

УДК 664.857:[001.891.5:66.081.6] DOI:10.31388/2078-0877-2021-21-1-36-43

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ МЕМБРАННИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СОКІВ ІЗ ПЛОДОВОЇ СИРОВИНИ

Дейниченко Г. В., д.т.н.,

ORCID: 0000-0003-3615-8339

Дмитревський Д. В., к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-1330-7514

Гузенко В. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-8407-2404

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Тел. (057) 349-45-56

Афукова Н. О., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-4457-1564

Луганський національний аграрний університет

Тел. (050) 185-85-35

Постановка проблеми. На теперішній час переробка фруктів, овочів та плодово-ягідної сировини є достатньо перспективним напрямком харчової промисловості. Плодоовочева галузь виконує одне з основних завдань із забезпечення населення продуктами харчування, які мають високу біологічну і харчову цінність, а також містять незамінні для людини вітаміни і біологічно активні речовини. Одним із основних продуктів плодовоовочевої промисловості є соки. Соки є важливим продуктом харчування, оскільки разом зі свіжими плодами і овочами забезпечують людський організм набором всіх необхідних фізіологічно активних речовин – вітамінів, макро- і мікроелементів, багатьох інших корисних речовин, необхідних для нормальної життєдіяльності людини [1-3].

Однією з основних стадій процесу виробництва яблучного соку є стадія освітлення. Цей процес проводиться з метою колоїдної стабілізації продукту під час зберігання, а також для поліпшення споживчого виду продукту і його органолептичних властивостей. Для відповідності продукту міжнародним стандартам необхідно застосовувати сучасні технології та обладнання, яке базується на передових розробках. До такого виду обладнання відносяться мембранні технології, які забезпечують більш високий вихід, поліпшення смаку, товарного вигляду і харчової цінності плодово-ягідних соків. При цьому зберігаються вітаміни, амінокислоти та інші біологічно активні компоненти. Це можливо за рахунок відмови від консервантів і стадії теплової стерилізації.

Мембранні процеси дозволяють створювати енергоефективні технології концентрування соків і розширити асортимент продуктів. Застосуванням мікрофільтраційних і ультрафільтраційних процесів можна отримати продукти з регульованим мінеральним і вуглеводним складом. Одним з основних напрямків застосування мембран у

виробництві соків є їх освітлення та концентрування. Освітлення соків здійснюється з метою руйнування колоїдної системи продукту, видалення високомолекулярних білкових, пектинових і поліфенольних речовин і мікроорганізмів. При цьому необхідною умовою є збереження біологічно активних і цінних компонентів – вітамінів, цукрів, кислот, мінеральних і ароматичних речовин, [4].

Концентрований сік отримується під час переробки соку прямого віджимання. З цією метою сік прямого віджимання може концентруватися різними способами. Серед цих способів широке розповсюдження отримав мембранний спосіб концентрування. До складу концентрованих соків, як правило, додатково не додається ні цукор, ні інші речовини для підсолоджування.

Аналіз останніх досліджень. Традиційні технології виробництва соків передбачають фільтрацію свіжовичавленого соку через пористі перегородки з втратою частини цінних речовин, а також введення консервантів і застосування теплової стерилізації для забезпечення необхідних термінів зберігання. Застосування даних технологій не гарантує повного видалення частинок плодової м'якоті і отримання кінцевого продукту з високим рівнем органолептичних показників та харчової цінності. Деякі способи освітлення і стабілізації фруктових соків засновані на внесення до продукту сторонніх добавок, а саме – матеріалів, що освітлюють. Разом із цими матеріалами до складу соку часто переходить надмірна кількість мінеральних та інших речовин. Тривалість обробки соків відповідно до традиційної технології становить від 24 до 30 годин. Внаслідок такого тривалого контакту продукту з киснем повітря відбуваються втрати частини біологічної цінності компонентів соку. Очевидно, що таке явище негативно позначається на якості готової продукції [5].

Останнім часом широкого поширення набули мембранні методи розділення сумішей. Ці технології відрізняються простотою, економічністю і ефективністю. Мембранна фільтрація забезпечує розділення різних компонентів в потоці за розміром і формою мікрочастинок. При поліпшенні фільтрації, поліпшується якість готового продукту і збільшується його вихід. Крім підвищення якості продукції, використання мембранних установок в складі технологічних ліній виробництва соків дає можливість поліпшення і економічних показників підприємств за рахунок спрощення складу ліній і зниження енергоємності процесів. Базуючись на проведеному аналізі літературних джерел, основними проблемами, що стримують широке застосування мембранних технологій у виробництві плодоовочевих соків, є досить висока вартість мембранних установок, зумовлена великою площею фільтрації, що компенсує зниження продуктивності через відкладання осаду (гель-шару) на поверхні мембран [6-8].

Вибір ефективних параметрів функціонування мікрофільтраційних установок безперервної дії ускладнюється відсутністю науково-обґрунтованих методик розрахунку, які необхідні для врахування нестационарності процесу і нелінійності реологічної поведінки середовищ. Наявність цих методик дозволить здійснювати оптимальну компоновку мембранних модулів по східцях концентрування.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є проведення аналізу процесів освітлення та концентрування плодовоовочевих соків, а також обґрунтування необхідності застосування мембранних установок під час виробництва соків для їх концентрування, освітлення і поліпшення споживчих якостей продукту.

Основна частина. Для освітлення, стабілізації і концентрування соків та різних напоїв використовують процеси зворотного осмосу, ультрафільтрації, мікрофільтрації та електродіаліз. Мембранні процеси доцільно використовувати в ситуаціях, коли суміш, що розділяється містить лабільні речовини, які легко руйнуються. До таких сумішей відносяться найчастіше рідкі харчові середовища, такі як соки, екстракти, білкові розчини та інші. Розробка мембранних процесів розділення таких рідких середовищ дає можливість створювати принципово нові технологічні схеми і устаткування, для комплексної переробки плодової сировини. Використання сучасних мембранних апаратів дозволяє знизити забруднення навколишнього середовища за рахунок застосування безвідходних технологій, а також отримувати харчові продукти з новими функціональними властивостями і високою харчовою цінністю [9].

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 ретентат 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 [10-11].

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.

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 фільтрпресами. 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. Освітлення соків ультрафільтрацією знаходить широке застосування в промисловості для освітлення і стабілізації якості вишневого, яблучного, виноградного, лимонного, апельсинового і інших соків. Відомо, що під час ультрафільтрації з яблучного соку видалається приблизно 19...32% пектинових, 9,5...18,4% білкових з'єднань, 38,5...45% колоїдів. Видалення з яблучного соку високомолекулярних речовин в зазначеному обсязі дозволяє отримувати освітлений сік з високими харчовими якостями і органолептичними показниками. До переваг застосування ультрафільтрації для освітлення плодово-ягідних соків можна віднести високу якість очищеного соку, особливо за показниками кольору, прозорості і смаку. Крім цього, перевагою є високе вилучення соку, що становить приблизно 98...99%. Обробка ензимів під час ультрафільтрації може бути автоматизована, а витрати знижені до 25% у порівнянні із традиційними способами. Слід також зазначити, що додаткові обробки желатином, бентонітом і кізельгуром можуть бути виключені. Крім вищезазначених переваг ультрафільтрація має низькі виробничі затрати, а також характеризується гігієнічністю конструкції. Після ультрафільтрації соку залишається деяка кількість осаду, що містить вичавки і частину соку, але їх вміст дуже незначний порівняно з тією кількістю, яку отримуються під час класичного процесу обробки. Наприклад, на 1 т соку за класичного способу освітлення утворюється 0,468 м³ осаду, а під час ультрафільтраційного освітлення ця кількість становить лише 0,025 м³. Зіставивши показники якості готової продукції, отриманої під час ультрафільтрації та традиційної обробці, можна стверджувати, що при ультрафільтрації вміст корисних речовин в освітленому соку підвищується в середньому на 10%. Прозорість соку після освітлення

збільшується більш ніж в 10 разів. Мінеральний склад соку, який були освітлено за допомогою мембранного методу стає багатшим порівняно із соком, виготовленим за традиційною технологією. 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. Під час проведення процесу освітлення встановлено, що мембранна ультрафільтрація практично не змінює кількісного вмісту спирту, мінеральних речовин, цукру, летючих кислот, а також кислотність середовища. Під час процесу знижується вміст фенольних і азотистих речовин, що призводить до стабільності продукту до білкових, оборотних і необоротних колоїдних помутнень.

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 низькою пропускну здатністю. Проведені дослідження доводять, що ультрафільтрація є економічно ефективним способом освітлення, який має суттєві переваги перед традиційними процесами освітлення. Однак слід зазначити, що соки повинні піддаватися попередній обробці. Дослідження по визначенню впливу попередньої підготовки соку на швидкість і фільтруючу здатність ультрафільтраційних установок при обробці яблучного соку показали, що найбільш ефективна обробка ферментами з подальшою сепарацією. Застосування додаткового освітлення яблучного соку желатином і кізельземом перед ультрафільтрацією показало низьку ефективність. Залежно від типу ультрафільтраційної установки, яблучний сік часто перед ультрафільтрацією обробляють ферментами і сепарують або фільтрують.

Висновки. Встановлено, що ультрафільтраційні мембранні установки затримують колоїди, пропускаючи при цьому всі цінні компоненти соку, такі як цукри, мінерали, органічні кислоти, розчинні вітаміни та амінокислоти. В результаті використання ультрафільтраційних апаратів вихід продукту зростає, харчова та біологічна цінність освітлених соків не зменшується, покращується якість кінцевого продукту, що дає змогу отримувати харчові продукти з новими функціональними властивостями і високою харчовою цінністю.

Список використаних джерел

1. Bagci P. O. Effective clarification of pomegranate juice: a comparative study of pretreatment methods and their influence on ultrafiltration flux. *Journal of Food Engineering*. 2014. Vol. 141. P. 58-64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.05.009>.
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*. Мелітополь, 2020. Вип. 20, т. 1. С. 133-142. DOI: 10.31388/2078-0877-20-1-133-141.
3. Conidi C., Drioli E., Cassano A. Perspective of Membrane Technology in Pomegranate Juice Processing: A Review. *Foods*. 2020. Vol. 9, № 7. P. 889-914. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9070889>.
4. Application of membrane technologies in modern conditions of juice production / O. Cherevko, G. Deinychenko, D. Dmytrevskyi, V. Guzenko, H. Heiier, L. Tsvirkun. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. Харків: ХДУХТ, 2020. Вип. 2 (32). С. 67-77.
5. Microfiltration of passion fruit juice using hollow fibre membranes and evaluation of fouling mechanisms / R. C. C. Domingues et al. *Journal of Food Engineering*. 2014. Vol. 121. P. 73-79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.07.037>.
6. Ultrafiltration and reverse osmosis for clarification and concentration of fruit juices at pilot plant scale / A. P. Echavarria et al. *LWT-Food Science and Technology*. 2012. Vol. 46, № 1. P. 189-195. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.10.008>.
7. Onsekizoglu P., Bahceci K. S., Acar M. J. Clarification and the concentration of apple juice using membrane processes: a comparative quality assessment. *Journal of Membrane Science*. 2010. Vol. 352, № 1-2. P. 160-165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2010.02.004>.
8. Influence of membrane properties on fouling in submerged membrane bioreactors / P. Van der Marel et al. *Journal of Membrane Science*. 2010. Vol. 348. P. 66-74. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2009.10.054>.
9. Verma S. P., Sarkar B. Analysis of flux decline during ultrafiltration of apple juice in a batch cell. *Food and Bioprocess Processing*. 2015. Vol. 94. P. 147-157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.03.002>.
10. Perspective of Membrane Technology in Dairy Industry: A Review / K. Pavan et al. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)*. 2013. Vol. 26, № 9. P. 1347-1358. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13082>.
11. 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. P. 881-886. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12299>.

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ МЕМБРАННИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СОКІВ ІЗ ПЛОДОВОЇ СИРОВИНИ

Дейниченко Г. В., Дмитревський Д. В., Гузенко В. В., Афукова Н. О.

Анотація

У статті проаналізовано сучасне обладнання, яке застосовується для освітлення і концентрування соку. Розглянуто послідовність отримання освітленого соку із застосуванням існуючих технологій і обладнання. Визначено характерні недоліки традиційних технологічних процесів. Обґрунтовано напрями удосконалення процесів концентрування і освітлення соку з плодової сировини, а також необхідність розробки обладнання для їх реалізації. Запропоновано використання мікрофільтраційних і ультрафільтраційних мембранних апаратів для обробки соку. Виявлено причини, які ускладнюють широке застосування мембранних технологій в процесах переробки соків. Впровадження мембранних технологій в процес обробки дозволить збільшити вихід продукту, зберегти харчову і біологічну цінність освітленого соку, поліпшити якість кінцевого продукту.

Ключові слова: плодова сировина, яблучний сік, мембранна обробка, ультрафільтрація, мікрофільтрація, концентрування, освітлення.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МЕМБРАННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СОКОВ ИЗ ПЛОДОВОГО СЫРЬЯ

Дейниченко Г. В., Дмитревский Д. В., Гузенко В. В., Афукова Н. А.

Аннотация

В статье проанализировано современное оборудование, которое применяется для осветления и концентрирования сока. Рассмотрена последовательность получения осветленного сока с применением существующих технологий и оборудования. Определены характерные недостатки традиционных технологических процессов. Обоснованы направления усовершенствования процессов концентрирования и осветления сока из плодового сырья, а также необходимость разработки оборудования для их реализации. Предложено использование микрофилтратационных и ультрафилтратационных мембранных аппаратов для обработки сока. Выявлены причины, которые затрудняют широкое применение мембранных технологий в процессах переработки соков. Внедрение мембранных технологий в процесс обработки позволит увеличить выход продукта, сохранить пищевую и биологическую ценность осветленного сока, улучшить качество конечного продукта.

Ключевые слова: плодое сырье, яблочный сок, мембранная обработка, ультрафильтрация, микрофильтрация, концентрирование, осветление.

ANALYSIS OF APPLICATION OF MEMBRANE APPARATUS FOR THE PRODUCTION OF FRUIT JUICES

G. Deynichenko, D. Dmytrevskiy, V. Guzenko, N. Afukova

Summary

One of the main stages in the production of apple juice is clarification. This process is carried out with the aim of colloidal stabilization of the product during storage, as well as to improve the consumer appearance of the product and its organoleptic properties. In order for the product to comply with international standards, it is necessary to use modern equipment based on advanced technologies. Such equipment includes membrane technologies that provide a higher yield, improve the taste, presentation and nutritional value of fruit and berry juices. At the same time, vitamins, amino acids and other biologically active components are preserved in the products. This is possible thanks to the elimination of preservatives and the heat sterilization step. The combination of various types of membrane processes allows creating energy-efficient technologies for concentrating juices and obtaining new types of products. One of the main areas of application of membranes in juice production is their illumination. Lighting of juices is carried out with the aim of destroying the colloidal system of the product, removing high molecular weight protein, pectin and polyphenolic substances and microorganisms. In this case, a prerequisite is the preservation of biologically active and valuable components, such as vitamins, sugars, mineral and aromatic substances, acids. Recently, membrane methods for the separation of mixtures have become widespread. These technologies are characterized by simplicity, economy and efficiency. The traditional technologies and equipment used for the processing of food liquids are analyzed. The disadvantages of existing technological processes are identified. The expediency of improving the process of lighting juices from fruit raw materials and the creation of equipment for its implementation have been proved. The application of membrane technologies for the processing of juices from fruit raw materials is proposed. The main advantages of the introduction of membrane technologies into the processing process are presented. The disadvantages that complicate the use of membrane technologies in the process of processing liquid media are revealed. The expediency of using ultrafiltration membranes for illumination of apple juice has been substantiated.

Key words: fruit raw materials, apple juice, membrane processing, ultrafiltration, microfiltration, concentration, clarification.