

5. Висновки.

6. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Обладнання для отримання екстрактів рослинної сировини.

Схеми лопатей роторно-плівкових випарних апаратів.

Схема роторного-плівкового випарного апарату, який підлягає удосконаленню.

Схема параболічних лопатей роторно-плівкового випарного апарату.

Технологія отримання екстракту глоду методом мацерації.

6. Дата видачі завдання «17» листопада 2023 р.

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	31.01.2024-15.02.2024
2	Аналіз обладнання для отримання екстрактів рослинної сировини	16.12.2024-10.03.2024
3	Удосконалення апарату для концентрування екстрактів рослинної сировини	11.03.2024-15.04.2024
4	Аналіз результатів досліджень	16.04.2024-30.04.2024
5	Висновки по роботі	01.05.2024-12.05.2024
6	Оформлення роботи і подання до захисту	16.05.2024-03.06.2024

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Лученчин М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Омельченко О.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг і структура бакалаврської роботи. Повний обсяг бакалаврської роботи – 50 сторінок, в тому числі основного тексту – 42 сторінки. Робота містить 19 рисунків. Список використаних джерел складається з 16 найменувань.

Об'єкт роботи – роторно-плівковий випарний апарат.

Предмет роботи – процес екстрагування (вилучення біологічно активних речовин із рослинної сировини).

Мета роботи – удосконалення апарату для концентрування екстрактів рослинної сировини.

У роботі зазначено, що натуральні продукти тисячоліттями використовувалися людьми через їх терапевтичні, косметичні та харчові переваги. Наприклад, цілюща рослина глід має потужні властивості для підвищення імунітету та протизапальні властивості. Глід є найкращим тонізуючим засобом для серця, бо сповнений складними флавоноїдами, які підтримують кровоносну систему. Екстракт (концентрована витяжка) таких цілющих рослин добувають методом екстрагування – це процес виділення потрібного компонента із твердих тіл, що широко поширене у харчовій промисловості для вилучення біологічно активних речовин із рослинної сировини. Найбільш поширеним методом екстракції натуральних продуктів є, як правило, твердо-рідка екстракція (процес видалення компонента розчиненої речовини з твердого тіла за допомогою рідкого розчинника, яким може слугувати вода, олія або спирт).

На основі аналізу виявлено, що для отримання витягу з рослинної сировини найбільш ефективно використовуються роторно-плівкові випарні апарати. Запропоновано, для інтенсифікації процесу випарювання в роторно-плівковому апараті здійснити заміну форми лопатей ротора на параболічну. При використанні запропонованої форми лопатей уможлиблюється значна турбулізація потоків розчину за лопатями, що обертаються, і, як наслідок, підвищується інтенсивність процесів тепло- та масовіддачі, в тому числі при збільшенні концентрації розчину. При параболічній формі лопатей ротора процес випарювання проходитиме інтенсивніше, ніж при гострокутній.

Було проведено дослідження вилучення біологічно активних сполук традиційним методом екстрагування, а саме методом мацерації, як один з найпростіших. Перед екстрагуванням ягоди глоду попередньо промили і очистили від домішок, потім подрібноли, а отриману масу змішали з водно-спиртовим розчином. Розчин розмістили у темному місці на 12 годин з постійним перемішуванням. Отриману рідину процідили, а твердий залишок (вижимки) піддали пресуванню для вилучення всієї рідини, що залишилась, далі очищували за допомогою фільтрації. В якості екстрагенту використовувалися два розчини: водно-спиртовий (вміст спирту 60%) та водний. За результатами встановлено, що використання водно-спиртового розчину дозволяє інтенсифікувати процес екстрагування загалом на 25%.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: концентрування, екстракт, екстрагування, глід, мацерація, роторно-плівковий випарний апарат.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЕКСТРАКТІВ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	7
1.1 Методи екстрагування та виділення біологічно активних сполук	7
1.2 Процеси випарування і концентрування	10
1.3 Аналіз обладнання для отримання екстрактів рослинної сировини	12
1.4 Типи лопатей роторно-плівкових випарних апаратів	17
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ АПАРАТУ ДЛЯ КОНЦЕНТРУВАННЯ ЕКСТРАКТІВ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	21
2.1 Принцип роботи роторно-плівкового апарату, що підлягає удосконаленню	21
2.2 Удосконалення конструктивних параметрів апарату лопатевого типу	25
2.3 Залежність інтенсивності випарювання від товщини плівки роторно-плівкового апарату	27
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	31
3.1 Лікарські властивості глоду	31
3.2 Технологія отримання екстракту глоду методом мацерації	32
ВИСНОВКИ	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	40
ДОДАТКИ	41

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Лученчин</i>				Удосконалення апарату для концентрування екстрактів рослинної сировини	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						5	1
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
<i>Затверд.</i>	<i>Цвіркун</i>							

ВСТУП

Актуальність роботи. У роботі зазначено, що натуральні продукти тисячоліттями використовувалися людьми через їх терапевтичні, косметичні та харчові переваги. Наприклад, цілюща рослина глід має потужні властивості для підвищення імунітету та протизапальні властивості. Глід є найкращим тонізуючим засобом для серця, бо сповнений складними флавоноїдами, що підтримують кровоносну систему; добре поєднується з іншими тонізуючими травами і підсилює їх вплив на організм. Рослина має гіркі алкалоїди, особливо в листі та квітках, які стабілізують травну систему, а також серце.

Мета та задачі дослідження. Метою бакалаврської роботи є удосконалення апарату для концентрування екстрактів рослинної сировини.

Практична та наукова новизна. На основі аналізу, було зазначено, що екстракт (концентрована витяжка) добувають методом екстрагування – це процес виділення потрібного компонента із твердих тіл, що широко поширений у харчовій промисловості для вилучення біологічно активних речовин із рослинної сировини. Це ключовий етап у використанні будь-якої біологічно активної природної сполуки, яка буває рідкою, густою та сухою. Найбільш поширеним методом екстракції натуральних продуктів є, як правило, твердо-рідка екстракція (процес видалення компонента розчиненої речовини з твердого тіла за допомогою рідкого розчинника, наприклад, води, олії або спирту).

На основі аналізу виявлено, що для отримання витягу з рослинної сировини найбільш ефективно використовуються роторно-плівкові випарні апарати. Запропоновано, для інтенсифікації процесу випарювання в роторно-плівковому апараті здійснити заміну форми лопатей ротора на параболічну. При використанні запропонованої форми лопатей уможлиблюється значна турбулізація потоків розчину за лопатями, що обертаються, і, як наслідок, підвищується інтенсивність процесів тепло- та масовіддачі, в тому числі при збільшенні концентрації розчину. При параболічній формі лопатей ротора процес випарювання проходитиме інтенсивніше, ніж при гострокутній.

Було проведено дослідження вилучення біологічно активних сполук традиційним методом екстрагування, а саме методом мацерації, як один з найпростіших. Перед екстрагуванням ягоду глоду попередньо промили і очистили від домішок, потім подрібнили, а отриману масу змішали з водно-спиртовим розчином 60%. Розчин розмістили у темному місці на 12 годин з постійним перемішуванням. Отриману рідину процідили, а твердий залишок (вижимки) піддали пресуванню для вилучення всієї рідини, що залишилась, далі очищували за допомогою фільтрації. дозволяє інтенсифікувати процес екстрагування загалом В якості екстрагенту використовувалися два розчини: водно-спиртовий (вміст спирту 60%) та водний. За результатами встановлено, що використання водно-спиртового розчину дозволяє інтенсифікувати на 25%.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Лученчин</i>				Удосконалення апарату для концентрування екстрактів рослинної сировини	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						6	1
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Цвіркун</i>							

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЕКСТРАКТІВ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

1.1 Методи екстрагування та виділення біологічно активних сполук

Натуральні продукти тисячоліттями використовувалися людьми через їх терапевтичні, косметичні та харчові переваги. Сьогодні ці сполуки продовжують відігравати вирішальну роль у відкритті ліків та інших галузях промисловості. Екстракт (концентрована витяжка) добувають методом екстрагування – це процес виділення потрібного компонента із твердих тіл, що широко поширений у харчовій промисловості для вилучення біологічно активних речовин із рослинної сировини. Це ключовий етап у використанні будь-якої біологічно активної природної сполуки, яка буває рідкою, густою та сухою (рис. 1.1).

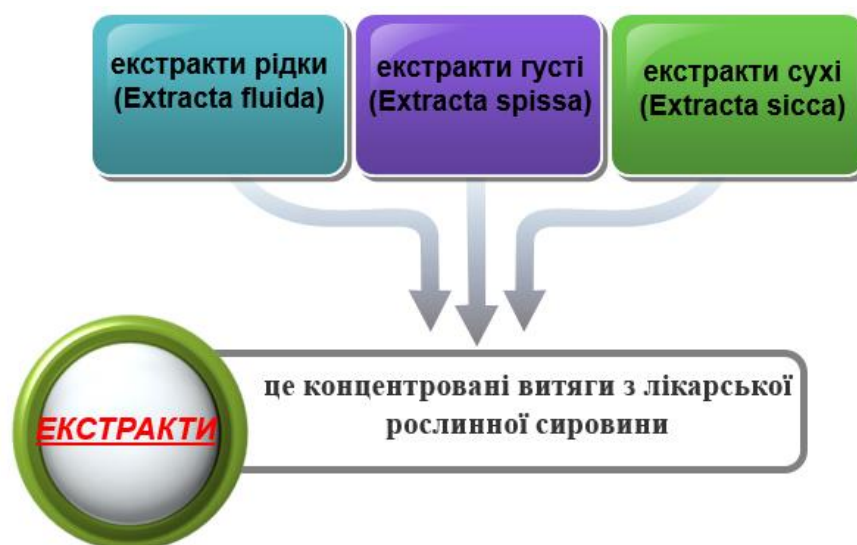


Рисунок 1.1 – Класифікація екстрактів

Прогрес у технологіях та дослідженнях призвів до розробки інноваційних підходів до вилучення та виділення натуральних продуктів. Традиційними методами є циркуляційне екстрагування та безперервне протиточне екстрагування, які зображені на рисунку 1.2 та рисунку 1.3.

Найбільш поширеним методом екстракції натуральних продуктів є, як правило, твердо-рідка екстракція (процес видалення компонента розчиненої речовини з твердого тіла за допомогою рідкого розчинника). Для очищення рослин і мікроорганізмів було застосовано кілька методів екстракції твердої рідини. При даному методі застосовують різні типи розчинників, такі як:

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Лученчин</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>					7	14
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Цвіркун</i>						

метанол, гексан та етиловий спирт, з метою антиоксидантної екстракції з різних частин рослин, таких як листя та насіння.

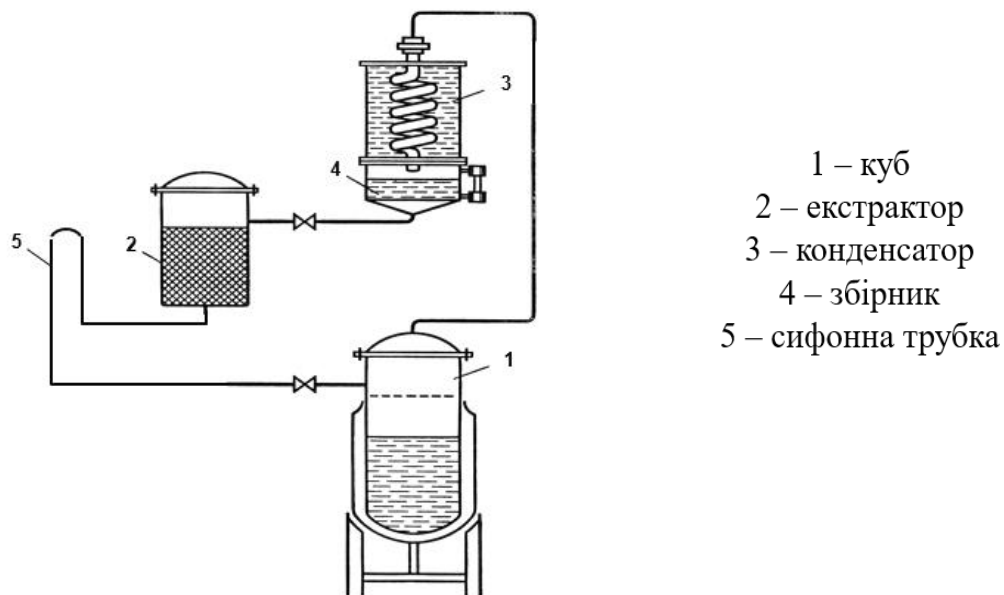


Рисунок 1.2 – Циркуляційне екстрагування

Для того щоб з високим ступенем точності витягти з рослин різні фенольні сполуки необхідно використовувати різні розчинники різної полярності. Більш того, високополярні розчинники, такі як метанол, мають високу ефективність в якості антиоксидантів [1, 2]. Розчинники, що використовуються для вилучення біомолекул з рослин вибирають виходячи з полярності розчиненої речовини. Розчинник подібної полярності до розчиненої речовини належним чином розчинить розчинену речовину. Кілька розчинників можна використовувати послідовно, щоб обмежити кількість аналогічних сполук у бажаному виході. Полярність, від найменш полярної до найбільш полярної, кількох поширених розчинників : гексан < хлороформ < етилацетат < ацетон < метанол < вода.

При виборі розчинника екстракції слід враховувати різні фактори, а саме:

- здатність обраного розчинника екстрагувати активну складову і залишати інертний матеріал;
- розчинник екстракції повинен бути нетоксичним і негорючим;
- відповідний розчинник екстракції не повинен вступати в реакцію з екстрактом;
- розчинник екстракції повинен бути швидко відновлений і відокремлений від екстракту;
- повинен бути низької в'язкості, щоб забезпечити легкість проникнення;
- температура кипіння розчинника повинна бути якомога нижчою, щоб запобігти руйнуванню під дією тепла.

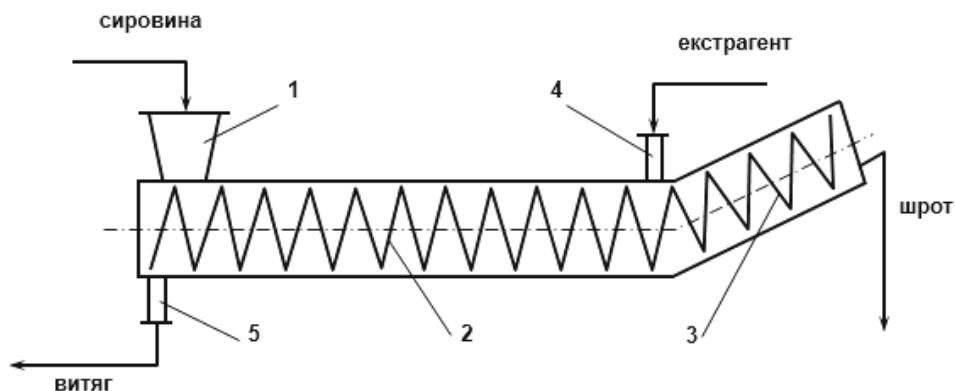


Рисунок 1.3 – Безперервне протиточне екстрагування

На рис. 1.3 позначено: 1 – завантажувальний бункер, 2 – шнек, 3 – похилий шнек, 4 – патрубок подачі екстрагенту, 5 – патрубок відведення готового витягу.

Мацерація – один з найстаріших і найпростіших методів екстракції, що проводиться при кімнатній температурі. Порошкоподібну рослинну сировину замочують у розчиннику (воді, олії або спирті) на більш тривалий час. Такий тривалий час замочування розриває клітинну стінку і заганяє біоактивні речовини в розчинник. Потім розчинник можна процідити через фільтруюче середовище, пресуючи рослинні залишки та відновлюючи біологічно активні сполуки. Ефективність біологічно активної екстракції з рослин визначається типом розчинника, рослинним матеріалом, інтервалом перемішування та часом екстракції [11]. Основна перевага цього метода полягає в невибагливому процесі, відсутності застосування тепла. Однак є і недоліки у традиційній методиці мацерації, такі як тривалий час екстракції, який може коливатися від декількох годин до декількох днів, низький вихід сировини.

Мікрохвильова екстракція здійснюється за допомогою електромагнетичного випромінювання, яке виникає на частотах від 300 МГц до 300 ГГц і довжинами хвиль від 1 см до 1 м. Ці електромагнітні хвилі складаються як з електричного, так і з магнітного поля. Вони описуються як два перпендикулярних поля. Перше застосування мікрохвиль полягало в нагріванні об'єктів, здатних поглинати частину електромагнітної енергії і перетворювати її в тепло. Комерційні НВЧ-прилади зазвичай використовують частоту 2450 МГц, що відповідає вихідній енергії 600–700 Вт. Останнім часом стали доступними передові методи, що дозволяють зменшити втрати біологічно активної сполуки без збільшення часу екстракції. Таким чином, мікрохвильова екстракція демонструється як хороша техніка в багатьох областях, особливо в області лікарських рослин. Крім того, ця методика дозволила знизити втрати біохімічних сполук, що видобуваються [1, 2]. Мікрохвильова екстракція була використана як альтернатива традиційним методам екстракції антиоксидантів через її здатність зменшувати як час, так і об'єм розчинника екстракції. Фактично, основною метою використання даної технології є нагрівання розчинника та екстракція антиоксидантів з рослин меншою кількістю цих розчинників.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ефективність мікрохвильової екстракції може бути змінена за допомогою деяких факторів, таких як температура екстракції, склад розчинника та час екстракції. Температура екстракції зазвичай вивчалася більше, ніж інші фактори, через її здатність підвищувати ефективність мікрохвильової екстракції. Так, наприклад, доведено, що 170°C є найефективнішою температурою для екстракції фенольних сполук з китайського чаю. Крім того, підвищення температури екстракції за межами цієї точки призвело до зниження виходу екстракції.

Ультразвукова екстракція використовується в різноманітних технологіях харчової промисловості для вилучення біологічно активних сполук з рослинної сировини [1, 2, 3]. Ультразвук з рівнями понад 20 кГц використовується для руйнування клітинних стінок рослин, що допомагає покращити здатність розчинника проникати в клітини та отримувати вищий вихід екстракції. Можуть використовувати низьку робочу температуру під час обробки, зберігаючи високу якість екстракту для сполук. У цій техніці подрібнений зразок змішується з відповідним розчинником і поміщається в ультразвукову ванну, при цьому контролюється температура і час екстракції.

У сучасних методах екстракції натуральних продуктів є ряд переваг, які включають: підвищену ефективність, скорочення часу екстракції та зменшення використання розчинника. Однак є й деякі проблеми: деякі методи, такі як надкритична екстракція рідини та екстракція за допомогою мікрохвильової печі можуть бути дорогими через спеціалізоване обладнання, яке необхідне для їх виконання. Враховуючи пов'язані з цим витрати, ці ж методи також можуть бути складними для масштабування для комерційного виробництва. Однак, вони також дають можливість для підвищення продуктивності, потенційної вибірковості та стійкості.

1.2 Процеси випарування і концентрування

Наявність сучасного розуміння щодо процесів випаровування та концентрування дозволить оптимізувати процеси екстрагування. Під час видалення розчинника енергія подається у вигляді тепла таким чином, що рідина випаровується в газ, який видаляється, залишаючи концентрований або сухий продукт без розчинників. Багато систем узагальнено називаються «випарниками». Однак справжнє випаровування – це випаровування до газу на поверхні рідини. У багатьох «випарників» відбувається кипіння, а не випаровування. Процес сублімації передбачає не випаровування і не кип'ятіння, а сублімацію; тобто перехід від твердої до парової фази без рідкої фази.

Фаза речовини визначається двома основними факторами – теплою і тиском, а температура, при якій відбувається кипіння або пароутворення, задається тиском. Тому, вакуумні концентратори застосовують вакуум у системі, щоб зменшити температуру кипіння розчинника, так що випаровування рідини відбувається при нижчих температурах, наприклад, вода кипить при 7,5 °C при тиску 10 мбар [3, 4]. Протилежна динаміка існує у вакуумних концентраторів, які кип'ятять розчинник. Коли зразок вологий і

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кипить, він знаходиться при температурі кипіння рідини. На цьому етапі можливе нагрівання системи до високих температур і зразок не досягне цієї температури до повного видалення розчинника. Тільки коли весь розчинник буде видалений, розчин нагріється до температури системи. Тому точний контроль і моніторинг температури зразка має важливе значення.

Випарювання – це процес згущення розчинів твердих нелетких або малолетких речовин шляхом видалення легколетючого розчинника та виведення утворених пар. У промисловому масштабі випарювання частіше проводять під час кипіння розчину. При проведенні процесу випарювання розчину твердих речовин досягається насичення розчину; при подальшому випарюванні розчинника з такого розчину відбувається кристалізація, у результаті виділяється розчинена рідина.

При вакуумному випарюванні вторинна пара конденсується в спеціальному конденсаторі, а для видалення неконденсованого газу використовується вакуумний насос, створюючи тим самим розрідження в обладнанні. Вакуумне випарювання може знизити температуру кипіння розчину, що особливо важливо при випарюванні харчових розчинів, які чутливі до високих температур. Використання вакууму може збільшити рушійну силу для передачі тепла та зменшити площу поверхні випарного пристрою та споживання матеріалу [3, 4, 5]. Під час випарювання при атмосферному тиску утворена вторинна пара вивільняється в атмосферу. Під час випарювання під високим тиском вторинну пару можна використовувати як нагрівач, обігрів теплиці тощо. Випарювання під тиском пов'язане з підвищенням температури кипіння розчину, тому цей метод використовують у харчовій технології. Обмежується властивостями розчину і температурою теплоносія. Найчастіше при концентруванні використовують високі температури, які можуть негативно позначитися на рослинному матеріалі. Цієї проблеми можна уникнути за допомогою процесу вакуумного випарювання, який знижує температуру кипіння леткого розчинника та видаляє його за температури, яка не впливає на якість отриманого концентрованого екстракту.

Під час продувного випарювання у системах випарників інертний газ, такий як азот, видувається через голки на сировину, щоб створити потік над поверхнею рідини. Це змінює рівновагу між паровою та рідкою фазами на користь парової фази. Тепло, зазвичай, подається на сировину, щоб прискорити випарювання, а також можна використовувати попередньо нагріті газу. Хоча продувне випарювання відносно швидке для летких розчинників, воно може бути повільним для розчинників з високою температурою кипіння або тих, які важко випаровуються, таких як вода. Продувне випарювання вимагає постійного контролю з боку користувача для виявлення кінцевої точки процесу екстрагування.

Вихрове випарювання здійснюється під вакуумом, щоб зберегти сировину холодною під час випарювання, одночасно обертаючи її для створення вихору. Створений вихор генерує велику площу поверхні зразка для випарювання, що робить процес відносно швидким. У деяких вихрових системах випарювання ще більше прискорюється за рахунок використання

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

нагрівальних ламп, спрямованих на сировину, але ці системи схильні до перегріву всього зразка або його частини, коли він стає сухим.

Випарювання застосовується для збільшення концентрації розбавлених розчинів або для виділення з них розчинених речовин за рахунок кристалізації. Випарювання знайшло широке застосування у багатьох харчових технологіях: при концентруванні молока, томатних та цукрових соків, цукровому та консервному виробництвах тощо [3, 4, 5]. На швидкість концентрації впливають три фактори: подача теплової енергії, видалення пари і площа поверхні розчинника. Для кип'ятіння розчинників чим швидше подається тепла енергія, тим швидше закипають розчинники. Аналогічно для випарних систем, більше тепла означає більш швидке випаровування, хоча зразки знаходяться при заданій температурі системи, а не при кипінні, де температура кипіння розчинника контролює температуру зразка.

Тепло подається лампами, опалювальними блоками/ваннами або, в останніх поколіннях, відцентрових системах низькотемпературною парою низького тиску. У цих новітніх системах вода забирає тепло зі стінки камери, перетворюється на пару, а потім конденсується на посудинах для зразків (які холодні через кипіння розчинника всередині), щоб передати тепло зразкам.

Нагрівальна пара досягає всіх площ, витрачається мінімум тепла і час досягнення необхідної температури дуже швидкий, тим самим підвищуючи ефективність концентрації. На додаток, до впливу швидкості нагрівання, чим швидше можна видалити пари, тим швидше закиплять розчинники. Оскільки вологий, киплячий зразок знаходиться при температурі кипіння розчинника, то чим краще система отримує тепло в зразок, тим швидше відбудеться концентрація, і тим ефективніше система буде видаляти пари шляхом конденсації. Однак, незважаючи на те, що швидкість концентрації може збільшуватися зі збільшенням рівня вакууму, це залишається вірним лише до певного моменту. При найвищих рівнях вакууму, досяжних сучасними системами випарників, леткий розчинник буде кипіти при надзвичайно низьких температурах, настільки низьких, що холодна пастка не може ефективно вловлювати розчинник і, отже, стає непридатним. Тому для оптимальної роботи системи необхідний баланс між тепловходом, що надходить у зразок, і відведенням тепла на конденсаторі.

1.3 Аналіз обладнання для отримання екстрактів рослинної сировини

Роторне випаровування – це процес зменшення об'єму розчинника шляхом розподілу його у вигляді тонкої плівки по внутрішній частині посудини при підвищеній температурі та зниженому тиску. Це сприяє швидкому видаленню надлишків розчинника з менш летких зразків [5, 6, 7]. Для випарювання в'язких та пастоподібних розчинів, які нестійкі до підвищених температур, застосовуються роторні прямоточні апарати (рис. 1.4). Всередині циліндричного корпусу 1 апарату, забезпеченого паровими сорочками 2, обертається ротор 3, що складається з вертикального валу (розташованого по осі апарату) та шарнірно закріплених на ньому скребків 4.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

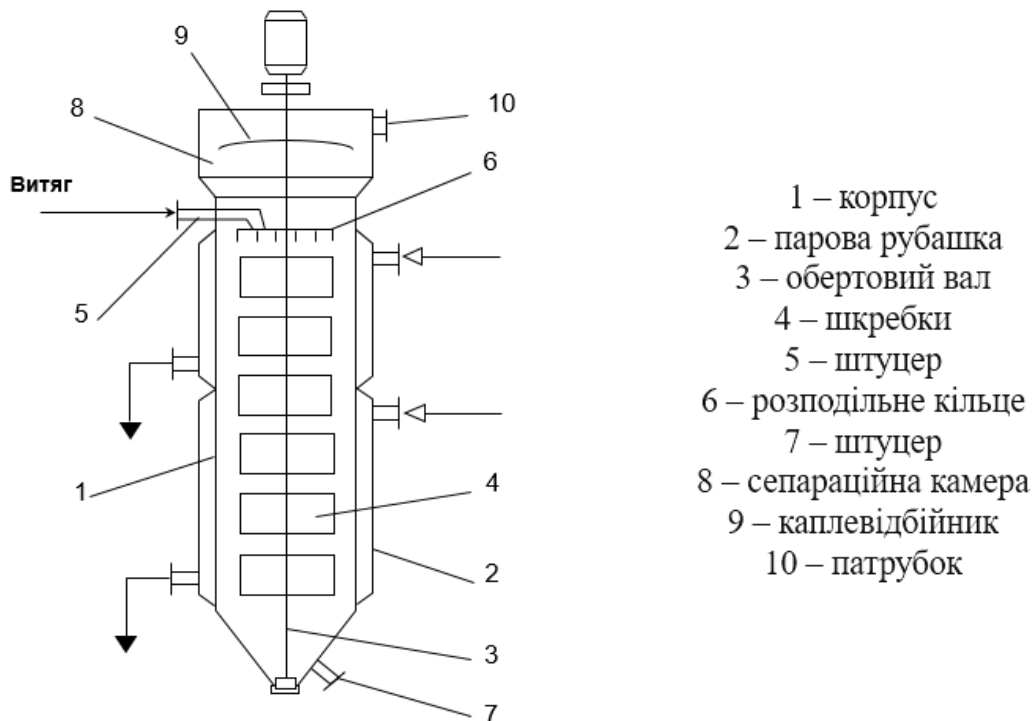


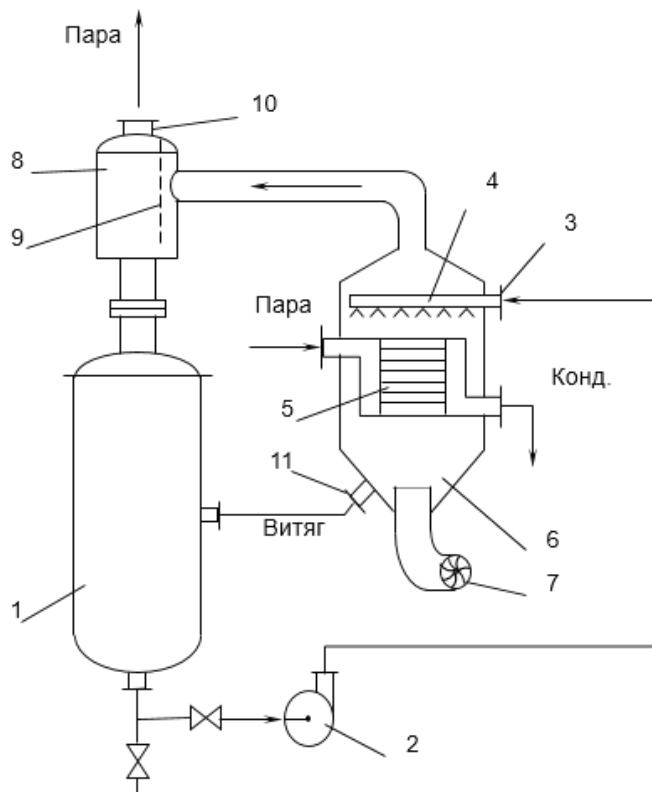
Рисунок 1.4 – Роторний прямоточний випарний апарат

Випарений розчин надходить в апарат зверху, захоплюється скребком, що обертається, і під дією відцентрової сили відкидається до стінки приладу і рухається по його внутрішній поверхні у вигляді турбулентно рухомої плівки. Поступово плівка повністю випаровується і на стінці приладу утворює тонкий шар порошку або пасти, який знімається скребком, що обертається (зазор між зовнішнім краєм скребка та стінкою приладу менше 1 мм). Тверді або пастоподібні продукти видаляються через спеціальний клапан у нижній частині обладнання.

Десорбція є частиною процесу екстрагування, коли в сировину проникає екстрагент, який призводить до утворення концентрованого розчину («первинного соку») в клітинах. Завдяки різниці тисків розчинні речовини виходять із клітин, а екстрагент проникає в їх середину. Процеси дифузії – процеси масообміну. Вони виникають спонтанно і тривають до динамічної рівноваги між фазами, яка встановлюється за певних умов. Вирівнювання концентрації з обох сторін клітинної мембрани для досягнення стану рухомої дифузії, тобто рівноваги, означає завершення процесу на цьому режимі екстракції [13, 16]. На динаміку вилучення фітокомпонентів впливає ряд факторів: рН екстрагента, види екстрагентів, сировина, її розмір, співвідношення між вагою сировини та об'ємом екстрагента, температурний режим екстрагування і тривалість екстракції.

Важливим інтенсифікуючим чинником біологічного вилучення діючих речовин є безперервне перемішування сировини і екстрагента, що забезпечує кращі гідродинамічні умови процесу, тобто частинки матеріалу не стискаються і постійно інтенсивно промиваються екстрагентами. Із покращенням масообміну, рушійна сила екстракції збільшується і досягається більший вихід екстрагуючих речовин.

Пінний випарник зображено на рисунку 1.5.

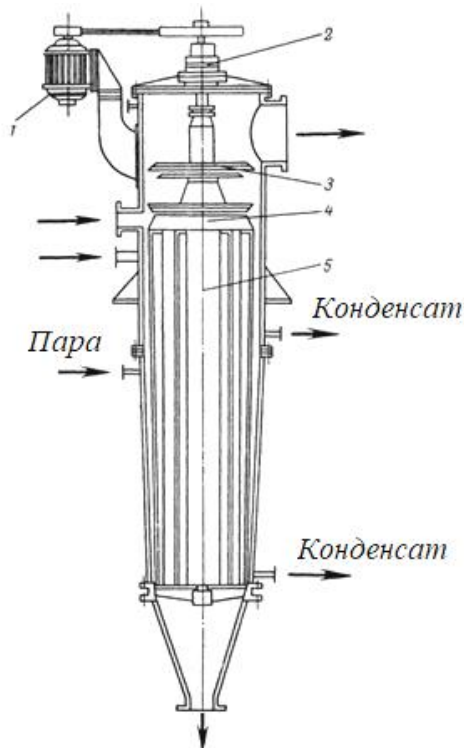


- 1 – робоча ємкість
- 2 – насос
- 3 – патрубок
- 4 – розподільний пристрій
- 5 – трубки
- 6 – випарна камера
- 7 – вентилятор
- 8 – сепаратор
- 9 – перегородка
- 10 – патрубок
- 11 – патрубок

Рисунок 1.5 – Випарний апарат (пінний)

Основною перевагою роботи роторного тонкоплівкового випарника є забезпечення змочування всієї поверхні теплообміну. Швидкість потоку рідини сильно змінюється по висоті, що викликано високою концентрацією продукту, що переробляється за один раз. Цій вимозі в значній мірі відповідає ротаційний тонкоплівковий випарник конічної форми, зображений на рисунку 1.6.

Конічний ротор з жорстко закріпленими лопатями обертається в нагрітому конічному корпусі. Ротор виконаний у вигляді шестикутної призми із загнутими сторонами. Кут нахилу між кромкою лопаті ротора і поверхнею конуса становить 2 градуси. Цей кут достатній для того, щоб складова відцентрової сили обертового тонкого шару рідини, яка спрямована вздовж сформованого тіла, подавила вплив на плівку потоку рідини і збільшила її товщину. За допомогою осьового руху ротора зазор між лопатями ротора та стінкою оболонки можна регулювати до 0,7~2,2 мм, таким чином регулюючи вплив ротора на потік рідинної плівки та час перебування рідини [6, 7, 8]. Коли температура пари досягає 180°C, тиск усередині пристрою становить 66,5 Па ~ 0,1 МПа, а коли температура досягає 350°C, тиск всередині сорочки досягає 3,2 МПа. Застосовується для концентрації соків, екстрактів чаю та кави, молочних продуктів, солодових екстрактів, розчину желатину, антибіотиків, органічних та ботанічних екстрактів; перегонки висококиплячих масел, жирних кислот, органічних розчинників і гліцерину.



- 1 – електродвигун
- 2 – торцеве ущільнення
- 3 – сепаратор
- 4 – розподільна тарілка
- 5 – ротор

Рисунок 1.6 – Роторний плівковий випарник Sako

Конічний отвір корпусу точно відповідає поздовжньому профілю лопатей ротора, бо найбільш універсальним пристроєм є випарник з шарнірними лопатями. Вони підходять для різноманітних процесів у харчовій та суміжних галузях промисловості, пов'язаних з переробкою різних рідких продуктів із великими змінами фізичних властивостей. Ротори з шарнірними лопатями дозволяють очищати теплообмінні поверхні, що дозволяє використовувати ці пристрої для роботи з високими концентраціями в'язких і дуже в'язких рідин до утворення порошкоподібного залишку.

Обертовий тонкоплівковий випарник з шарнірними лопатями оснащений сорочкою, яка складається з окремих частин і дозволяє змінювати температуру нагріву по всій висоті. Усередині випарника розташований обертовий ротор з шарнірно з'єднаними лопатями; нижній кінець валу ротора закріплений в підшипниковому вузлі, який розташований всередині корпусу. Вал ротора встановлений поверх зовнішнього підшипника. Завдяки низькій периферійній швидкості обертання ротора немає необхідності динамічно балансувати обертові частини, це також дозволяє використовувати подвійні сальники як ущільнювальний пристрій на верхньому кінці валу [5, 6]. Вихідний продукт надходить у випарний апарат через штуцер і завдяки розподільчому кільцю розподіляється тонким шаром і стікає донизу. При цьому, лопаті ротора під дією відцентрової сили притискають рідину до внутрішньої поверхні випарника, розподіляючи по ній рідину тонким шаром.

Роторні випарники в основному використовуються для випаровування легких киплячих компонентів під нормальним тиском або вакуумом (рис. 1.7). При використанні в дослідному та дрібносерійному виробництві вони також придатні для напівбезперервного випаровування. Вони характеризуються

м'якою термічною обробкою чутливих до температури середовищ і забезпечують більш високу швидкість випаровування, як скляні перегінні колби без перемішування. У порівнянні з іншими процесами випаровування, унікальною технологічною особливістю роторних випарних апаратів є їх здатність випаровувати всі летючі середовища, забезпечуючи в кінці сухий продукт.

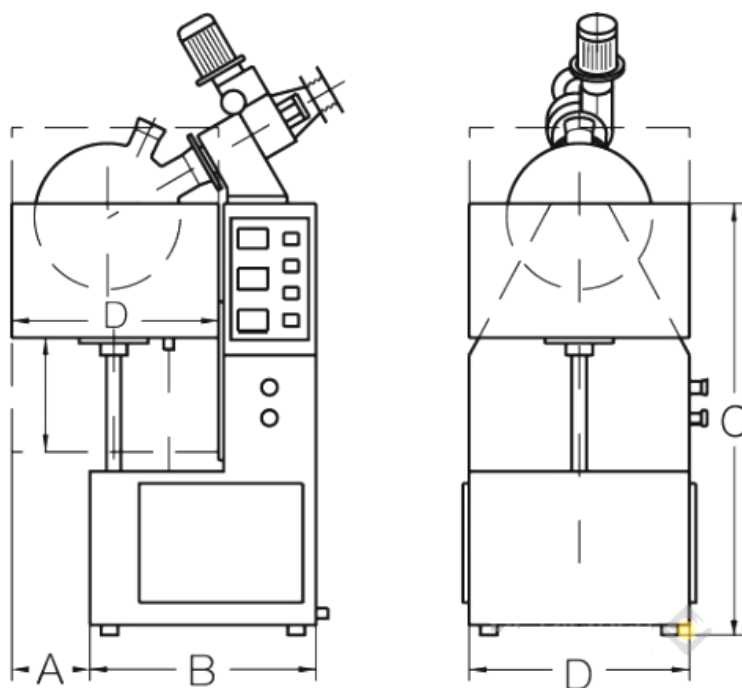


Рисунок 1.7 – Вакуум-циркуляційний апарат

Рідина, що підлягає обробці в роторному випарнику, завантажується порційно самопливом, насосом або всмоктується за допомогою вакууму в колбу для випаровування. У процесі випаровування подальша сировина може додаватися за допомогою насоса, самопливу або робочого вакууму через фторопластовий шланг, що проходить через обертовий вал і закінчується в сферичній посудині [4, 5]. Сфера, що обертається, наполовину обертається через рідину в нагрівальній ванні, яка наповнена водою або іншим відповідним рідинним нагрівальним носієм. Посудина нагрівається за допомогою електричних нагрівальних елементів і може опускатися, щоб відразу зупинити процес випаровування. Обертання сфери, яка фланцева до мотор-редуктора, забезпечує ефективне перемішування продукту всередині посудини і змочує всю внутрішню поверхню сфери, збільшуючи поверхню випаровування, тим самим збільшуючи швидкість випаровування і, отже, скорочуючи час випаровування.

Компоненти з нижчою температурою кипіння спочатку випарюються в обертовій сфері. Їх пари протікають через втулковий вал, який вбудований в привід, і надходять в конденсаторний вузол. Пари конденсуються і охолоджуються в дистильному охолоджувачі, перш ніж захоплюються в кінцевий приймач дистилляту.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Роторні випарники оснащені всіма необхідними контрольно-вимірювальними приладами для забезпечення легкої та безпечної роботи. Робоча сенсорна панель для зручності оператора розташована з одного боку верхньої частини корпусу і дозволяє повністю контролювати процес, включаючи реєстрацію даних. Все електронне обладнання складається зі стандартизованих промислових компонентів, що забезпечують тривалу працездатність.

Випарні апарати найчастіше класифікують за такими ознаками [5-9]:

– випарні апарати поділяються на апарати безперервної та періодичної дії. Апарати періодичної та безперервної дії мають ряд переваг та недоліків. Найчастіше апарати періодичної дії використовують на малих підприємствах;

– випарні установки поділяють на апарати з газовим (продукти згоряння, гаряче повітря), паровим та рідинним (вода, олія та ін.) теплоносіями, а також з електричним обігрівом;

– випарювачі можна розділити на апарати, в яких стадії нагрівання та пароутворення поєднані, та апарати, в яких зона пароутворення винесена;

– найчастіше установки підрозділяють на апарати з рухомою та нерухомою поверхнею нагріву. Використання рухомої поверхні нагріву необхідне для інтенсифікації процесу теплообміну;

– випарні апарати можна розділити на апарати з примусовою та природною циркуляцією, багаторазової та одноразової;

– випарники поділяються на апарати в яких випарювання розчину відбувається усередині труб або всередині обсягу апарату. У цьому випадку рідина може бути зовні поверхні нагріву або всередині неї;

– випарники поділені на апарати із незаповненим, заповненим перетином. До перших відносяться випарники зі вставками та плівкові;

– апарати можуть бути з рідиною, що рухається знизу вгору або зверху вниз. В першому випадку випарювачі зі спадаючою плівкою також поділяються за напрямком переміщення вторинної пари – зустрічний чи попутний потік;

– випарні апарати класифікують за розташуванням поверхні нагріву: вертикальні, горизонтальні чи похилі.

1.4 Типи лопатей роторно-плівкових випарних апаратів

По типу роторно-плівкові випарні апарати поділяють на апарати з жорстко закріпленими лопатями (жорстким ротором), з рухомо закріпленими лопатями та апарати з комбінованою підвіскою лопатей. У виробничій практиці найбільш широко застосовуються з жорстко закріпленими та шарнірно-закріпленими лопатями. При жорсткому закріпленні лопатей ефективність роботи обладнання зазвичай найменше схильна впливу в'язкості оброблюваних продуктів, що дуже важливо, наприклад, для процесів концентрування та сушіння харчових рідин, коли їх в'язкість різко зростає протягом часу перебування в апараті [8]. Роторно-плівкові випарні апарати з шарнірно закріпленими лопатями простіші у виготовленні, так як для них не потрібно високої точності при механічній обробці робочої поверхні корпусу та центрування ротора по відношенню до робочої поверхні корпусу, а також

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

унеможливлнюється балансування ротора (рис. 1.8). В апаратах величина зазору між кінцями лопатей та стінкою корпусу змінна по товщині лопатей; при обертанні ротора такий зазор утворює для оброблюваного продукту канал звуження живого перерізу.

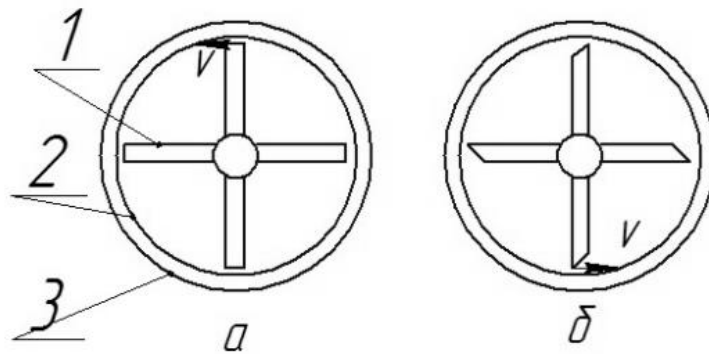


Рисунок 1.8 – Роторно-плівкові випарні апарати жорсткозакріпленими лопатями:

а – без скосу кінців лопатей; б – зі скосом кінців лопатей

1 – ротор; 2 – робоча поверхня корпусу; 3 – сорочка обігріву (охолодження)

У роторно-плівкових випарних апаратах з рухомо закріпленими лопатями величина зазору між кінцями лопатей і стінкою корпусу самовстановлюється при роботі апарату залежно від ряду факторів: маси лопатей, щільності зрошення продуктом робочої поверхні, в'язкості та щільності оброблюваного продукту, швидкості обертання ротора, а також геометричних розмірів конструктивних елементів ротора [4, 5, 6]. Лопаті таких апаратів мають два ступені свободи – це обертання разом із валом ротора навколо його поздовжньої осі. Інший ступінь свободи неоднаковий для всіх апаратів з рухомо закріпленими лопатями: для апаратів з маятниковим ротором (маятниковим кріпленням лопатей) (рис. 1.9 а), з шарнірним ротором (шарнірним кріпленням лопатей) (рис. 1.9 б) та апаратів з підпружиненими лопатями (рис. 1.9, а) другим ступенем свободи є можливість повороту лопатей навколо осей їх кріплення на роторі, а для апаратів з ротором в режимі стирання – радіальне переміщення лопатей у направляючі кронштейни (рис. 1.9, б).

В апаратах з маятниковим ротором лопаті кріпляться за допомогою шарнірів на дисках (хрестовинах) ротора, так, що кінці лопатей можуть стосуватися робочої поверхні корпусу та приймати при цьому радіальне розташування (рис. 1.10, а). При обертанні ротора лопаті відхиляються від радіального положення під впливом сили гідродинамічного опору з боку оброблюваного продукту та його кінці самовстановлюються, утворюючи зазор порядку 0,2–3,0 мм за по відношенню до робочої поверхні [4, 5, 8]. При роботі апарату з маятниковим ротором виключається тертя лопатей об робочу поверхню. На відміну від цього апарати з шарнірним ротором можуть працювати в режимі, при якому зазор між кінцями лопатей і стінкою корпусу дорівнює нулю, і в цьому випадку лопаті ковзають по робочій поверхні (так званий режим стирання лопатей). Дана особливість обладнання з шарнірним

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

ротором зумовлена тим, що їх лопаті кріпляться у шарнірах не радіально, а під деяким кутом до лінії, що з'єднує осі валу ротора та шарніру (рис. 1.10, б).

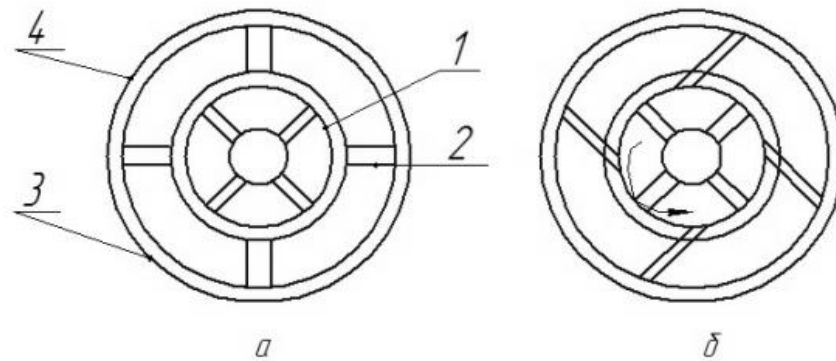


Рисунок 1.9 – Роторно-плівкові випарні апарати з маятниковим (а) і шарнірним (б) кріпленням лопатей:

1 – диск для підвіски лопатей; 2 – лопаті; 3 – сорочка обігріву (охолодження); 4 – робоча поверхня корпусу.

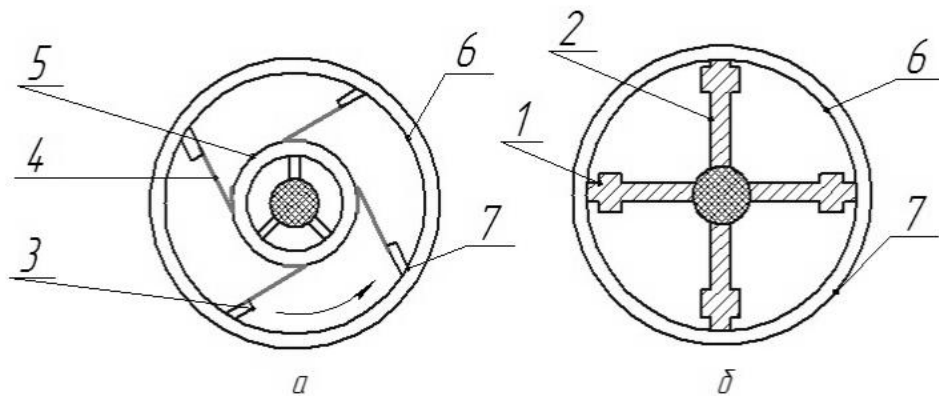


Рисунок 1.10 – Роторно-плівкові випарні апарати з пружними лопатями (а) і з лопатями в режимі стирання (б):

1 – лопать; 2 – кронштейн для підвіски лопатей; 3 – лопать; 4 – пластинчаста пружина; 5 – диск підвіски лопатей; 6 – робоча поверхня корпусу; 7 – обічайка обігріву (охолодження) корпусу

При роботі апарату на лопаті діє відцентрова сила, що прагне притиснути кінці лопатей до робочої поверхні опори з боку рідини, яка перевищує відцентрову силу, і лопаті віджимаються від стінки корпусу та їх кінці утворюють якийсь зазор з робочою поверхнею. Роторно-плівкові випарні апарати з пружними лопатями притискання лопатей до робочої поверхні здійснюються за допомогою пружин. Робота таких апаратів найбільш часто відбувається в режимі стирання, але може здійснюватися і в режимі плавання, якщо сила притискання пружин не перевищує сили гідродинамічного опору з боку продукту, що обробляється. При обробці продукту у режимі стирання в апараті з пружними лопатями самоочищення робочої поверхні відбувається на зразок загальновідомих скребкових апаратів [4, 5, 8]. В апаратах з ротором в

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

режимі стирання, кронштейни лопатей мають радіальне кріплення до валу, а самі лопаті вільно вставляються в поздовжні пази (напрямні) кронштейнів та тому можуть переміщатися у радіальному напрямку. При обертанні ротора лопаті притискаються під дією відцентрової сили до робочої поверхні та рівномірно розподіляють по ній оброблюваний продукт. Лопаті в режимі стирання мають недостатню рухливість при роботі апарату, оскільки складова сили гідродинамічного опору з боку продукту радіальному напрямку вздовж лопатей до валу мала за величиною. Роторно-плівкові випарні апарати з маятниковим кріпленням лопатей можуть поєднувати основні конструктивні ознаки жорсткої та шарнірної підвіски лопатей (наявність гарантованого зазору між кінцями лопатей і поверхнею корпусу при одночасному кріпленні лопатей у шарнірах).

На основі вище зазначеного можна вважати, що екстрагування (екстракція) – це процес виділення потрібного компонента з хімічної суміші. Це ключовий етап у використанні будь-якої біологічно активної природної сполуки, яка буває рідкою, густою та сухою. Найбільш поширеним методом екстракції натуральних продуктів є, як правило, твердо-рідка екстракція (процес видалення компонента розчиненої речовини з твердого тіла за допомогою рідкого розчинника, яким може слугувати вода, олія або спирт).

Процес екстрагування розчинних речовин із твердих тіл широко поширений у харчовій промисловості для виділення біологічно активних речовин із рослинної сировини. Під час його проведення за допомогою рідких розчинників витягують цільовий компонент, який потім застосовується переважно у виробництві, щоб одержати кінцевий товар чи напівфабрикат. Сконцентровано на тому, що концентрування – це процес, який широко застосовується у багатьох галузях промисловості. Найчастіше його використовують у харчовій промисловості, оскільки цей процес не тільки скорочує витрати на зберігання та перевезення продукції, але також зберігає корисні властивості продуктів. Процес концентрування проводять у випарних апаратах. Найбільш ефективно використовуються роторно-плівкові випарні апарати, які забезпечують гарну якість готового продукту та мають високу продуктивність.

Процес десорбції є частиною процесу екстрагування. В сировину проникає екстрагент, який призводить до утворення концентрованого розчину («первинного соку») в клітинах. Завдяки різниці тисків розчинні речовини вилучаються із клітин, а екстрагент проникає в їх середину. Процеси дифузії – процеси масообміну. Вони виникають спонтанно і тривають до динамічної рівноваги між фазами, яка встановлюється за певних умов. Вирівнювання концентрації з обох сторін клітинної мембрани для досягнення стану рухомої дифузії, тобто рівноваги, означає завершення процесу на цьому етапі отримання екстракції. На динаміку вилучення фітокомпонентів впливає низка чинників: рН екстрагента, види екстрагентів, рослина сировина, розмір її частинок, співвідношення між вагою сировини та об'ємом екстрагенту, температурний режим екстрагування і тривалість екстракції.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ АПАРАТУ ДЛЯ КОНЦЕНТРУВАННЯ ЕКСТРАКТІВ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

2.1 Принцип роботи роторно-плівкового апарату, що підлягає удосконаленню

Концентрування – це процес, який широко застосовується у багатьох галузях промисловості. Найчастіше його використовують у харчовій промисловості, оскільки цей процес не тільки скорочує витрати на зберігання та перевезення продукції, але також зберігає корисні властивості продуктів.

Процес концентрування проводять у випарних апаратах. Найбільш ефективно використання роторно-плівкових випарних апаратів. У цих апаратах досягається хороша якість готового продукту та висока продуктивність, а також можна обробляти навіть замало чисті екстракти та отримувати підсумковий продукт із вмістом сухих речовин до 60-70%. З існуючих шляхів інтенсифікації випаровування найбільш ефективним способом є проведення в тонкій плівці. Це дозволяє значно покращити процес тепло- та масообміну.

Процес концентрування екстрактів із рослинної сировини в роторно-плівковому апараті невід’ємно пов’язаний із в’язкістю сировини, питомою теплоємністю, складністю конструкції апарату. Фізико-хімічні властивості розчину змінюються в часі та по всій довжині робочої поверхні апарату. Оброблюваний розчин складається з 3 основних компонентів: спирт, вода та суха речовина, то під час випарювання з розчину видаляється більшою мірою спирт і частково вода, що знаходиться у зв’язку із сухими речовинами. Для видалення з розчину води, яка знаходиться в тісному (молекулярному) зв’язку, потрібно більше часу та тепла.



Рисунок 2.1 – Підготування екстрагенту

ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Лученчин</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Омельченко</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Цвіркун</i>		
Удосконалення апарату для концентрування екстрактів рослинної сировини				
		<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
			21	10
ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО				

Роторно-плівкові апарати лопатевого типу відносяться до класу апаратів з підведенням механічної енергії, за рахунок якої лопаті ротора при його обертанні утворюють на робочій поверхні плівковий перебіг рідкого продукту, що обробляється. При цьому вільна поверхня плівки продукту взаємодіє з парогазовою фазою, що знаходиться всередині корпусу апарату. Вони відносяться до апаратів з фіксованою поверхнею рідкого продукту та парогазової фази [6-9]. Принципова схема роторно-плівкового апарату із зазначенням напрямку руху матеріальних потоків зображено на рисунку 2.2. Апарат має вертикальний корпус 3, з сорочкою обігріву (охолодження) 1, вал ротора 2, з укріпленими на ньому лопатями 13, камеру краплевиділення (сепаратор) 6, камеру розвантаження 17. У камері краплевиділення на валу встановлений краплевідбійник 5, призначений для сепарації вторинної пари, що надходить з корпусу апарату в камеру краплевиділення. Підшипникові вузли 7 та 16 забезпечують можливість обертання валу ротора навколо вертикальної осі. Привід ротора обертання зазвичай здійснюється через клинопасову передачу 8 або при допомозі мотор-редуктора.

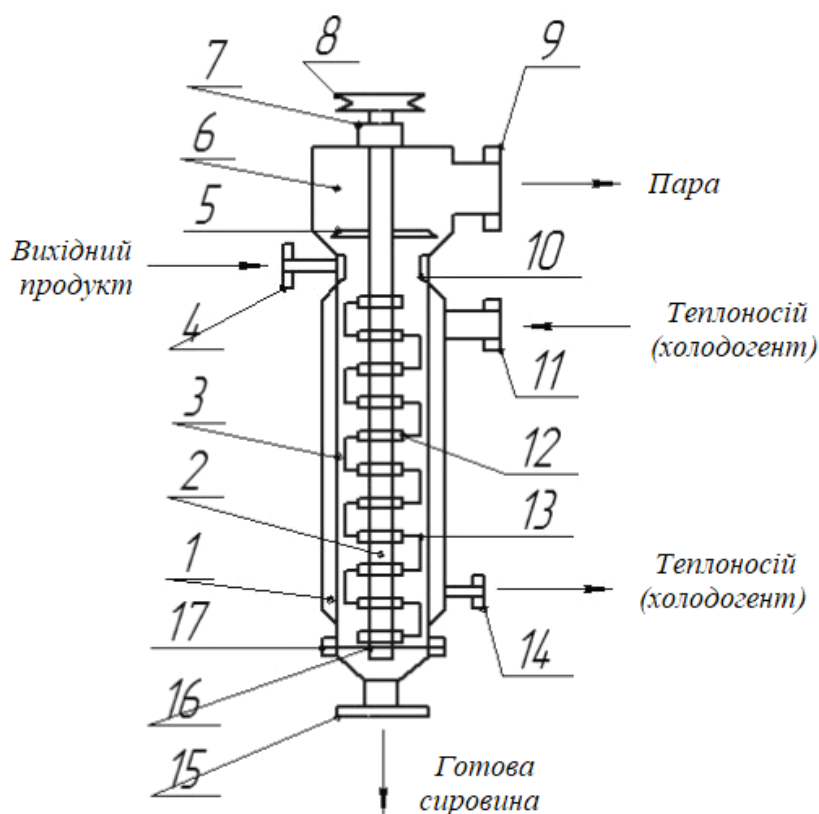


Рисунок 2.2 – Роторного-плівковий апарат, який підлягає удосконаленню:

1 – сорочка обігріву (охолодження); 2 – вал ротора; 3 – робоча поверхня корпусу; 4 – патрубок введення вихідного продукту; 5 – краплевідбійник; 6 – камера краплевиділення (сепаратор); 7 – вертикальний підшипниковий вузол; 8 – клинопасова передача; 9 – патрубок введення вторинної пари; 10 – розподільчий пристрій; 11 – патрубок введення теплоносія (холодоагенту); 12 – диск для кріплення лопатей (хрестовина); 13 – лопаті; 14 – патрубок відведення теплоносія (холодоагенту); 15 – патрубок відведення готового продукту; 16 – нижній підшипниковий вузол; 17 – камера завантаження

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Вихідний продукт, що направляється на обробку, надходить в апарат через патрубок 4 та розподільчий пристрій 10, при виході з якого захоплюється лопатями, що обертаються, і розподіляються по робочій поверхні корпусу 3 у вигляді тонкої плівки. Течія плівки по робочій поверхні апарату відбувається під дією власної сили тяжіння та сили тиску з боку лопатей, тому в першому наближенні вважатиметься, що рух оброблюваного продукту здійснюється по траєкторіях на зразок гвинтової лінії. Завдяки впливу обертових лопатей забезпечується не тільки рівномірне зрошення продуктом робочої поверхні, але й інтенсивна турбулізація плівки, що призводить до активного оновлення її вільної поверхні та зменшення товщини в'язкого підшару в плівці продукту, що обробляється [6, 8, 9]. В результаті створюються сприятливі умови для процесів тепломасоперенесення на межі робочої поверхні корпусу та плівці продукту, а також на межі вільної поверхні плівки та парогазової фази, тому теплофізична обробка продукту в апараті відбувається дуже інтенсивно.

Вторинні пари, що утворюються при цьому, направляються з корпусу апарату в камеру краплевиділення, а потім відводяться з неї через патрубок 9. Оброблений продукт надходить з робочої поверхні корпусу в камеру розвантаження 17 і через патрубок 15 відводиться з апарату. Залежно від призначення теплофізичної обробки продукту в сорочку 1 через патрубок 11 здійснюється подача теплоносія або холодоагенту; виведення відпрацьованого теплоносія (холодоагенту) виробляється через патрубок 14. У деяких випадках для досягнення найбільш високого ступеня концентрування (нагріву або охолодження) продукту краще проводити введення рідкого теплоносія (холодоагенту) через патрубок 14, а виведення через патрубок 11 [6, 8, 9]. Розподіл вихідного продукту на вході апарату може бути забезпечено не лише розподільниками стаціонарного типу, які укріплені на корпусі апарату, а й розподільниками інших типів, зокрема, розподільниками, що обертаються, закріпленими на валу ротора. Слід відзначити, що наявність розподільника для вихідного продукту, що надходить у апарат, не є обов'язковим, і для стійкої роботи, у ряді випадків, досить розташувати патрубок введення вихідного продукту 4 тангенціально по відношенню до робочої поверхні корпусу або оснастити апарат декількома патрубками введення вихідного продукту. Лопаті можуть бути встановлені на дисках (хрестовинах) 12, які прикріплені безпосередньо до валу. При цьому вони можуть розташовуватись по висоті ротора у вигляді кількох ярусів, зміщених один щодо одного у площині поперечного перерізу корпусу, а в апаратах, що мають порівняно невелику довжину, лопаті можуть бути закріплені на роторі у вигляді одного ярусу, і в цьому випадку вони мають довжину приблизно рівну довжині корпусу. Якщо в результаті теплофізичної обробки в апараті виходить готовий продукт підвищеної в'язкості (має недостатню плинність), то в конструкції камери розвантаження 17 і ротора 2 можуть бути передбачені додаткові елементи, що полегшують вивантаження готового продукту з апарата.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдяки інтенсивній турбулізації плівки продукту лопатями коефіцієнти теплопередачі при термообробці харчових продуктів у апараті досягають 3000 Вт/(м² К) і більше, а середній час перебування оброблюваного продукту в апараті кілька десятків секунд. Особливістю роторно-плівкових апаратів є можливість здійснення в них термообробки високов'язких продуктів (з в'язкістю до 1000 Па с), як правило, без утворення накипу та відкладень на робочій поверхні корпусу, так як при роботі градієнт швидкості плівки продукту зазвичай досягає порядку 5000 – 15000 1/с [6, 7, 8, 9]. Іншою відмінністю є їх дуже малий гідравлічний опір каналами вторинної пари (вона не перевищує гідравлічного опору плівкових апаратів з вільно падаючою плівкою), а також відсутність гідростатичного стовпа продукту, що виключає гідростатичну депресію при концентруванні продукту та запобігає його перегрівання. Можливість підключення апарата до вакуумної лінії та проведення процесів термообробки під вакуумом забезпечує отримання високого ступеня концентрування продукту порядку 1:5–1:50 (співвідношення витрат готового та вихідного продукту), а також глибокий відгін легколетких компонентів з оброблюваного продукту в результаті зниження температури процесу та негайного видалення з апарату вторинних пар, що утворюються.

Ефективність обробки харчових продуктів в роторно-плівкових апаратах лопатевого типу багато в чому обумовлений особливостями процесів, що відбуваються при впливі на них лопатей та робочої поверхні корпусу. Ці особливості радикальним чином відрізняють данні апарати від апаратів з вільно падаючою плівкою.

На рисунку 2.3 зображено профіль швидкості перебігу продукту в зазорі між кінцем лопаті та корпусом, що відповідає основному режиму плівкоутворення.

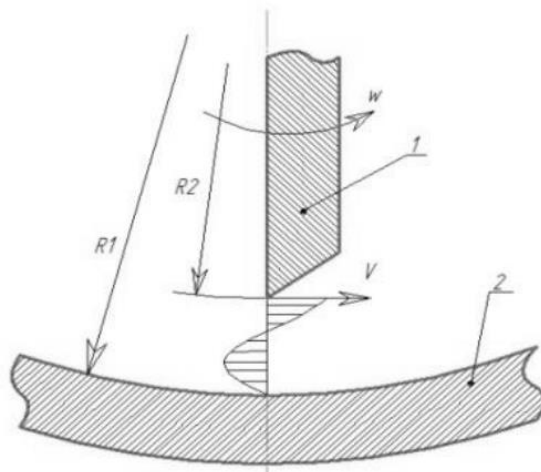


Рисунок 2.3 – Профіль швидкості рідини в зазорі між лопаттю і стінкою апарата:

1 – лопать; 2 – робоча поверхня корпусу

Наявність зворотного перебігу, при якому пристінні шари продукту переміщуються в протилежний бік по відношенню до напрямку руху лопаті, пояснюється значним негативним градієнтом тиску в продукті від носової хвилі до вихрової зони та наявністю тертя продукту об робочу поверхню. В

						ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
							24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

результаті спільної дії зазначеного градієнта тиску та тертя об корпус, формується структура перебігу продукту.

Особливості обробки продуктів в апаратах даного типу обумовлені поєднанням двох сприятливих факторів: інтенсивність радіального переміщення продукту завдяки лопатям та виникненню зворотних течій, що сприяє короткочасній та однорідній обробці харчових продуктів та запобігає небажаному зниженню їх якості.

2.2 Удосконалення конструктивних параметрів апарату лопатевого типу

Шляхи підвищення інтенсифікації випарних установок різні. До них належать: інтенсифікація робочих процесів в елементах установок; зниження витрат енергії на випаровування; покращення експлуатаційних характеристик установок; утилізація вторинних енергоресурсів при випаровуванні; комбінування випарювання з іншими методами концентрування розчинів; комбінування процесів випарювання з іншими технологічними процесами; оптимізація.

Ці методи значною мірою взаємопов'язані. Наприклад, інтенсифікація процесів теплообміну призводить до зменшення теплопередавальної поверхні і, відповідно, до зниження капітальних витрат. При цьому можливе збільшення числа ступенів випарювання та підвищення енергетичної ефективності багатоступінчастих установок. При інтенсифікації теплообміну, шляхом підвищення швидкості вимушеного руху рідини, скорочується площа поверхні нагріву, однак, зростає витрата енергії на перекачування рідини. Доцільність тих чи інших заходів, що підвищують ефективність випарних установок, визначається внаслідок техніко-економічної оцінки.

Інтенсифікувати тепловіддачу у разі газового та рідкого теплоносіїв можна шляхом підвищення швидкості потоку (з урахуванням техніко-економічних показників); оребруванням поверхні нагріву; турбулізацією потоку різними завихрюючими пристроями та іншими способами [4, 5, 6]. При використанні в якості теплоносія водяної пари застосовуються наступні способи інтенсифікації: зменшення товщини плівки шляхом застосування хвилястих поверхонь конденсації; зменшення товщини плівки шляхом встановлення на вертикальних трубах горизонтальних дисків, що забезпечують відведення конденсату дільницями; організація краплинної конденсації; підвищення швидкості пари; зменшення концентрації газів, що не конденсуються в гріючій камері шляхом збільшення швидкості пари і відтяжки газів, що не конденсуються, з апарату в місцях їх скупчення у поверхні теплообміну (при цьому неминучі втрати гріючої пари на відтяжку, тому потрібна техніко-економічна оцінка методу); використання відцентрового ефекту при тангенціальному введенні струменя пари або при обертанні поверхні нагрівання.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Найбільш перспективним методом інтенсифікації процесу концентрування екстрактів рослинної сировини є проведення процесу випарювання в тонкій плівці за рахунок збільшення поверхні нагріву, невеликої різниці температур, а також завдяки лопатям ротора, які розподіляють розчин, що подається в апарат, по робочій поверхні випарника. При цьому утворюється тонка плівка, на випаровування якої необхідно менше часу та тепла.

Для інтенсифікації процесу випарювання в роторно-плівковому випарному апараті було запропоновано змінити форми лопатей ротора на параболічну (рис. 2.4, рис. 2.5).

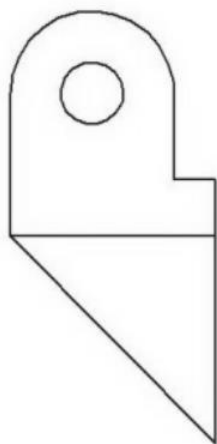


Рисунок 2.4 – Гострокутна форма лопаті ротора (традиційна)

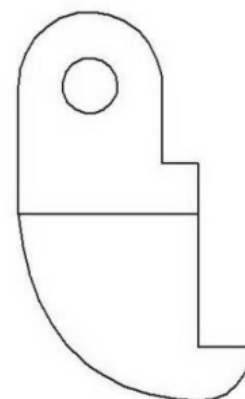


Рисунок 2.5 – Параболічна форма лопаті ротора

При використанні запропонованої форми лопаті уможлиблюється значна турбулізація потоків розчину та вторинної пари за лопатями, що обертаються, і, як наслідок, підвищується інтенсивність процесів тепло- та масовіддачі, в тому числі при збільшенні концентрації розчину. При параболічній формі лопатей ротора процес випарювання проходить інтенсивніше, ніж при гострокутній (рис. 2.6).

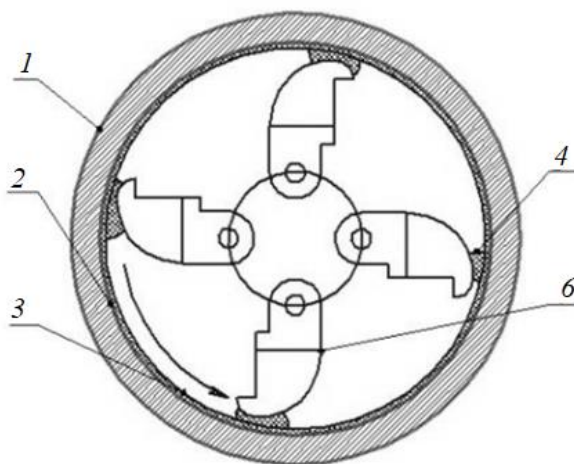


Рисунок 2.6 – Схема параболічних лопатей роторно плівкового випарного апарату

Вихідний розчин подається в корпус 1 через патрубок 3. За рахунок відцентрової сили розчин рівномірно розбризкується на стінку корпусу 1. Продукт під дією сили тяжіння стікає та розподіляється лопатями 6, утворюючи плівку на поверхні корпусу 1. Водночас гріюча сорочка 2 нагріває плівку, що рухається, за рахунок чого відбувається інтенсивне випаровування легколетких фракцій. Пари спиртів через патрубок виводяться з апарату для подальшої конденсації, а концентрований продукт опускається у резервуар.

Сили, що діють на лопаті ротора [4, 5]

$$F = \eta \cdot S \cdot \frac{v_0}{\Delta}$$

Оскільки відбувається обертальний рух, то рівняння набуде вигляду [4, 5]

$$F = \eta \cdot S \cdot \frac{\omega \cdot R}{\Delta}$$

де ω – кутова швидкість,

R – відстань від ротора до стінки апарата.

Потужність, необхідна для приведення лопаті в рух, визначається виразом [5]

$$N = z \cdot F \cdot \omega$$

де z – кількість лопатей ротора.

Потужність буде визначена наступним виразом [4, 5]

$$N = z \cdot \frac{\eta \cdot S \cdot R \cdot \omega^2}{h}$$

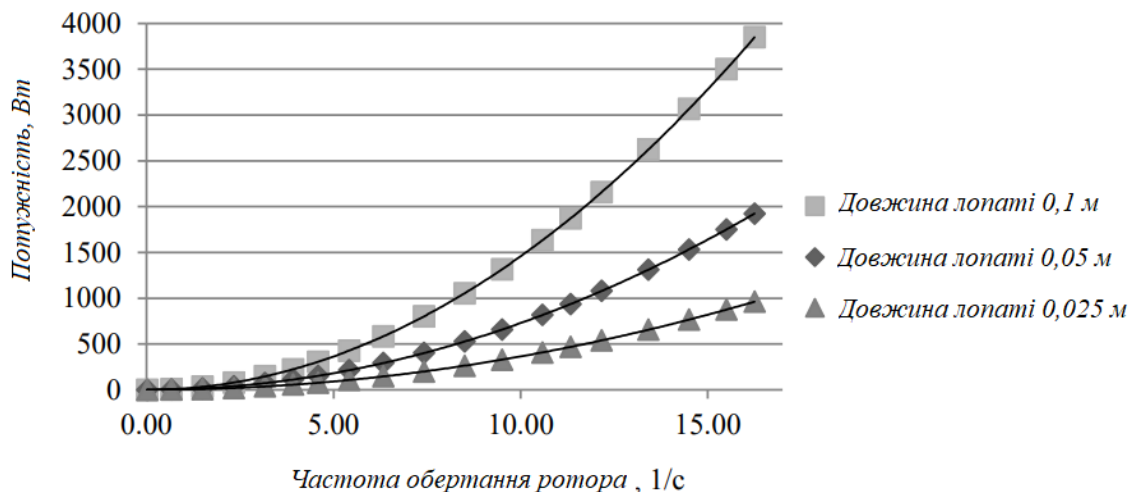


Рисунок 2.7 – Графік зміни потужності [6]

З графіка залежності потужності від частоти обертання ротора можна дійти висновку у тому, що потужність тим вище, ніж вищі обороти. Також зростання потужності пов'язане і з конструктивною особливістю апарату, а саме: чим більша довжина лопатей ротора, тим більша кількість потужності витрачається.

2.3 Залежність інтенсивності випарювання від товщини плівки роторно-плівкового апарату

При дослідженні роторно-плівкового випарного апарату необхідно приділити увагу на товщину плівки, що стікає по робочій поверхні апарату, оскільки від цього параметра залежить інтенсивність випарювання. При концентруванні в роторно-плівковому випарному апараті, однією з головних характеристик, що впливають на процес випарювання, є товщина падаючої плівки. Саме від цього параметра залежить скільки тепла необхідно передати оброблюваному розчину для нагрівання його до температури кипіння.

Розглянемо рівняння передачі тепла [4, 5]

$$Q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)$$

де Q – кількість теплоти, яка необхідна для нагрівання;

m – маса екстракту;

c – питома теплоємність екстракту;

t_1 – початкова температура;

t_2 – кінцева температура.

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot h \cdot S$$

де ρ – густина екстракту;

V – об'єм екстракту;

h – товщина плівки;

S – площа нагріву.

Робоча поверхня в роторно-плівковому випарному апараті має циліндричну форму та площа нагріву розраховується за формулою [4, 5]

$$S = l \cdot 2 \cdot \pi \cdot r$$

де l – висота робочої поверхні апарату;

R – внутрішній радіус апарату.

$$Q = 2 \cdot \rho \cdot h \cdot l \cdot \pi \cdot R \cdot (t_2 - t_1)$$

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зі збільшенням товщини плівки необхідно більше кількості тепла для нагрівання розчину до температури кипіння (рис. 2.8).

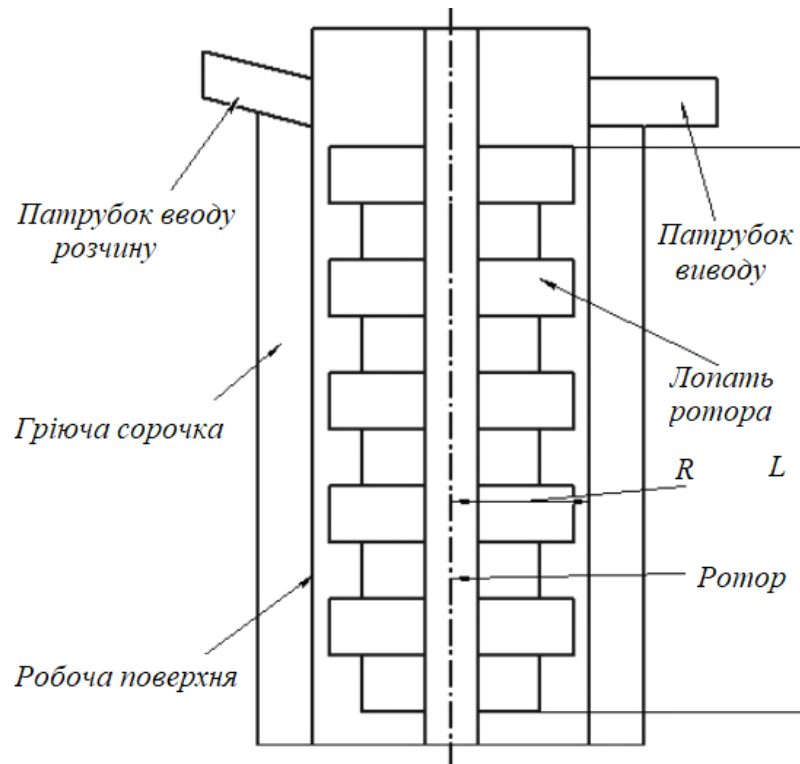


Рисунок 2.8 – Схема роторно-плівкового апарату

При відомих величинах часу проходження через апарат розчину (q) та необхідного часу для проходження мінімальної кількості розчину через всю довжину апарату (t_i), можна обчислити кількість мінімальних обсягів розчину, що проходять через апарат за весь час роботи [4, 5]

$$n = \frac{q \cdot 60}{t_i}$$

Знаючи кількість мінімальних об'ємів розчину, розрахуємо об'єм мінімального розчину [4]

$$V = \frac{V_n}{n} = \frac{V_n \cdot t_i}{q \cdot 60}$$

де V_n – початковий об'єм всього розчину.

Товщина плівки дорівнює [4]

$$h = \frac{V}{H \cdot 2 \cdot \pi \cdot r}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Отримуємо

$$h = \frac{V_n \cdot t_i}{0,12 \cdot H \cdot \pi \cdot r \cdot q}$$

Відповідно, товщина плівки пропорційна початковому обсягу та часу проходження мінімального об'єму розчину через апарат.

При підвищенні t_i розчин знаходиться в апараті довше і при цьому з екстракту видаляється більша кількість водно-спиртового розчину, збільшується його в'язкість і зменшується швидкість падіння. Отже, розчин з меншою в'язкістю та більшою швидкістю накладається на розчин із більшою в'язкістю.

На основі вищезазначеного можна вважати, що для отримання витягу з рослинної сировини найбільш ефективно використовуються роторно-плівкові випарні апарати. Ефективність обробки харчових продуктів в роторно-плівкових апаратах лопатевого типу багато в чому обумовлена особливостями процесів, що відбуваються при впливі на них лопатей та робочої поверхні корпусу. Ці особливості радикальним чином відрізняють данні апарати від апаратів з вільно падаючої плівкою.

Необхідними є шляхи підвищення інтенсифікації випарних установок. До них належать: інтенсифікація робочих процесів у елементах установок; зниження витрат енергії на випаровування; покращення експлуатаційних характеристик установок; утилізація вторинних енергоресурсів при випаровуванні; комбінування випарювання з іншими методами концентрування розчинів; комбінування процесів випарювання з іншими технологічними процесами; оптимізація.

Найбільш перспективним методом інтенсифікації процесу концентрування екстрактів рослинної сировини є проведення процесу випарювання в тонкій плівці за рахунок більшої поверхні нагріву, невеликої різниці температур, а також завдяки лопатям ротора, які розподіляють розчин, що подається в апарат, по робочій поверхні випарника. При цьому утворюється тонка плівка, на випаровування якої необхідно менше часу та тепла.

Для інтенсифікації процесу випарювання в роторно-плівковому випарному апараті було запропоновано змінити форми лопатей ротора на параболічну. При використанні запропонованої форми лопатей уможлиблюється значна турбулізація потоків розчину та вторинної пари за лопатями, що обертаються, і, як наслідок, підвищується інтенсивність процесів тепло- та масовіддачі, в тому числі при збільшенні концентрації розчину. При параболічній формі лопатей ротора процес випарювання проходить інтенсивніше, ніж при гострокутній.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Лікарські властивості глоду

Найдавніша відома цілюща рослина глід має потужні властивості для підвищення імунітету та протизапальні властивості. Глід є найкращим тонізуючим засобом для серця, бо сповнений складними флавоноїдами, які працюють разом, щоб підтримувати кровоносну систему (рис. 3.1). Добре поєднується з іншими тонізуючими травами і підсилюють їх вплив на організм. Рослина має гіркі алкалоїди, особливо в листі та квітках, які стабілізують травну систему, а також серце. Наявність катехинів в гліді надає цій рослині в'язучий ефект, який можна виявити навіть у слабкому розчині в чашці чаю з глоду [10]. В якості тонізуючого засобу для серцево-судинної системи, глід неоціненний при різних захворюваннях. Його додають до різноманітних трав'яних формул, щоб допомогти організму переробляти інші трави через кровоносну систему. Пацієнти, які стурбовані небезпекою для свого серця та кровоносної системи, можуть отримати користь від щоденних доз глоду в різних формах. Глід має позитивну інотропну дію на серце, подібно до серцевих глікозидів, при цьому зменшує аритмію. Глід є безпечною рослиною, яку можна використовувати для запобігання прискореному серцебиттю через стрес.



Рисунок 3.1 – Ягоди глоду

Гіпертонія – поширена недуга в сучасному житті. Високий кров'яний тиск або знижений артеріальний тиск є небезпечними симптомами, які часто призводять до небезпечних для життя станів. Глід є оптимальним доповненням до зміни способу життя для зниження такої небезпеки. Глід має здатність як тонізуючий засіб знижувати високий кров'яний тиск або підвищувати низький кров'яний тиск, як того вимагає організм.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Лученчин				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Омельченко					31	7
Н. Контр.	Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.	Цвіркун						

Оскільки глід так добре діє на кровоносну систему, не дивно, що він також тонізує капіляри в інших частинах тіла. Глаукома, варикозне розширення вен і геморої – все це можна заспокоїти, включивши глід в план лікування. В даний час його вивчають на предмет його успішності в лікуванні лейкемії [10]. У лабораторних дослідженнях було показано, що рутини в гліді усувають лейкозні клітини. Він також вивчається на предмет його впливу на контроль вовчака.

Більшість настоянок, представлених на ринку, виготовляються з висушеної рослини, але свіжі можна використовувати так само легко. Якщо в настоянці використовувати свіжі ягоди, то кінцевий продукт буде густим і мати маслянисту текстуру. Глід має як дубильні речовини, так і алкалоїди, тому при обробці глоду у вигляді настоянки в спиртову суміш слід додавати 5-10-відсотковий гліцерин, щоб запобігти випаданню алкалоїдів в осад. Для цього обробляються листки і квітки окремо від ягоди та перемішуються, оскільки настоянка з листя та квітів буде закінчена задовго до того, як ягода буде належним чином витягнута.

З ягід глоду також можна варити варення, желе для харчового та лікувального використання. Чай з листа або квітки глоду краще пити у вигляді настою. Завдяки щільності плодів найкраще для ягоди підходить відвар на плиті. Якщо потрібен настій з усіх трьох частин, спочатку подрібніть листя та квіти, щоб допомогти їм розщепитися в чаї, щоб насолодитися повним ефектом глоду.

3.2 Технологія отримання екстракту глоду методом мацерації

Процес екстрагування розчинних речовин із твердих тіл широко поширений у харчовій промисловості для виділення біологічно активних речовин із рослинної сировини. Під час його проведення за допомогою рідких розчинників витягують цільовий компонент, який потім застосовується переважно у виробництві, щоб одержати кінцевий товар чи напівфабрикат.

Мацерація – один з найстаріших і найпростіших методів екстракції, що проводиться при кімнатній температурі. Порошкоподібну рослинну сировину замочують у розчиннику (воді, олії або спирті) на більш тривалий час. Такий тривалий час замочування розриває клітинну стінку і заганяє біоактивні речовини в розчинник. Потім розчинник можна процідити через фільтруюче середовище, пресуючи рослинні залишки та відновлюючи біологічно активні сполуки. Ефективність біологічно активної екстракції з рослин визначається типом розчинника, рослинним матеріалом, інтервалом перемішування та часом екстракції [11]. Основна перевага цього метода полягає в невибагливому процесі, відсутності застосування тепла. Однак недоліки традиційної методики мацерації, такі як тривалий час екстракції, який може коливатися від декількох годин до декількох днів, низький вихід сировини.

Розглянемо розчинники, які застосовуються для вилучення екстракту [15]

Вода є найбільш полярним розчинником і використовується при екстракції широкого спектру сполук. Переваги: розчиняє широкий спектр речовин; нетоксичний, негорючий і сильно полярний. Недоліки: сприяє

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розмноженню бактерій і цвілі, що може спричинити гідроліз, а для концентрації екстракту потрібна велика кількість тепла.

Спирт має полярну природу, змішується з водою і може витягувати полярні вторинні метаболіти. Переваги: є самоконсервантом в концентрації вище 20%, нетоксичний при низькій концентрації, а для концентрації екстракту потрібна невелика кількість тепла. Недоліки: не розчиняє жири та віск, легкозаймистий і летючий.

Хлороформ є неполярний розчинник, який корисний для екстракції таких сполук, як терпеноїди, флавоноїди, жири та олії. Переваги: безбарвний, має солодкуватий запах, розчиняється в спиртах, добре засвоюється і метаболізується в організмі. Недоліки: має седативну і канцерогенну властивість.

Ефір є неполярним розчинником і корисний для екстракції таких сполук, як алкалоїди, терпеноїди, кумарини та жирні кислоти. Переваги: змішується з водою, має низьку температуру кипіння і несмачний за своєю природою. Він також є дуже стабільним з'єднанням і не вступає в реакцію з кислотами, основами та металами. Недоліки: дуже легкий і легкозаймистий за своєю природою.

При виборі розчинника екстракції слід враховувати різні фактори, а саме:

- здатність обраного розчинника екстрагувати активну складову і залишати інертний матеріал;
- розчинник екстракції повинен бути нетоксичним і негорючим;
- відповідний розчинник екстракції не повинен вступати в реакцію з екстрактом;
- розчинник екстракції повинен бути швидко відновлений і відокремлений від екстракту;
- повинен бути низької в'язкості, щоб забезпечити легкість проникнення;
- температура кипіння розчинника повинна бути якомога нижчою, щоб запобігти руйнуванню під дією тепла.

У процесі мацерації тверда речовина, що підлягає екстрагуванню, після введення в ємність повністю покривається розчинником, мінімізуючи контакт з повітрям, щоб рідина могла максимально збагатитися речовинами. Як правило, екстракція, яка проведена шляхом мацерації, характеризується тривалим часом, навіть кількома днями або кількома тижнями. Процеси дифузії та осмосу, що використовуються в екстракції, можна прискорити за допомогою ультразвуку, мікрохвиль або шляхом підвищення температури, щоб впливати на кінетичну енергію молекул твердої речовини, що витягується. Перемішування також може поліпшити дифузійні процеси екстрагованих речовин по всій масі екстрагованої рідини [12]. Овочі, наприклад, не можна мацерувати у воді через деградацію. Однак мацерація все ще є ефективною та простою технікою для вилучення біологічно активних сполук.

Багато досліджень присвячено вдосконаленню даної методики вилучення екстракту із рослинної сировини [11, 12, 13,14]. Аналізувалися різні параметри та їх вплив на відновлення фенольних кислот та антоціанів. Серед основних параметрів були розчинники, розмір частинок, співвідношення твердого розчинника і час екстракції. Результати показали, що мацерацію можна вважати

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

ефективною та простою технікою для відновлення фенольних сполук із плодів, наприклад, аронії. Незважаючи на те, що мацерація вважається найпростішою і недорогою традиційною технікою екстракції, вона, тим не менш, пов'язана з кількома критичними проблемами, такими як час екстракції, хімічні зміни через явища деградації при тривалій екстракції, низька стабільність екстрактів, особливо коли вода використовується як розчинник, низьке відновлення активних інгредієнтів, особливо при короткостроковій екстракції.

За характером дифузії виділяють основні етапи в екстракції [16]: дифузія екстрагованих речовин зсередини клітин до їх поверхні; дифузія речовин через ламінарний підшар, що оточує частинку і виникає за рахунок сил в'язкості екстрагенту під час потоку сировини матеріалу через шар; конвективна дифузія – екстраговані речовини із зовнішньої поверхні переходять в загальний потік екстрагенту.

Десорбція є частиною процесу екстрагування, коли в сировину проникає екстрагент, який призводить до утворення концентрованого розчину («первинного соку») в клітинах. Завдяки різниці тисків розчинні речовини виходять із клітин, а екстрагент проникає в їх середину. Процеси дифузії – процеси масообміну. Вони виникають спонтанно і тривають до динамічної фази рівноваги між фазами, які встановлюється за певних умов. Вирівнювання концентрації з обох сторін клітинної мембрани для досягнення стану рухомої дифузії, тобто рівноваги, означає завершення процесу на цьому режимі екстракції [13, 16]. На динаміку вилучення фітокомпонентів впливає ряд факторів: рН екстрагенту, види екстрагентів, сировина, її розмір, співвідношення між вагою сировини та об'ємом екстрагенту, температурний режим екстрагування і тривалість екстракції.

Важливий інтенсифікуючим чинником біологічного вилучення діючих речовин є безперервне перемішування сировини і екстрагенту, що забезпечує кращі гідродинамічні умови процесу, тобто частинки матеріалу не стискаються і постійно інтенсивно промиваються екстрагентами. Із покращенням масообміну, рушійна сила екстракції збільшується і досягається більший вихід екстрагуючих речовин.

Вивчення фотохімічних властивостей лікарських рослин показало, що метод екстракції впливає на фітохімічний склад екстракту [12]. Це дослідження надає цінні дані про вплив методів екстракції на відновлення біологічно активних сполук з рослин, підтверджуючи, що завжди слід розглядати найефективніший метод екстракції для збільшення екстракції активних інгредієнтів з рослини. У деяких випадках класична мацерація була замінена динамічною мацерацією або системою гомогенізації, яка здатна прискорити процес екстракції, полегшуючи перенесення екстрагованих молекул з матриці до розчинника.

Мацерація – це техніка, яка використовується для дослідження лікарських рослин. При мацерації ціла або подрібнена рослинна сировина витримується в контакт з розчинником у закупореній ємності протягом певного періоду з багаторазовим перемішуванням до розчинення розчинної речовини при кімнатній температурі протягом 3 днів [13]. Процес має на меті розм'якшити та зруйнувати клітинну стінку рослини для вивільнення розчинних фітохімічних

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

речовин. Потім суміш проціджують, вижимки (вологий твердий матеріал) пресують, а рідини освітлюють фільтрацією або декантацією після відстоювання.

Мацерація – це один із найпростіших методів екстракції. Подрібнена рослинна сировина замочується в таких розчинниках, як метанол, етанол, етилацетат, ацетон, гексан тощо. Це одна з популярних і недорогих методик, яка використовується для вилучення різних біологічно активних сполук з рослинної сировини. Однак, процедура мацерації має певні обмеження, такі як: низький вихід екстракції, низька ефективність та використання великої кількості розчинників, які мають певну небезпеку для здоров'я. Крім того, вибір відповідного розчинника є важливим у методології екстракції конкретного рослинного екстракту. Процес мацерації полягає в подрібненні рослинної сировини на більш дрібні частинки для збільшення площі поверхні для легкого змішування з розчинником та ефективної екстракції сполук. Потім цю суміш рослинної сировини і розчинника витримують більш тривалий час, перемішують через різні проміжки часу і фільтрують через фільтраційне середовище. Ефективність видалення біологічно активних сполук з рослинної сировини залежить від типу розчинника та типу рослинної сировини.

У цьому методі використовуються різні розчинники і комбінації часу та температури для ефективної екстракції. Мацерація захоплює клітинну структуру і піддає хімічні складові реакції з розчинником і допомагає у видаленні різних рослинних компонентів [14]. Цей метод широко використовується для вилучення різних типів біологічно активних сполук у лабораторних масштабах. Мацерація, як один із найпростіших методів, була використана для отримання екстрактів із багатьох рослин. Ця технологія може застосовуватися як в малих, так і у великих масштабах, а також навіть в промислових.

Фактори, які слід враховувати при виборі методу екстракції [15]

1. Стійкість до нагрівання. Термостабільний рослинний матеріал екстрагується за допомогою екстракції Сокслета або мікрохвильової екстракції, тоді як рослинна сировина, яка не є термостабільною, екстрагується за допомогою мацерації або перколяції.

2. Природа розчинника. Якщо розчинником екстракції є вода, мацерація є відповідним методом, але для летких розчинників більш доцільною є перколяція розчинника та екстракція Сокслета.

3. Вартість лікарського засобу. Дешеві препарати екстрагуються за допомогою мацерації, тоді як дорогі препарати переважно екстрагуються за допомогою перколяції.

4. Тривалість екстракції. Мацерація підходить для рослинного матеріалу, що вимагає тривалого часу, тоді як такі методи, як мікрохвильова або ультразвукова екстракція, використовуються для меншої тривалості часу.

Продукти великого об'єму, такі як настоянки, готуються шляхом мацерації, тоді як концентровані продукти виробляються шляхом перколяції або екстракції Сокслета. Екстракти, які призначені для споживання людиною, зазвичай готуються шляхом мацерації, тоді як продукти, які призначені для

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експериментальних випробувань, готуються з використанням інших методів на додаток до мацерації.

До екстракційних способів отримання екстрактів відноситься настоювання та його вдосконалені різновиди. Для дотримання технології екстрагування його необхідно проводити наступним чином: просушений та подрібнений до необхідного розміру матеріал рослинного походження заливають у посудину, що закривається попередньо розрахованою кількістю екстрагента, і екстрагують при 15-20°C з періодичним перемішуванням протягом 0,5 діб і більше при необхідності. На наступному етапі, витяжку, що утворилася, переливають, матеріал, що залишився в посудині, ретельно віджимають за допомогою преса, промивають невеликою кількістю свіжого екстрагента і знову віджимають, після чого витяжки поєднують з основою. В якості екстрагенту застосовували розчини етилового спирту різної концентрації, яка залежить, головним чином, від властивостей матеріалу, що екстрагується. Концентрацію спирту підбирають таким чином, щоб розчинник видобував необхідні компоненти по максимуму.

Дослідження проводилося традиційним методом екстрагування, а саме методом мацерації, як одним з найпростіших і менш витратних. Перед екстрагуванням ягоду глоду попередньо промивали і очистили від домішок, потім подрібноли. Отриману масу змішували з водно-спиртовим розчином 60%. Розчин розмістили у темному місці на 12 годин з постійним перемішуванням. Отриману рідину проціджували, а твердий залишок (вижимку) пресували для видобутку всієї рідини, що залишилась, далі рідину очищували фільтрацією (рис. 3.2).

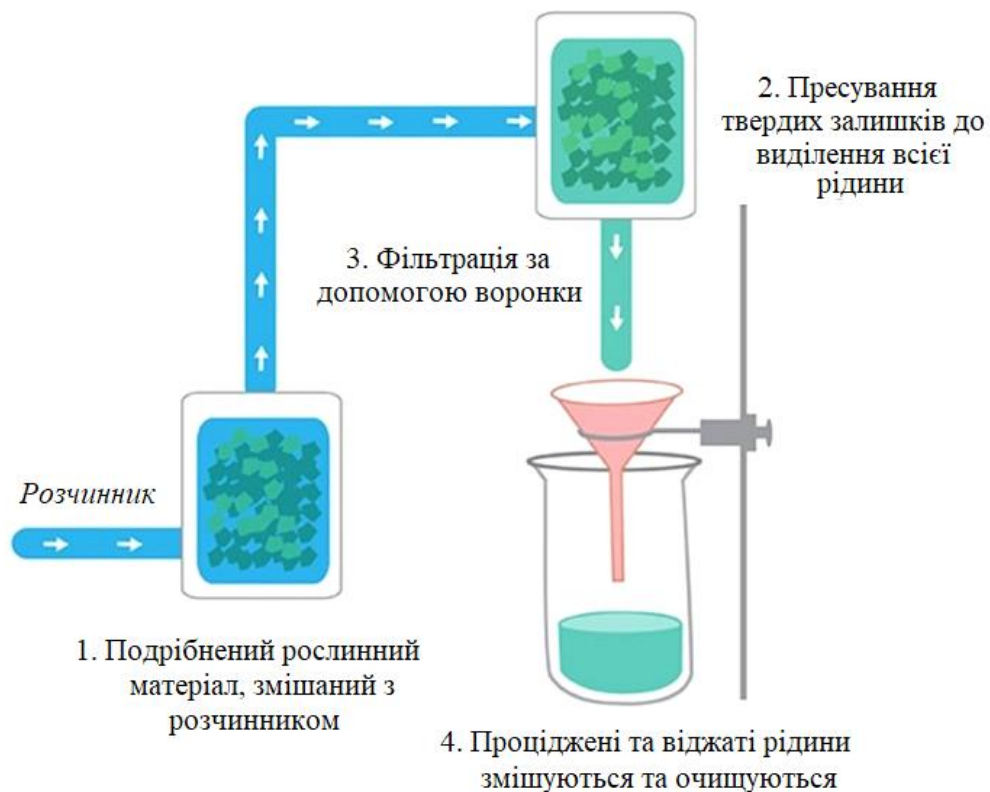


Рисунок 3.2 – Технологія мацерації

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

В якості екстрагенту використовувалися два розчини: водно-спиртовий (вміст спирту 60%) та водний. За результатами встановлено, що використання водно-спиртового розчину дозволяє інтенсифікувати процес екстрагування загалом на 25%. Відбувається збільшення масової частки сухих речовин у готовому продукті. При цьому вміст спирту зменшується, оскільки відбувається його випарювання з оброблюваного екстракту, відповідно процес концентрування проходить інтенсивніше. Збільшення масової частки сухих речовин свідчить про покращення якості кінцевого продукту. Аналіз впливу обсягу вихідного продукту показує, що його зниження призводить до зменшення вмісту спирту та збільшення масової частки сухих речовин. Це пояснюється тим, що при невеликому обсязі розчину, що подається процесу концентрування відбувається інтенсивніше.

На основі вищезазначеного можна вважати, що рослина глід має потужні властивості для підвищення імунітету та протизапальні властивості. Глід є найкращим тонізуючим засобом для серця, бо сповнений складними флавоноїдами, які працюють разом, щоб підтримувати кровоносну систему. Глід добре поєднується з іншими тонізуючими травами і підсилює їх вплив на організм. Глід також має гіркі алкалоїди, особливо в листі та квітках, які стабілізують травну систему, а також серце.

Процес екстрагування розчинних речовин із твердих тіл широко поширений у харчовій промисловості для виділення біологічно активних речовин із рослинної сировини. Під час його проведення за допомогою рідких розчинників витягують цільовий компонент, який потім застосовується переважно у виробництві, щоб одержати кінцевий товар чи напівфабрикат. Мацерація – один з найстаріших і найпростіших методів екстракції, що проводиться при кімнатній температурі. Порошкоподібну рослинну сировину замочують у розчиннику (воді, олії або спирті) на більш тривалий час. Такий тривалий час замочування розриває клітинну стінку і заганяє біоактивні речовини в розчинник.

Було проведено дослідження вилучення біологічно активних сполук традиційним методом екстрагування, а саме методом мацерації, як одним з найпростіших. Перед екстрагуванням ягоду глоду попередньо промили і очистили від домішок, потім подрібно. Отриману масу змішали з водно-спиртовим розчином 60%. Розчин розмістили у темному місці на 12 годин з постійним перемішуванням. Отриману рідину процідили, а твердий залишок (вижимку) піддали пресуванню для вилучення всієї рідини, що залишилась, далі очищували за допомогою фільтрації. В якості екстрагенту використовувалися два розчини: водно-спиртовий (вміст спирту 60%) та водний. За результатами встановлено, що використання водно-спиртового розчину дозволяє інтенсифікувати процес екстрагування загалом на 25%.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

ВИСНОВКИ

Бакалаврська робота присвячена удосконаленню апарату для концентрування екстрактів рослинної сировини. У роботі зазначено, що натуральні продукти тисячоліттями використовувалися людьми через їх терапевтичні, косметичні та харчові переваги. Наприклад, цілюща рослина глід має потужні властивості для підвищення імунітету та протизапальні властивості. Глід є найкращим тонізуючим засобом для серця, бо сповнений складними флавоноїдами, які працюють разом, щоб підтримувати кровоносну систему, добре поєднується з іншими тонізуючими травами і підсилюють їх вплив на організм. Рослина має гіркі алкалоїди, особливо в листі та квітках, які стабілізують травну систему, а також серце.

У першому розділі здійснено аналітичний огляд випарних апаратів для отримання екстрактів рослинної сировини. Зазначено, що екстракт (концентрована витяжка) добувають методом екстрагування – це процес виділення потрібного компонента із твердих тіл, що широко поширене у харчовій промисловості для вилучення біологічно активних речовин із рослинної сировини. Це ключовий етап у використанні будь-якої біологічно активної природної сполуки, яка буває рідкою, густою та сухою. Найбільш поширеним методом екстракції натуральних продуктів є, як правило, твердо-рідка екстракція (процес видалення компонента розчиненої речовини з твердого тіла за допомогою рідкого розчинника, яким може слугувати вода, олія або спирт). Під час його проведення за допомогою рідких розчинників витягують цільовий компонент, який потім застосовується переважно у виробництві, щоб одержати кінцевий товар чи напівфабрикат. Сконцентровано на тому, що концентрування – це процес, який широко застосовується у багатьох галузях промисловості. Найчастіше його використовують у харчовій промисловості, оскільки цей процес не тільки скорочує витрати на зберігання та перевезення продукції, але також зберігає корисні властивості продуктів. Процес концентрування проводять у випарних апаратах. Найбільш ефективно використовуються роторно-плівкові випарні апарати, які забезпечують гарну якість готового продукту та мають високу продуктивність.

Сконцентровано увагу на тому, що процес десорбції є частиною процесу екстрагування, коли в сировину проникає екстрагент, який призводить до утворення концентрованого розчину («первинного соку») в клітинах. Завдяки різниці тисків розчинні речовини вилучаються із клітин, а екстрагент проникає в їх середину. Процеси дифузії – процеси масообміну. Вони виникають спонтанно і тривають до динамічної рівноваги між фазами, яка встановлюється за певних умов. Вирівнювання концентрації з обох сторін клітинної мембрани для досягнення стану рухомої дифузії, тобто рівноваги, означає завершення процесу на цьому етапі отримання екстракції.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лученчин</i>			Удосконалення апарату для концентрування екстрактів рослинної сировини	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Омельченко</i>					38	2
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
<i>Затверд.</i>		<i>Цвіркун</i>						

На динаміку вилучення фітокомпонентів впливає низка чинників: рН екстрагента, види екстрагентів, рослина сировина, розмір її частинок, співвідношення між вагою сировини та об'ємом екстрагенту, температурний режим екстрагування і тривалість екстракції.

Другий розділ присвячено удосконаленню апарату для концентрування екстрактів рослинної сировини. Вважається, що найбільш перспективним методом інтенсифікації процесу концентрування екстрактів рослинної сировини є проведення процесу випарювання в тонкій плівці за рахунок більшої поверхні нагріву, невеликої різниці температур, а також завдяки лопатям ротора, які розподіляють розчин, що подається в апарат, по робочій поверхні випарника. При цьому утворюється тонка плівка, на випаровування якої необхідно менше часу та тепла.

Для інтенсифікації процесу випарювання в роторно-плівковому випарному апараті було запропоновано змінити форми лопатей ротора на параболічну. При використанні запропонованої форми лопатей уможлиблюється значна турбулізація потоків розчину за лопатями, що обертаються, і, як наслідок, підвищується інтенсивність процесів тепло- та масовіддачі, в тому числі при збільшенні концентрації розчину. При параболічній формі лопатей ротора процес випарювання проходить інтенсивніше, ніж при гострокутній.

У третьому розділі розглянуто технологію отримання екстракту глоду методом мацерації. Зазначено, що більшість настоянок, представлених на ринку, виготовляються з висушеної рослини, але свіжі плоди також можна використовувати так само легко. Якщо в настоянці використовувати свіжі ягоди, то кінцевий продукт буде густим і мати маслянисту текстуру.

Мацерація – один з найстаріших і найпростіших методів екстракції, що проводиться при кімнатній температурі. Подрібнену рослинну сировину замочують у розчиннику (воді, олії або спирті) на більш тривалий час. Такий тривалий час замочування розриває клітинну стінку і заганяє біоактивні речовини в розчинник. Потім розчинник можна процідити через фільтруюче середовище, пресуючи рослинні залишки та відновлюючи біологічно активні сполуки. Ефективність біологічно активної екстракції з рослин визначається типом розчинника, рослинним матеріалом, інтервалом перемішування та часом екстракції.

Було проведено дослідження вилучення біологічно активних сполук традиційним методом екстрагування, а саме методом мацерації, як одним з найпростіших. Перед екстрагуванням ягоду глоду попередньо промили і очистили від домішок, потім подрібноли. Отриману масу змішали з водно-спиртовим розчином 60%. Розчин розмістили у темному місці на 12 годин з постійним перемішуванням. Отриману рідину процідили, а твердий залишок (вижимки) піддали пресуванню для вилучення всієї рідини, що залишилась, далі очищували за допомогою фільтрації. В якості екстрагенту використовувалися два розчини: водно-спиртовий (вміст спирту 60%) та водний. За результатами встановлено, що використання водно-спиртового розчину дозволяє інтенсифікувати процес екстрагування загалом на 25%.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Phytochemicals: extraction, isolation, and identification of bioactive compounds from plant extracts. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5750618/>.
2. Contemporary methods for the extraction and isolation of natural products. URL: <https://bmcchem.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13065-023-00960-z>.
3. Understanding evaporation and concentration technologies. URL: <https://www.labmate-online.com/article/laboratory-products/3/genevac-ltd/understanding-evaporation-and-concentration-technologies/1365>.
4. Rotary evaporator. URL: <https://www.dedietrich.com/en/solutions-and-products/distillation-evaporation/rotary-evaporator>.
5. Rotary evaporation. URL: https://chem.libretexts.org/Ancillary_Materials/Demos_Techniques_and_Experiment_s/General_Lab_Techniques/Rotary_Evaporation.
6. Zagorulko A., Zahorulko A., Liashenko B., Gordienko I. Comparison of methods of heating a rotary-film apparatus for the production of vegetable concentrates. Technology audit and production reserves, 2019. Vol. 6. P. 24–26.
7. Загорулько А.М., Загорулько О.Є., Черевко О.І. Визначення коефіцієнта тепловіддачі роторно-плівкового випарника з гріючим плівкоутворюючим елементом. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2022. № 2 (117). С. 125–134.
8. Патент на корисну модель. Роторний випарник. Режим доступу: <https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/15163/1/48255.pdf>.
9. Andreii Zahorulko, Andreii Zahorulko, Aleksey Zagorulko, Kateryna Kasabova. Creation of multi-component fruit and vegetable semi-finished products and confectionery on their basis with health properties. Technology audit and production reserves, 2021. Vol. 9. P. 43–46.
10. Hawthorn: the heart healer. URL: <https://thepracticalherbalist.com/advanced-herbalism/herbal-encyclopedia/hawthorn-the-heart-healer/>.
11. Parthasarathi Subramanian, C. Anandharamakrishnan. Industrial Application of functional foods: ingredients and nutraceuticals extraction. Processing and formulation of bioactive compounds, 2023, P. 45–87.
12. Процес мацерації при виробництві червоних вин. Режим доступу: <https://rakitov.com.ua/uk/articles-uk/protsess-matseratsii-pri-proizvodstve-krasnh-vin/>.
13. Sumaira Rashid, Lone Rafiya Majeed, Bisma Nisar. Phytomedicines: diversity, extraction, and conservation strategies, 2021, P.1–33.
14. Saqib Farooq, Shabir Ahmad Mir, Manzoor Ahmad Shah. Plant extracts: applications in the food industry. 2022, P. 23–37.
15. Preparation of medicinal plants: basic extraction and fractionation procedures for experimental purposes. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7398001/>.
16. Gorlov I.F., Drucker O.V., Kryuchkova V.V. Physical factors relevant for efficient hawthorn fruit extraction. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences, 2019. Vol. 13. P. 651–657.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40