектів і хімічних реагентів та їх апаратурне оформлення;

розробити спосіб підвищення активності вапняного молока із застосуванням ефектів ПК кавітації та його апаратурне оформлення;

обґрунтувати доцільність використання під час попередньої дефекації хлорного вапна та з’ясувати механізм дії його на нецукри дифузійного соку;

на основі дослідження електрокінетичних властивостей карбонату кальцію і сатураційних осадів науково обґрунтувати раціональні способи використання їх адсорбційної здатності під час очищення дифузійного соку та клеровки жовтих цукрів;

дослідити умови ефективного ведення I та II сатурацій з рециркуляцією соко-газової суміші і розробити їх апаратурне оформлення;

на основі запропонованих способів розробити технологічну схему очищення дифузійного соку та її апаратурне оформлення;

виконати експериментальну перевірку, промислове впровадження і аналіз ефективності запропонованих наукових технічних рішень.

Об'єкт дослідження – способи очищення дифузійного соку.

Предмет дослідження - дифузійний та клітинний сік цукрових буряків, вапняне молоко, осад карбонату кальцію та сатураційні, клеровка жовтих цукрів.

Методи дослідження – традиційні та удосконалені спеціальні фізичні, фізико-хімічні, аналітичні, мікробіологічні, виконані з використанням сучасних приладів і комп'ютерних технологій, а також методи математичного моделювання та оптимізації й статистичного оброблення експериментальних даних.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі проведених досліджень дано теоретичне обґрунтування і експериментально підтверджена доцільність нових способів підвищення ефективності вапняно-вуглекислотного очищення дифузійного соку, що базуються на використанні на різних етапах очищення активованого осаду соку II сатурації, ефектів ПК кавітації та рециркуляції, нетрадиційних хімічних реагентів, забезпечують максимальне видалення нецукрів та формування структури осадів з мінімальною гідрофільністю і покращаними седиментаційно-фільтраційними показниками, сприяють зменшенню витрат вапняку та палива.

На основі досліджень сформульовані наукові концепції, які виносяться автором на захист:

вперше теоретично обґрунтовано й експериментально досліджено механізм впливу ефектів ПК і ГД кавітації на трансформацію асоційованих та комплексних сполук нецукрів дифузійного і клітинного соку цукрових буряків з утворенням речовин з підвищеною реакційною здатністю;

теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено ефективність одночасного застосування ефектів ПК кавітації та кальцієвмісного реагенту для оброблення дифузійного соку до попередньої дефекації, що сприяє більш повному видаленню нецукрів і утворенню в умовах попередньої дефекації осаду з мінімальною гідрофільністю;

запропоновано математичну модель динаміки парової бульбашки в потоці недогрітої рідини, яка дає можливість проаналізувати режими роботи ПК кавітаційних пристроїв для вирішення багатьох технологічних задач;

науково обґрунтовано новий спосіб активації вапняного молока із застосуванням ефектів ПК кавітації, що призводить до підвищення активності вапняного молока на 8–12 % внаслідок руйнування під дією кумулятивних мікроструминок агломератів гідроксиду кальцію і гексоаквакомплексів та “дорозгашування” частинок СаО та сприяє збільшенню в розчині активних іонів Са²⁺, необхідних для взаємодії з нецукрами дифузійного соку під час його вапняно-вуглекислотного очищення та до підвищення дисперсності частинок гідроксиду кальцію;

теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено ефективність спільної дії на заключних стадіях попередньої дефекації добавок дифузійного соку як флокулянта та хлорного вапна для додаткового вилучення високомолекулярних сполук (ВМС) з дифузійного соку і покращання структури осаду соку попередньої дефекації;

вперше встановлено, що сполуки нецукрів з кальцієм, які утворюються в результаті дії на дифузійний сік кальцієвмісного реагенту з рН менше 9,5, більш стійкі до пептизації в умовах високої лужності, ніж ті, що утворюються в результаті дії реагенту з вищим рН, в якому домінують іони гідрооксикальцію, а не двозарядні іони кальцію;

встановлено залежність адсорбційної здатності осадів карбонату кальцію від величини їх електродинамічного потенціалу, вперше вивчено вплив різних способів активації осаду соку II сатурації на зміну його електроповерхневих властивостей та доведено ефективність оброблення таким осадом дифузійного соку до попередньої дефекації сумісно із застосуванням ПК кавітації;

науково обґрунтовано спосіб двоступеневого проведення I сатурації, який передбачає ступінь карбонізації дефекованого соку на першому етапі до 50 % та розроблено схему надійного управління ним;

теоретично обґрунтовано спосіб очищення клеровки жовтих цукрів сумішшю активованого вапняним молоком та неактивованого осаду соку II сатурації і моноамонійфосфатом, який дає змогу суттєво знизити забарвленість клеровки завдяки адсорбції барвникових нецукрів на різнойменно заряджених частинках осаду та підвищити чистоту клеровки внаслідок видалення розчинних солей кальцію.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено використанням сучасних методів досліджень та засобів вимірювання фізико-хімічних характеристик, статистичних методів опрацювання експериментальних даних, засобів

обчислювальної техніки та підтверджується адекватністю отриманих результатів під час лабораторних досліджень і промислових випробувань розроблених способів та пристроїв.

Наукове значення роботи. Науково обґрунтовано та розроблено теорію, застосування якої сприяє уніфікації загальних підходів до створення технології очищення дифузійного соку. Практичне застосування цих підходів дозволяє досягти суттєвої економії витрат невідновлюваних природних ресурсів України та підвищує ефективність цукрового виробництва.

Практичне значення одержаних результатів. Виконані в дисертаційній роботі наукові розробки доведені до практичної реалізації, пройшли промислові випробування, впроваджені і успішно експлуатуються на цукрових заводах України, Російської Федерації (РФ) та Білорусі. Теоретичні узагальнення, експериментальні дослідження та аналітичні розрахунки стали науковою основою для удосконалення відомих і створення принципово нових технологічних рішень з підвищення ефективності очищення дифузійного соку:

– Спосіб попереднього одночасного оброблення дифузійного соку паром, вапном та поліакриламідом (патент України № 15040 А) пройшов випробування на Шепетівському цукровому комбінаті. Встановлено, що за рахунок утворення в цих умовах малогідратованого компактного осаду соку попередньої дефекації покращуються седиментаційно-фільтраційні властивості сатураційних соків та підвищується ефект очищення з одночасним зменшенням загальних витрат вапна на 0,2 % СаО до маси буряків.

– Спосіб очищення дифузійного соку з одночасним використанням ефектів ПК кавітації і суспензії соку II сатурації (патент України № 18177 А) впроваджено у виробництво на 7 цукрових заводах України, Слуцькому (Білорусь) та ЗАТ “Кристалл-Бел” (РФ). Використання запропонованого способу очищення дифузійного соку дозволило підвищити ефект очищення на дефекосатурації на 4...6 % та зменшити витрати вапна на 0,2 % СаО до маси буряків.

– Спосіб очищення дифузійного соку з використанням ефектів ПК кавітації та активованої вапном суспензії соку II сатурації (патент України № 31856 А) впроваджений на Кагарлицькому цукровому заводі, а з використанням ефектів ПК кавітації та активованої пересатураванням суспензії соку II сатурації (декларативний патент України № 32140 А) – на ВАТ “Ритм” (РФ), що дало підвищення чистоти очищеного соку на 0,6 % та збільшення виходу цукру на 0,16 %. Останній спосіб запатентовано в РФ (патент РФ № 2195498).

– Спосіб проведення попередньої дефекації з використанням хлорного вапна та додаванням на кінцеву стадію процесу дифузійного соку як флокулянта впроваджено на Жашківському цукровому заводі, що дозволило знизити забурвленість та вміст солей кальцію в очищеному соку відповідно на 16 та 6 %, підвищити ефект очищення на дефекосатурації на 4,5 %.

– Пароконтактний апарат попередньої дефекації (патент України № 22339 А) пройшов виробничі випробування на Ланівському цукровому заводі, які показали, що його використання дозволяє підвищити ефект очищення дифузійного соку на 4,5 % та суттєво зменшити загальну тривалість процесу.

– Спосіб очищення дифузійного соку з використанням активованого під дією ефектів ПК кавітації вапняного молока (патент України № 21585А) впроваджено на Дубенському, ім.Цюрупи (Україна) та Ржевському і Валуйському (РФ) цукрових заводах, що дозволило підвищити активність вапняного молока на 8–12 % та знизити витрати вапняку в середньому на 2,2 т на 1000 т перероблених буряків.

– Способи модернізації типових апаратів I сатурації (деклараційні патенти України № 31181А та № 36629А) впроваджено на 12 цукрових заводах України, РФ та Білорусі, що дозволило підвищити ступінь використання діоксиду вуглецю та адсорбційної здатності частинок карбонату кальцію, покращити седиментаційно-фільтраційні властивості осаду соку I сатурації, стабілізувати кінцеве рН сатураційного соку, знизити витрати вапна на 0,13...0,15 % та зменшити втрати цукрози в мелясі на 0,04 % до маси буряків.

– Технологічний режим ведення двоступеневої I сатурації із стабілізацією заданої величини карбонізації після першого ступеня та організацією в апаратах внутрішньої багаторазової природної рециркуляції впроваджено на семи цукрових заводах України та ЗАТ “Кристалл-Бел” (РФ), що дозволило підвищити якісні та седиментаційно-фільтраційні властивості соків і зменшити витрати вапна на очищення на 0,1–0,17 % СаО до маси буряків.

– Спосіб ведення другої дефекосатурації з частковою карбонізацією (на 20–30 %) вапна відпрацьованим сатураційним газом перед другою дефекацією (деклараційний патент України № 44178А) впроваджено на цукрових заводах ім. Цюрупи та Салівонковському, що дозволило на 30 % зменшити витрату сатураційного газу на II сатурацію та підвищити чистоту очищеного соку на 0,34 %.

– Спосіб очищення клеровки жовтих цукрів з використанням суміші активованої і неактивованої суспензій соку II сатурації та моноамонійфосфату (патент України № 21612 А) дозволяє зменшити забарвленість клеровки на 30–33 % та збільшити її чистоту на 1,7–2,2 %.

Розроблена на основі даних лабораторних та промислових досліджень технологічна схема очищення дифузійного соку впроваджена на цукровому заводі ім. Цюрупи в сезон 2001 р. Протягом 77 діб роботи заводу зафіксовано зниження витрат вапна на очищення на 2,2 т та фільтрувальної тканини на 7,1 погонних метрів на 1000 т перероблених буряків, підвищення загального ефекту очищення на 3,8 %.

Сумарний річний економічний ефект від впровадження на 21 цукровому заводі України наукових розробок дисертаційної роботи за рахунок додатково виробленого цукру, зменшення витрат вапняку, коксу та фільтрувальної тканини в цінах 2002 р. становить 3,1 млн грн, а на чотирьох закордонних – 6,76 млн рублів.

Основні розробки даної дисертаційної роботи рекомендовані Технічною радою Національної асоціації цукровиків України (НАЦУ) для широкого впровадження на цукрових заводах України.

Розроблені теоретичні положення і одержані під час виконання роботи результати прикладних досліджень використовуються в навчальному процесі НУХТ при підготовці спеціалістів для цукрового виробництва.

Особистий внесок здобувача. Автором особисто розроблені концепції процесів, які проходять в дифузійному соку під дією ефектів ПК і ГД кавітацій та методики визначення змін при цьому фізико-хімічних властивостей соку і структурних перетворень нецукрів; створені лабораторні установки для проведення експериментальних досліджень; проведені дослідження з визначення технологічних параметрів здійснення розроблених способів; розроблені конструкції пристроїв для впровадження в промислових умовах запропонованих способів; оброблені та узагальнені результати проведених фізико-хімічних досліджень в лабораторних та виробничих умовах; підготовлені та опубліковані результати досліджень.

У співавторстві проведено: дослідження процесів пептизації солей кальцію та перетворень комплексів нецукрів дифузійного соку під впливом ефектів кавітації – з д.т.н. Л.Д. Бобрівником, стану води в дифузійному соку після ПК і ГД кавітаційного оброблення – з к.т.н., ст.н.с. ІТТФ НАН України В.А. Михайликом, підбір методик

досліджень із застосуванням ПК та ГД кавітацій – з к.т.н. П.М. Немировичом, вдосконалення методик визначення електрокінетичного потенціалу – з д.х.н., ст.н.с. ІБКХ НАН України О.Л. Алексєєвим, методик визначення в'язкості та моделі коагуляції ВМС дифузійного соку в умовах розпилювання соку в парове середовище – з д.х.н. В.В. Манком, поверхневого натягу – з д.т.н. П.П. Загороднім. Обговорення, аналіз та узагальнення результатів досліджень проведено з науковим консультантом д.т.н. А.І. Українцем. Ряд досліджень виконано в процесі керування науковою роботою аспірантів М.М. Жеплінської та М.Є. Козіцької. В окремих розділах дисертації використано результати наукових праць, отримані спільно з к.т.н. Н.М. Пушанко та к.т.н. А.М. Матіящуком.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на: республіканській науково-технічній конференції “Интенсификация технологий и совершенствование оборудования перерабатывающих отраслей АПК” (Київ, 1989), міжнародному семінарі “Підвищення ефективності бурякоцукрового виробництва та проблеми екології і відходів” (Київ, 1994), міжнародній конференції С.І.Т.С. (Прага, 1996), ІХ міжнародній конференції “Удосконалення процесів та апаратів хімічних, харчових та нафтохімічних виробництв” (Одеса, 1996), міжнародній науково-технічній конференції “Розробка і впровадження ресурсощадних технологій та обладнання в харчову та переробну промисловість” (Київ, 1997), 6-ій міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми та перспективи створення і впровадження нових ресурсо- та енергоощадних технологій, обладнання в галузях харчової і переробної промисловості” (Київ – 1999), Х міжнародній конференції “Вдосконалення процесів та апаратів хімічних та харчових виробництв” (Львів, 1999), науково-технічних семінарах головних спеціалістів цукрових заводів, асоціацій та групових лабораторій України “Шляхи підвищення ефективності бурякоцукрового виробництва” (Київ, 2000, 2001, 2002), Технічній раді Національної асоціації цукровиків України “Укрцукор” (Київ, 23.05.01 р. та 22.05.02 р.), Другому міжнародному професійному семінарі “Сахар – 2002” (Москва, 2002).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 39 статей у наукових журналах та збірниках наукових праць, 18 тез доповідей на наукових конференціях, отримано 13 патентів України та один патент Російської Федерації.

Структура роботи. Основний зміст роботи викладено на 298 сторінках машинописного тексту, який складається з вступу, семи розділів та висновків. Дисертація ілюстрована 74 рисунками та 45 таблицями, містить 33 додатки. Наводиться список використаних літературних джерел з 312 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ВСТУП. Обґрунтована актуальність теми, визначені мета та основні завдання досліджень, наведені наукова новизна і практична цінність отриманих результатів.

Розділ 1. СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ.

Виконано аналітичний огляд літературних джерел з питань технології очищення дифузійного соку в бурякоцукровому виробництві. Розглянуто теоретичні та практичні аспекти попередньої дефекації й можливості підвищення ефективності цього процесу на основі застосування ефектів ГД кавітації і вдування водяної пари. Показано, що в результаті вдування пари в потік недогрітої рідини виникають кавітаційні ефекти, аналогічні до ефектів ГД кавітації. Тому явище розривання суцільності рідкої фази вдуванням пари і наступним колапсом утворених парових бульбашок запропоновано назвати пароконденсаційною (ПК) кавітацією. Цей перспективний спосіб інтенсифікації технологічних процесів поки що не отримав широкого практичного застосування.

Висвітлено питання способів проведення I і II сатурацій та їх апаратного оформлення, вплив електроповерхневих властивостей частинок карбонату кальцію та сатураційних осадів на ефективність адсорбційного очищення дифузійного соку. Розглянуто теоретичні питання очищення клеровок жовтих цукрів, їх вплив на якість цукру-піску.

На основі аналізу літературних даних сформульовано конкретні завдання досліджень та наводяться можливі шляхи їх вирішення.

Розділ 2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.

Об'єктами досліджень були: дифузійний і клітинний соки цукрових буряків, сік попередньої дефекації, сік основної дефекації, соки I та II сатурацій, згущена суспензія соку I та II сатурацій, клеровки жовтих цукрів, вапняне молоко.

У процесі дослідження технологічних показників соків використовували як загальноприйняті, так і удосконалені автором спеціальні фізичні і хімічні методи досліджень.

Вміст аніонів кислот визначали за різницею кількості солей кальцію в соку і величиною лужності соку.

Визначення електропровідності проводили за допомогою моста змінного струму Р5021 за частоти 1000 Гц, що дозволило звести до мінімуму вплив поляризуючої дії струму на результати. Аналіз сатураційного газу на вміст діоксиду вуглецю проводили за допомогою газоаналізатора ГХП-3М.

В'язкість дифузійного і клітинного соків, необроблених і оброблених у ГД чи ПК кавітаційних пристроях, визначали за допомогою віскозиметра Геплера та структурного ротаційного віскозиметра РЕОТЕСТ.

Конформативні зміни асоційованих та комплексних сполук дифузійного та клітинного соків після оброблення їх у ГД чи ПК кавітаційному пристроях досліджували визначенням розподілу вмісту металів-координаторів методами гель-хроматографії та абсорбційної атомної спектрометрії.

Вміст кількості води, зв'язаної нецукрами в соках, визначали за допомогою методу диференціальної сканувальної калориметрії.

Електрокінетичний ξ -потенціал частинок сатураційних осадів визначали методом електроосмосу при сталій концентрації твердої фази у діафрагмі, а вивчення електрокінетичних властивостей барвникових сполук клеровок – методом електрофорезу.

Склад інкрустацій на внутрішніх елементах сатураторів визначали методом дериватограм.

Дослідження щодо впливу ефектів ГД і ПК кавітацій та імпульсного електроіскрового розряду на зміну фізико-хімічних властивостей соків проводили на розроблених лабораторних установках.

В даному розділі наведена блок-схема комплексних досліджень з розроблення способів очищення дифузійного соку та дається оцінка точності експериментів.

Розділ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ КАВІТАЦІЙНИХ ЕФЕКТІВ НА ПРОЦЕСИ ОЧИЩЕННЯ СОКІВ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА.

Встановлено, що використання кавітаційних ефектів доцільно для оброблення дифузійного соку перед вапнуванням, що сприяє суттєвій інтенсифікації процесів на попередній дефекації і підвищенню

загального ефекту очищення. Показано, що застосування для очищення дифузійного соку ефектів ГД чи ПК кавітацій дає майже аналогічні результати.

Досліджено вплив ефектів ПК кавітації на зміну електропровідності, в'язкості та поверхневого натягу клітинного та дифузійного соків. Встановлено, що із збільшенням витрати пари під час ПК кавітаційного оброблення соків їх електропровідність також підвищується. Незважаючи на розбавлення, зумовлене конденсацією пари, електропровідність соків, оброблених парою, завжди більша, ніж електропровідність необроблених.

Для визначення, що саме вплив кавітаційних ефектів, а не нагрівання, приводять до зміни електропровідності соків, оброблених і необроблених в ПК кавітаційному пристрої дифузійний сік нагрівали на водяній бані до температури 85 °С, а потім охолоджували до початкової і через кожні 5 °С вимірювали електропровідність. Отримані дані (рис. 1), свідчать, що під час нагрівання соку зміна електропровідності має різний характер. Так, електропровідність обробленого соку на відміну від необробленого з самого початку зростає, що підкреслює структурні перетворення високомолекулярних сполук (ВМС) соку та комплексів нецукрів дифузійного соку під час ПК кавітаційного оброблення його. Більш стрімкий ріст електропровідності на першому етапі можна пояснити розпадом асоціатів ВМС дифузійного соку під дією ефектів ПК кавітації з вивільненням іононосіїв. Про це свідчить і менш стрімке зростання електропровідності цього ж соку при

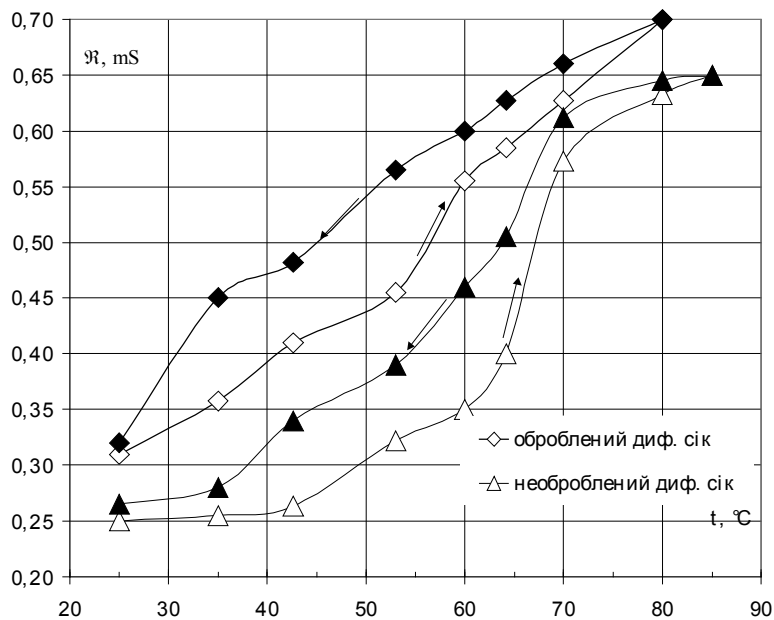


Рис. 1. Залежність електропровідності дифузійного соку від температури під час його нагрівання та охолодження

високих температурах, оскільки основні процеси фізико-хімічних перетворень відбулися під дією ефектів ПК кавітації.

В'язкість соку під дією ефектів ПК кавітації зменшується, а поверхневий натяг збільшується. Така закономірність є також непрямим підтвердженням процесів руйнування асоційованих сполук дифузійного соку під впливом кавітаційних ефектів.

Структурні перетворення нецукрів дифузійного та клітинного соків під дією ефектів ПК і ГД кавітацій вперше досліджено та теоретично обґрунтовано за характером розподілу деяких металів, які схильні до утворення комплексних сполук і можуть координувати нецукри клітинного та дифузійного соків. Так, у дифузійному соку під час визначення міді (рис. 2) на гельхроматограмах явно виражені два максимуми, які характеризують комплекси з білками, пептидами та амінокислотами. Після ПК кавітаційного оброблення соку у гельхроматограмах максимуми, що характеризують комплекси міді з низькомолекулярними азотовмісними сполуками зникають, а що характеризують комплекси міді з високомолекулярними сполуками — залишаються, але зменшуються в кількості.

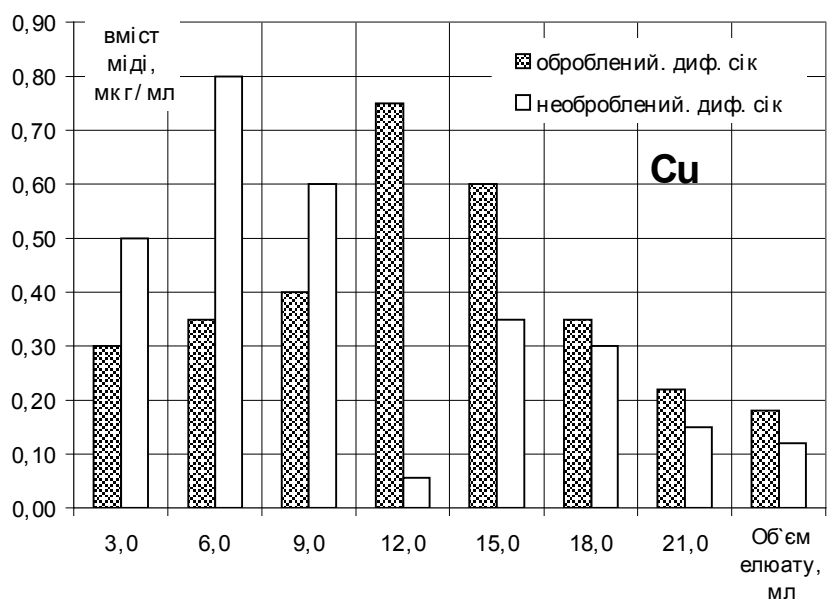


Рис. 2. Розподіл вмісту міді по фракціям елюатів гельхроматограм дифузійного соку

Подібно поведуть себе комплекси із залізом (рис. 3), а також магнієм та марганцем. Одержані дані свідчать про те що під дією кавітаційних ефектів комплексні та асоційовані сполуки дифузійного та клітинного соків з високомолекуляр-

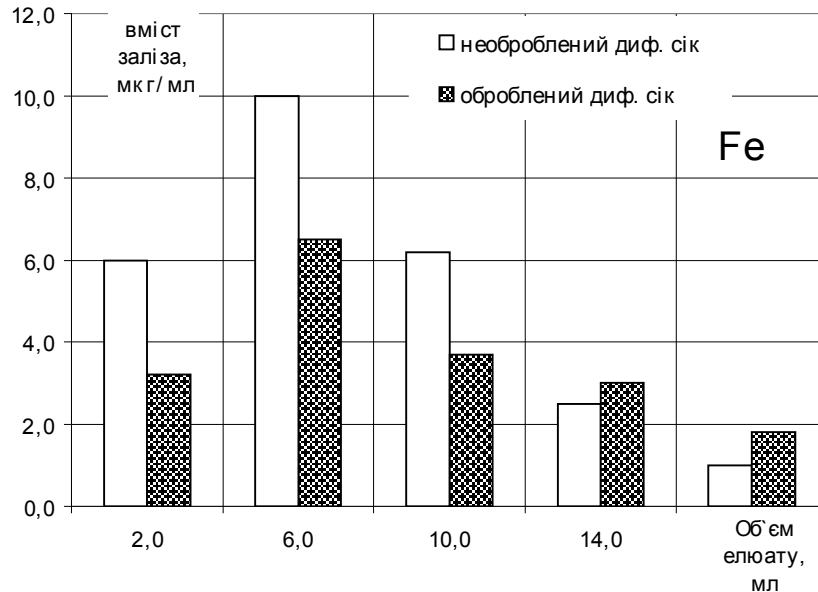


Рис. 3. Розподіл вмісту заліза по фракціях елюатів гельхроматограм дифузійного соку

ними лігандами розкладаються з утворенням нових структур. Утворені за цих умов речовини (іонні асоціати) реакційно здатніші, що свідчить про доцільність одночасного з ПК кавітаційним обробленням введення в сік кальцієвмісного реагенту. Це прискорюватиме перебіг процесів на подальших етапах вапняно-вуглекислотного очищення дифузійного соку.

Про структурні перетворення нецукрів соку свідчать також результати дослідження з визначення зміни вмісту зв'язаної води та вмісту сухих речовин. Так (рис. 4), в обробленому в ПК кавітаційному пристрої дифузійному соку до різниці температур в 6 °С порівнянно з необробленим соком кількість зв'язаної води на 1,4 % збільшується.

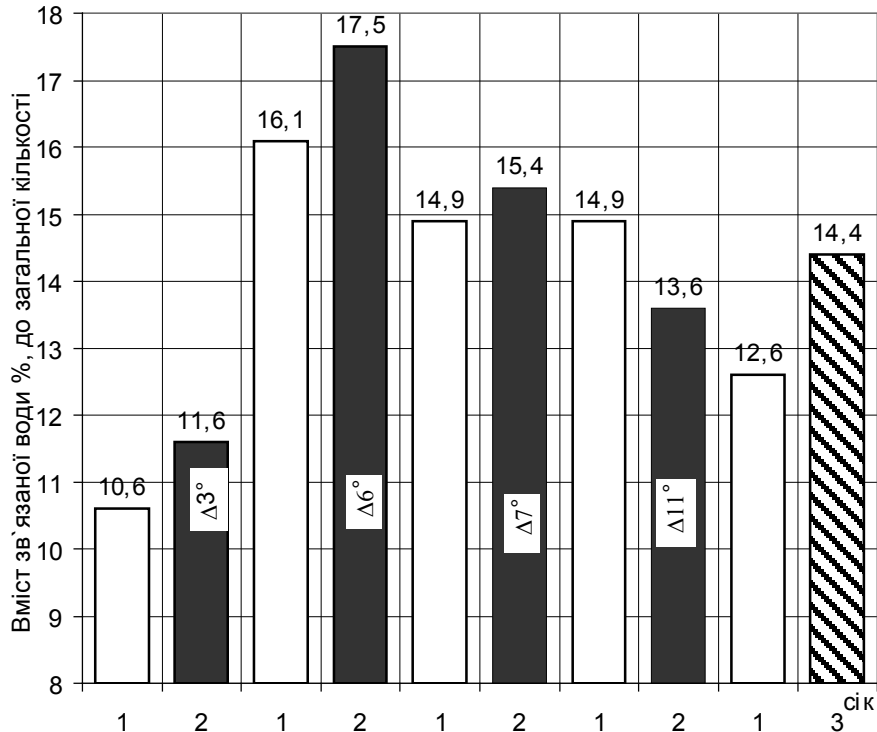


Рис. 4. Кількість зв'язаної води у дифузійному соку без оброблення (1) та з обробленням в ПК (2) і ГД (3) кавітаційних пристроях

Оброблення соку в ГД кавітаційному пристрої за стадії кавітації $\lambda = 1,1$ обумовлює підвищення вмісту зв'язаної води на 1,8 %. Це свідчить про те, що під час ПК або ГД кавітаційного оброблення дифузійного соку за певних режимів відбуваються аналогічні перетворення асоційованих та комплексних сполук соку. Тому в момент руйнування таких сполук бажано одночасно вводити іони Ca^{2+} з вапняним молоком чи осадом соку II сатурації, які в момент розпаду комплексів зможуть зв'язуватися з їх складовими частинами. Це підвищить загальний ефект очищення за рахунок більш повного видалення нецукрів, що підтверджують одержані нами експериментальні дані про вміст зв'язаної води в соках по стадіях вапняно-вуглекислотного очищення (рис. 5). Так, у соку попередньої дефекації і соку першої сатурації, одержаних

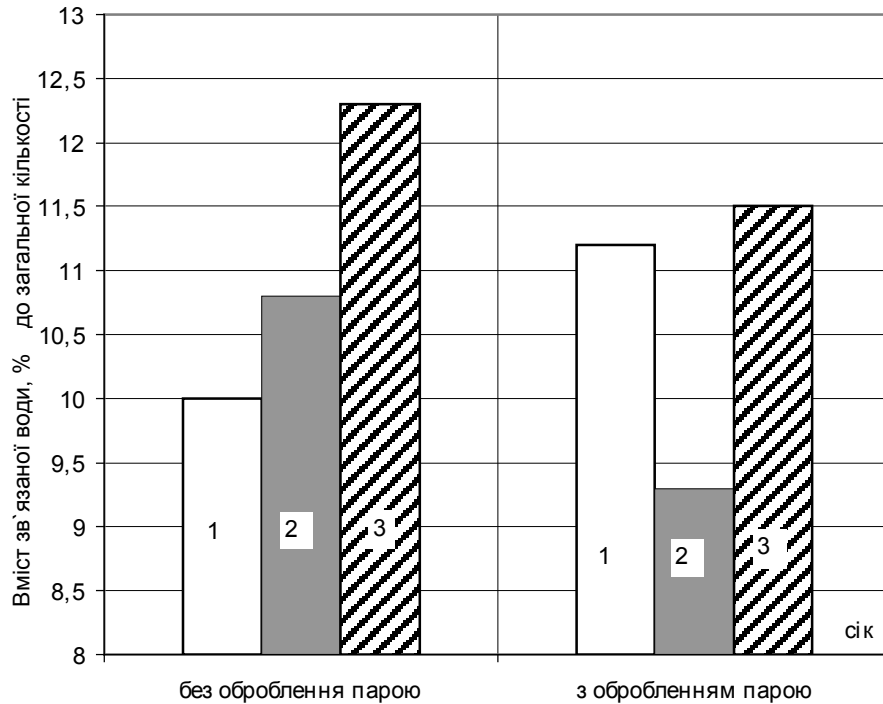


Рис.5. Зміна вмісту зв'язаної води в соках: 1 - дифузійному; 2 - попередньої дефекації ; 3 - першої сатурації

під час очищення дифузійного соку, необробленого парою, вміст зв'язаної води відповідно становить: 10,8% і 12,3%, що більше, ніж в соках, одержаних під час очищення дифузійного соку, попередньо обробленого парою (відповідно: 9,3% і 11,5%).

Разом з тим, ПК кавітаційне оброблення дифузійного соку до різниці температур більше 6 °С (див. рис. 4) та кавітаційне оброблення в ГД пристрої за стадії кавітації $\lambda = 2,5$ зумовлює до зниження вмісту зв'язаної води і зменшення видимих сухих речовин (СР) соку на 0,4 % (рис. 6). Але структура осаду коагуляту має в цих умовах невпорядковану просторову форму, що без наявності в даний момент осаджуючого хімічного елемента може зумовити до погіршення фільтраційної здатності утворених осадів. Зменшення вмісту

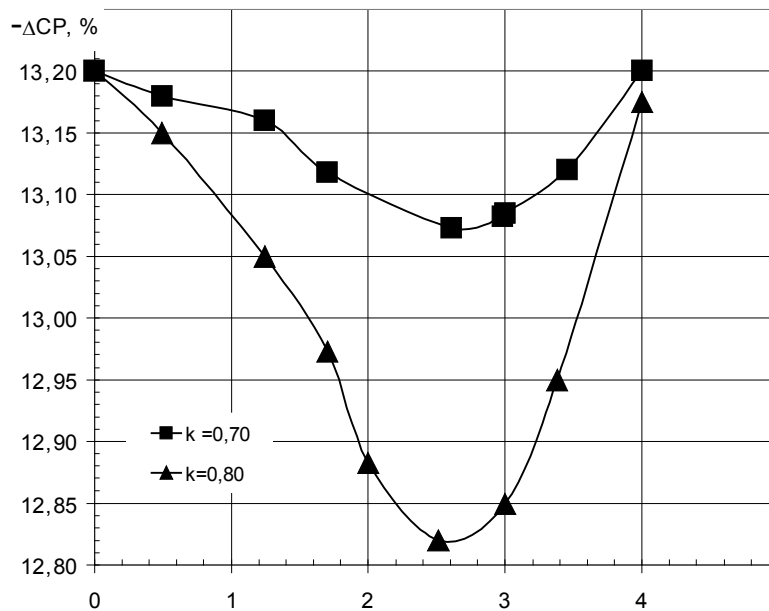


Рис.6. Зміна вмісту видимих СР дифузійного соку в залежності від стадії кавітації ГД кавітаційного оброблення та коефіцієнта стиснення потоку k

видимих СР дифузійного соку під час оброблення його в ГД кавітаційному пристрої можна пояснити лише структурними змінами нецукрів соку, так як ніякі хімічні реагенти чи вода в сік не вводились. Можна припустити, що аналогічні явища можуть проходити і під дією ефектів ПК кавітації.

Встановлено, що під дією ефектів ПК кавітації значно підвищується активність водно-вапняної суспензії (вапняного молока) і залежить від витрат пари та її потенціалу (рис. 7). За $P \geq 0,18$ МПа приріст активності зменшується, а оптимальна витрата водяної пари становить 1,75–2,0 % до маси суспензії. Підвищення активності вапняного молока на 8–12 % пояснюється руйнуванням агрегатів (агломератів) гідроксиду кальцію і гексоаквакомплексів та “дорозгашуванням” частинок CaO , що веде до збільшення вмісту у водно-вапняній суспензії іонів кальцію, необхідних для взаємодії з нецукрами дифузійного соку під час його вапняно-вуглекислотного очищення. Підтвердженням цьому стало вимірювання питомої електропровідності розчину, яка до оброблення суспензії парою становила $7,9 \cdot 10^{-3}$ Sim, а після оброблення – $8,1 \cdot 10^{-3}$ Sim. Дезагрегація складових твердої фази водно-вапняної суспензії підтверджується і результатами мікроскопічних досліджень, а також уповільненням розшарування в 1,5 раза та зростанням

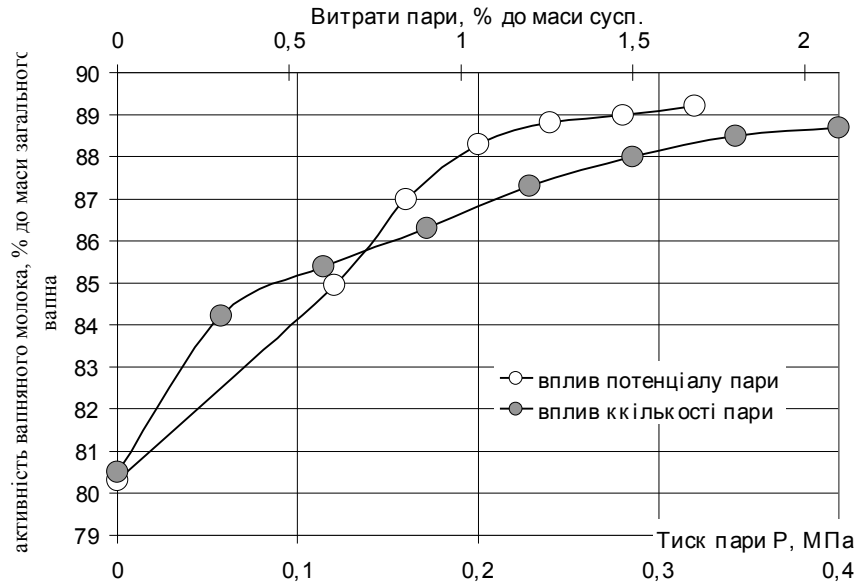


Рис. 7. Зміна активності вапняного молока під час його оброблення водяною парою

об'єму твердої фази після ПК кавітаційного оброблення на 10%. Оптимальні умови підвищення активності вапняного молока відповідають застосуванню ретурної пари в ПК кавітаційних пристроях з витратами 1,8–2,0 % до маси вапняного молока.

З метою теоретичного обґрунтування отриманих результатів експериментальних досліджень під час оброблення соків і вапняного молока в ПК кавітаційних пристроях розроблена математична модель динаміки парової бульбашки в потоці недогрітої рідини. Математичне описання моделі включає рівняння збереження маси пари, кількості руху парової і рідкої фаз, збереження енергії пари, стану пари та радіальної деформації бульбашки з урахуванням таких припущень: температура оточуючої бульбашку рідини на безмежній відстані залишається постійною, оскільки теплота, яка відводиться в процесі конденсації пари у бульбашці, не викликає відчутного нагрівання рідини в цілому (за експериментальними даними ця величина складає 4 – 5 °С); рідина в'язка, безмежна; бульбашка пари під час конденсації має сферичну форму; враховуються: тепломасообмін між фазами, інерція оточуючої бульбашку рідини, зміна коефіцієнта опору бульбашки, а також залежність теплофізичних властивостей пари і рідини від температури.

Під час вирішення математичної моделі отримано, зокрема, рівняння для визначення радіусу бульбашки та температури і тиску в ній під час колапсу:

$$\frac{d\Theta_2}{d\tau} = \frac{v_{1\infty}^2}{4R_2} + \frac{P_2 - P_{1\infty}}{\rho_1 R_2} - \frac{2\sigma}{\rho_1 R_2^2} - \frac{4\mu_1 \Theta_2}{\rho_1 R_2^2} - \frac{3\Theta_2^2}{2R_2}$$

$$\frac{dT_2}{d\tau} = -\frac{3\alpha_2(T_{гр} - T_2)}{C_{p2} R_2 \rho_2} - \frac{3j_{12} T_2}{R_2 \rho_2} - \frac{T_2}{\rho_2} \frac{d\rho_2}{d\tau} + \frac{3P_2 A}{R_2 C_{p2} \rho_2} \frac{dR_2}{d\tau}$$

$$\frac{dP_2}{d\tau} = \frac{dP_2}{dT_2} \frac{dT_2}{d\tau} - \frac{3\alpha_2 \mathfrak{R}_m (T_{2гр} - T_2)}{C_{p2} R_2} - \frac{3j_{12} P_2}{R_2 \rho_2} + \frac{3P_2 A \mathfrak{R}_m}{R_2 C_{p2}} \frac{dR_2}{d\tau}$$

де $dR_2/d\tau = \Theta$, гр, ∞ – індекси, які характеризують фізичні властивості фаз відповідно на межі поділу та безмежній відстані від них; 1, 2 – індекси, які відповідно відносяться до рідини і парової фази; j_{12} – потік маси; C_p – коефіцієнт опору для бульбашки пари; C_p – ізобарна теплоємність; m – коефіцієнт динамічної в'язкості; s – коефіцієнт поверхневого натягу на міжфазній поверхні вода - водяна пара; R – універсальна газова стала.

Таким чином, змінюючи початковий радіус бульбашок та їх кількість в одиниці об'єму середовища, що обробляється, можна впливати на ефективність роботи ПК кавітаційних пристроїв.

Встановлено, що безпосереднє електроіскрове оброблення дифузійного соку на експериментальній електрогідравлічній установці дозволяє досягти ефективного зменшення в ньому мікрофлори (рис. 8), присутність якої на цьому етапі виробництва може привести до суттєвих втрат цукру, причому бактерицидний ефект такого оброблення зростає із збільшенням кількості розрядів, напруги та відстані між електродами.

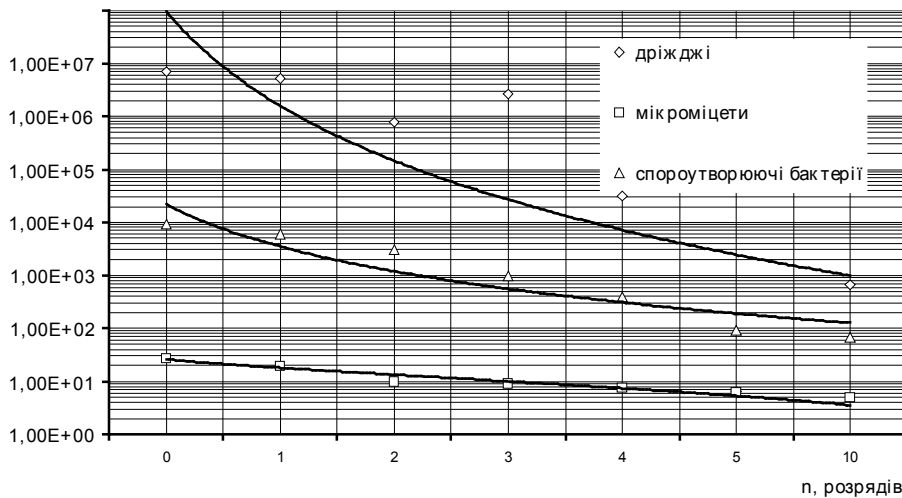


Рис. 8. Зміна мікробіологічного забруднення дифузійного соку під час прямого високовольтного електричного розряду від кількості розрядів в разі відстані між електродами 12 мм та напрузі на електродах 30 кВ

Встановлено також, що оброблення дифузійного соку в камері розряду (прямий розряд) під напругою 30 кВ та відстані між електродами 12 мм після 4 імпульсів чистота дифузійного соку підвищилась майже на 2 %. Із збільшенням кількості імпульсів чистота соку погіршується.

Розділ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ХІМІЧНИХ РЕАГЕНТІВ ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НА ПРОЦЕСИ ВАПНЯНО-ВУГЛЕКИСЛОТНОГО ОЧИЩЕННЯ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ.

Встановлено, що добавлення на попередню дефекацію хлорного вапна в кількості 0,02 % до маси буряків в зону з pH_{20} 9,5–10 спричиняє за рахунок гіпохлоритіону до руйнування захисних водних оболонок гідрофільних речовин колоїдної дисперсної, а їх полярні групи окисляються до карбоніл-гідрофобних, що значно полегшує коагуляцію та підвищує ступінь вилучення ВМС. Але утворений осад має велику дисперсність, структуру якого можна покращити за рахунок пектинових речовин дифузійного соку, чому сприяє добавка останнього на заключному етапі процесу попередньої дефекації в кількості 4% до маси буряків в зону з pH_{20} 10,8.

Дослідження механізму пептизації осадів деяких нецукрів дифузійного соку під дією високої лужності, отриманих за різних умов, показали (табл. 1), що кальцієві комплекси, які утворені при відносно високій лужності ($pH_{20} \sim 11$), коли в системі практично відсутні Ca^{2+} (CaTart 1), менш стійкі до пептизації, ніж кальцієві комплекси, що утворені з участю Ca^{2+} ($pH_{20} \sim 8,5$, CaTart 2). Так, розчинність тартрату кальцію,

Таблиця 1

Стійкість до пептизації кальцієвих комплексів, отриманих за різних значень pH_{20}

1	Ді ζ - η ϵ	\bar{n} ϵ^3 $\bar{N}a^{2+}$, % $\bar{N}aI$
1	Öóêðí àèé ðí ζ - η (ðí 9,5) + CaTart (1) + $\bar{N}aI$	0,650
2	Öóêðí àèé ðí ζ - η (ðí 9,5) + CaTart (2) + $\bar{N}aI$	0,840
3	Öóêðí àèé ðí ζ - η + CaTart (1)	0,005
4	Öóêðí àèé ðí ζ - η + CaTart (2)	0,252
5	Öóêðí àèé ðí ζ - η (ðí 13) + CaTart (1) + $\bar{N}aI$	1,55
6	Öóêðí àèé ðí ζ - η (ðí 13) + CaTart (2) + $\bar{N}aI$	1,48
7	Öóêðí àèé ðí ζ - η (ðí 13) + CaTart (1)	0,018
8	Öóêðí àèé ðí ζ - η (ðí 13) + CaTart (2)	0,58

одержаного при $pH_{20} = 13$, набагато більша в системі цукроза-сіль-СаО, ніж тартрату, одержаного при pH_{20} 9,5. Встановлено також, що розчинність білково-кальцієвого комплексу, отриманого при $pH_{20} \geq 11$, більша, ніж у аналогічних комплексів, отриманих при pH_{20} 8,5–9,2. Тому попереднє оброблення дифузійного соку кальційвмісним реагентом з pH_{20} не більше 9 (наприклад, суспензія соку II сатурації, а

ще краще пересатурована суспензія соку II сатурації, що містить достатню кількість іонів Ca^{2+} за рахунок добре розчинного $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ є запорукою до отримання стійкішого до пептизації коагуляту деяких солей в умовах високої лужності.

Досліджено електрокінетичні властивості осадів карбонату кальцію та сатураційних соків за різних умов вапняно-вуглекислотного очищення та встановлено, що із збільшенням значення позитивної натуральної лужності дифузійного соку збільшується абсолютне негативне значення електрокінетичного потенціалу (ЕКП) сатураційного осаду та погіршується адсорбційна здатність частинок CaCO_3 .

Встановлено, що глибоке пересатування суспензії соку II сатурації не зумовлює до її перезарядження (рис. 9), хоча значення негативного заряду наближається до нуля. Сатуру-

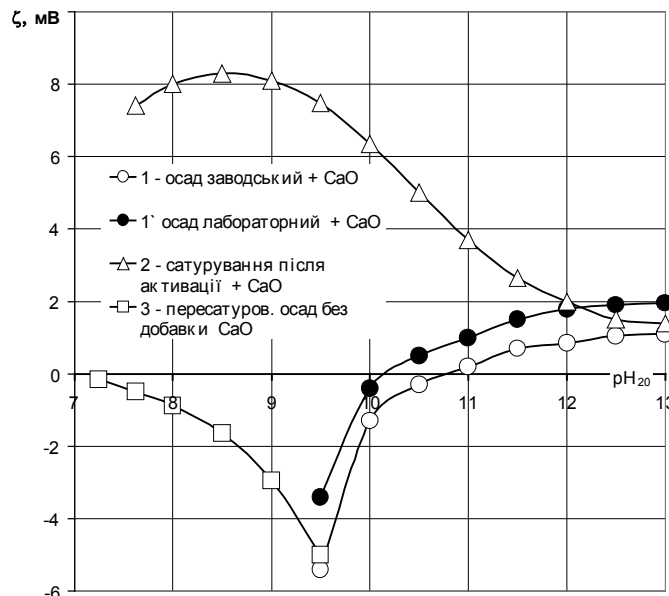


Рис. 9. Зміна ζ -потенціалу осаду соку II сатурації за різних способів його активації

вання попередньо активованого вапном осаду соку II сатурації спричиняє до значного збільшення позитивного заряду його частинок, що в разі повернення такого осаду на оброблення дифузійного соку до вапнування сприятиме значному підвищенню ефективності очищення.

Показано, що ЕКП осадів соку I та II сатурацій залежать від схеми очищення та кількості вапняного молока, витраченого на очищення. За схемою очищення дифузійного соку з попереднім його ПК обробленням та додаванням кальційвмісного реагенту утворений осад I

сатурації має мінімальне абсолютне значення ζ -потенціалу. Це свідчить про те, що цим осадам властива мінімальна гідрофільність та максимальна фільтраційна здатність.

Дослідження залежності ЕКП осаду соку I сатурації від витрат вапна на очищення показали, що збільшення витрат вапна до 300 % по масі нецукрів дифузійного соку не дозволяє отримати осад з позитивним ζ -потенціалом, що не підтверджує відомий тезис про те, що із збільшенням витрат вапна понад 80 % до маси нецукрів утворений сатураційний осад має позитивний заряд. До негативного знаку заряду частинок осаду спричиняє присутність в дифузійному соку пектинових та білкових речовин. Так, знак заряду частинок осаду, утвореного шляхом сатурації 13 %-ного розчину цукрози, що містив 0,2 % пектину та 1000 % СаО до кількості пектину, також виявився негативним, а абсолютне значення ζ -потенціалу становило 29,1 мВ.

Для найповнішого видалення нецукрів з фільтраційного осаду, що повертається на попередню дефекацію, доцільно проводити пересатурування розбавленого водою фільтраційного осаду соку I сатурації після вакуум-фільтрів та наступне виділення крупнішої фракції осаду карбонату кальцію на гідроциклонах.

Розділ 5. РОЗРОБЛЕННЯ СПОСОБІВ ОЧИЩЕННЯ ДИFUZІЙНОГО СОКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕФЕКТИВ ПАРОВИКОНДЕНСАЦІЙНОЇ КАВІТАЦІЇ.

Отримано результати, які свідчать, що оброблення дифузійного соку в ПК кавітаційному пристрої з одночасним введенням вапняного молока сприяє підвищенню швидкості седиментації соку I сатурації та чистоти очищеного соку, зменшенню в очищеному соку вмісту солей кальцію та його забарвленості (рис. 10). Встановлено, що доцільним при цьому є використання пари I і II корпусів випарної установки з витратою її приблизно 1 % до маси соку, яка призводить до збільшення температури дифузійного соку на 5 °С, та вапняного молока з витратою 0,1 % СаО до маси соку. Збільшення інтервалу часу між кавітаційним обробленням соку і додаванням в нього вапняного молока призводить до зниження ефективності очищення.

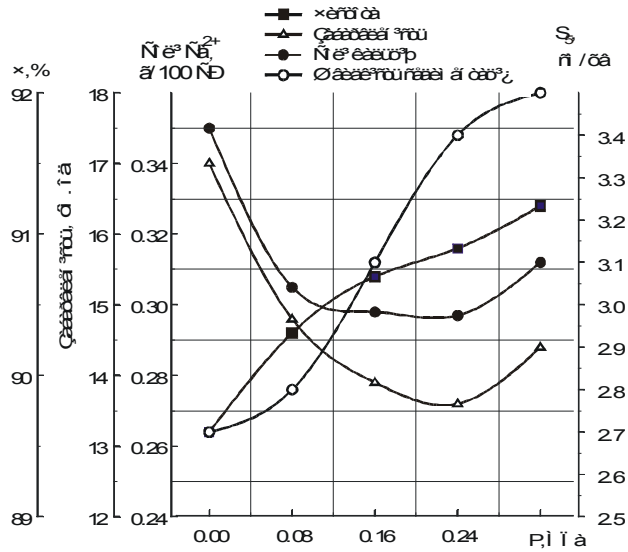


Рис. 10. Вплив потенціалу пари під час кавітаційного оброблення дифузійного соку на показники сатураційних соків

Одночасне попереднє оброблення дифузійного соку з використанням ефектів ПК кавітації та вапна дозволяє в умовах попередньої дефекації додатково видалити 15–20 % пектинових і білкових речовин та отримати коагулят, що є значно стійкішим до пептизуючої дії сильнолужного середовища: при pH_{20} 12,5 майже не пептизує ні білок, ні пектин, в той час, як коагулят білку і пектину, сформований під дією тільки вапна, пептизує відповідно на 20 і 7 % (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив способу очищення дифузійного соку на видалення з нього ВМС та на стійкість утворених коагулятів соку попередньої дефекації до пептизації в умовах основної дефекації

Dí đĩ ç-ēĩ ó	Ī áđĩ áēáĩ í ŷ ĩ àđĩ þ				Ī áđĩ áēáĩ í ŷ âàĩ í ĩ ĩ ³ ĩ àđĩ þ			
	Ī řääääĩ ĩ Â ĩ, %		Ī äĩ òèçĩ âàĩ ĩ, %		Ī řääääĩ ĩ Â ĩ, %		Ī äĩ òèçĩ âàĩ ĩ, %	
	á³ēĩ ê	ĩ âêòèĩ	á³ēĩ ê	ĩ âêòèĩ	á³ēĩ ê	ĩ âêòèĩ	á³ēĩ ê	ĩ âêòèĩ
9,2	40	37	-	-	60	50	-	-
11,0	66	55	-	-	-75	70	-	-
12,5	55	60	20	7	84	85	4	-

Базуючись на теоретичних відомостях та отриманих експериментальних даних, запропоновано спосіб кавітаційного оброблення дифузійного соку з одночасним введенням вапна і флокулянта. Встановлено, що додавання флокулянту в сік попередньої дефекації менш ефективно, як за сумісної дії пари, вапна та флокулянта на дифузійний сік. Це можна пояснити тим, що утворені під дією ефектів ПК кавітації продукти трансформації комплексних сполук нецукрів дифузійного соку після взаємодії з іоном Ca^{2+} мають можливість адсорбуватися на макромолекулі флокулянта, що зумовлює їх повніше видалення з розчину та зменшення ступеня гідратованості осаду. Додавання флокулянта в сік попередньої дефекації сприяє тільки агрегуванню сформованих раніше частинок осаду, а не додатковому переходу в осад розчинених нецукрів дифузійного соку.

Проте у разі очищення дифузійного соку з низькою чистотою ($Ч \leq 83\%$) ефект очищення за даним способом не дуже відрізняється від типового способу через ефект попереднього перелужнення комплексним іоном $CaOH^+$. У зв'язку з цим запропоновано спосіб попереднього оброблення дифузійного соку ПК кавітацією та суспензією соку II сатурації, яка містить іони Ca^{2+} , але не містить іонів $CaOH^+$. Крім цього, така суспензія містить значну кількість майже "чистого" кристалічного карбонату кальцію, необхідного для ефективного об'єднання коагуляційних структур в компактний та малогідратований осад.

Для вивчення ролі $CaCO_3$ в процесах коагуляції РКД за описаним вище способом очищення були проведені дослідження, з результатів яких видно (табл. 3), що наявність частинок карбонату кальцію в соку до добавлення CaO сприяє додатковому видаленню ВМС та загального азоту. Це підтверджує дані, одержані Й. Вашатко і А. Дандаром. Найкращі результати одержані за оброблення дифузійного соку з використанням ефектів ПК кавітації (ПКК) і суспензії $CaCO_3$ (варіант 4), за якого вміст ВМС зменшується на 22 %, загального азоту – на 21 %, а солей кальцію на 19 % відносно першого варіанту.

Таблиця 3

Вплив добавлення частинок CaCO₃ до дифузійного соку (чистота 87,3 %) на показники соку попередньої дефекації

№ п/п	Назва дослідження	Вміст кальцію, % до 100 мг		
		Всього	Вільний	Зв'язаний
1	Висхідний	1,960 ± 0,06	0,773 ± 0,04	0,165 ± 0,01
2	Висхідний + CaCO ₃	1,720 ± 0,06	0,694 ± 0,04	0,152 ± 0,01
3	Середній + CaCO ₃	1,745 ± 0,06	0,68 ± 0,04	0,146 ± 0,01
4	Середній + CaCO ₃ , CaCO ₃ + NaCl	1,533 ± 0,06	0,598 ± 0,04	0,134 ± 0,01

Введення суспензії соку II сатурації в дифузійний сік до вапнування разом із кавітаційним його обробленням зумовлює зменшення ступеня дисоціації та вільного заряду частинок колоїдної дисперсності, їх зближенню під проявом сил Ван-дер-Ваальса та закріпленню на частинках карбонату кальцію. Отже, частинки РКД здатні утворювати нові сполуки, тобто вони підготовлені до коагуляції, сенсibilізовані. Встановлено, що для завершення процесу сенсibilізації тривалість контакту обробленого соку з реагентом до наступного вапнування повинна становити 3–3,5 хв.

Запропоновано спосіб оброблення дифузійного соку із застосуванням кавітаційних ефектів та активованої вапняним молоком суспензії соку II сатурації. Встановлено, що оптимальна витрата вапняного молока на активацію суспензії соку II сатурації становить 0,85–0,90 % CaO до маси суспензії. За рахунок підвищення адсорбційної здатності частинок карбонату кальцію та присутності в достатній кількості вільних іонів Ca²⁺ загальний ефект очищення підвищується. Але в активованій цим способом суспензії присутні і комплексні іони CaOH⁺, дія якого на РКД може зумовити негативні наслідки на подальших етапах вапняно-вуглекислотного очищення дифузійного соку низької якості з високим вмістом РКД.

Для очищення соків різної якості запропоновано спосіб, який передбачає активацію суспензії II сатурації шляхом її пересатурування (див. рис. 9). Встановлено (рис. 11), що підвищення ступеня пересатурування суспензії, яка викорис-

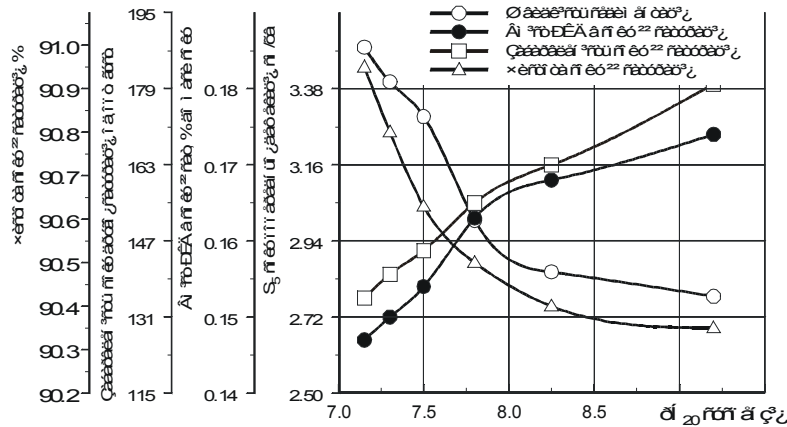


Рис. 11. Вплив рН суспензії соку II сатурації на показники соків за стадіями очищення

товується для сумісного з кавітаційним обробленням дифузійного соку, сприяє покращанню показників переддефекованого і очищеного соків. Як показали мікрофотографічні дослідження соків попередньої дефекації, частинки осаду, отриманого після кавітаційного оброблення дифузійного соку з одночасним введенням пересатурованої суспензії соку II сатурації відрізняються більш щільною, компактною структурою (рис. 12) порівняно з осадом, отрима-

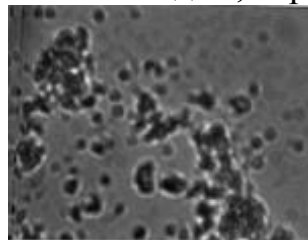


Рис. 12. Мікрофотографія частинок осаду соку попередньої дефекації з обробленням дифузійного соку в ПК кавітаторі пересатурованою суспензією соку II сатурації

ним після кавітаційного оброблення дифузійного соку з одночасним введенням осаду соку II сатурації, активованого вапняним молоком і тим більше з осадом, одержаним у разі очищення соку за типовою технологічною схемою (рис. 13).



Рис. 13. Мікрофотографія частинок осаду соку попередньої дефекації за типовою схемою очищення дифузійного соку

Для встановлення оптимальних параметрів очищення соку за розробленим способом з використанням пересатурованої суспензії соку II сатурації були проведені дослідження методом планування експерименту, в результаті яких знайдено, що оптимальними є витрати пари 1,0% до маси соку, суспензії – 2,9 % до маси соку, а тривалість процесу – 4,4 хвилини.

Порівняльні дослідження розроблених способів показали, що найефективнішим способом попереднього оброблення дифузійного соку різної якості є спосіб з використанням ПК кавітації та активованої пересатуруванням суспензії соку II сатурації, застосування якого сприяє зменшенню забарвленості та вмісту солей кальцію в очищеному соку, підвищенню ефекту очищення порівняно з типовим способом на 6 %, а також покращенню седиментаційно-фільтраційних властивостей соків. Розбавлення соку конденсатом пари компенсується зменшенням витрат вапняного молока та води на промивання сатураційного осаду.

Розділ 6. ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ ТА КЛЕРОВКИ ЖОВТИХ ЦУКРІВ.

З метою інтенсифікації процесів коагуляції РКД на попередній дефекації, сорбції під час сатурації та фільтрування отриманих соків запропоновано нетрадиційні хімічні реагенти, нові конструкційні рішення для модернізації сатураторів і удосконалено технологічні режими окремих стадій бурякоцукрового виробництва.

У результаті проведених досліджень встановлено, що спосіб оброблення соку на попередній дефекації з застосуванням хлорного вапна та додаванням на заключні стадії процесу дифузійного соку як флокулянта сприяє додатковому вилученню білкових сполук на 22,4 %, підвищенню швидкості седиментації соку попередньої дефекації в 1,4 рази за рахунок інтенсифікації процесу коагуляції. Такий спосіб позитивно впливає і на стійкість білкового коагуляту до пептизації в умовах основної дефекації, що особливо важливо за перероблення буряків низької якості.

Вдосконалено способи ведення I сатурації в одно- та двоступеневому режимах і їх апаратне оформлення. Виходячи з того, що секціонування об'єму сатуратора створює зони з високою лужністю, а внутрішня чи зовнішня рециркуляція соку в апараті сприяє покращанню фільтраційно-седиментаційних властивостей утвореного осаду та певною мірою – підвищенню коефіцієнта використання CO_2 ,

за основу було взято конструкцію сатуратора , характерними ознаками якого є наявність співвісної з корпусом внутрішньої циркуляційної труби та барботерів у вигляді променевих газорозподільних труб. З метою усунення недоліків нерівномірного розподілу лужності по перерізу циркуляційної труби сатуратора та створення зони з підвищеною лужністю запропоновано новий конструктивний елемент для підведення дефекованого соку – розподільник-карбонізатор (рис. 14). Ос-

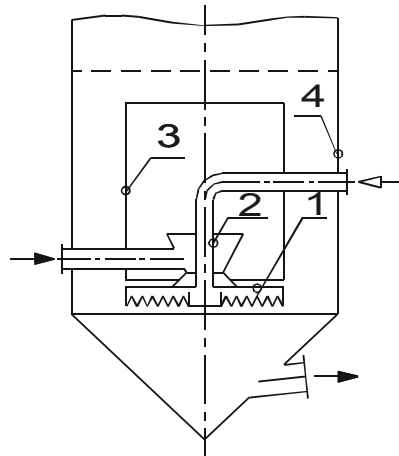


Рис. 14. Схема підведення соку основної дефекації в сатуратор через розподільник-карбонізатор та зони відбору проб інкрустацій

танній являє собою два відкриті зрізані конуси, що з'єднані меншими основами і співвісні з корпусом сатуратора та внутрішньою циркуляційною трубою. До верхнього конуса надходить тангенціально приєднаний трубопровід дефекованого соку.

Частина сатураційного газу надходить у нижній конус, внаслідок чого всередині карбонізатора виникає висхідний потік сатураційного газу і високолужного дефекованого соку. В результаті у карбонізаторі та над ним утворюється зона підвищеної лужності, що інтенсифікує сорбційні процеси під час сатурації. Підтвердженням цього є аналіз дериватограм інкрустацій, взятих в різних зонах сатуратора на Волочиському цукровому заводі (див. рис. 14), який показав, що частинки інкрустацій в зоні 2 містять в 2,5–3 рази більшу кількість органічних сполук, ніж в інших зонах.

Розподільник-карбонізатор створює й ефект так званої “маятникової” сатурації, суть якої полягає у миттєвому пересатуруванні та наступному підвищенні лужності соку за межами карбонізатора, що сприяє поліпшенню фільтраційних властивостей

осаду. Аналіз роботи сатураторів показав, що запропонована конструкція зумовлює і до зменшення вмісту в осаді невідсатурованого СаО більш як в 3 рази, що складає в середньому 0,05 % СаО до маси буряків, а також сприяє підвищенню ефекту очищення соку на 1,6—1,8 %, сік I сатурації стабільно має високі фільтраційні ($F_k = 1,5—2,6$) та седиментаційні ($S_2 = 5—6$ см/хв) властивості, а ступінь використання CO_2 становить 72—76 %.

Запропонована також конструкція сатуратора, в основу якої покладено секціонування внутрішнього об'єму за рахунок встановлення радіальних перегородок і розміщення в нижній частині сатуратора дугових барботерів (рис. 15). Сатуратор складається з корпусу 1, нижня частина якого розділена радіальними перегородками 2 на чотири (шість) секції, дві (три) з яких більші за об'ємом і розташовані по чергово. По центру нижньої частини апарата розташована труба 9 з двома (трьома) радіально спрямованими патрубками 4 зі зрізаними торцями для подавання дефектованого соку в нижні частини більших секцій 7. Безпосередньо під трубою 9 розміщений колектор сатураційного газу 8 з трубопроводом 3 для його підведення. В нижній частині більших секцій розташовані дугові барботери 5, з'єднані з колектором 8 радіальними променями 6. Така будова апарата дає можливість модернізувати сатуратори будь-яких типорозмірів, а загальна зона активної сатурації порівняно з конструкцією, яка має внутрішню циркуляційну трубу, збільшується на 25—45 %.

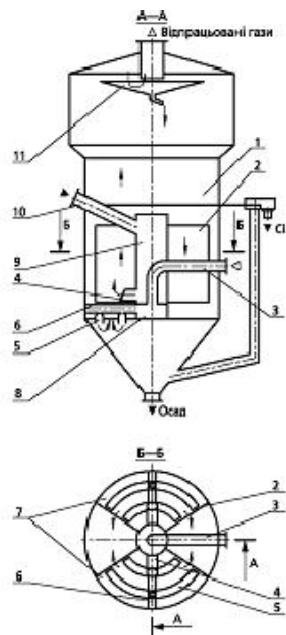


Рис. 15. Схема прямоточнорециркуляційного сатуратора, секційованого шляхом встановлення радіальних перегородок

Теоретично обґрунтовано та експериментально доведено, що у разі двоступеневого проведення I сатурації перший етап сатурування слід проводити у режимі прямотечії соку і газу із ступенем карбонізації дефекованого соку не вище 50 %.

Запропоновано принципово нове технологічне рішення другої дефекосатурації. Згідно з ним фільтрований сік I сатурації, змішаний з вапняним молоком в кількості 0,15—0,35 % CaO до маси буряків та підігрітий до температури 93—95 °С, подається на форсунки, розташовані у верхній частині апарата II сатурації. За рахунок контакту високолужного соку з відпрацьованим сатураційним газом відбувається карбонізація гідроксиду кальцію на 18...22 %. За допомогою спеціального пристрою частково карбонізований сік виводиться з сатуратора в дефекатор, де обробляється вапняним молоком в кількості 0,1 % CaO і подається в дефекатор для максимально можливого розкладу інвертного цукру і амідів та одночасної адсорбції утворених продуктів на наявних високоактивних частинках карбонату кальцію. З дефекатора сік подається в нижню частину апарата II сатурації, де обробляється сатураційним газом до оптимальної лужності. Такий спосіб проведення II сатурації дозволяє підвищити загальний ефект вапняно-вуглекислотного очищення соку за рахунок більш повного використання адсорбційної здатності карбонату кальцію в умовах другої сатурації і суттєво збільшити ступінь використання CO₂.

Розроблено спосіб очищення клеровки жовтих цукрів адсорбцією барвникових сполук на частинках карбонату кальцію з різнойменними зарядами, який передбачає додавання під час клерування 1 – 1,5 % до маси клеровки осаду соку II сатурації у вигляді суспензії, частина якої в кількості 40 – 70 % (в залежності від електрокінетичних властивостей барвникових сполук клеровки) попередньо активується в збірнику — мішалці додаванням вапняного молока в кількості 0,7 – 1,0 % до маси суспензії, та 0,08 – 0,1 % до маси клеровки моноамонійфосфату. Отримана клеровка після змішування її з сиропом подається насосом на фільтрування. Наявні в цих умовах частинки карбонату та фосфату кальцію утворюють фільтраційний шар, який затримує на фільтрах дрібні завислі частинки, що додатково підвищує якість клеровки з сиропом. Як показали дослідження, розроблений спосіб дозволяє зменшити забарвленість клеровки на 31—33 %, вміст

солей кальцію на 35 % та РКД на 50 % і підвищити чистоту на 1,1—2,3 %.

Розділ 7. РЕЗУЛЬТАТИ ВИРОБНИЧИХ ВИПРОБУВАНЬ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНИХ СПОСОБІВ І ОБЛАДНАННЯ.

З урахуванням розробленої математичної моделі та на підставі теоретичних і експериментальних досліджень запропоновано і розроблено декілька типів ПК кавітаційних пристроїв для інтенсифікації процесів очищення дифузійного соку від нецукрів. В одному із них (рис. 16) з метою створення протитиску для ефективного колапсу парових бульбашок камера змішування має дещо більший діаметр, ніж трубопровід для підведення дифузійного соку, а зріз сопла для підведення пари має прямокутну форму, що забезпечує необхідну дисперсність бульбашок пари та значно більшу площу поверхні контакту факелу пари із соком під час його оброблення у порівнянні з круглими соплами. Наявність великої турбулізації потоку в пристрої за рахунок розподільника суспензії 2 сприяє рівномірному розподілу твердої фази суспензії та бульбашок пари у всьому об'ємі реакційної камери.

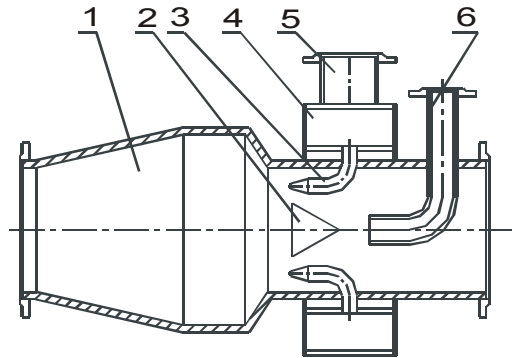


Рис. 16. Схема ПК кавітаційного пристрою:

1 – реакційна камера; 2 - розподільник суспензії; 3 – сопла;
4 – парова камера; 5,6 – патрубки для підведення пари та суспензії

Виробничими випробуваннями підтверджено попередньо встановлену в лабораторних умовах ефективність розроблених способів і обладнання для очищення дифузійного соку з використанням ПК кавітаційних пристроїв що дозволило впровадити їх на восьми цукрових заводах України, на трьох заводах РФ та на Слуцькому цукровому заводі (Білорусь).

Результати досліджень розробленого пароконтактного апарату попередньої defeкації дифузійного соку на Ланівецькому цукровому

заводі з використанням вторинної пари ІІІ корпусу ВУ в кількості 1,4 % до маси соку, суспензії соку ІІ сатурації в кількості 6 % до маси соку та вапняного молока в кількості 0,1 % СаО до маси соку з подаванням соку в апарат через форсунки в парове середовище показали, що ефект очищення у порівнянні з традиційним способом зростає на 4,5 %. Проведення попередньої дефекації в апаратах пароконтактного типу дозволить скоротити тривалість даного процесу та зменшити кількість рециркуляції нефільтрованого соку І сатурації на попередню дефекацію.

Результати заводських досліджень довели, що із застосуванням способу проведення попередньої дефекації з використанням хлорного вапна та дифузійного соку як флокулянта підвищуються фільтраційно-седиментаційні та якісні властивості сатураційних соків, а загальний ефект очищення зростає на 4,5 %. Спосіб впроваджено на Жашківському цукровому заводі.

Результати впровадження розроблених конструктивних рішень та способів проведення І і ІІ сатурацій і їх апаратного оформлення підтвердили їх ефективність, стабільність в роботі та простоту в управлінні. Їх використання дозволяє підвищити ступінь використання діоксиду вуглецю на 8–12 % зменшити витрату вапна в середньому на 0,15 % СаО до маси буряків, а за рахунок підвищення ефекту адсорбційного очищення та формування однорідної структури сатураційного осаду знизити втрати цукрози на 0,04 %.

Підтверджено підвищення ефективності процесу ІІ сатурації за розробленим способом: чистота очищеного соку зросла на 0,30 – 0,38 од., додатково отримано цукру в кількості 0,08 % до маси буряків. Крім того майже на третину зменшилися витрати сатураційного газу на ІІ сатурацію, що зумовило менше охолодження соку в сатураторі. Спосіб впроваджено на цукрових заводах на ім. Цюрупи та Саливонківському.

Використання розробленого способу та ПК кавітаційного пристрою для підвищення активності вапняного молока (рис. 17) в умовах Дубенського цукрового заводу за витрати ретурної

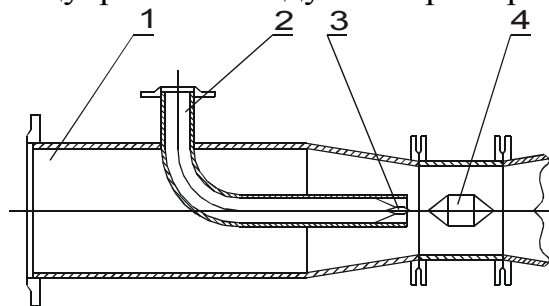


Рис. 17. Схема ПК кавітаційного пристрою для активації вапняного молока:
 1 – трубопровід вапняного молока, 2 – патрубок підведення пари,
 3 – сопло, 4 – вставка-розподільник

пари 1,7 % до маси вапняного молока дозволило підвищити його реакційну здатність з 86,2 % до 96,6 %, що зумовило зменшення витрати вапняку на 2,0 т на 1000 т буряків. Одночасно встановлено зменшення у вапняному молоці вмісту “піску” на 22–28 % та підвищення його густини на 0,01 кг/м³. Спосіб також впроваджено на Валуйському та Ржевському (РФ) цукрових заводах.

На основі запропонованих способів та їх апаратного оформлення розроблена технологічна схема очищення дифузійного соку (рис. 18), яка впроваджена на цукровому заводі ім. Цюрупи. Результати роботи цукрового заводу протя-

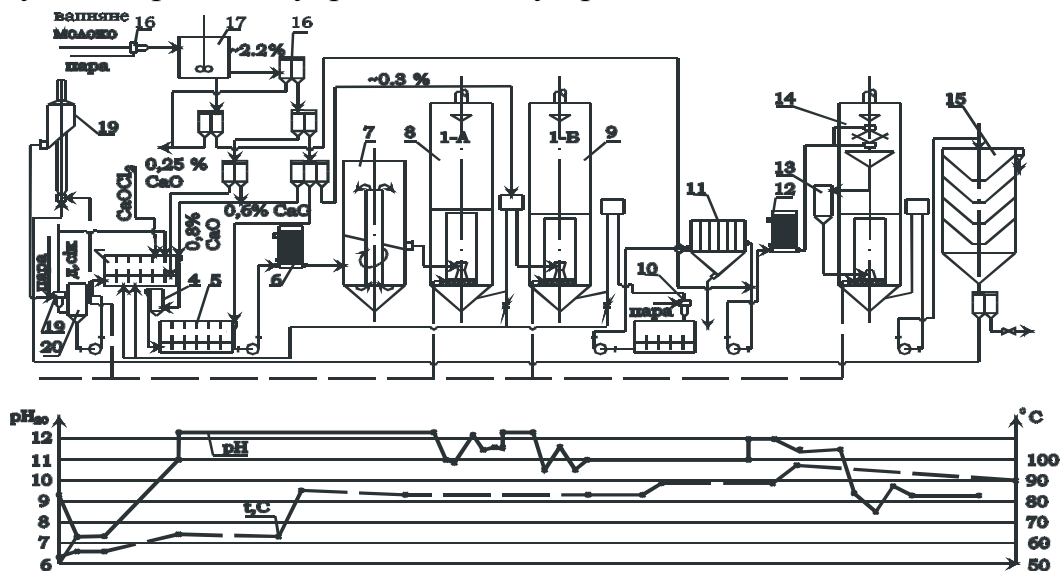


Рис. 18. Технологічна схема очищення дифузійного соку НУХТ
 1,10,13 – ПК кавітаційний пристрій, 2 – збірник сенсibilізатор,
 3 – апарат попередньої дефекації, 4 – змішувач, 5 – “холодний” дефекатор, 6,12 – підігрівачі, 7 – гарячий дефекатор, 8 – I “А” сатуратор,
 9 – II “Б” сатуратор, 11 – фільтр-прес, 13 – дефекатор,
 14 – апарат другої сатурації, 15 – відстійник, 17 – мішалка,
 18 – дозатор, 19 – сатуратор згущеної суспензії соку другої сатурації

гом двох останніх виробничих сезонів після впровадження схеми підтвердили її ефективність, що виражається не тільки підвищенням загального ефекту очищення на 5,7%, а й реальним зниженням витрат вапняку та фільтрувальної тканини.

Основні розробки рекомендовані Технічною радою Національної асоціації цукровиків України для широкого використання в галузі.

ВИСНОВКИ

На основі аналізу та узагальнення теоретичних даних, експериментальних і промислових досліджень з інтенсифікації технологічних процесів бурякоцукрового виробництва та їх апаратурного оформлення з використанням ефектів кавітації, активації та рециркуляції обґрунтовано, розроблено та реалізовано нові технічні рішення щодо технології очищення дифузійного соку, які забезпечують збільшення виходу готової продукції та зменшення витрат вапняку і палива.

1. Вперше теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено, що під дією кавітаційних ефектів відбуваються структурні перетворення комплексних та асоційованих сполук нецукрів дифузійного соку з утворенням проміжних продуктів підвищеної реакційної здатності. Тому введення у сік в момент кавітаційного оброблення кальцієвмісного хімічного реагенту забезпечує повніше видалення із соку нецукрів та отримання осаду, стійкішого до пептизації за високих лужності і температури в умовах основної дефекації.

2. Запропоновано математичну модель динаміки парової бульбашки в потоці недогрітої рідини, яка дозволяє дослідити вплив режимних параметрів розроблених ПК кавітаційних пристроїв на ефективність оброблення в них дифузійного соку та вапняного молока.

3. Експериментально встановлено, що пептизація кальцієвих сполук деяких органічних кислот та білка в умовах основної дефекації, зумовлюється присутністю цукрози і гідроксикальцієвих іонів. Тому для отримання коагуляту нецукрів, стійкого до пептизації в умовах основної дефекації доцільне попереднє оброблення дифузійного соку кальцієвмісним реагентом з рН 9,0–9,5 з високим вмістом Ca^{2+} та незначною кількістю CaOH^+ .

4. Розроблено принципово нові способи оброблення дифузійного соку до попередньої дефекації з використанням: ПК кавітації, вапна та флокулянта; ПК кавітації та згущеної суспензії соку II сатурації.

Встановлено, що найефективнішим є спосіб з використанням ПК кавітації та суспензії соку II сатурації, активованої її пересатураванням до pH_{20} 7,5. Застосування такого способу сприяє повнішому видаленню з розчину аніонів кислот, утворенню на попередній дефекації компактного та малогідратованого осаду, підвищенню ефекту очищення дифузійного соку залежно від його якості на 4,5–6,7 % з одночасним зниженням витрат вапна на 0,15–0,22 % CaO до маси перероблених буряків. Для практичної реалізації розроблених способів випробувано та впроваджено ряд пароконденсаційних кавітаційних пристроїв для одночасного кавітаційного та хімічного оброблення дифузійного соку.

5. Досліджено вплив електроповерхневих властивостей частинок карбонату кальцію та сатураційних осадів на процеси попередньої дефекації, I та II сатурації. Встановлено, що частинки сатураційного осаду завжди мають негативний заряд, незалежно від витрат вапна на очищення дифузійного соку, а висока натуральна лужність соку сприяє збільшенню величини заряду та погіршенню адсорбційної здатності осаду. Використання схеми очищення дифузійного соку з його одночасним кавітаційним та хімічним обробленням, а також з відділенням твердої фази соку до основної дефекації, дозволяє до мінімуму знизити величину негативного заряду частинок осаду і тим самим підвищити ефективність процесів очищення соку, покращити фільтраційні властивості осаду. Пересатуравання соку другої сатурації до $pH < 9,0$ також зменшує абсолютне значення величини електрокінетичного потенціалу частинок сатураційного осаду, однак поява за цих умов в соку значної кількості іонів HCO_3^- і H^+ приводить до витіснення ними із подвійного електричного шару частинок карбонату кальцію адсорбованих раніше аніонів, що погіршує його адсорбційну здатність.

6. Встановлено, що безпосереднє електроіскрове оброблення дифузійного соку на експериментальній електрогідравлічній установці дозволяє досягти ефективного зменшення в ньому мікрофлори, причому бактерицидний ефект електроіскрового оброблення зростає із збільшенням кількості розрядів і напруги. Оброблення дифузійного соку в камері розряду (прямий розряд) під напругою 30 кВ та відстані між електродами 12 мм після 4 імпульсів дозволяє досягти підвищення чистоти дифузійного соку до 2%. Із збільшенням кількості імпульсів чистота соку погіршується.

7. Запропоновано і науково обґрунтовано спосіб проведення I сатурації, що забезпечує підвищення ефекту адсорбційного очищення

соку карбонатом кальцію та поліпшення фільтраційних властивостей осаду. Для його реалізації запропоновано технічні рішення для модернізації апаратів з використанням розроблених конструктивних елементів (карбонізатор–розподільник, дугові барботери, радіальні перегородки). Використання таких сатураторів в промисловості дозволило підвищити ефект очищення соку на 1,5–4 %, ступінь використання діоксиду вуглецю сатураційного газу на 8–12 % та знизити витрати вапна в середньому на 0,15 % CaO до маси перероблених буряків.

8. Розроблено, науково обґрунтовано та впроваджено новий спосіб проведення II дефекосатурації, що включає в себе додавання до фільтрованого соку I сатурації вапна, його попередню часткову карбонізацію перед другою дефекацією на 20–25 % з використанням діоксиду вуглецю відпрацьованого сатураційного газу, що забезпечує підвищення ефекту адсорбційного очищення на 1,7–1,9 % та ступеня використання діоксиду вуглецю сатураційного газу – на 18–20%.

9. Науково обґрунтовано і експериментально підтверджено можливість підвищення активності вапняного молока з використанням ефектів ПК кавітації, які забезпечують руйнування агрегатів оксиду кальцію та агломератів гідроксиду кальцію, що сприяє підвищенню концентрації в розчині вільних іонів Ca^{2+} . Використання способу кавітаційного оброблення вапняного молока в промислових умовах дозволяє на 8–12 % підвищити його активність і тим самим зменшити загальні витрати вапна на очищення дифузійного соку на 0,12–0,16 % CaO до маси буряків та досягти хорошої текучості вапняного молока за його високої густини (1,18–1,20 г/см³).

10. Теоретично обґрунтовано та розроблено спосіб очищення клеровки жовтих цукрів, що передбачає введення під час клерування суспензії соку II сатурації, частина якої в кількості 40–70 % (в залежності від результатів електрофоретичного дослідження барвникових сполук клерівки) попередньо активується в збірнику – мішалці додаванням вапняного молока в кількості 0,7–1,0 % до маси суспензії, та добавлення моноамонійфосфату в кількості 0,08–0,1 % до маси клеровки. Ефект очищення клеровки за запропонованим способом становить 30–35 %, а її забарвленість знижується на 31–33%.

11. Розроблені способи реалізовано в технологічній схемі очищення дифузійного соку, яка впроваджена й експлуатується на цукровому заводі ім. Цюрупі, що дозволило підвищити загальний ефект очищення на 5,7 %, знизити витрати вапна на 0,22 % CaO до маси буряків і фільтрувальної тканини на 7,1 пог. м на 1000 т

перероблених буряків. Окремі розроблені способи та обладнання для інтенсифікації технологічних процесів очищення дифузійного соку впроваджено на 24 цукрових заводах України, РФ та Білорусі з сумарним реальним річним економічним ефектом 3,1 млн грн та 6,76 млн рублів.

ПЕРЕЛІК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в фахових журналах і збірниках наукових праць:

1. Олянская С.П., Цехмистренко В.А., Хомічак Л.М. Зависимость ζ -потенциала сатурационного осадка от расхода извести на дефекацию // Сах. свекла: произ-во и перераб. – 1988. – № 2. – С. 21–13.
2. Очистка фильтрационного осадка для повторного использования /В.Н. Шалатов, А.А. Липец, Л.П. Рева, Л.М. Хомічак //Изв. вузов СССР. Пищевая технология. – 1990. – №4. – С. 44 – 46.
3. Коагуляція речовин колоїдної дисперсності дифузійного соку при одночасній обробці його відкритою парою і вапном /Л.Д. Бобрівник, Т.К. Рухадзе, П.М. Немирович, Л.М. Хомічак, О.О. Лихолай, Г.В. Вергелес //Цукор України. – 1993. – №2. – С. 32–33.
4. Технологічна схема очистки дифузійного соку з попередньою обробкою його одночасною дією відкритої пари і вапна /Л.Д. Бобрівник, Т.К. Рухадзе, П.М. Немирович, Л.М. Хомічак // Харч. і перероб. пром-ть. – 1993. – №10. – С. 8.
5. Очищення дифузійного соку із застосуванням одночасної термічної, хімічної та гідродинамічної дії /Л.Д. Бобрівник, П.М. Немирович, Л.М. Хомічак, М.М. Жеплінська // Харч. і перероб. пром-ть. – 1995. – №5 (191). – С. 10–11.
6. Кондуктометричне вивчення дії відкритої пари на дифузійний та нативний соки цукрових буряків /Л.М. Хомічак, М.М. Жеплінська, П.М. Немирович, Л.Д. Бобрівник // Харчова пром-ть. – 1996. –Вип. 42. – С. 85–87.
7. Модернізація станції дефекосатурації Пальмірського цукрового заводу / Л.І. Панкін, Л.М. Хомічак, І.Б. Петриченко, В.А. Лагода, П.М. Немирович, В.П. Вивальнюк // Цукор України. – №3. – 1996. – С. 19–20.
8. Панкін Л.І., Хомічак Л.М., Петриченко І.Б. Ведення двоступеневої I сатурації //Цукор України. – 1996. – № 4. – С. 23–24.
9. Вплив одночасної обробки дифузійного соку відкритою парою та вапном на ефективність бурякоцукрового виробництва / Л.Д. Бобрівник, М.М. Жеплінська, Л.М. Хомічак, П.М. Немирович, А.М.

Матиящук // Експрес-новини: наука, техніка, вир-во. – 1996. – № 22. – С. 6–7.

10. Хомічак Л.М., Пушанко Н.М. Фізико-хімічна інтенсифікація попередньої дефекації // Експрес-новини: наука, техніка, вир-во. – 1996. – № 22. – С. 7–8.

11. Хомичак Л.М., Пушанко Н.Н., Тернавская Е.В. Повышение эффективности предварительной дефекации //Сахар. пром-ть. – 1997. – № 2.– С. 29–21.

12. Хомічак Л.М. Шляхи підвищення ефективності процесу І сатурації //Експрес-новини: наука, техніка, виробництво. – К. – 1997. – №21–22. – С. 5–6.

13. Інтенсифікація очищення дифузійного соку з використанням відкритої пари / Хомічак Л.М., Матиящук А.М., Жеплінська М.М., Бобівник Л.Д., Немирович П.М. //Експрес – новини: наука, техніка, вир-во. – 1997. – №21–22. – С. 4–5.

14. Ефективність використання моноамонійфосфату в технологічних процесах цукрового виробництва /М.Є. Козіцька, Л.М. Хомічак, Л.Д. Бобівник, А.П. Козявкін, І.Б. Петриченко //Експрес-новини: наука, техніка, вир-во. – 1997. – №21–22. – С. 3–4.

15. Хомічак Л.М. Перетворення нецукрів при вдуванні пари в дифузійний сік //Експрес-новини: наука, техніка, вир-во. – 1998. – № 1–2. с. 10–11.

16. Теоретичне обґрунтування вдування водяної пари для очищення дифузійного соку / А.М. Матиящук, П.М. Немирович, Л.М. Хомічак, М.Є. Козіцька //Експрес-новини: наука, техніка, вир-во. – 1998. – №1–2. – 11–12.

17. Хомічак Л.М. Вдосконалення методики та прибору для визначення електроповерхневих властивостей сатураційних осадів //Наук. праці УДУХТ.– 1998. – № 4. – Ч.ІІ. – С. 79–81.

18. Гідродинамічна кавітація як один із методів інтенсифікації попередньої дефекації / А.М. Матиящук, П.М. Немирович, Л.М. Хомічак, І.Ф. Малезик, М.М. Жеплінська, Н.М. Пушанко // Наук. праці УДУХТ. – 1998. – №4. – Ч. ІІ. С. 83–85.

19. Вивчення характеру розподілу деяких металів в нецукрах дифузійного соку / М.М. Жеплінська, Л.М. Хомічак, Л.Д. Бобівник, В.М. Іщенко, М.Є. Козіцька, А.М. Матиящук //Наук. праці УДУХТ.– 1998.– № 4.– С. 45–47.

20. Состояние воды в диффузионном соке после паровой и кавитационной обработок /М.Е. Козицкая, Л.М. Хомичак, Л.Д. Бобровник, В.А. Михайлик //Сахар. – 1999.– №2.– С. 15–16.

21. Розроблення способу очищення клеровки жовтих цукрів /Л.М. Хомічак, М.Є. Козицька, Л.Д. Бобрівник, А.П. Козявкін //Вісник Харк. держ. політех. ун-ту. – 1999.– №62. – С. 163–168.

22. Zvýšení efektivnosti epurace v cukrovarnické výrobě / I.S. Gu-lyi, L.D. Bobrovnik, L.M. Chomichak, P.M. Nemirovic, A.M. Matijascuk // Listy cukrovarnické a reparské. –1999. – № 2. – S. 55–56.

23. Хомічак Л.М. Підвищення ефективності вапняно-вуглекислотного очищення дифузійного соку із застосуванням термічної пароконденсаційної кавітації //Наук. праці УДУХТ.– 1999. – № 5. – С. 104–105.

24. Хомичак Л.М., Козицкая М.Е., Бобровник Л.Д. Пептизация комплексов кальция в условиях высокой щелочности / Сахар. – 1999.– № 5–6. – С. 12–14.

25. Математична модель створення поля кавітаційних бульбашок у гідродинамічному кавітаційному пристрої / А.М. Матиящук, П.М. Немирович, Л.М. Хомічак, І.М. Федоткін //Харч. пром-сть. –2000. – Вип. 45. – С. 34–39.

26. Зміна електрокінетичного потенціалу сатураційних осадів під час вапняно-вуглекислотного очищення дифузійного соку / Л.М. Хомічак, М.М. Жеплінська, І.Б. Петриченко, О.В. Зеленська //Наук. праці УДУХТ. – 2000. – № 7.– С. 70–72.

27. Встановлення оптимальних умов очищення дифузійного соку із застосуванням пари та активованої суспензії соку II сатурації / Л.М. Хомічак, М.Є. Козицька, П.П. Загородній, Л.Д. Бобрівник, А.О. Чагада // Наук. праці УДУХТ. – 2000. – № 7. – С. 72–74.

28. Інтенсифікація процесу очищення дифузійного соку з використанням пари на Шепетівському цукровому комбінаті /Л.М. Хомічак, М.М. Жеплінська, А.М. Матиящук, П.М. Немирович, М.Є. Козицька, Н.П. Надзюк //Цукор України. – 2001. – №1–2 (21). – С. 24–25.

29. Дослідження впливу електроіскрових розрядів на властивості соків цукрового виробництва / В.П. Василів, І.С. Гулий, А.І. Українець, Л.М. Хомічак, Ю.О. Дашковський, В.В. Олішевський, Ю.В. Слива //Харч. пром-сть. – 2001. – № 1(46). – С. 41 – 43.

30. Проведення першої сатурації в апараті з внутрішніми секційними циркуляційними контурами / Л.М. Хомічак, І.Б. Петриченко, В.Ю. Виговський, О.М. Калініченко, Ю.В. Герасименко//Харч. пром-сть. – 2001.– № 1 (46). – С.57–59.

31. Хомічак Л.М., Жеплінська М.М., Козіцька М.Є. Вплив умов проведення попередньої дефекації на стійкість утвореного осаду до пептизації // Харч. пром-сть. – 2001. – №1 (46). – С. 83–85.

32. Схема взаємодії кавітаційних бульбашок і частинок речовин колоїдної дисперсності / А.М. Матіяшук, Л.М. Хомічак, П.М. Немирович, О.В. Матіяшук, М.М. Жеплінська // Наук. праці УДУХТ. – 2001. – № 10. – Ч.2. – С. 126–128.

33. Підвищення ефективності роботи сатураторів бурякоцукрового виробництва / Л.М. Хомічак, І.Б. Петриченко, В.Ю. Виговський, О.М. Калініченко, Л.Г. Белостоцький // Цукор України. – 2002. – №2 (26). – С. 20 – 22.

34. Новий напрямок в роботі П сатурації / Л.М. Хомічак, В.Ю. Виговський, І.Б. Петриченко, С.О. Олійник, Л.Г. Белостоцький, М.М. Жеплінська, О.Г. Самчук, П.В. Пишняк // Цукор України. – 2002. – №3 (27). – С. 17–20.

35. Верчено Л.М., Хомічак Л.М., Калініченко О.М. Активація вапняного молока в цукровому виробництві // Цукор України. – 2002. – № 3(27). – С. 26 – 28.

36. Хомічак Л.М. Дослідження впливу ефектів пароконденсаційної кавітації на активацію вапняного молока // Наук. праці НУХТ. – 2002. – № 11. – С. 69–71.

37. Немирович П.М., Хомічак Л.М., Матіяшук А.М. Моделювання динаміки парової бульбашки в потоці рідини // Наук. праці НУХТ. – 2002. – №12. – С. 38–40.

38. Електроіскрові технології в харчовій промисловості / І.С. Гулий, А.І. Українець, Ю.О. Дашковський, Л.М. Хомічак, В.В. Олішевський, Л.М. Верченко, В.П. Василів // Наук. праці НУХТ. – 2002. – №13. – С. 34–39.

39. Застосування нетрадиційних методів інтенсифікації процесів очищення дифузійного соку цукрового виробництва / Л.М. Хомічак, І.С. Гулий, А.І. Українець, П.М. Немирович, А.М. Матіяшук, О.М. Калініченко // Наук. праці НУХТ. – 2002. – №13. – С. 39–43.

Патенти

40. Патент України № 15040 А МПК 5 С 13 D 3/02. Спосіб очищення дифузійного соку / Л.Д. Бобрівник, М.М. Жеплінська, Л.М. Хомічак, П.М. Немирович. – Опубл. 30.06.97. Бюл. №3.

41. Патент України № 181777 А МПК 6 С 13 D 3/02. Спосіб очистки дифузійного соку / М.М. Жеплінська, Л.М. Хомічак, Л.Д.

Бобрівник, П.М. Немирович, А.М. Матіяшук, І.Б. Петриченко, М.Є. Козіцька. – Опубл. 31.10.97. Бюл. № 5.

42. Патент України № 22339 А МПК 6 С 13 D 3/02. Пароконтактний апарат попередньої дефекації соку / І.С. Гулий, Л.Д. Бобрівник, П.М. Немирович, Л.М. Хомічак, В.П. Щуцький, А.М. Матіяшук. – Опубл. 30.06.98. Бюл. №3.

43. Патент України №21612А МПК 6С 13 D 3/06. Спосіб очищення клеровки жовтих цукрів / М.Є. Козіцька, Л.М. Хомічак, Л.Д. Бобрівник, І.Б. Петриченко, А.П. Козявкін. – Опубл.30.04.98. Бюл. №2.

44. Патент України № 21585 А МПК 6 С 13 D 3/02. Спосіб очищення дифузійного соку / М.М. Жеплінська, А.М. Матіяшук, Л.Д. Бобрівник, Л.М. Хомічак, П.М. Немирович, І.Б. Петриченко. – Опубл.30.04.98. Бюл. №2.

45. Патент України № 31856 А МПК 6 С 13 D 3/02. Спосіб очищення дифузійного соку / М.Є. Козіцька, Л.М. Хомічак, Л.Д. Бобрівник, М.М. Жеплінська, В.А. Лагода, І.Б. Петриченко. – Опубл. 15.12.00. Бюл. № 7 – 11.

46. Деклараційний Патент України № 31857 А МПК 6 С 13 D 3/02. Парострумний реактор / А.М. Матіяшук, Л.М. Хомічак, П.М. Немирович, М.Є. Козіцька, М.М. Жеплінська, В.А. Лагода. – Опубл. 15.12.00. Бюл. № 7 – 11.

47. Деклараційний Патент України № 31181 А МПК 6 С 13 D 3/02. Сатуратор / Л.М. Хомічак, П.П. Загородній, К.Д. Скорик, І.Б. Петриченко, М.М. Жеплінська, М.Є. Козіцька, В.М. Логвін. – Опубл. 15.12.00 р. Бюл. № 7-II.

48. Деклараційний Патент України № 32140 А МПК 6 С 13 D 3/02. Спосіб очищення дифузійного соку /Л.М. Хомічак, М.Є. Козіцька, Л.Д. Бобрівник, М.М. Жеплінська, О.В. Зеленська, Ю.І. Молотілін. – Опубл. 15.12.00 р. Бюл. №7-II.

49. Деклараційний Патент України № 36629 А МПК 6 С 13 D 3/04. Сатуратор / Л.М. Хомічак, П.М. Немирович, І.Б. Петриченко, І.Б. Калініченко, М.М. Жеплінська, Ю.І. Герасименко. – Опубл. 16.04.01. Бюл. № 3.

50. Деклараційний Патент України № 39757 А МПК 7 С 13 D 3/04. Сатуратор / Л.М. Хомічак, І.Б. Петриченко, В.Ю. Виговський, О.М. Калініченко, К.Д. Скорик. – Опубл. 15.06.01. Бюл. № 5.

51. Деклараційний Патент України № 44178 А МПК 7 С 13 D 3/02. Спосіб очищення дифузійного соку / Л.М. Хомічак, І.Б. Петриченко, В.Ю. Виговський, М.М. Жеплінська. –Опубл. 15.01.02. Бюл. № 1.

52. Деклараційний Патент України № 49418 А МПК 7 С 13 D 3/02. Спосіб очищення дифузійного соку / Л.М. Хомічак, І.Б. Петриченко, В.Ю. Виговський, М.М. Жеплінська, Ю.В. Слива. – Опубл. 16.09.02. Бюл. № 9.

53. Патент Российской Федерации № 2195498 С2 МКИ 7 С 13 D 3/02. Способ очистки диффузионного сока / Ю.И. Молотилин, Н.В. Орлова, Л.М. Хомичак, М.Е. Козицкая. – Опубл. 27.12.02. Бюл. № 36.

Тези доповідей на наукових конференціях

54. Снижение содержания сахара в фильтрационном осадке и выделение из него карбоната кальция на предварительную дефекацию / В.Н. Шалатов, А.А. Липец, Л.П. Рева, Л.М. Хомичак // Проблемы экологии и ресурсосбережения “Экоресурс –1”: Материалы науч.-техн. конф. – Черновцы. – 1990. – С. 28 – 29.

55. Хомічак Л.М., Бобрівник Л.Д., Штогрин Г.Г. Взаємозв'язок між електрокінетичним потенціалом і адсорбційною здатністю осаду карбонату кальцію // Розробка та впровадження нових технологій і обладнання у харчовій та переробній галузі АПК: Тези доп.: міжнар. наук.-техн. конф. 19–21 жовт. 1993 р. – К.: КТІХП, 1993. – С.56.

56. Очистка дифузійного соку одночасною дією вапна і відкритої пари /Л.Д. Бобрівник, Т.К. Рухадзе, П.М. Немирович, Л.М. Хомічак // Розробка та впровадження нових технологій і обладнання у харчовій та переробній галузі АПК: Тези доп. міжнар. наук.-техн. конф. 19–21 жовт. 1993 р. – К.: КТІХП, 1993. – С. 57.

57. Bobrovnik L.D., Nemirovich P.M., Khomichak L.M. The Elaboration and Inculcation of Purifying Technology using Thermal, Chemical and Hydromechanical Treatment//Proceedings International Workshop on Efficiency and Waste Management in Beet Sugar Production. – Kyiv, 1994. – S. 134–137.

58. Трансформуюча дія відкритої пари та кавітації на комплексні сполуки дифузійного соку /Л.М. Хомічак, Л.Д. Бобрівник, П.М. Немирович, І.Б. Петриченко, Л.І. Панкін //Розробка та впровадження нових технологій і обладнання у харчовій та переробній галузі АПК: Тези доп. всеукр. наук.-техн. конф. – К.: УДУХТ, 1995 . – С. 23.

59. Investigation and elaboration of purifying technology with utilization of thermal chemical and hydrodynamical treatment /L.D. Bobrovnik, I.S. Guliy, P.M. Nemirovich, L.M. Khomichak, M.M. Zheplinska // C.I.T.S., Proceesdings of the Mectings of the Scientific Commitee and Subcommittee. Beet Quality and Storage in Prague. – May, 1996. – S.32–33.

60. Вплив кавітаційного оброблення дифузійного соку на ефективність його дефекосатураційного очищення /А.М. Матіяшук, П.М. Немирович, Л.М. Хомічак, І.Ф. Малежик, О.А. Литвиненко // Удосконалення процесів та апаратів хімічних, харчових та нафтохімічних виробництв: Тези доп. ІХ міжнар. конф. – Одеса, 1996. – С. 34.

61. Матіяшук А.М., Немирович П.М., Хомічак Л.М. Дослідження конденсаційного колапсу парової бульбашки // Матеріали шостої міжнародної науково-технічної конференції. “Проблеми та перспективи створення і впровадження нових ресурсо- та енергоощадних технологій, обладнання в галузях харчової і переробної промисловості”. Частина І. – 19 - 21 жовтня 1999 року. – К.: УДУХТ, 2000.- С. 21.

62. Хомічак Л.М. Схема очищення соку УДУХТ-01 та реалізація її впровадження на цукровому заводі ім. Цюрупи // Шляхи підвищення ефективності бурякоцукрового виробництва: Матер. наук.-техн. семінару цукровиків України – К.: НАЦУ “Укрцукор”, – 2002. – С. 149–151.

63. Хомічак Л.М. Шляхи підвищення ефективності вапняно-вуглекислотного очищення дифузійного соку //Матер. засідання Техн. ради НАЦУ “Укрцукор”, 22 трав.2002 р. – К, 2002. – С. 17–35.

Хомічак Л.М. Наукове обґрунтування та розроблення способів очищення дифузійного соку. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.05 – Технологія цукристих речовин. – Національний університет харчових технологій, Київ, 2003.

В дисертації представлено результати теоретичних та експериментальних досліджень підвищення ефективності вапняно-вуглекислотного очищення дифузійного соку шляхом використання ефектів кавітації, рециркуляції і активації та додаткового хімічного оброблення. Науково обґрунтовано та розроблено вискоелективні способи очищення дифузійного соку з використанням одночасної дії на сік ефектів пароконденсаційної кавітації та активованої різними способами суспензії соку II сатурації і обладнання для їх реалізації. Розроблено новий спосіб активації вапняного молока із застосуванням ефектів пароконденсаційної кавітації та спосіб проведення попередньої

дефекації з використанням на заключних стадіях процесу хлорного вапна та дифузійного соку як флокулянта.

Розроблено способи проведення I та II сатурацій в одно- і двоступеневому режимах з використанням ефектів рециркуляції і маятникової сатурації та їх апаратурне оформлення. Розроблено спосіб очищення клеровки жовтих цукрів з використанням суміші активованого та неактивованого осаду соку II сатурації і моноамонійфосфату. Наведено результати промислових досліджень та впроваджень запропонованих способів, обґрунтовано їх економічну ефективність.

Ключові слова: кавітація, очищення, дифузійний сік, пара, суспензія, вапно, рециркуляція, сатурація, клеровка, електрокінетичний потенціал.

Хомичак Л.М. Научное обоснование и разработка способов очистки диффузионного сока. – Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.18.05 – Технология сахаристых веществ. – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2003.

В диссертации представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований повышения эффективности известково-углекислотной очистки диффузионного сока путём использования эффектов кавитации, рециркуляции, активации и дополнительной химической обработки.

Научно обосновано и экспериментально подтверждено целесообразность использования кавитационных эффектов, возникающих при вдувании пара в поток диффузионного сока, для интенсификации процессов его очистки. Установлено, что под действием таких эффектов происходят структурные превращения комплексных соединений несахаров диффузионного сока с образованием промежуточных продуктов повышенной реакционной способности. Показано, что введение в сок в этот момент кальцийсодержащего реагента (известкового молока или же суспензии сока II сатурации) способствует более полному удалению несахаров и образованию на предварительной дефекации осадка, более стойкого к пептизации в условиях основной дефекации. На этой основе разработаны комбинированные способы паро-конденсационной кавитационной обработки диффузионного сока до предварительной дефекации при расходе пара 0,8–1,0 % к массе свеклы с одновременным использованием извести и флокулянта или же

активированной различными способами суспензии сока II сатурации. При этом использование суспензии, активированной путём пересатурирования до pH_{20} 7,5, наиболее целесообразно, поскольку исключается возможность перещелачивания диффузионного сока на первом этапе его очистки. Данный способ позволяет повысить эффект очистки диффузионного сока на 4,5–6,7 % с одновременным снижением расхода извести на 0,15–0,22 % CaO к массе свеклы.

Обоснована целесообразность применения паро-конденсационной кавитационной обработки известкового молока, что способствует при расходе пара 2 % к массе молока не только увеличению его активности на 8-12 % , но и хорошей текучести при высокой плотности (1,18...1,20 г/см³), а также значительному снижению количества взвешенных частиц в нём.

С целью определения условий максимального использования энергии паровых пузырьков, выделяемой при их коллапсе, предложена математическая модель динамики парового пузырька в потоке жидкости. На её основании установлено, что только у пузырьков радиусом до 1 мм наблюдается увеличение амплитуды и частоты колебания их поверхности до конца времени их существования, что свидетельствует о способности выделять максимум энергии. С учётом этого разработаны два варианта паро-конденсационных кавитационных устройств для реализации предложенных способов.

Изучено влияние величины электрокинетического потенциала частиц карбоната кальция на его адсорбционную способность, а также влияние различных видов активации сатурационных осадков на изменение их электроповерхностных свойств. Установлено, что частицы сатурационных осадков всегда имеют отрицательный заряд независимо от расхода извести на очистку диффузионного сока, при этом высокая натуральная щёлочность способствует увеличению значения отрицательного заряда и ухудшает адсорбционную способность частиц осадка.

Научно обоснован и разработан способ проведения первой сатурации с использованием эффектов секционирования и “маятниковой” сатурации, создания в аппарате зоны повышенной щёлочности и равномерной безнасосной внутренней циркуляции сока. Для реализации этого способа разработаны варианты модернизации аппаратов первой сатурации с использованием вставки-карбонизатора, лучевых или же дуговых барботёров, а также радиальных перегородок, использование которых в промышленных условиях позволило повысить эффект очистки сока на 1,5–4,0 %, а степень использования

диоксида углерода – на 8–12 % с одновременным снижением расхода извести в среднем на 0,15 % CaO к массе свеклы.

Разработан и проверен в промышленных условиях новый способ проведения второй дефекосатурации, включающий частичную карбонизацию извести перед второй дефекацией отходящим газом аппарата второй сатурации, что обеспечивает повышение адсорбционной очистки на 1,7–1,9 %, степени утилизации диоксида углерода на второй сатурации – на 20 %.

Разработан способ очистки клеровки жёлтых сахаров с использованием смеси активированной и неактивированной суспензии сока второй сатурации и моноаммонийфосфата, что позволяет снизить цветность клеровки на 31–33 %, а чистоты – на 1,1–2,3 %.

Приведены результаты промышленных испытаний и внедрения разработанных способов, а также усовершенствованной технологической схемы очистки диффузионного сока, показана их экономическая эффективность.

Ключевые слова: диффузионный сок, очистка, кавитация, пара, известь, суспензия, сатурация, рециркуляция, электрокинетический потенциал, клеровка.

Khomiczak L.M. Scientific Basing and Development of Raw Juice Purification Methods. - Manuscript.

Thesis for a Doctor's degree of technical sciences on a speciality 05.18.05 - Technology of Sugary Substances, National University of Food Technologies, Kyiv, 2003.

Results of theoretical and experimental researches have been presented in the thesis concerning increase of efficiency of raw juice purification with milk of lime and carbon dioxide by means of effects of cavitation, recirculation and activation as well as additional chemical treatment. High-performance raw juice purification methods have been scientifically based and developed using simultaneous impact of vapor-condensation cavitation and 2nd carbonation slurry, activated by different methods, new method of milk of lime activation with the use of effects of vapor-condensation cavitation and method of preliming carrying out with the utilization of chlorinated lime and raw juice as a flocculant at the last stages of the process.

Methods of carrying out of the 1st and 2nd carbonation have been developed in one- and two-stages regimes with use of effects of recirculation and pendulum carbonation as well as their hardware implementation.

Method of treatment of the syrups obtained by dissolving B (raw) sugar and C sugar (after product) has been developed with the use of a mixture of activated and non-activated 2nd carbonation slurry and monoammonium phosphate. Results are presented of the industrial researches and implementations of the methods proposed, their economic efficiency has been based.

Key words: cavitation, purification, raw juice, vapor, slurry, lime, recirculation, carbonation, syrup, electrokinetic potential.