

УДК 663.81.05:664

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ БАРОМЕМБРАННОЇ ОБРОБКИ СОКІВ ІЗ ПЛОДОВО-ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ

Дейниченко Г.В. д.т.н., проф., Дмитревський Д.В. к.т.н., доц.,
Гузенко В.В. к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет

Проаналізовано обладнання, що застосовуються для освітлення і концентрування плодово-ягідного соку. Визначено характерні недоліки існуючих технологічних процесів. Визначено напрями удосконалення процесів концентрування і освітлення соку та обґрунтовано необхідність розробки обладнання для їх реалізації, а також запропоновано використання мікрофільтраційних і ультрафільтраційних мембранних апаратів для обробки соку.

Споживання фруктових соків суттєво зросло протягом останніх років, оскільки споживачі зацікавлені в якісних продуктах, які є практичними та готовими до споживання. Фруктові соки діють як поживні напої та можуть відігравати важливу роль у здоровому харчуванні, оскільки мають хімічний склад, який природним чином міститься у фруктах. На додаток до цього, фруктові соки багаті поживними речовинами з широким спектром вітамінів, мінералів, білків і різноманітних джерел захисних антиоксидантів. Це в поєднанні з освіжаючим смаком і тривалим терміном зберігання робить фруктові соки одними з найбільш затребуваних напоїв. Під час переробки соків основними аспектами завжди були безпека та покращення якості, харчова цінність, мінімізація витрат на виготовлення продукту і здійснення процесу [1].

Традиційні способи виробництва соків передбачають кілька серійних операцій, які вимагають багато праці та часу. Технологічна схема традиційного виробництва передбачає механічне пресування соку з м'якоті фрукта, віджимання соку, освітлення соку центрифугуванням або фільтруванням та послідовною стадією концентрування шляхом багатоступінчастого вакуумного випарювання [2]. Мембранні процеси є одним із підходів для концентрації та освітлення соку, що пропонує ряд переваг перед традиційними процесами сепарації. До цих переваг відносяться висока селективність, відсутність теплового стресу рідин, що оброблюються через помірні робочі температури, відсутність використання хімічних добавок, компактна і модульна конструкція, низьке енергоспоживання. На теперішній час, мембранні процеси, що здійснюються під тиском, такі як мікрофільтрація, ультрафільтрація являють собою найсучаснішу технологію для освітлення соку, їхнього фракціонування, а також концентрації [3]. Останнім часом інші мембранні процеси, такі як осмотична дистиляція, мембранна дистиляція і первапорація почали використовуватися для концентрування соку та відновлення ароматичних сполук. Для освітлення соків застосовуються як мікрофільтраційні, так і ультрафільтраційні мембрани. Підготовлений сік на фільтраційній установці

поділяється на освітлений пермеат і ретентат з колоїдними речовинами і мікроорганізмами. Ретентат є концентратом, який утворюється під час фільтрації. Ретентат складається, головним чином, із затриманих частинок осаду і суспензії мікроорганізмів. Збільшення концентрації твердих речовин в ретентаті призводить до зменшення його загального обсягу. Залежно від технології, яка використовується для переробки, вихід освітленого соку може досягати до 98%. З точки зору організації процесу мембранного освітлення соку, можуть бути реалізовані кілька варіантів його проведення. Мембрана, що використовується під час ультрафільтрації та мікрофільтрації, є напівпроникним бар'єром. Цей бар'єр пропускає певні компоненти рідких сумішей. Мембрани повинні мати високу роздільну здатність (селективність); високу питому продуктивність (проникність); хімічну стійкість до навколишнього середовища відокремленої системи; механічна міцність [4].

На сьогоднішній день широке поширення під час виробництва освітлених концентрованих яблучних соків отримав процес ультрафільтрації. В даному випадку ультрафільтрація може замінити сепаратор, кізельгуровий і пластинчастий фільтрпрес. Крім цього, ультрафільтрація замінює обробку сировини освітлюючими речовинами. Застосування ультрафільтраційної обробки дозволяє видалити тверді частинки, а також високомолекулярні компоненти, якими є крохмаль і білки. В сучасних умовах виробництва ультрафільтрація стала альтернативою, а в деяких випадках і заміною традиційного процесу освітлення, забезпечуючи при цьому більш високу рентабельність процесу і якість продукту. З метою зниження вмісту пектину перед ультрафільтрацією сік необхідно очистити ензимами. Ця технологія гарантує високий вихід продукту, оптимальну продуктивність і якість кінцевого продукту. На відміну від мікрофільтраційної обробки ультрафільтрація соків усуває не тільки нерозчинні, але і розчинні речовини. До таких речовин відносяться пектин, крохмаль, білки, а також різні конденсовані форми поліфенолів. На тривалість дії мембран, а також термін їх служби істотно впливає процес утворення осаду. Шар осаду зазвичай соленепроникний, закупорює поверхневі пори мембрани, створює додатковий опір потоку і масообміну в прикордонному шарі. Внаслідок цього збільшується концентраційна поляризація на мембранах і знижується їх продуктивність. Явище концентраційної поляризації притаманне майже всім баромембранним процесам. Це явище є збільшенням концентрації розчиненої речовини біля поверхні мембрани [5].

Продуктивність мембранного апарата суттєво залежить від способу обробки плодово-ягідної сировини, а також від обробки первинного соку ферментами. Для того щоб отримати необхідні дані для розробки промислової системи проводиться оцінка основної технології та випробування для підбору раціональних умов фільтрації [6].

Використання мембранних процесів дозволяє отримати продукти із покращеними показниками безпеки, якості та поживною цінністю. Ці процеси характеризуються низьким споживанням енергії та незначним впливом на навколишнє середовище.

Важливим показником ультрафільтраційного освітлення є те, що мембрани, затримуючи колоїди, пропускають багато цінних компонентів соку. До таких компонентів належать цукри, розчинні вітаміни, амінокислоти, органічні кислоти, а також мінеральні речовини. В результаті харчова і біологічна цінність соку не знижується. На теперішній час були проведені дослідження залежності ступеня освітлення яблучного соку на ультрафільтраційних мембранних установках від діаметра пір мембран. Згідно з експериментальними даними, мембрани з діаметром пор 0,025-0,045 мкм забезпечують високу ступінь видалення колоїдних речовин при збереженні в соку вихідних кількостей цукрів, вітамінів та інших цінних розчинних речовин. Мембрани з великим діаметром пор не дозволяють отримувати необхідну ступінь освітлення. Мембрани з більш дрібними порами мають низьку пропускну здатність. Проведені дослідження доводять, що ультрафільтрація є економічно ефективним способом освітлення, який має суттєві переваги перед традиційними процесами освітлення.

Найбільш ефективним та економічно вигідним мембранним методом поділу є тангенціальна фільтрація. Це пов'язано з тим, що поряд з традиційними методами розділення, до яких відносять центрифугування, фільтрацію, відстоювання, тангенціальна фільтрація в проточних мембранних елементах має суттєві переваги, а саме: відсутність застійних зон, високу селективність по відношенню до компоненту, що проходить крізь мембрану, можливість промивання фільтра без розбирання апарату, а також низьку енергоємність, компактність та простоту апаратного оформлення. Широке застосування для процесів мембранного поділу суспензій ультрадисперсних матеріалів знайшли трубчасті фільтри, що мають низку важливих технологічних переваг у порівнянні з іншими типами фільтрів. Однак, їхня продуктивність не завжди задовільна. Одним із шляхів її підвищення є штучна турбулізація потоку за допомогою вбудованих пристроїв. Реалізація цього підходу вимагає розробки методів розрахунку та проектування трубчастих мембранних апаратів з турбулізуючими пристроями, а також пошуку оптимальних конструктивних рішень та визначення умов проведення. Вони використовуються також для технологічної підготовки води, стабілізації безалкогольних напоїв та виноградних вин, концентрування натуральних соків, пастеризації, вилучення цінних компонентів з технологічних стоків різних виробництв, освітлення фруктових та овочевих соків, сиропів. У порівнянні з процесами випарювання або виморожування, мембранні методи дозволяють покращити якість та підвищити вихід одержуваних продуктів. На відміну від тупикової фільтрації, тангенціальна фільтрація дозволяє проводити процес у безперервному режимі, при цьому пори мембрани не закупорюються. У процесі тангенціальної фільтрації рідина тече не через мембрану, а вздовж неї. Цей метод створює різницю тиску на мембрані. В результаті певний об'єм рідини проходить через мембрану у вигляді фільтрату, а решта продовжує рухатися по мембрані разом з домішками, які в потоці очищають стінки мембрани. Тангенціальна проточна фільтрація характеризується процесом рециркуляції концентрату через поверхню мембрани. Слабкий поперечний потік рідини мінімізує забруднення

мембрани. Це підтримує високу швидкість фільтрації та забезпечує високий вихід продукту.

Встановлено, що під час використання ультрафільтраційних установок зберігаються колоїдні речовини, але при цьому пропускаються всі цінні компоненти соку, такі як цукри, органічні кислоти, мінерали, розчинні вітаміни та амінокислоти. В результаті використання ультрафільтраційних установок харчова та біологічна цінність освітлених соків не знижується. Виявлено можливості застосування мікрофільтраційної й ультрафільтраційної мембранної обробки для процесів концентрації та освітлення соків із плодово-ягідної сировини. Найбільшою популярністю при проектуванні мембранних систем користуються порожні волокна та рулонні мембранні елементи. Системи на їх основі найдешевші та високопродуктивні. Використання мембранних установок із тангенціальними фільтрами сприяє збереженню структурних та органолептичних властивостей продукту. Крім цього, тангенціальні фільтри самоочищаються і не вимагають дорогих витратних матеріалів.

Список використаних джерел:

1. Sharifanfar, R., Mirsaedghazi, H., Fadavi, A., Kianmehr, M.H. Effect of feed canal height on the efficiency of membrane clarification of pomegranate juice, *Journal of Food Processing and Preservation*. 2015. Vol. 39, pp. 881-886. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12299>.

2. Дейниченко Г.В., Дмитревський Д.В., Перекрест В.В. Дослідження процесу теплової обробки плодів під час виготовлення яблучного пюре. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету : наукове фахове видання*. 2020. - Вип. 20, т. 1. – С. 133-142. Doi: <https://doi.org/10.31388/2078-0877-20-1-133-141>.

3. Samreen, Ch V.V. Satyanarayana, L. Edukondalu, Vimala Beera. Srinivasa Rao. Effect of Pre-treatment on Aggregation, Biochemical Quality and Membrane Clarification of Pomegranate Juice. *Indian Journal of Ecology*, 2022. 49(3): pp. 910-918 DOI: <https://doi.org/10.55362/IJE/2022/3615>.

4. Cherevko O.I., Deinychenko G.V., Dmytrevskyi D.V., Guzenko V.V., Heiier H.V., Tsvirkun L.O. Application of membrane technologies in modern conditions of juice production. *Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2020. – Вип. 2 (32). – С. 67–77. DOI: [10.5281/zenodo.4369743](https://doi.org/10.5281/zenodo.4369743).

5. Deinychenko G.V., Dmytrevskyi D.V., Zolotukhina I.V., Perekrest V.V., Guzenko V.V. Directions of improvement of processes of membrane separation of juices from fruit and berry raw materials. *Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2021. – Вип. 1 (33). – С. 89–98. DOI: [10.5281/zenodo.5036090](https://doi.org/10.5281/zenodo.5036090).

6. David Inhyuk Kim, Gimun Gwak, Min Zhan, Seungkwan Hong. Sustainable dewatering of grapefruit juice through forward osmosis: Improving membrane performance, fouling control, and product quality. *Journal of Membrane Science*, 2019. Vol. 578, pp. 53-60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2019.02.031>.