

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕМБРАННИХ ПРОЦЕСІВ У ТЕХНОЛОГІЇ ЦУКРУ

Миرونчук В.Г., д-р техн. наук, проф.,
Змівський Ю.Г., канд. техн. наук, доц.

Національний університет харчових технологій, м. Київ

Сфера застосування мембранних процесів значно розширилась за останні роки, особливо у харчовій промисловості. Це пов'язано не лише з високою якістю продукції, яку можна отримати за допомогою мембранних технологій, а й зі зростанням вартості енергоносіїв, таких як газ, вугілля та електроенергія. Традиційно у технологіях харчових виробництв для концентрування розчинів застосовують випарні установки, які споживають значну кількість теплової енергії. Мембранні процеси на протигагу тепловим потребують значно менше енергії в цілому, що робить доцільним їх використання в нових галузях, таких як цукрова.

Метою представленої роботи було оцінювання перспектив упровадження зворотного осмосу як методу попереднього концентрування фільтрованого соку другої сатурації перед випарюванням.

Для дослідження використовували фільтрований сік другої сатурації, який був отриманий на Узинському цукровому заводі (Україна) у вересні 2016 року. Початковий уміст сухих речовин був 15,2%. Вимірювання здійснювали рефрактометром УРЛ-1.

Експериментальні дослідження проводились на мембранній комірці тупикового типу з ефективною площею мембрани $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. Застосовували зворотноосмотичну мембрану РМ Нанотех, яку спочатку ущільнювали шляхом фільтрування крізь неї дистильованої води за тиску 6 МПа до встановлення постійної продуктивності. Температура розчинів була $20 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$. Експериментально було встановлено, що потік пермеату (фільтрату) практично відсутній під час накладання тиску, нижчого за 1 МПа. Це пояснюється високим осмотичним тиском (π) соку, який у нашому випадку становив близько 0,56 МПа. Для реалізації зворотного осмосу повинна виконуватись умова $\Delta P > \pi$ (ΔP – робочий тиск). Установлено, що питома продуктивність (J) зростає лінійно в межах тисків 1–4 МПа, далі спостерігається відхилення від лінійної залежності. Очевидно, що причиною зниження приросту J з підвищенням тиску є концентраційна поляризація або забруднення мембрани. Для перевірки останнього припущення фільтрований сік другої сатурації був сконцентрований за

6 МПа до моменту поки питома продуктивність не впала майже до нуля. Селективність мембрани за сухими речовинами в усіх випадках перевищувала 99%. Питома продуктивність під час концентрування вказаного розчину змінювалась рівномірно, що дозволяє зробити припущення про відсутність осаду на поверхні розділення. Таким чином, концентраційна поляризація є причиною криволінійної залежності J від ΔP . Це означає, що потрібно покращувати гідродинамічні умови в напірних каналах в разі переходу від лабораторних досліджень до промислових випробувань.

Фільтрований сік другої сатурації був сконцентрований у 2,5 разу, кінцевий вміст сухих речовин був у межах 38%, що майже на 10% більше за вміст сухих речовин у соці після другого корпусу випарної установки. Проте спостерігалось зменшення питомої продуктивності від 7,0 до 0,8 кг/(м²·год) для коефіцієнта концентрування 2 і вище.

Опираючись на те, що мінімальна питома продуктивність має бути не менше 10 кг/(м²·год), зворотним осмосом перед згущенням у випарних установках із фільтрованого соку другої сатурації випарюванням можна видалити близько 55% води. У такому разі не відбувається фазового переходу розчинника, що з енергетичної точки зору значно вигідніше. Також зменшується дія високих температур на сахарозу, що зменшує її термічний розклад і підвищує якість кінцевого продукту.

Завод продуктивністю 6 000 тон буряку на добу споживає близько 300–390 тон умовного палива за добу (343–445 тис. м³ природнього газу) на випарювання соку. Якщо порівняти питомі витрати теплової енергії на випарювання і електроенергії на концентрування за рівних значень початкової та кінцевої концентрації цукрових розчинів, то споживання енергоносіїв знижується на 20–25% при застосуванні мембранних процесів. Розраховано коефіцієнт масопередачі, який становив $4,36 \cdot 10^{-6}$ м/с, що дозволило визначити гідродинамічні умови у мембранній комірці за умов експерименту. Результати показують, що за промислових умов швидкість потоку над поверхнею мембрани більша, ніж у лабораторній комірці, що дозволяє спрогнозувати більш інтенсивне розділення соку другої сатурації та покращення техніко-економічних показників процесу. Отже, застосовувати зворотний осмос доцільно як перший етап концентрування соку першої сатурації до вмісту сухих речовин у розчині 22–30%. Подальше концентрування необхідно здійснювати у випарних установках. Проте слід провести додаткові дослідження суміщення мембранного та теплового концентрування.