

Вплив ефектів кавітаційного оброблення дифузійного соку на ефективність його вапняно-вуглекислотного очищення

Л.М. Хомічак, доктор технічних наук, професор кафедри технології цукристих речовин та полісахаридів, Національний університет харчових технологій

А.М. Матіяшук, кандидат технічних наук, доцент кафедри процесів і обладнання переробки продукції АПК, Національний університет біоресурсів та природокористування України

О.В. Матіяшук, Національний університет харчових технологій

Ю.Г. Сухенко, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри процесів і обладнання переробки продукції АПК, Національний університет біоресурсів та природокористування України

В.Ю. Сухенко, кандидат технічних наук, доцент кафедри процесів і обладнання переробки продукції АПК, Національний університет біоресурсів та природокористування України

П.М. Немирович, кандидат технічних наук, професор кафедри процесів і апаратів харчових виробництв та технології консервування, Національний університет харчових технологій

Досліджено можливість застосування ефектів гідродинамічної кавітації для інтенсифікації технологічних процесів на стадії вапняно-вуглекислотного очищення дифузійного соку та підвищення їх ефективності.

Ключові слова: дифузійний сік, кавітація, кавітаційний пристрій, речовини колоїдної дисперсності.

Исследовано возможность применения эффектов гидродинамической кавитации для интенсификации технологических процессов на стадии известково-углекислотной очистки диффузионного сока и повышения её эффективности.

Ключевые слова: диффузионный сок, кавитация, кавитационное устройство, вещества коллоидной дисперсности.

The possibility of applying the effects of hydrodynamic cavitation for the intensification of technological processes at the stage of lime-carbon dioxide cleaning the raw juice and increase its efficiency.

Key words: diffusion juice, cavitation, cavitation device, substance colloidal dispersion.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Існуючі у цукровій промисловості традиційні способи інтенсифікації процесів попереднього та основного вапнування дифузійного соку шляхом зміни температури середовища та його лужності за певним часовим графіком в цілому не забезпечують належного ступеня очищення, який не перевищує 37 – 38 % [1]. Ефективність більшості відомих способів очищення обмежена вибірковою дією іонів кальцію на речовини колоїдної дисперсності (РКД) дифузійного соку. Причиною є не тільки низька якість буряків, але й недосконалість технологічних процесів, що використовуються у промисловості.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Аналізуючи умови протікання процесів на стадії попередньо-

го вапнування, виявлено, що лімітуючим чинником на цій стадії є швидкість доставляння хімічних реагентів в зону їх взаємодії із нецукрами, які в більшості представлені РКД дифузійного соку. Перебіг хімічних реакцій взаємодії іонів Ca^{2+} з РКД соку відбувається в рідкій фазі, де нецукри і сахароза знаходяться в розчиненому стані. Тому в більшості випадків загальна швидкість масообмінних процесів, котрі мають місце на стадії попереднього вапнування, визначаються дифузійною областю взаємодіючих компонентів [2, 3].

Одним із перспективних способів інтенсифікації процесів масообміну на стадії вапняно-вуглекислотного очищення та отримання додаткового технологічного ефекту очищення є використання ефектів гідродинамічної (ГД) кавітації [3, 4]. Інтенсифікація процесу попере-

днього вапнування дифузійного соку заключається у створенні штучної ГД кавітації в потоці соку, яка сприяє значному прискоренню змішування реагентів за рахунок ударно-хвильової дії внаслідок колапсу кавітаційних бульбашок [2]. Відмічається також ефективність використання ГД кавітації для інтенсифікації процесу попереднього вапнування з поверненням в апарат 30% нефільтрованого соку першої сатурації [5]. При цьому спостерігалось певне погіршення седиментаційно-фільтраційних властивостей соку першої сатурації в порівнянні із типовим способом. Так, швидкість седиментації S_5 зменшується з 2,8 см/хв до 2,2 см/хв, а фільтраційний коефіцієнт F_k збільшується з 4,4 до 5,3. Такі зміни можна пояснити тим, що тверда фаза соку першої сатурації, що подався в апарат через кавітацій-

ні пристрої, зазнавала руйнування, внаслідок чого утворювався осад з частинок різної дисперсності, які характеризуються більшим опором фільтруванню. Відоме використання ГД кавітації для інтенсифікації очищення дифузійного соку на станції основного вапнування [2]. В сік після попереднього вапнування перед надходженням в апарат основного вапнування добавляли $\text{Ca}(\text{OH})_2$ та обробляли в ГД кавітаційному пристрої з динамічним кавітатором, який було розміщено безпосередньо на трубопроводі. Оброблення соку в кавітаційному пристрої покращувало фізико-хімічні властивості агломератів, активізуючи їх поверхню, прискорювало реакції хімічного осадження на наступних технологічних стадіях очищення. Такий ефект забезпечувався за рахунок активації іонів Ca^{2+} , що вивільняються з порожнини клатратної структури гексоаквакомплексів і утворення іонів OH^- і H^+ , які мають високу реакційну здатність [2].

Але впливу кавітації підлягали вже сформовані агрегати колоїдних речовин з іонами Ca^{2+} на стадії попереднього вапнування, що призводить до їх руйнування з подальшою взаємодією залишків флокул осаду з іонами Ca^{2+} на стадії основного вапнування за одночасної активації $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [3]. Таке руйнування коагульованих частинок в умовах високої лужності може сприяти зворот-

ному переходу осаджених раніше нецукрів у сік та зниженню ефективності очищення соку на стадії вапняно-вуглекислотного очищення. Як наслідок, оброблення соку основного вапнування в кавітаційному пристрої може сприяти покращенню фільтраційної здатності сатураційних осадів за одночасного погіршення інших технологічних показників очищеного соку.

МЕТА СТАТТІ

Негативний вплив ефектів кавітації під час оброблення напівпродуктів цукрового виробництва виявляється у руйнівній дії на вже сформовані під час попереднього та основного вапнування частинки осаду. Такого недоліку позбавлене оброблення дифузійного соку перед стадією попереднього вапнування, що і стало предметом наших досліджень. Внаслідок оброблення соку у ГД кавітаційному пристрої із статичним кавітатором на напівпромисловій установці в умовах Кагарлицького цукрового заводу (рис.1), під час однократного проходження соку через кавітаційний пристрій встановлено зменшення вмісту сухих речовин (СР) соку. Такі зміни у соку під час кавітаційного оброблення сприяють активації білково-пектинового комплексу, як це відбувається із активацією води [6], і як наслідок, призводять до переходу розчинених СР соку у нерозчинний стан. Вна-

слідок утворення дрібних часток СР, що перейшли у нерозчинний стан, і які втратили агрегативну стійкість, відбувається часткова коагуляція РКД соку.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Ефективність оброблення дифузійного соку в ГД кавітаційному пристрої оцінювали зменшенням вмісту розчинних сухих речовин ($-\Delta\text{СР}$) в ньому. Під час роботи ГД кавітаційного пристрою за різних режимів оброблення соку, які характеризувались стадією кавітації та стисненням потоку соку d/dk -ра, що характеризується відношенням діаметра кавітатора до діаметра проточної частини у місці його встановлення, проводили вимірювання вмісту сухих речовин прецизійним рефрактометром. На рис. 2 наведено залежності зміни $-\Delta\text{СР}$ від стадії кавітації λ за умови, що на оброблення із виробництва надходив дифузійний сік із сталім вмістом СР. Із експериментальних даних можна відмітити, що максимум зміни $-\Delta\text{СР} = 0,5\%$, має місце за стадії кавітації $\lambda = 2,0 - 2,5$ і коефіцієнті стиснення потоку d/dk -ра $= 0,80$.

Оскільки оброблення соку відбувалось без введення в сік хімічного реагенту, який би міг його розбавити, встановлено, що зазначений технологічний ефект відбувається внаслідок колапсу кавітаційних бульбашок. На

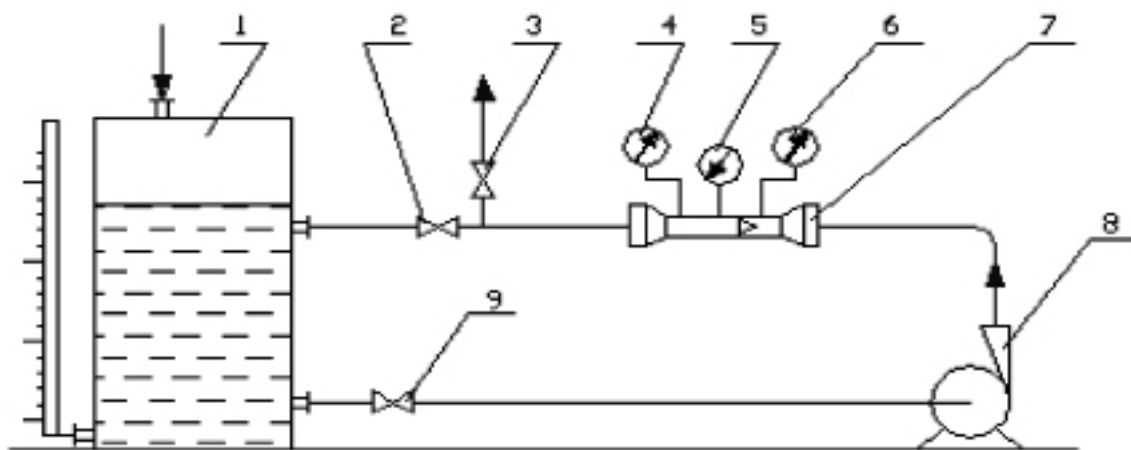


Рис.1. Схема напівпромислової експериментальної ГД кавітаційної установки:

1 – збірник; 2, 3, 9, 10 – вентилі; 4, 6 – манометри; 5 – вакууметр;

7 – робоча ділянка з кавітатором; 8 – відцентровий насос.

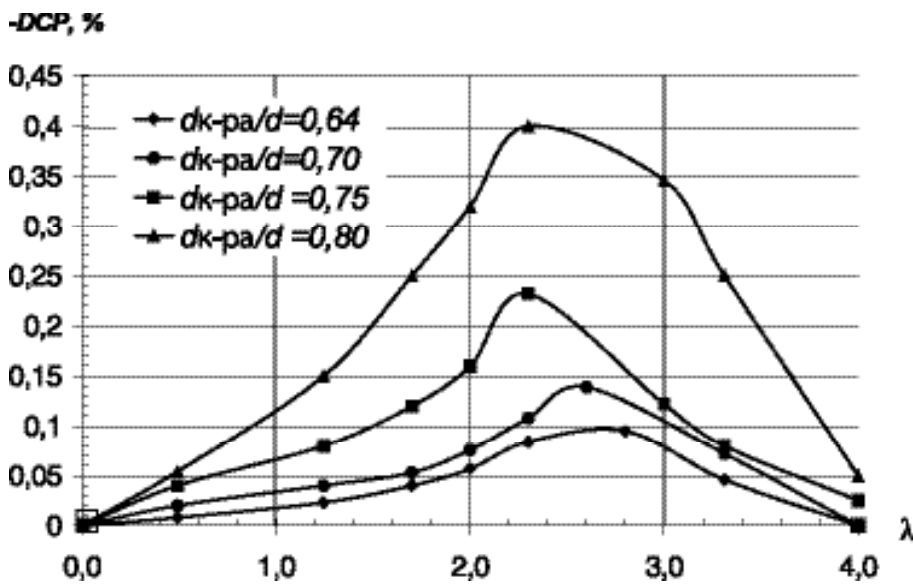


Рис.2. Вплив параметрів кавітаційного оброблення дифузійного на зміну СР соку

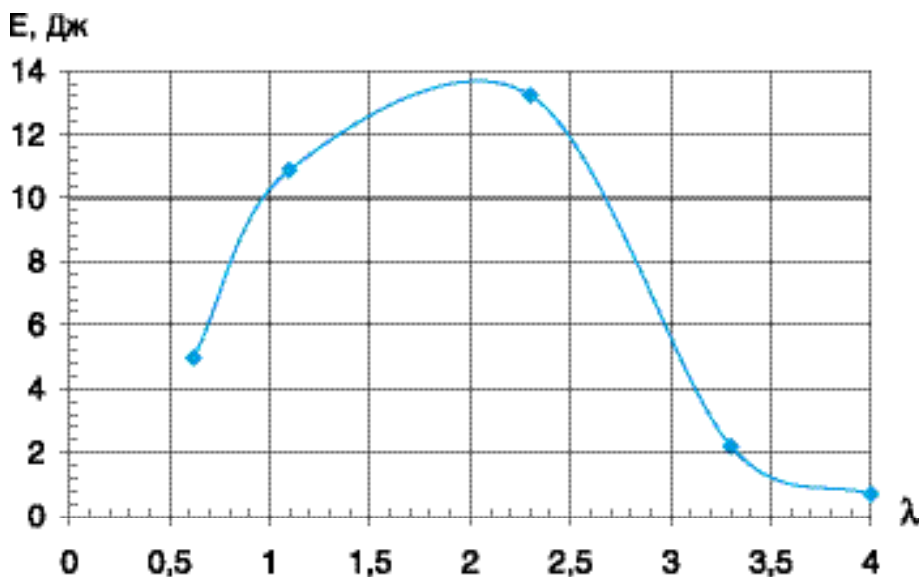


Рис. 3. Залежність енергії колапсу поля кавітаційних бульбашок від стадії кавітації при коефіцієнті стиснення потоку 0,8

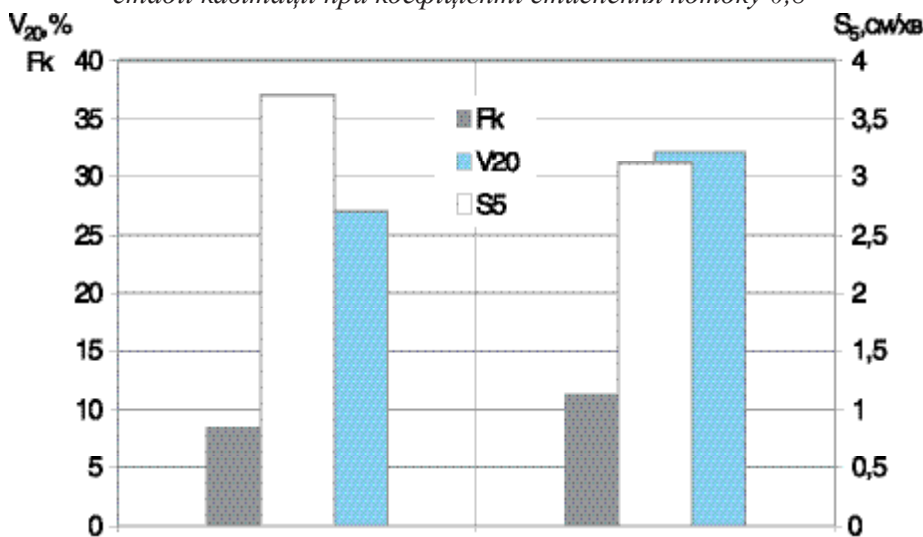


Рис. 4. Седиментаційно-фільтраційні властивості соку (V_{20} ,%; S_5 , см/хв.) попереднього вапнування з обробленням (а) та без оброблення (б) дифузійного соку в ГД кавітаційному пристрої

основі виявленого ефекту встановлені параметри роботи ГД кавітаційного пристрою було вибрано в якості ефективних для подальших досліджень впливу кавітаційного оброблення на зміну технологічних параметрів соку на подальших стадіях вапняно-вуглекислотного очищення.

Аналізуючи результат такого оброблення із стадією кавітації 2,3 – 2,5 за математичною моделлю створення поля кавітаційних бульбашок [7] було виявлено, що за зазначеної стадії кавітації під час колапсу кавітаційних бульбашок виділяється найбільша кількість енергії, яка передається частинкам РКД при контактуванні їх у потоці соку із бульбашками (рис. 3).

Для вивчення впливу попереднього оброблення соку у ГД кавітаційному пристрої на подальші процеси очищення відбирали проби соку та доводили до параметрів II сатурації у лабораторних умовах. В кожному пробі додавали 5 % згущеної суспензії соку другої сатурації та вапняне молоко в кількості, яка необхідна для доведення соку попереднього вапнування до рН20 10,8 – 11,2. Потім сік нагрівали на водяній бані до температури 65 - 70 °С і, за відомою методикою [8], у кожній із проб визначали швидкість седиментації S_5 , об'єм осаду соку попереднього вапнування V_{20} і фільтраційний коефіцієнт F_k , а також проводили мікрофотографування осаду за допомогою мікроскопа МБИ – 15. Після попереднього вапнування далі сік доводили до стадії другої сатурації за типовою схемою очищення.

Результати досліджень показали, що попереднє оброблення дифузійного соку в ГД кавітаційному пристрої сприяє збільшенню швидкості седиментації S_5 на 19,4 % та зменшенню об'єму осаду V_{20} і фільтраційного коефіцієнту F_k відповідно на 17,6 та 29 % (рис.4), підвищенню чистоти очищеного соку другої сатурації на 1,5 % у порівнянні із типовим способом очищення соку.

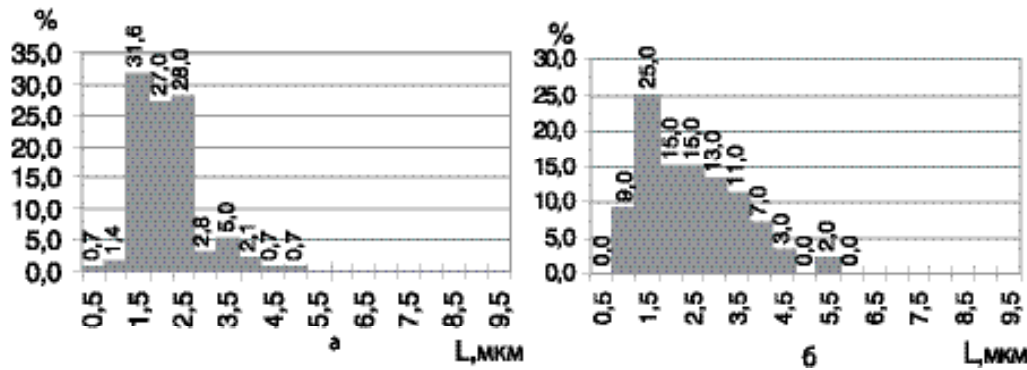


Рис.5. Розподіл частинок осаду соку L попереднього вапнування за розмірами без оброблення (а), та з обробленням (б) дифузійного соку в ГД кавітаційному пристрої

Зростання вмісту частинок осаду з більшими розмірами (3,0 - 4,5 мкм) у соку попереднього вапнування свідчить, що кавітаційне оброблення дифузійного соку інтенсифікує процеси коагуляції, седиментації та фільтрування на подальших стадіях його очищення (рис.5). Це можна пояснити тим, що під час оброблення дифузійного соку в ГД кавітаційному пристрої внаслідок контакту частинок РКД і кавітаційних бульбашок зарядженими поверхнями із протилежними знаками в потоці дифузійного соку відбувається зниження їх заряду. При цьому руйнується сольватна оболонка частинок РКД, зменшується ступінь гідратації подвійного електричного шару і відбувається часткове об'єднання частинок, тобто відбуваються процеси підготовки РКД до коагуляції (сенсibiliзація) що призводить до утворення рівномірної структури осаду соку на стадії попереднього вапнування. За цих умов агрегати частинок РКД, які утворюються внаслідок коагуляції, мають меншу кількість прошарків, де може бути вода, а тому осад, що утворюється на стадії попереднього вапнування, має стійку до стискання структуру під час фільтрування.

Таким чином, можна вважати, що під дією ефектів кавітації відбуваються трансформування комплексних та асоційованих сполук дифузійного та клітинного соків цукрового буряка, а саме – розкладаються комплекси з високомолекулярними лігандами з утворенням нових структур. Утворені за цих умов

речовини (іонні асоціати) більш реакційно здатні, що прискорюватиме процеси, які протікають на подальших етапах вапняно-вуглекислотного очищення дифузійного соку. та зумовлює до формування щільної просторової структури первинних частинок в агрегатах осаду, свідченням чого є зменшення об'єму осаду і величини F_k та частинок осаду скоагульованих РКД (за результатами мікрофотографування осаду) у порівнянні із типовим способом очищення соку.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що гідродинамічне кавітаційне оброблення дифузійного соку перед попереднім вапнуванням в ефективному режимі кавітації ($\lambda=2,3-2,5$) сприяє значному прискоренню та більш повному проходженню реакцій осадження та коагуляції в умовах попереднього вапнування, внаслідок цього покращуються фізико-хімічні та якісні властивості сатураційних соків.

2. Переведення розчинних РКД дифузійного соку під дією кавітаційних ефектів в нерозчинний стан без введення хімічного реагенту може слугувати передумовою скорочення витрат вапна на виробництво цукру.

Список використаних джерел

1. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства / А.Р. Сапронов – М. : Агропромиздат, 1998.– 494с.
2. Немчин А.Ф. Гидродинамические методы интенсификации процессов очистки диффу-

зионного сока / Немчин А.Ф., Аникеев Ю.В., Жижина Р.Г. и др.– М. : ЦНИИТЭИПищепром, 1984. – 28с. – (Обзорная информация / ЦНИИТЭИПищепром ; 1984 ; Вып.8)

3. Немчин А.Ф. Опыт применения суперкавитирующих аппаратов в сахарной промышленности / Немчин А.Ф. – М. : ЦНИИТЭИПищепром, 1986. – 32с. – (Обзорная информация / ЦНИИТЭИПищепром ; 1986 ; Вып.1)

4. Гидродинамічна кавітація як один із методів інтенсифікації попередньої дефекації / Матияшук А.М., Немирович П.М., Хомічак Л.М., [та ін.] // Наукові праці Українського державного університету харчових технологій. – 1998.– Ч.1, №4. –С. 44-45.

5. А.с. 863640 СССР, МКИЗ В 28 В 7/18 Аппарат для предварительной дефекации диффузионного сока свеклосахарного производства. /В.П. Полторац, Ю.В. Аникеев, А.Ф. Немчин, В.Д. Калюжный.- Опубл. 15.09.81, Бюл. № 34.

6. Маргулис М.А. Основы звукохимии. Химические реакции в акустических полях / М.А. Маргулис – М. : Высшая школа, 1984. – 272с.

7. Математична модель створення поля кавітаційних бульбашок у гідродинамічному кавітаційному пристрої / Матияшук А.М., Немирович П.М. Хомічак Л.М., [та ін.] // Харчова промисловість.– 2000.- № 45, С.34–39.

8. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства.– К.: 1983. – 476 с.