

Захарченко Т. М., Купчик М. П., Сидорченко О. І., Матвієнко А. Б.

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМЕМБРАННОЇ ОБРОБКИ ЕКСТРАГЕНТУ НА ПРОЦЕС ВИЛУЧЕННЯ САХАРОЗИ З БУРЯКОВОЇ СИРОВИНИ

Описано електромембранний спосіб підготовки живильної води для екстрагування сахарози з бурякової стружки, що може застосовуватися у технології бурякоцукрового виробництва.

Основою для створення високоефективних, електротехнологічні процеси з використанням екологічно чистих і безвідходних технологій є мембранних матеріалів [1,2]. Згідно з оцінками

американських дослідників, застосування електромембранних методів у світі до 2005 р. має зрости у 4-5 разів.

Розробка нових електромембранних процесів підготовки технологічних середовищ цукрового виробництва базується на біполярних мембранах. Це - двошарові мембрани, що складаються з катіонообмінного й аніонообмінного шарів, з'єднаних між собою у процесі синтезу чи виготовлених з одного листа полімеру. Залежно від способу синтезу вони належать до гетерогенного або гомогенного типу іонообмінних мембран. Особливістю біполярних мембран є їхня здатність генерувати йони водню й гідроксиду під дією електричного поля.

У техніці й технології виробництва цукристих речовин важливу роль відіграють процеси екстрагування. Для одержання екстрагенту в цукровому виробництві запропоновано використовувати електромембранну обробку води.

Для дослідження процесу підготовки води із заданим значенням величини рН розроблено експериментальну установку (рис. 1), до якої входять електромембранний апарат, ємності для води й водного розчину солі, джерело живлення постійного струму, насоси для прокачування води й розчину електроліту крізь камери електромембранного апарата, а також система контролю-вимірювальних приладів.

Нами проведено дослідження властивостей дифузійного соку і результатів його очищення при використанні води, підготовленої в електромембранному апараті (ЕАВС). Порівняння різних способів підготовки ЕАВС екстрагенту показало, що його можна з високою ефективністю використовувати як добавку до живильної води.

Методика проведення дослідження полягала у тому, що у ємності заливали по одному літру води з рН = 5,6-6,5 і 0,5-4% розчину солі, вмикали насоси для прокачування середовищ крізь камери електромембранного апарата і подавали на електроди установки постійний струм густиною 4 мА/см² від джерела живлення. Дослідження проводили у режимі стабілізації величини густини струму на електродах, бо саме струм - це рушійна сила процесу зміни величини рН водних систем. Після закінчення дослідів іономіром визначали величину рН у воді і розраховували вміст іонів водню.

Ми досліджували вплив часу обробки води, розміру поверхні мембран і швидкості потоку розчинів на величину рН води. Досліди проводили в електромембранному апараті, який містить 1-7 біполярних і 1-7 аніонообмінних мембран. Поверхня однієї мембрани - 60 см². Робочі

середовища прокачували крізь електромембранний апарат у циркуляційному режимі зі швидкістю 0,8 мм/с. Тривалість роботи установки становила від 30 хв до 11 год.

Зі збільшенням тривалості циркуляції води крізь камери електромембранного апарата рН оброблюваної води зменшується. Залежність величини рН від тривалості обробки має яскраво виражений нелінійний характер - упродовж перших двох годин рН зменшується на 3-3,5 одиниці, зі збільшенням тривалості обробки величина рН змінювалась незначно і в кінці дослідів становила 0,76-1,55.

На процес обробки води значно впливає розмір поверхні мембран в апараті, особливо активна її частина. Площа мембран у досліді змінювалась у межах від 60 до 420 см², а активна поверхня її становила 85%. У результаті проведених досліджень встановлено, що зі збільшенням активної поверхні зростає кількість іонів водню у воді, і ця залежність має лінійний характер.

Оскільки кількість протонів, генерованих біполярною мембраною, залежить від густини струму і не залежить від швидкості потоку, то остання позначається на величині рН обробленої води лише в прямоточному режимі. Під час роботи з постійним об'ємом у циркуляційному режимі величина рН є автотермокомпенсаційною щодо швидкості потоку. Швидкість потоку води, яка протікає крізь електромембранний апарат, регулюється за умов оптимального гідродинамічного режиму й лімітується тиском на вході в електродіалізатор з огляду на міцність мембран.

У прямоточному режимі зміна швидкості потоку крізь постійний переріз електромембранного апарата спричиняє до прямопропорційної зміни кількості протонів і відповідних аніонів, що перейшли у воду за період обробки її в електродіалізаторному апараті, а отже, приводить до зміни рН.

Результати дослідів свідчать, що зростання швидкості потоку води в камерах апарата зумовлює збільшення величини рН екстрагенту агента. Кожному значенню швидкості води відповідає певне значення рН екстрагенту агента, яке практично не змінюється упродовж усього дослідів після виходу на певний режим роботи апарата. Особливо ефективно зменшується величина рН при низьких швидкостях потоку, тобто тривалість перебування води в апараті зростає, і відповідно збільшується кількість протонів, що перейшли в розчин, однак вихід гідролізуючого агента за той же час істотно зменшується. За низьких швидкостей потоку (до 0,2 мм/с) можна одержувати в однопроточному режимі екстрагент з рН = 1,2-1,3.

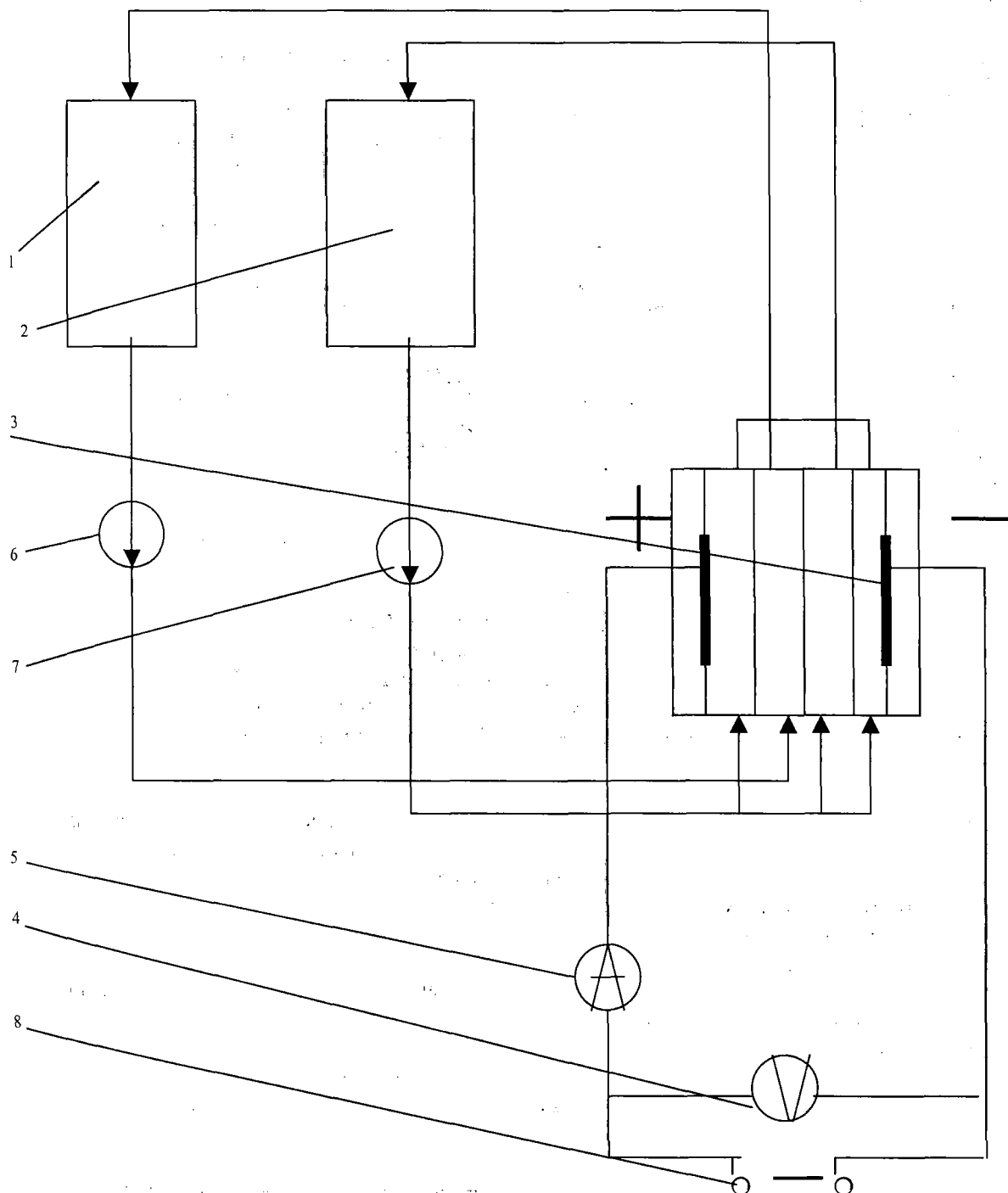


Рис. 1. Схема електромембранної лабораторної установки:
1 – ємність для води; 2 – ємність для розчину NaCl; 3 – електромембранний апарат;
4 – вольтметр; 5 – амперметр; 6, 7 – насоси; 8 – блок живлення

Зростання швидкості потоку сприяє швидкому виходу електромембранного апарата на заданий режим роботи. Наприклад, за швидкості потоку води до 0,2 мм/с заданий режим настає через 1-2 год, а за швидкості 1,7 мм/с апарат через 10-15 хв працює в режимі одержання екстрагенту з $pH = 2-2,1$.

Дослідження впливу величини густини струму

на зміну pH виявили (рис. 2), що на початковому етапі її зростання інтенсивність зниження pH значна, однак після досягнення 40-60 А/м² починає позначатись опір розчину.

Подальше підвищення густини струму при постійних гідродинамічних параметрах роботи апарата приводить до розігрівання мембран, особливо в місцях колекторних отворів. Це може

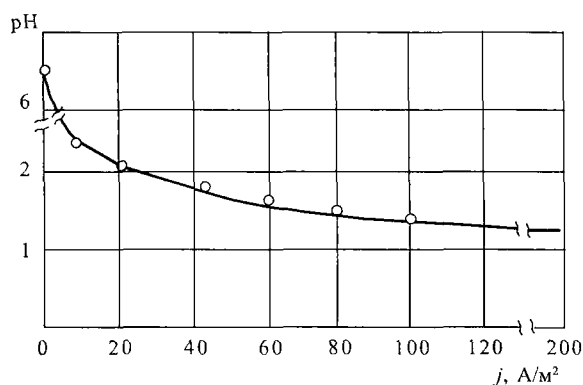


Рис. 2. Вплив густини електричного струму на величину рН водної системи

бути причиною сплавлення мембран і міжмембранних діелектричних прокладок, що приводить до пробивання – протікання струму у місцях сплавлення, оскільки їх опір менший, ніж основного розчину. Таким чином, зменшується падіння напруги на пакеті. Спроба відновити у цьому випадку попередню напругу спричинить значне зростання сили струму й незворотне пошкодження всього пакета мембран. З огляду на це, як розрахункову брали граничну величину густини струму – 40 А/м².

Концентрація солі у розчині електроліту впливає на величину рН оброблюваного розчину при значеннях до 0,4–0,5%. Починаючи з 0,5%, концентрація солі впливає не на рН, а на тривалість роботи розчину до виснаження. Зростання концентрації солі доцільне до 1–6% і залежить від стійкості мембран до лугів і конструкції колектора, підведення електроліту до мембран у конкретному апараті (виносні колектори, що не потребують перфорації мембран, підвищують стійкість пакета в агресивних середовищах).

Після обробки експериментальних даних одержано залежність, яка характеризує зміну величини рН води від тривалості її обробки, кількості й площі мембран в електромембранному апараті при заданих (за експлуатаційними вимогами) густині струму й швидкості потоку:

$$\text{pH} = 3,273 - \lg(S \cdot T/V), \quad (1)$$

де S – активна поверхня мембран одного типу, м²; T – тривалість обробки, год; V – об'єм оброблюваної води, м³.

За допомогою цієї формули можна розрахувати значення рН води при густині струму 40 А/м². Якщо необхідно визначити час для досягнення відомої величини рН, то можна скористатися зворотною формулою:

$$T = 1875 \exp(-\text{pH}) \cdot V/S. \quad (2)$$

Таким чином, на підставі проведених досліджень можна зробити висновок, що апарат, набраний біполярними й аніонообмінними мембра-

нами, може ефективно генерувати йони водню і змінювати рН води у значних межах. У технологічних схемах цукрового виробництва апарати подібного типу можуть використовуватись на стадії одержання екстрагенту із заданою величиною рН. Електромембранний апарат залежно від потрібної величини рН екстрагенту може працювати або у проточному (для рН = 2–2,2), або у циркуляційному режимі (для рН = 1,5–1,8).

Метод електродіалізу з біполярними мембранами розвивається у двох взаємодоповнюючих напрямках: створення біполярних мембран із поліпшеними електрохімічними характеристиками, а також удосконаленням структури елементарної комірки мембранного пакета електродіалізатора. Відомі дво-, три-, чотири-, п'яти- і шестикамерні елементарні комірки електродіалітичних апаратів для одержання кислоти й лугу із водного розчину.

Схема двокамерної комірки найпростіша. Невисокий вихід за струмом і забруднення продуктів при концентраціях понад 0,3 М дають змогу використовувати таку комірку лише для одержання розбавлених кислот і лугів. Переваги трикамерної схеми в одержанні кислоти й лугів концентрацією 0,4–0,9 М з виходом за струмом 0,8–4 і в забрудненні сіллю становлять 15–30%. Для зменшення втрат іонів водню внаслідок їх дифузії у сольову камеру в елементарну комірку мембранного пакета додатково вводять аніонообмінну мембрану, яку обмиває розчин розведеної кислоти. Це дасть змогу зменшити перенесення йонів солі крізь біполярну мембрану, а отже, підвищити виходи іонів водню і гідроксиду. Багатикамерні схеми дають можливість одержувати розчини з високим виходом і концентрацією йонів водню гідроксиду, але збільшують витрати електроенергії.

Отримані результати стали основою для дослідження технологічних режимів процесу екстрагування сахарози з бурякової стружки.

Відомо, що для процесу екстрагування сахарози з бурякової сировини необхідно використовувати воду зі слабкою кислотою реакцією середовища (рН = 5,8–6,5), що пов'язано з мінімальним переходом високомолекулярних сполук у дифузійний сік та розкладанням сахарози.

Найбільш близьким є спосіб підготовки живильної води для екстрагування сахарози з бурякової сировини з використанням сірчаної кислоти [4]. Спосіб включає дозування сірчаної кислоти зі спеціальних ємностей для підкислення живильної води до рН = 5,8–6,5. Недоліком цього способу є недостатня якість екстрагенту, шкідливі умови праці та використання кислотостійкого обладнання.

Запропонований нами спосіб підготовки живильної води для екстрагування сахарози з бурякової сировини, що включає підкислення живильної води кислотним електроактивним реагентом (ЕАВС), який отримували на електро-мембранній установці [5].

Для отримання дифузійного соку брали ретельно вимитий і очищений від пошкоджень буряк, подрібнювали його до стружки і в екстрагент додавали електроактивовану водну систему в різних кількостях (0–100%). Стружку заливали нагрітою до 75 °С водою у співвідношенні вода–стружка 2:1. Проводили процес дифузії

при $t = 73\text{ }^{\circ}\text{C}$, періодично перемішуючи суміш упродовж 30 хв. Потім відокремлювали сік від стружки. Отриманий сік нагрівали до 75 °С і додавали до нього нову стружку у тому ж співвідношенні. Знову витримували при 75 °С – 30 хв і зливали готовий дифузійний сік. Після цього проводили аналіз дифузійного соку з визначенням таких показників – вмісту сухих речовин, сахарози, білків, високомолекулярних сполук – і розраховували чистоту соку.

Отримані дані наведено у табл. 1. Видно, що застосування ЕАВС як добавки в екстрагент із наступним проведенням процесу екстрагування

Таблиця 1. Вплив ЕАВС на процес екстрагування сахарози

№ п/п	Витрата електроактивованої води, %, до маси живильної води	Чистота дифузійного соку, %	Вміст ВМС у дифузійному соку, %, на 100 г сухих речовин	Вміст білкових речовин у дифузійному соку, %, на 100г сухих речовин	Ефект очищення дифузійного соку, %
0	0	83,30	4,00	2,29	12
1	0,1	85,93	3,67	2,25	29
2	0,4	86,04	3,33	2,20	30
3	3	87,10	2,83	1,96	36
4	25	88,00	2,42	1,94	26
5	100	88,00	2,25	1,50	23

сахарози з бурякової стружки при температурі 75 °С збільшує чистоту дифузійного соку на 2,31–3,8%, знижує вміст білкових речовин на 0,04–0,35% до маси сухих речовин і високомолекулярних сполук – на 0,33–1,38% до маси сухих речовин.

Встановлено, що у результаті додавання в живильну воду електроактивованої водної системи

у кількості 0,1–4% до маси живильної води ефект очищення за дифузією зростає у 3 рази, при цьому знижується вміст білкових речовин на 14,4% та високомолекулярних сполук – на 20–30%.

Одержані результати можна застосовувати у розробці технології екстрагування сахарози з бурякової стружки з додаванням в екстрагент електроактивованої добавки.

1. Купчик М. П. Разработка технологии сахара из свеклы с применением электрических полей низкой частоты: Дис. д-ра техн. наук.– М.,– 1991.– 657 с.
2. Матвиенко А. Б. Интенсификация процесса экстрагирования растворимых веществ путем электрообработки растительного сырья и водных сред: Дис. д-ра техн. наук.– К.,– 1996.
3. Сапронов А. Р. Технология сахарного производства. – М.: Колос.– 1999.

4. Силин П. М. Технология сахара. – М.: Пищевая промышленность, 1967.– 624 с.
5. Рішення про видачу деклараційного патенту за заявкою № U 2005 05961 від 27.09.2005 р. Спосіб підготовки живильної води для екстрагування сахарози із бурякової сировини / М. П. Купчик, Д. В. Саар, Т. М. Захарченко, О. І. Сидорченко.

T. Zakharchenko, M. Kupchik, O. Sudorchenko, A. Matvienko

INFLUENCE OF ELECTRIC AND MEMBRANE TECHNOLOGY ON THE EXTRACTION OF SUCROSE FROM CHUGAR BEET RAW MATERIALY

Method of electric and membran influence on water substance can be used in the technology of extraction sucron in sugar but technology.