

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

DOI : 10.33274/2079-4827-2022-45-2-38-46

УДК 663.81.05:664.857.039.3

Дейниченко Г. В., д-р техн. наук, професор¹
Дмитревський Д. В., канд. техн. наук, доцент¹
Перекрест В. В., асистент²
Мороз І. А., здобувач ОС магістра¹
Бражник Я. С., здобувач ОС бакалавра²

¹ Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна, e-mail: dmitrevskyidv@gmail.com.

² Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: perekrest@donnuet.edu.ua.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ МЕМБРАННОГО РОЗДІЛЕННЯ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ

UDC 663.81.05:664.857.039.3

Deynichenko G. V., Grand PhD of Engineering Science, Professor¹
Dmytrevskiy D. V., PhD in Engineering sciences, Associate Professor¹
Perekrest V. V., Assistant Professor²
Moroz I. A., A graduate of a master's degree¹
Brazhnyk Y. S., A graduate of a bachelor's degree²

¹ State Biotechnological University (Kharkiv, Ukraine), e-mail: dmitrevskyidv@gmail.com.

² Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kriviy Rig, Ukraine), e-mail: perekrest@donnuet.edu.ua.

INTENSIFICATION OF MEMBRANE SEPARATION PROCESSES OF FOOD RAW MATERIALS

Мета. Метою статті є порівняння процесів фільтрації через мембранні фільтри при виробництві рідких харчових продуктів, та вибір більш досконаліших методів та обладнання для фільтрації соків з овочем та фруктів.

Методи. Під час проведення дослідження мембранних процесів та обладнання для їх реалізації були застосовані аналітичні методи дослідження. Проведено ретельний огляд мембранних технологій фільтрації, процесів освітлення та концентрації фруктових соків. Проаналізовано наявні способи мембранної обробки, а також нові перспективні напрями, що розробляються останнім часом.

Результати. В якості об'єкта дослідження був обраний процес мембранної фільтрації, який на сьогодні є найбільш перспективним. Очищення рідких харчових продуктів. Дана технологія дуже ефективна під час проведення процесів концентрування та освітлення фруктових соків. Мембрана не пропускає тверді речовини та бактерії, стають міцним заслоном для проходження твердих частинок. Було встановлено, що під час використання ультрафільтраційного та мікрофільтраційного обладнання були збережені колоїдні речовини і при цьому проходять всі цінні інгредієнти соку, а саме: органічні кислоти, цукри, мінерали, розчинні амінокислоти та вітаміни. При використанні мікрофільтраційних та ультрафільтраційних установок харчова та біологічна цінність триманого соку не змінюється. При проектуванні мембранних систем для очищення соків найбільш популярними виявились порожні волокна

Надійшла до редакції 10.11.2022 р.

© Г. В. Дейниченко, Д. В. Дмитревський,
В. В. Перекрест, І. А. Мороз, Я. С. Бражник, 2022

та рулонні мембранні елементи. Ці системи більш дешевші та продуктивніші. Використання обладнання із тангенціальними фільтрами дає такий ефект, як збереження органолептичних та структурних властивостей соків. Ще вони мають таку рису як самоочищення і при цьому не вимагають дорогих витратних компонентів. Проаналізовано традиційні технології та обладнання, що застосовується для обробки харчових рідин. Визначено недоліки існуючих технологічних процесів. Доведено доцільність удосконалення процесу освітлення соків із плодової сировини і створення устаткування для його реалізації. Запропоновано застосування мембранних технологій для обробки соків із плодової сировини. Наведено основні переваги впровадження мембранних технологій у процес обробки. Виявлено недоліки, що ускладнюють застосування мембранних технологій у виробничому процесі переробки рідких харчових середовищ. Обґрунтовано доцільність застосування ультрафільтраційних та мікрофільтраційних мембранних установок для освітлення фруктових соків.

Ключові слова: *фруктовий сік, мембранна обробка під тиском, мікрофільтрація, ультрафільтрація, концентрація, освітлення, тангенціальна фільтрація*

Постановка проблеми. Переробка фруктів та плодово-ягідної сировини є достатньо перспективним напрямом 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. Важливим результатом плодоовочевої промисловості є сік. Соки займають важливе місце в харчуванні людини, оскільки забезпечують всі потреби організму в корисних фізіологічно активних речовинах, дуже необхідних для нормальної життєдіяльності людини. Одним з основних процесів виробництва яблучного соку є його освітлення. Це робиться для колоїдної стабілізації соку під час його зберігання, а також покращення товарного вигляду та органолептичних властивостей. Старі технології отримання соків використовували фільтрацію свіжого соку через пористі перегородки з великою втратою багатьох цінних речовин, при цьому додавали консерванти і застосовували теплову стерилізацію для забезпечення тривалого терміну зберігання. При використанні цього методу не завжди вдається отримати сік з високим рівнем якості. Інші методи освітлення і стабілізації отриманого соку засновані на додаванні до продукту сторонніх інгредієнтів, а саме — компонентів, що освітлюють. Разом з ними матеріалами до складу соку попадає велика кількість мінеральних та інших речовин. Час обробки продукту згідно до звичної технології становить більше ніж добу. Через тривалий контакту соку з киснем в ньому відбувається втрата частини корисних компонентів, що негативно позначається на якості в цілому.

Щоб відповідати високим міжнародним стандартам якості, треба впроваджувати сучасні технології. До таких технологій відносяться методи мембранної фільтрації технології, які забезпечують більший вихід, поліпшення якості, товарного вигляду і харчових цінностей соків. А також зберігаються всі амінокислоти вітаміни, та інші біологічно активні компоненти. При відмові від консервантів і стадії теплової стерилізації, це можливо. При різноманітних типах мембранної фільтрації можливо отримати більш сучасні технології концентрування соків та нові види харчової продукції. Найкращим результатом мембранної фільтрації при виробництві соку є його освітлення. Цей важливий крок здійснюється для руйнування колоїдних систем соків, видалення непотрібних високомолекулярних білкових, полі фенольних і пектинових речовин та мікроорганізмів. З іншого боку треба зберегти ряд цінних інгредієнтів, таких як цукри, різні вітаміни, мінеральні та ароматичні речовини, амінокислоти. Були проведені повномасштабні дослідження ультрафільтрації та мікрофільтрації мембранних технологій, які використовуються останні десятиліття у промисловому виготовленні фруктових-ягідних соків. Ці технології дають чудовий результат в освітленні, концентрації, стабілізації та відновленню ароматичних сполук [1].

При використанні процесів мембранної фільтрації галузь отримує соки з найкращими показниками якості, біологічної цінності та безпеки. При цьому споживається не багато енергії та стає мінімальним негативний вплив на довкілля.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. 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 освіжальним смаком і тривалим терміном зберігання робить фруктові соки одними з найбільш витребуваних напоїв. Під час переробки соків основними аспектами завжди були безпека та покращення якості, харчова цінність, мінімізація витрат на виготовлення продукту і здійснення процесу [2].

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 наступну стадію концентрування шляхом багатоступінчастого вакуумного випарювання [3].

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. 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. Під час мікрофільтрації та ультрафільтрації мембрана стає напівпроникним бар'єром. Він перепускає тільки певні компоненти рідких сумішей. Вимоги до мембран це перш за все: висока роздільна здатність, висока питома продуктивність, стійкість до впливу навколишнього середовища, механічна міцність [4].

На швидкість, якість процесу а також термін дії мембрани істотно впливає процес утворення осаду. Майже завжди шар осаду, який виникає на поверхні мембрани є солоне проникним. Він закуповує всі пори, таким чином створюються в прикордонному шарі ще більший опір масообміну і потоку. Це веде до збільшення концентраційної поляризації і як слід зніжується продуктивність. Це явище відомо майже всім процесам мембранної фільтрації. Це процес є збільшення концентрації розчинів на поверхні мембран [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].

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 освітлювальними речовинами. Застосування ультрафільтраційний 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.

Мета статті — проведення аналізу мембранних процесів, які використовуються для обробки харчових рідин, а також вибір обладнання для освітлення фруктов-ягідного соку, з більш ефективними показниками.

Виклад основного матеріалу досліджень. 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 видаляється 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 під час 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.

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 [7].

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 пір 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 пір 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. Однак слід зазначити, що соки повинні піддаватися попередній обробці. Дослідження по визначенню впливу попередньої підготовки соку на швидкість і фільтрувальну здатність ультрафільтраційних установок під час обробки 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 [8, 9].

Значні труднощі практичного застосування ультрафільтраційних методів біотехнології обумовлені забрудненням мембран. При роботі на неочищених препаратах апарат може вийти з ладу протягом декількох днів або годин роботи. Забруднення мембрани можуть викликати колоїдні та зважені частинки, мікроорганізми, органічні сполуки та важкорозчинні компоненти розчинів, що осідають на мембрані в процесі концентрування. Серед суспензій найбільший внесок у забруднення мембрани роблять частинки розміром порядку часток мікрона, що призводять до зниження як питомої продуктивності, так і

селективності мембрани. Забруднення мембрани залежить від багатьох факторів розміру та концентрації частинок, наявності на них заряду, рН та іонної сили розчину, умов проведення процесу та ін. Мікроорганізми, подібно до колоїдних частинок, осідаючи на поверхні мембрани, створюють додатковий гідравлічний опір потоку фільтрату. З іншого боку, багато хто з них може призвести до біодеструкції мембран. Особливо нестійкі в цьому відношенні ацетатцелюлозні мембрани, які не можна до того ж піддавати термічній стерилізації [10].

Характеристики матеріалу мембрани, включаючи поверхневий заряд, гідрофобність і шорсткість, відіграють ключову роль у забрудненні мікрофільтраційних та ультрафільтраційних мембран. Гідрофільні мембрани демонструють меншу тенденцію до забруднення через меншу адсорбцію органічних частинок. Мембрани з більш гладкими поверхнями також зменшують явище адсорбції, обмежуючи утворення поляризаційного шару. Модифікація поверхневої структури гідрофобних полімерних мембран шляхом хімічної та фізичної обробки є цікавим підходом до зменшення забруднення ультрафільтраційних мембран. Техніка модифікації поверхні ультрафільтраційних мембран шляхом газоплазмової обробки була досліджена відносно нещодавно. Необроблений яблучний сік був освітлений за допомогою мембран, модифікованих плазмовою обробкою кисню при низькому тиску [11, 12]. Плазмова дія призвела до вищої гідрофільності та меншої шорсткості поверхні та, як наслідок, до покращеної дії проти обростання порівняно з необробленими мембранами. Довготривале поступове зниження потоку все ще переважало при обробці мембранами, обробленими плазмою, але швидкому зменшенню початкового потоку пермеату вдалося запобігти дії плазми через відштовхування заряду між модифікованою мембраною та частинками забруднення. Нещодавно було досліджено використання занурених мембран як цікаву альтернативу системам поперечної фільтрації для освітлення фруктових суспензій. У цій конфігурації мембрани з плоскими або порожнистими волокнами занурені в суспензію, а фільтрація, як правило, забезпечується всмоктуванням пермеату при постійному потоці. Було встановлено, що оптимальні потоки пермеату мікрофільтраційних мембран із зануреними в порожнисті волокна під час обробки виноградного соку становлять приблизно 5–7 л/м² год. Ці значення були нижчими, ніж виміряні для фільтрації з поперечним потоком; з іншого боку, якість освітленого соку була подібною до якості звичайного фільтрування з поперечним потоком. Завдяки своїй компактності, легкому поводженню та мобільності, низьким інвестиціям та експлуатаційним витратам занурені мембрани можуть стати новітнім підходом для невеликих виробництв фруктових соків [13].

Якщо розглядати матеріали, з яких виготовляють мембрани, то полімерні мембрани домінують на промисловому ринку мембранних технологій. Вони відносно дешеві, прості у виготовленні та доступні в широкому діапазоні розмірів пор. Найпоширеніші полімерні мембрани виготовляються з ацетату целюлози, полісульфону, поліефірсульфону, поліетрафторетилену, поліпропілену, поліетилену, полівініліденфториду, поліакрилонітрилу та поліамід. Керамічні мембрани виготовляються з неорганічних матеріалів (наприклад, оксид алюмінію, цирконію, титану та кремнезему). Вони виявляють високу стійкість до агресивних середовищ (кислот, лугів, сильних розчинників), а також високу механічну та термічну стійкість. Незважаючи на те, що вартість їх виробництва вища, ніж у полімерних мембран, вони екологічно чисті, довговічні та мають довший термін служби [14, 15].

Самим ефективним методом мембранної фільтрації є тангенціальна фільтрація. Цей метод, маючи плюси традиційних методів, таких як центрифугування, фільтрація, відстоювання, також має тангенціальна фільтрація в проточних мембранних елементах має суттєві переваги, а саме: відсутність застійних зон в камері, високу роздільну здатність, можливість промивання не розбираючи сам апарат, а також не велику енергоємність, компактність та простоту апаратурного 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.

Тангенціальна фільтрація являє собою технологію, в якій використовуються пористі мембрани (рис. 1), здатні затримувати частинки від 0,2 до 0,4 мкм (мікрон). Мембра-

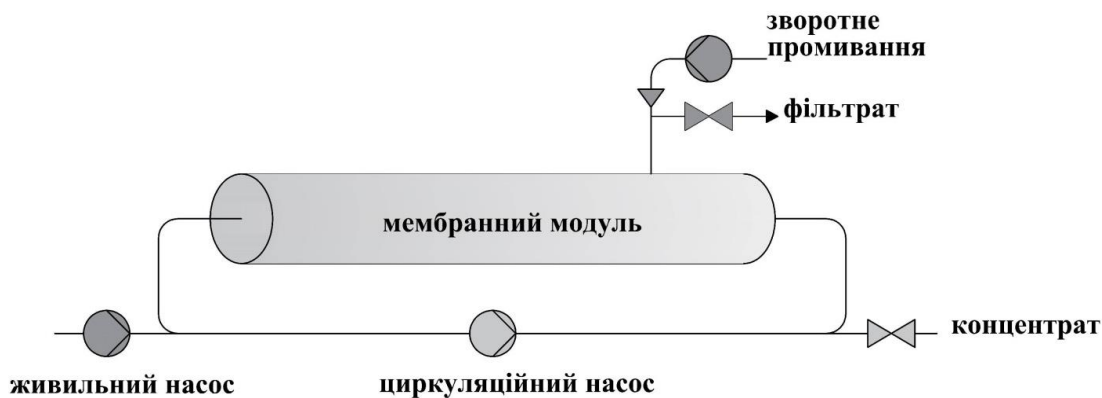


Рисунок 1 — Схема тангенціальної фільтрації

на, що використовується є вузькою, тому за допомогою цього типу фільтрації видаляються такі мікроорганізми, як дріжджі, що викликають псування продукту. Особливість тангенціальної фільтрації полягає в тому, що продукт подається дотично, а не фронтально до мембрани. Крім того, перевага тангенціальної фільтрації полягає в тому, що середовище, що фільтрує, засмічується тільки на поверхні, що полегшує очищення, яка проводиться після кожного циклу використання. Існує два типи мембран, що використовуються для тангенціальної фільтрації. До них відносяться органічні мембрани та керамічні мембрани.

Використовуючи методи мембранної фільтрації у харчовій галузі при очищенні та концентруванні розчинів можливо обійтись без підігріву та випрівання. Для підготовки води, стабілізації напоїв, концентрування та освітлення плодкових соків та сиропів також застосовують мембранні технології. Якщо порівнювати їх з процесами випарювання або виморожування, то методи мембранного поділу дозволяють покращити якість і отримати більший вихід отриманого продукту.

Висновки. Таким чином, були проаналізовані сучасні технологічні процеси та обладнання для впровадження мембранних процесів фільтрації. Були визначені технології для освітлення та концентрування різних соків. Розглянуті основні методи і порядок обробки соку, а саме процес освітлення соку застосовуючи наявні технології та обладнання. Зроблені висновки про актуальність методів фільтрації та освітлення та концентрації фруктових соків, показані напрямки удосконалення процесу концентрування і освітлення плодово-ягідних соків. Був детально проаналізований процес мембранної фільтрації тупиковому і тангенціальному режимах та показані плюси та мінуси цих процесів. Проведені аналітичні дослідження доводять, що впровадження мембранних технологій у виробничий процес дасть можливість більшого виходу продукту, збереже харчову біологічну цінність соку, покращити якість готового продукту.

Список літератури

1. Sharifanfar R., Mirsaeedghazi 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. <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. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-20-1-133-141>.

3. Дейниченко Г. В., Дмитревський Д. В., Гузенко В. В., Афукова Н. О. Аналіз застосування мембранних апаратів для виробництва соків із плодової сировини. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2021. Вип. 21. Т. 1. С. 36–43. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2021-21-1-36-43>.
4. Cherevko O. I., Deinychenko G. V., Dmytrevskiy 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. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4369743>.
5. Deinychenko G. V., Dmytrevskiy 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. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5036090>.
6. Domingues R. C. C., Ramos A. A., Cardoso V., Reis M. H. M. Microfiltration of passion fruit juice using hollow fibre membranes and evaluation of fouling mechanisms. *Journal of Food Engineering*. 2014. Vol. 121. P. 73–79. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.07.037>.
7. Дейниченко Г. В., Золотухіна І. В., Дмитревський Д. В., Гузенко В. В., Перекрест В. В., Гладкова О. С. Сучасні технології баромембранних процесів у харчовій промисловості. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2021. № 2 (43). С. 86–93. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2021-43-2-86-93>.
8. Yukun Li, Jianquan Luo, Yinhua Wan. Biofouling in sugarcane juice refining by nanofiltration membrane: Fouling mechanism and cleaning. *Journal of Membrane Science*. 2020. Vol. 612, 118432. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2020.118432>.
9. Emel Yilmaz, Pelin Onsekizoglu Bagci. Ultrafiltration of Broccoli Juice Using Polyethersulfone Membrane: Fouling Analysis and Evaluation of the Juice Quality. *Food and Bioprocess Technology*. 2019. Vol. 12. P. 1273–1283. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02292-0>.
10. Samreen Ch., Satyanarayana V. V., Edukondalu L., Beera V., Srinivasa R. Effect of Pre-treatment on Aggregation, Biochemical Quality and Membrane Clarification of Pomegranate Juice. *Indian Journal of Ecology*. 2022. 49(3). P. 910–918. <https://doi.org/10.55362/IJE/2022/3615>.
11. 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. P. 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2019.02.031>.
12. Xiaochan An, Yunxia Hu, Ning Wang, Zongyao Zhou, Zhongyun Liu. Continuous juice concentration by integrating forward osmosis with membrane distillation using potassium sorbate preservative as a draw solute. *Journal of Membrane Science*. 2019. Vol. 573. P. 192–199. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2018.12.010>.
13. Omar J. M., Nor M. Z. M., Basri M. S. M., Che Pa N. F. Clarification of guava juice by an ultrafiltration process: analysis on the operating pressure, membrane fouling and juice qualities. *Food Research*, 4. 2017, Suppl. 1. P. 85–92. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(s1\).s30](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(s1).s30).
14. Yee W. P., Nor M. Z. M., Basri M.S.M., Roslan J. Membrane-based clarification of banana juice: pre-treatment effect on the flux behaviour, fouling mechanism and juice quality attributes. *Food Research*. 2021. 5/1. pp. 57–64. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(s1\).046](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(s1).046).
15. Miyoshi T., Yuasa K., Ishigami T., Rajabzadeh S., Kamio E., Ohmukai Y., Saeki D., Ni J., Matsuyama H. Effect of membrane polymeric materials on relationship between surface pore size and membrane fouling in membrane bioreactors. *Applied Surface Science*. 2015. Vol. 330. P. 351–357. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.01.018>.

References

1. Sharifanfar, R., Mirsaeedghazi, H., Fadavi, A., Kianmehr, M.H. (2015). Effect of feed canal height on the efficiency of membrane clarification of pomegranate juice, *Journal of Food Processing and Preservation*, Vol. 39, pp. 881–886. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12299>.
2. Deinychenko, G., Dmytrevskiy D., Perekrest, V. (2020). *Doslidzhennia protsesu teplovoi obrobky plodiv pid chas vyhotovlennia yabluchnoho piure* [Follow-up to the process of thermal pro-

cessing of fruits under the hour of preparation of apple puree]. *Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu : naukove fakhove vydannia* [Practice of the Taurian State Agrotechnological University: science and industry knowledge], 2020/1, pp. 133–142. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-20-1-133-141>.

3. Deinychenko, G. V., Dmytrevskiy, D. V., Guzenko, V. V., Afukova, N. O. (2021). *Analiz zastosuvannia membrannykh aparativ dlia vyrobnytstva sokiv iz plodovoi syrovyny* [Analysis of the use of membrane devices for the production of fruit juices]. *Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu* [Proceedings of the Tavria State agrotechnological university], TSATU, Melitopol, pp. 36–43. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2021-21-1-36-43>.

4. Cherevko, O. I., Deinychenko, G. V., Dmytrevskiy, D. V., Guzenko, V. V., Heier, H. V., Tsvirkun, L. A. (2020). Application of membrane technologies in modern conditions of juice production, *Prohresyvna tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli* [Advanced techniques and technologies of food production of the restaurant industry], 2020, 2(32), pp. 67–77. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4369743>.

5. Deinychenko, G. V., Dmytrevskiy, D. V., Zolotukhina, I. V., Perekrst, V. V., Guzenko, V. V. (2021). Directions of improvement of processes of membrane separation of juices from fruit and berry raw materials. *Prohresyvna tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli* [Advanced techniques and technologies of food production of the restaurant industry], 2021, pp. 89–98. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5036090>.

6. Domingues R. C. C., Ramos A. A., Cardoso V., Reis M. H. M. Microfiltration of passion fruit juice using hollow fibre membranes and evaluation of fouling mechanisms. *Journal of Food Engineering*. 2014. Vol. 121. P. 73–79. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.07.037>.

7. Deynichenko, G.V., Zolotukhina, I.V., Dmytrevskiy, D.V., Guzenko, V.V., (2021). Perekrst, V.V., Hladkova, O.S. *Suchasni tekhnolohii baromembrannykh protsesiv u kharchovii promyslovosti* [Modern technologies of baromembrane processes in the food industry], *Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv* [Equipment and technologies of food production], № 2 (43), pp. 86–93. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2021-43-2-86-93>.

8. Yukun, Li, Jianquan, Luo, Yinhua, Wan. (2020). Biofouling in sugarcane juice refining by nanofiltration membrane: Fouling mechanism and cleaning, *Journal of Membrane Science*, Vol. 612, 118432. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2020.118432>.

9. Emel, Yilmaz, Pelin, Onsekizoglu Bagci. (2019). Ultrafiltration of Broccoli Juice Using Polyethersulfone Membrane: Fouling Analysis and Evaluation of the Juice Quality, *Food and Bioprocess Technology*, Vol. 12, pp 1273–1283. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02292-0>.

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

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

12. Xiaochan, An, Yunxia, Hu, Ning, Wang, Zongyao, Zhou, Zhongyun, Liu. (2019). Continuous juice concentration by integrating forward osmosis with membrane distillation using potassium sorbate preservative as a draw solute, *Journal of Membrane Science*, Vol. 573, pp. 192–199. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2018.12.010>.

13. Omar, J. M., Nor, M. Z. M., Basri, M. S. M., Che Pa, N. F. (2017). Clarification of guava juice by an ultrafiltration process: analysis on the operating pressure, membrane fouling and juice qualities, *Food Research*, 4/1, pp. 85–92. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(s1\).s30](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(s1).s30).

14. Yee, W. P., Nor, M. Z. M., Basri, M. S. M., Roslan, J. (2021). Membrane-based clarification of banana juice: pre-treatment effect on the flux behaviour, fouling mechanism and juice quality attributes. *Food Research*. 5/1. pp. 57–64. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(s1\).046](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(s1).046).

15. Miyoshi, T., Yuasa, K., Ishigami, T., Rajabzadeh, S., Kamio, E., Ohmukai, Y., Saeki, D., Ni, J., Matsuyama, H. (2015). Effect of membrane polymeric materials on relationship between

surface pore size and membrane fouling in membrane bioreactors, *Applied Surface Science*, Vol. 330, pp. 351–357. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.01.018>.

Objective. *The purpose of the article is to analyze the membrane processes used to process liquid food media, as well as to identify the most efficient and energy-saving methods and equipment for illuminating fruit juices.*

Methods. *During the study of membrane processes and equipment for their implementation, analytical research methods were applied. A detailed review of membrane filtration technologies, clarification processes and concentration of fruit juices was carried out. The existing methods of membrane treatment, as well as new promising areas developed recently, are analyzed.*

Results. *Membrane filtration technologies, which are currently widely recognized as the most promising methods for cleaning liquid food media, were chosen as the object of study. These technologies are quite effective in carrying out the processes of concentration and clarification of fruit juices. The membranes contribute to the effective removal of solids and microbes. Membrane filters provide a reliable physical barrier to the passage of particles. It was found that when using ultrafiltration and microfiltration plants, colloidal substances are preserved, but all valuable components of the juice, such as sugar, organic acids, minerals, soluble vitamins and amino acids, are skipped. As a result of the use of ultrafiltration and microfiltration plants, the nutritional and biological value of clarified juices does not decrease. The possibilities of using microfiltration and ultrafiltration membrane treatment for the processes of concentration and clarification of juices from fruit and berry raw materials are revealed. The most popular in the design of membrane systems are empty fibers and rolled membrane elements. Systems based on them are the cheapest and most efficient. The use of membrane plants with tangential filters contributes to the preservation of the structural and organoleptic properties of the product. In addition, tangential filters are self-cleaning and do not require expensive consumables. Traditional technologies and equipment for the processing of food liquids are analyzed. The shortcomings of existing technological processes are determined. The expediency of improving the process of clarification of juices from fruit raw materials and the creation of equipment for its implementation has been proved. The use of membrane technologies for the processing of juices from fruit raw materials is proposed. The main advantages of introducing membrane technologies into the processing process are presented. The disadvantages that complicate the use of membrane technologies in the production process of processing liquid food media are revealed. The expediency of using ultrafiltration and microfiltration membrane plants for clarification of fruit juices is substantiated.*

Key words: *fruit juice, pressure-driven membrane processing, microfiltration, ultrafiltration, concentration, clarification, tangential filtration.*