

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ТУГАН-БАРАНОВСЬКОГО

Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

Форма здобуття вищої освіти денна

Ступінь магістр

Галузь знань Механічна інженерія

Освітня програма Обладнання переробної і харчової промисловості

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант освітньої програми «Обладнання
переробної і харчової промисловості»
Хорольський В.П.

« » _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Шишову Дмитру Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Дослідження процесу екстракції ефірної олії та удосконалення обладнання для отримання концентрованих ароматичних речовин»

Керівник роботи к.пед.н., Цвіркун Л.О.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Затверджено: наказом першого проректора ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського від « 08 » травня 2024 р. № 59-с.

2. Строк подання здобувачем ВО роботи « 6 » грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Технічна документація до устаткування.

2. Монографії, наукові статті, автореферати дисертацій, тези доповідей на наукові конференції.

3. Навчальна і методична література, інформація мережі Інтернет.

4. Зміст пояснювальної записки:

1. Вступ.

2. Аналітичний огляд обладнання для екстракції ефірної олії.

3. Удосконалення обладнання для отримання концентрованих ароматичних речовин.

4. Аналіз результатів досліджень.
5. Висновки.
6. Список використаних джерел.

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

Обладнання для виготовлення ефірної олії.

Удосконалення конструкції екстракційного обладнання із контролем температури.

Дослідження виходу ефірної олії із сушеної м'яти у процесі дистиляції.

6. Дата видачі завдання «1» вересня 2024 р.

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	4.09-20.09.2024 р.
2	Аналітичний огляд обладнання для екстракції ефірної олії	21.09-18.10.2024 р.
3	Удосконалення обладнання для отримання концентрованих ароматичних речовин	19.10-08.11.2024 р.
4	Аналіз результатів досліджень	09.11-15.11.2024 р.
5	Висновки по роботі	16.11-22.11.2024 р.
6	Оформлення роботи і подання до захисту	23.11-26.11.2024 р.

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Шишов Б.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Цвіркун Л.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг і структура магістерської роботи. Повний обсяг магістерської роботи – 50 сторінок, в тому числі основного тексту – 45 сторінок. Робота містить: 14 рисунків. Список використаних джерел складається з 19 найменувань.

Об'єкт роботи – обладнання для отримання екстракцій.

Предмет роботи – процес екстракції ефірної олії.

Мета роботи – дослідження процесу екстракції ефірної олії та удосконалення обладнання для отримання концентрованих ароматичних речовин.

У роботі зазначено, що ефірні олії можна розглядати як концентровані гідрофобні рідини, що мають леткі компоненти, що надають аромат рослині з якої вони витягнуті. Ефірні олії – це леткі речовини з більшим або меншим запахом, які виробляються шляхом парової дистиляції, сухої дистиляції або за допомогою механічної обробки з одного єдиного виду.

На основі аналізу, було зазначено, що іновативні методи екстракції дозволяють отримувати екстракти вищої якості за короткий час порівняно з традиційними методами. Останнім часом упроваджуються нові екологічно чисті методи для покращення традиційного виробництва ефірної олії.

Запропоновано удосконалення процесу парової дистиляції для екстракції ефірної олії із системою контролю температури. Конструкція екстракційного обладнання містить: резервуар для екстракції, конденсатор, сепаратор масла. Для контролю температури конденсаційної води пропонується застосовувати вимірювальні пристрої, а саме датчики температури високої щільності, що вводяться безпосередньо в сировину, щоб мінімізувати час, який необхідний для передачі даних про температуру. Пропонується застосувати чотири датчики температури, які встановлені всередині екстракційної ємності на одному рівні та фіксують наявність температурних перепадів. Така організація процесу дистиляції ефірної олії забезпечує контроль температури, який сприятиме відповідним профілям температури, які відповідатимуть властивостям видобутої рослини.

У третьому розділі досліджено вихід ефірної олії із сушеної м'яти у процесі дистиляції. Для цього рослинна сировина була очищена дистильованою водою і висушена за допомогою конвективного та мікрохвильового сушіння. При застосуванні мікрохвильового сушіння було отримано висушену сировину з кращою якістю. Зразки мають менше пошкоджених тканин, чим при конвективному сушінні, що характеризується кінетикою швидкого висихання.

Результати свідчать, що більш високий вихід ефірної олії було досягнуто в зразках сировини, яка піддавалася мікрохвильовому сушінню. Сировина висушена за допомогою мікрохвильового сушіння містить більше олії, ніж при конвективному сушінні. Тому вибір методу сушіння сировини є вирішальним у виході ефірної олії. Змодельовано вихід ефірної олії із сушеної м'яти у процесі дистиляції.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: екстракція, ефірні олії, парова дистиляція, екстракційне обладнання, контроль температури, методи сушіння, м'ята.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕКСТРАКЦІЇ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ	7
1.1 Процес екстракції ефірної олії	7
1.2 Методи отримання екстракту ефірної олії: традиційні та інноваційні	9
1.3 Обладнання для екстракції ефірної олії	16
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ КОНЦЕНТРОВАНИХ АРОМАТИЧНИХ РЕЧОВИН	21
2.1 Оптимізація параметрів екстракції ефірної олії методом парової дистиляції	21
2.2 Удосконалення конструкції екстракційного обладнання із контролем температури	27
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	34
3.1 Властивості ефірних олій	34
3.2 Дослідження виходу ефірної олії із сушеної м'яти у процесі дистиляції	35
ВИСНОВКИ	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	44
ДОДАТКИ	45

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Шишов</i>				(дослідження процесу екстракції ефірної олії та удосконалення обладнання для отримання концентрованих ароматичних речовин	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>						5	1
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

ВСТУП

Актуальність роботи. У роботі зазначено, що ефірні олії можна розглядати як концентровані гідрофобні рідини, що мають леткі компоненти, що надають аромат рослині з якої вони витягнуті. Ефірні олії – це леткі речовини з більшим або меншим запахом, які виробляються шляхом парової дистиляції, сухої дистиляції або за допомогою механічної обробки з одного єдиного виду. Тобто ефірні олії – це рідкі вторинні метаболіти, які синтезуються різними органами ароматичних трав.

Мета та задачі дослідження. Метою магістерської роботи є дослідження процесу екстракції ефірної олії та удосконалення обладнання для отримання концентрованих ароматичних речовин.

Практична та наукова новизна. На основі аналізу, було зазначено, що іноваційні методи екстракції дозволяють отримувати екстракти вищої якості за короткий час порівняно з традиційними методами. Останнім часом упроваджуються нові екологічно чисті методи для покращення традиційного виробництва ефірної олії.

Запропоновано удосконалення процесу парової дистиляції для екстракції ефірної олії із системою контролю температури. Конструкція екстракційного обладнання містить: резервуар для екстракції, конденсатор, сепаратор масла. Для контролю температури конденсаційної води пропонується застосовувати вимірювальні пристрої, а саме датчики температури високої щільності, що вводяться безпосередньо в сировину, щоб мінімізувати час, який необхідний для передачі даних про температуру. Пропонується застосувати чотири датчики температури, які встановлені всередині екстракційної ємності на одному рівні та фіксують наявність температурних перепадів. Така організація процесу дистиляції ефірної олії забезпечує контроль температури, який сприятиме відповідним профілям температури, які відповідатимуть властивостям видобутої рослини.

У третьому розділі досліджено вихід ефірної олії із сушеної м'яти у процесі дистиляції. Для цього рослинна сировина була очищена дистильованою водою і висушена за допомогою конвективного та мікрохвильового сушіння. При застосуванні мікрохвильового сушіння було отримано висушену сировину з кращою якістю. Зразки мають менше пошкоджених тканин, чим при конвективному сушінні, що характеризується кінетикою швидкого висихання.

Результати свідчать, що більш високий вихід ефірної олії було досягнуто в зразках сировини, яка піддавалася мікрохвильовому сушінню. Сировина висушена за допомогою мікрохвильового сушіння містить більше олії, ніж при конвективному сушінні. Тому вибір методу сушіння сировини є вирішальним у виході ефірної олії. Змодельовано вихід ефірної олії із сушеної м'яти у процесі дистиляції.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Шишов				[ослідження процесу екстракції ефірної олії та удосконалення обладнання для отримання концентрованих ароматичних речовин	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Цвіркун						6	1
Н. Контр.	Омельченко					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.	Хорольський							

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕКСТРАКЦІЇ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ

1.1 Процес екстракції ефірної олії

Ефірні олії можна розглядати як концентровані гідрофобні рідини, що мають леткі компоненти, що надають аромат рослині, з якої вони витягнуті. Можна також стверджувати, що ефірні олії – це сукупність ефірних ліпофільних сполук у рідкій формі, які отримані з ароматичних рослин різними методами гідро- або парової дистиляції. Хоча ефірні олії називають просто «маслом рослини, з якої вони витягуються», але для деяких людей цей вираз може бути недостатнім, оскільки цей термін можна сплутати з іншими нелеткими та неароматними харчовими рослинними оліями, такими як соєва олія, кукурудзяна олія або інші олії з насіння [2-4]. Можна розглядати альтернативне визначення ефірних олій: «Ефірні олії – це більш-менш леткі речовини з більшим або меншим запахом, які виробляються шляхом парової дистиляції, сухої дистиляції або за допомогою механічної обробки з одного єдиного виду». Тобто ефірні олії – це рідкі вторинні метаболіти, які синтезуються різними органами ароматичних трав, такими як бруньки, квіти, листя, стебла, гілки або насіння і характеризуються сильними запахами та, як правило, прозорими (незабарвленими) видами.

Ефірні масла являють собою концентровані рідини складних сумішей летких сполук і можуть бути вилучені з декількох органів рослини. Ефірні олії є хорошим джерелом кількох біологічно активних сполук, які мають антиоксидантні та антимікробні властивості. Деякі ефірні олії знайшли застосування як ліки. Використання ефірних олій привертає все більшу увагу, як природні добавки для продовження терміну придатності харчових продуктів, через ризик використання синтетичних консервантів. Ефірні олії, як правило, отримують з однієї або кількох частин рослин, таких як квіти (наприклад, троянда, жасмин, гвоздика, мімоза, розмарин, лаванда), листя (м'ята), листя та стебла (герань, пачулі, вербена, кориця), кора (кориця), деревина (кедр, сандал, сосна), коріння (валеріана), насіння (фенхель, коріандр, кмин, кріп, мускатний горіх), фрукти (бергамот, апельсин, лимон, ялівець).

Історія відкриття ефірних масел залишається невизначеною. Однак історію розвитку ефірних олій можна простежити до п'яти або шести тисяч років. У дохристиянські часи ефірні олії використовувалися в основному через їх ароматичні та лікувальні властивості. Відомо, що до 3000 року до нашої ери єгиптяни використовували ефірну олію для ароматизації своїх святилищ або в ритуальних церемоніях, таких як бальзамування мертвих тіл [1-5]. Через відсутність інших альтернатив для чищення, таких як мило, ефірну олію також

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Шишов</i>				[ослідження процесу екстракції ефірної олії та удосконалення обладнання для отримання концентрованих ароматичних речовин	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>						7	14
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

використовували як очищувальні засоби для волосся та тіла. Греки були одними з відкривачів у використанні ефірних масел в харчовій промисловості. Вони використовували ефірні олії у виробництві ароматичних оцтів та вин. Косметика була ще однією сферою використання ефірних олій в історії. Зокрема, французами ароматичні олії лимона, розмарину, ромашки або чебрецю використовувалися як есенції в парфумерних препаратах або використовувалися як ароматичні добавки в кремах для тіла.

Також вважається, що перші кроки процесу дистиляції були зроблені в Єгипті, Персії та Індії, що вважається основою виробництва ефірних масел. Особливо в 9 столітті до нашої ери виробництво ароматичних масел було значно удосконалено завдяки прогресу в технологіях дистиляції в арабському Регіоні [2-5]. У наступні роки розвиток ефіроолійної промисловості демонструє кореляцію з розвитком людської цивілізації. Відкриття в 17 столітті прискорили еволюцію промисловості ефірних масел. Після досліджень складових ефірних олій, таких як відкриття вуглеводнів і терпенів, а також заснування передових методів дистиляції, дисципліна ефірних олій набрала обертів.

У сучасному світі властивості ефірних масел відомі краще і завдяки цим властивостям області їх використання значно розширилися. В даний час з 3000 відомих ефірних масел 300 різних типів ефірних масел або деяких їх компонентів використовуються в комерційних цілях у виробництві парфумерії, косметичних засобів, як дезінфікуючі засоби, харчові добавки і натуральні засоби в ароматерапії і в області сільського господарства та медицині [2]. Згідно з даними, зібраними на основі середніх цін на ефірні олії на ринку в 2007 році, найбільшим світовим споживачем ефірних олій є індустрія ароматизаторів. Наприклад, провідними ефірними оліями з найвищими показниками споживання є олія апельсина та м'яти.

Функціональні властивості ефірних олій в основному залежать від хімічного складу ефірних олій. Ці природні ароматичні суміші можуть складатися з 20-60 сполук, які знаходяться в різних концентраціях одна від одної. Більша частина загального вмісту зазвичай складається з двох-трьох основних сполук з досить високим відсотком, а решта частина складається з інших метаболітів з незначними кількостями. Залежно від свого хімічного складу, ефірні олії мають певну біологічну активність або на рослини, або на систему людини. Ефірні олії мають протизапальну, антиноцицептивну, протипухлинну, противірусну, протимікробну, знеболювальну, седативну, антифлогістичну та антиоксидантну активність для людського організму. Найбільш поширені зібрані дані про ефірні олії можуть стосуватися їх антиоксидантної активності.

Отримання ефірних масел в основному здійснюється безпосередньо з самої рослини. Різні методи екстракції зі зміною потужності розчинника або вибору методу екстракції з відповідними середовищами для екстракції дозволяють отримати як леткі, так і нелеткі сполуки з ефірних олій (рис. 1.1). Серед традиційних методів екстракції ефірних олій найбільш поширеним способом екстракції визнана техніка дистиляції, а метод парової або водної дистиляції є найбільш часто використовуваним методом у виробництві летких масел. Вважається, що початок ефірних олій почався з винаходом техніки

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

дистиляції, яка сходить до дохристиянської епохи і до сих пір вважається найпростішим методом екстракції. Крім дистиляції, інші традиційні методи, що використовуються для виробництва ефірних олій, в основному це методи екстракції розчинником, такі як мацерація або енфлераж (екстракція за допомогою жиру) і техніка холодного пресування, який є простим механічним методом, який зазвичай використовується з додатковим процесом розділення.

З розвитком технологій склалися сучасні методи екстракції. Основна мета сучасних методик полягає в усуненні недоліків традиційних методів, таких як скорочення часу або економія енергії. Можна розглядати сучасні методи екстракції за трьома основними категоріями: методи вільного простору, модифіковані методи дистиляції та екстракції модифікованими розчинниками.



Рисунок 1.1 – Класифікація екстрактів

Серед сучасних методів екстракції найкращим методом вважається мікрохвильова екстракція з високим виходом екстракції та потенціалом стати ефективним методом для розробки нових удосконалених методів.

1.2 Методи отримання екстракту ефірної олії: традиційні та інноваційні

Парова екстракція є широко використовуваним і офіційним методом вилучення ефірних масел з рослин. На цей метод припадає 93% екстракцій ефірної олії і може тривати від 1 до 10 годин залежно від таких факторів, як час екстракції, температура, тиск і тип матеріалу (рис. 1.2).

У цій системі екстракції рослинний матеріал піддається впливу потоку пари без попередньої мацерації. Прикладене тепло розщеплює клітини рослинного матеріалу, вивільняючи ефірну олію. Потім пар, насичений леткими сполуками, конденсується, а ефірна олія відновлюється шляхом декантації водно-масляної суміші [1-6]. Однією з переваг парової екстракції є відсутність прямого контакту між водою і рослинним матеріалом, а потім між водою і ароматичними молекулами, запобігає гідролізу або розкладанню ефірної олії. «Головні» фракції, які містять найбільше летких молекул, можуть бути зібрані всього за півгодини, при цьому збирається 95% летких молекул.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Техніка полягає в тому, що тиск комбінованої пари дорівнює тиску навколишнього середовища приблизно на 100°C, що дозволяє летким компонентам з температурою кипіння від 150 до 300°C випаровуватися при температурі, близькій до температури води. Слід відзначити, що дана методика може виконуватися під тиском в залежності від складності вилучення сполук.

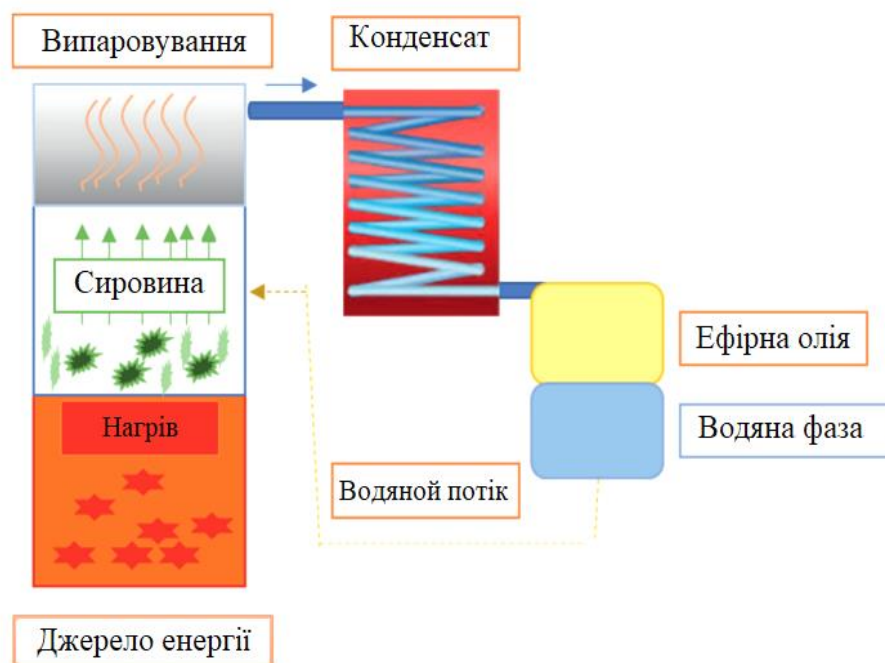


Рисунок 1.2 – Схематичне зображення парової екстракції ефірних олій

Гідродистиляція є стандартним методом екстракції ефірних олій. Технологія дозволяє екстрагувати нерозчинні у воді натуральні продукти з високою температурою кипіння (рис. 1.3). Процес полягає в повному зануренні рослинної сировини в воду з подальшим кип'ятінням. Ця операція, як правило, проводиться під атмосферним тиском. Пара, що утворилася, конденсується холодильною системою при витраті води. Цей метод захищає видобуті масла від перегріву. Перевага цієї методики полягає в тому, що необхідний матеріал можна дистилювати при температурі нижче 100°C. Дистиляція може здатися простим процесом екстракції ефірних олій, але він має кілька недоліків. У розвинених країнах його застосування застаріло через перегрів рослинної сировини і виробництва палених масел [1-4]. Однак, цей метод все ще ефективний для порошків і твердих матеріалів. Важливо зазначити, що вплив киплячої води протягом тривалого часу може спричинити реакції вивітрювання та гідроліз ефірів у спирті та кислоті, що може мати серйозні наслідки для олій з високим рівнем ефіру.

Ректифікація часто необхідна для видалення небажаних домішок або компонентів, які відповідальні за неприйнятний запах. Час дистиляції варіюється в залежності від типу рослинної сировини, причому, деревні органи рослин вимагають більш тривалого часу дистиляції, ніж трав'янисті рослини. Одним з найстаріших методів екстракції ефірних масел із шкірки цитрусових, таких як лимон, апельсин, бергамот і грейпфрут є холодний віджим. Ця техніка

						ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			10

механічно розриває шкірку, просто натискаючи на неї, щоб витягти леткі есенції, що містяться в околоплодниках citrusових. До початку ХХ століття citrusові олії холодного віджиму вироблялися вручну. В результаті процесу утворюється водна емульсія, яку потім центрифугують для відділення ефірної олії. Метод є кращим для екстракції ефірної олії шкірки citrusових, оскільки він дозволяє уникнути термічної зміни альдегідів

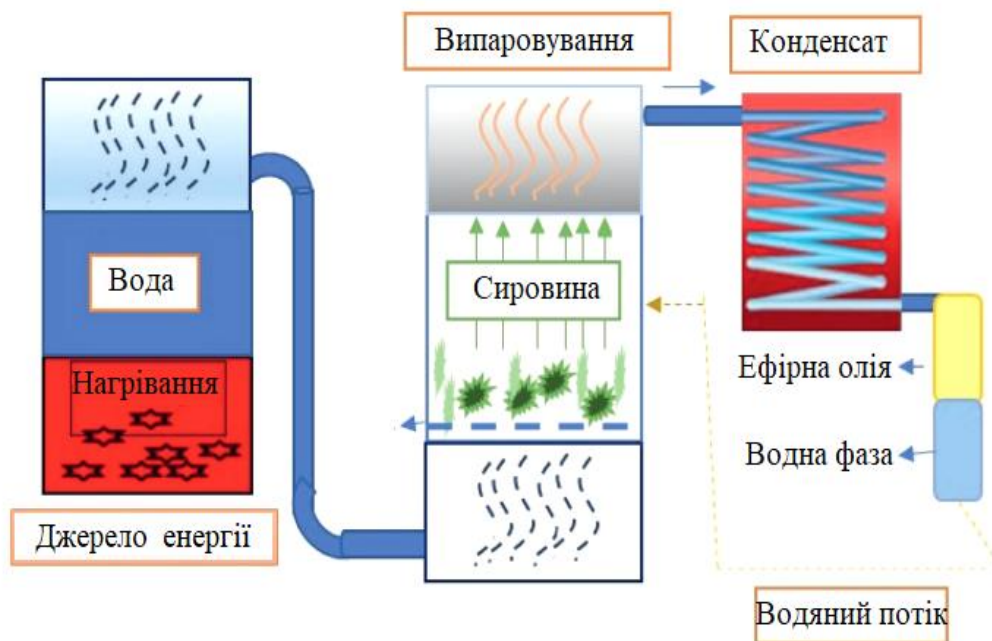


Рисунок 1.3 – Схематичне зображення гідродистиляції ефірних олій

Анфлераж – ще один традиційний метод екстракції, який сходить до глибокої давнини. Він заснований на спорідненості ароматизаторів до жирів і стосується рослин, які зберігають свій аромат після збору (наприклад, жасмин або тубероза). Квіти розкладені на каркасах, покритих мастилом без запаху. Аромат квітів вбирається жиром до насичення. Квітки змінюють регулярно (наприклад, кожні 24 години у жасмину). Коли жир насититься квітками, операція завершена [2, 5]. Насичення може тривати до місяця. Отриману помаду потім розтоплюють. Після зціджування суміш піддають холодній обробці спиртом. Спирт витягує аромат самостійно, не беручи на себе жири. Метод екстракції практично не використовується через свою високу вартість, а видобуті олії не мають застосування в харчовій промисловості.

Екстракція розчинником, зазвичай, використовується для екстракції ефірних олій, які виявляють термічні лабільні властивості, такі як ті, що витягуються з квітів. Рослинну сировину поміщають у ванну з розчинником. Послідовні промивання заряджають розчинник ароматичними молекулами. Після сепарації, шляхом фільтрації, емульсію переганяють для вилучення екстракту. Екстракція розчинником знайшла застосування для крихких або ніжних квіткових матеріалів, які не витримують температуру дистиляції. Для екстракції можуть використовуватися різні розчинники, включаючи гексан, ацетон, нафтовий ефір, етанол або метанол [1-4]. Екстракція розчинником є відносно швидкою і недорогою. Обраний розчинник повинен бути допустимим, інертним і стійким до нагрівання, світла або кисню. Бажано, щоб температура

його кипіння була низькою, щоб полегшити усунення. Вироблений екстракт містить невелику кількість залишків розчинника, що робить його непридатним для застосування в харчових продуктах. Однак, якщо в якості розчинника використовується спирт, він вважається «харчовим» і безпечним для вживання. Метод широко використовується в парфумерній промисловості. На практиці розчинник змішують з рослинною сировиною, нагрівають для вилучення екстракту олії, а потім фільтрують. Потім фільтрат концентрується шляхом випаровування розчинника. Пізніше його змішують з чистим спиртом для вилучення олії та переганяють при низькій температурі.

Однак цей метод є відносно трудомістким, що робить олії дорожчими, ніж інші методи. Крім того, залишки розчинників у кінцевому продукті можуть викликати алергію, токсичність та впливати на імунну систему. Обмежене використання цього методу екстракції виправдано його вартістю, питаннями токсичності та безпеки, а також нормами охорони навколишнього середовища. Метод дозволяє уникнути гідролізуючої дії водяної пари.

Екстракція за допомогою мікрохвильової печі – це революційна технологія, яка викликала великий інтерес. Він має характерний нагрівальний механізм на основі тертя. Метод недорогий і добре показує себе в атмосферних умовах. Мікрохвильова екстракція забезпечує вищий вихід екстракції, коротший час екстракції та покращену селективність порівняно з традиційними методами екстракції. Процес також менш складний і дорогий, ніж екстракція надкритичної рідини. Однак він зазвичай вимагає більшої кількості органічного розчинника, що робить його менш екологічним. Новітні методи мікрохвильової екстракції включають мікрохвильову вакуумну гідродистиляцію, дистиляцію стисненим повітрям і прискорену парову дистиляцію за допомогою мікрохвиль.

Діелектричний нагрів і основи мікрохвильової екстракції застосовуються у процесі отримання ефірної олії. При мікрохвильовому опроміненні використовується певна частота електромагнітного поля, подібна до активованих фотохімічних реакцій. Частотний діапазон величезний, простягається від 300 МГц до 300 ГГц, але лише певні частоти дозволені для промислового, наукового та медичного використання. До них відносяться частоти 0,915 і 2,45 ГГц. Магнетрон, що зустрічається в побутових і лабораторних НВЧ-печах є типовим генератором НВЧ для таких частот. Промислові магнетрони можуть досягати потужностей в кілька десятків кіловат, в той час як лабораторні прилади взагалі мають потужність менше 1 кВт. Нещодавно були представлені твердотільні генератори, які звужують діапазон випромінювання НВЧ-генератора, дозволяючи користувачеві змінювати частоту системи в межах дозволених промислових, наукових та медичних частот [1-6]. Ця варіація може відігравати вирішальну роль у хімічному синтезі, особливо щодо селективності та ефективності. Однак твердотільні генератори, що працюють на частоті 2,45 ГГц, зазвичай мають номінальну потужність 100 Вт, що також часто використовується в медичних цілях. Мікрохвильова екстракція – це процес, який видаляє розчинені речовини з твердої матриці в розчинник. Процес включає в себе складні явища, такі як теплопередача, електромагнітне перенесення, масоперенос і передача імпульсу.

									Арк.
									12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ				

Мікрохвильова екстракція за допомогою розчинника також зустрічається в харчовій промисловості. Технологія зробила революцію в галузі екстракції біологічно активних сполук. Ця технологія дозволила значно скоротити час екстракції, мінімізувати споживання органічних розчинників і призвести до економії енергії та коштів [1-5]. Крім того, мікрохвильова екстракція за допомогою розчинника є екологічно чистим і стійким методом, який сприяє розвитку «зелених» процедур. Установа для мікрохвильової екстракції за допомогою розчинника наведена на рисунку 1.4.

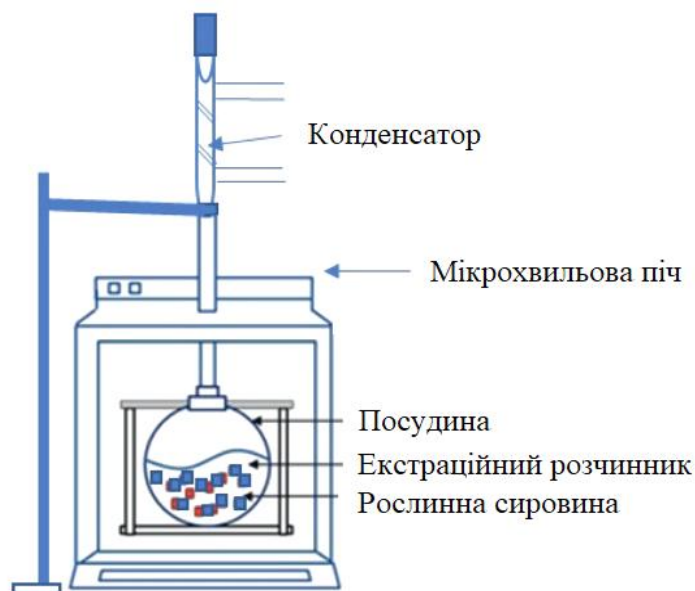


Рисунок 1.4 – Установа для мікрохвильової екстракції за допомогою розчинника

Технологія зробила революцію в галузі екстракції біологічно активних сполук. Ця технологія дозволила значно скоротити час екстракції, мінімізувати споживання органічних розчинників і призвести до економії енергії. Крім того, мікрохвильова екстракція за допомогою розчинника є екологічно чистим і стійким методом, який сприяє розвитку «зелених» процедур.

Мікрохвильова дистиляція стисненим повітрям (рис. 1.5) Метод заснований на використанні принципу захоплення парою стисненим повітрям замість пари для вилучення ефірної олії. Процес екстракції складається з компресора, мікрохвильової печі та холодильної системи. Стиснене повітря нагнітається в реактор, де матриця нагрівається мікрохвилями і занурюється в воду.

Пар, насичений летючими молекулами, направляється в ємність для відновлення, яка розташована поза мікрохвильовою піччю і охолоджується за допомогою холодильної системи. Всього за кілька хвилин молекули води і ароматичних речовин конденсуються і відновлюються [1, 4, 6]. Метод екстракції є екологічно чистим, так як не додаються органічні розчинники або штучні хімічні сполуки.

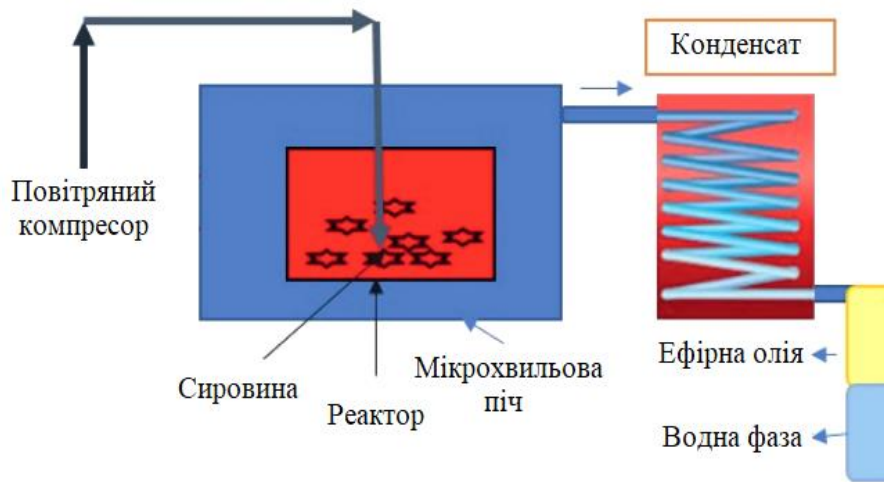


Рисунок 1.5 – Схематичне зображення мікрохвильової дистиляції стисненим повітрям

В основі мікрохвильової гідродистиляції лежить класичний принцип гідродистиляції. Процес складається з установки гідродистиляції, поміщеної всередину побутової мікрохвильової печі з боковим портом, через який зовнішній скляний конденсатор з'єднаний з круглим фільтром, що містить матрицю і воду. Мікрохвильова гідродистиляція є широко використовуваною технікою для екстракції ефірних олій з різних ароматичних рослин і спецій.

Мікрохвильова екстракція без розчинників – це один з найновіших методів мікрохвильової екстракції ефірних олій без розчинників і з використанням води при атмосферному тиску. Процес складається в основному з чотирьох частин: реактора, де розміщується матриця, що підлягає обробці, мікрохвильової печі, системи охолодження та контейнера з ефірною олією, де збирається масло [2-4]. Процес заснований на відносно простому принципі, який описується як суха дистиляція за допомогою мікрохвильової печі. Свіжу матрицю поміщають в мікрохвильовий реактор без додавання води або органічного розчинника. Нагрівання сировини з водою розщеплює залози, що містять ефірну олію (рис. 1.6). У цій фазі вивільняється ефірна олія, яка потім забирається паром, що виробляється водою в матриці. Система охолодження, яка розташована за межами мікрохвильової печі, забезпечує безперервну конденсацію дистиляту, що складається з води і ефірної олії та повернення надлишку води.

Надкритична екстракція рідиною – це метод розділення, який використовує надкритичні рідини як розчинник для екстракції. Надкритична рідина – це речовина, температура якої перевищує критичну температуру та тиск, що призводить до унікальних властивостей, які роблять її ефективним розчинником для екстракції. Принцип роботи заснований на тому, що розчинність речовини в надкритичній рідині зростає зі збільшенням тиску, в той час як щільність рідини зростає зі збільшенням тиску і температури. Регулюючи температуру та тиск, можна контролювати розчинність речовини та оптимізувати її для екстракції. Рідина закачується в посудину, в якій знаходиться сировина, що підлягає вилученню [1, 6]. Коли рідина проходить

через сировину, вона розчиняє цільові сполуки, які потім виносяться з посудини в посудину для збору шляхом скидання тиску або шляхом зниження температури. Потім витягнуті сполуки можна відокремити від надкритичної рідини шляхом конденсації або іншим способом.

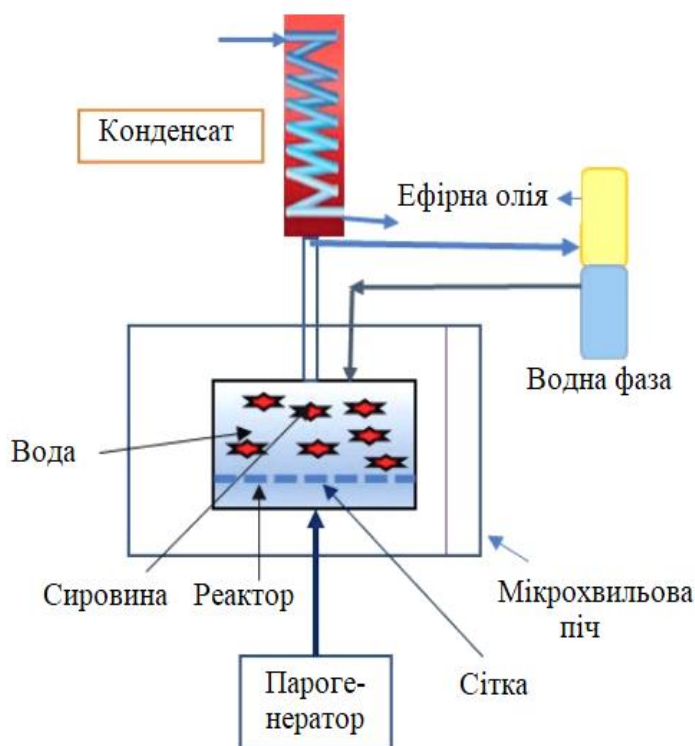


Рисунок 1.6 – Мікрохвильова парова дистиляція

Технологія має низку переваг перед традиційними методами екстракції, включаючи зменшення використання розчинника, коротший час екстракції та вищий вихід цільових сполук. Екстракція надкритичної рідини може виконуватися різними способами: періодичним, напівзамісним або безперервним. Рослинний матеріал поміщають в ємність і додають надкритичну рідину з певною швидкістю потоку до досягнення відповідних умов екстракції. У порівнянні зі звичайними методами екстракції розчинником, екстракція надкритичною рідиною має кілька переваг, включаючи нижчу температуру, яка придатна для термочутливих сполук і потужність сольватації, яку можна контролювати шляхом зміни тиску та/або температури, що забезпечує високу селективність. Надкритичні рідини більш ефективні, ніж рідкі розчинники, у проникненні пористих матеріалів та екстракційних сполуках, що призводить до швидшої екстракції та більш екологічно чистого процесу. CO₂ і невеликі кількості органічних розчинників можуть бути використані в якості нетоксичних рідин, і цей метод може бути застосований в промислових масштабах.

Однак під час екстракції ефірних олій слід уникати високого тиску, щоб запобігти екстракції небажаних сполук. Щоб забезпечити успіх даної технології необхідно враховувати різні фактори, такі як тип сировини, підготовка, тип рідини, спосіб доставки та умови екстракції. CO₂ широко

використовується завдяки його низькій критичній температурі, економічній ефективності, нетоксичності, відсутності запаху та смаку, а також простоті утилізації. Регулювання режимів процесу дає можливість вибірково витягувати потрібні компоненти. У порівнянні з паровою дистиляцією, метод має коротший час екстракції, нижчі витрати на енергію та більшу вибірковість.

На основі вище зазначеного можна вважати, що існує кілька методів екстракції ефірних олій і обраний процес може значно вплинути на кількість і якість виробленої олії. Щоб зберегти природну структуру масел, були розроблені процеси екстракції. Розглянуто різні методи екстракції, як звичайні, так і інтенсифіковані їх переваги та недоліки. Зазначено, що нові методи дозволяють отримувати екстракти вищої якості за короткий час порівняно з традиційними методами. Останнім часом впроваджуються нові екологічно чисті методи для покращення традиційного виробництва ефірної олії.

1.3 Обладнання для екстракції ефірної олії

Дистиляція ефірних олій – це процес вилучення ароматичних сполук або «есенцій» із рослин для створення ароматних олій, які використовуються в різних сферах застосування, таких як парфумерія, засоби особистої гігієни та ароматерапія. Найпоширенішим методом дистиляції ефірних олій є дистиляція з водяною парою, яка передбачає нагрівання рослинного матеріалу в перегінному кубі за допомогою пари, відділення води та олії за допомогою фракційної дистиляції та фільтрацію зібраної ефірної олії для видалення домішок. Цей процес необхідний для отримання якісних ефірних масел з натуральними ароматами і лікувальними властивостями.

Дистиляція з водяною парою є одним з найпоширеніших методів, що використовуються для вилучення ефірних масел. Він передбачає нагрівання рослинного матеріалу за допомогою пари, яка вивільняє ефірні олії з клітин рослини. Потім пар та ефірні олії охолоджують, а ефірні олії відокремлюють від води. Дистиляція з водяною парою є поширеним методом, який використовується для вилучення ефірних олій з рослинної сировини, такої як роза дамаська, лаванда, меліса, ромашка, м'ята, безсмертник та багато інших рослин. Обладнання, яке використовується для парової дистиляції, зазвичай складається з наступних компонентів [7, 9]:

– посудина для дистиляції: це ємність, яка утримує рослинний матеріал під час процесу дистиляції. Найчастіше його виготовляють з нержавіючої сталі або скла;

– джерело тепла: використовується для нагрівання рослинного матеріалу та вироблення пари. Це може бути нагрівальний елемент, полум'я або ванна з гарячою водою;

– конденсатор: це охолоджувана трубка або зміювик, який використовується для конденсації пари та ефірних олій назад у рідину. Він часто виготовляється з нержавіючої сталі або скла і охолоджується водою;

– система збору: використовується для відділення ефірних олій від води. Це може бути розділова воронка, конденсатор з приймальною колбою або ректифікаційна колона.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Щоб використовувати обладнання, рослинний матеріал поміщають у ємність для перегонки, а джерело тепла використовується для нагрівання рослинного матеріалу та вироблення пари. Пар піднімається вгору і змішується з ефірними маслами, які потім виносяться з рослинної сировини в конденсатор. Конденсатор охолоджує пару та ефірні олії, змушуючи їх, щоб конденсуватися назад у рідину. Потім ефірні олії збираються в системі збору, а вода викидається [3]. Незалежно від використовуваного методу, обладнання для дистиляції ефірної олії зазвичай складається з посудини для перегонки, джерела тепла, конденсатора та системи збору (рис. 1.7). Рослинна сировина поміщається в посудину для перегонки, а джерело тепла використовується для нагрівання рослинного матеріалу та вивільнення ефірних олій. Конденсатор використовується для охолодження пари та ефірних олій, а система збору використовується для відділення ефірних олій від води або розчинника.



Рисунок 1.7 – Дистиляційне обладнання

Екстракція розчинниками ефірних олій – це метод екстракції ефірних олій із рослинної сировини за допомогою розчинника, такого як гексан або етанол. Рослинна сировина замочується в розчиннику, який розчиняє ефірні масла. Потім розчинник видаляють, залишаючи після себе розчин, що містить ефірні масла. Розчин відокремлюють для відновлення ефірних олій, які потім обробляють для видалення забруднень. Екстракція розчинником є більш ефективною, ніж дистиляція з парою або холодним віджимом, але вона також може бути дорожчою та трудомісткою. Важливо правильно утилізувати розчинник, щоб мінімізувати вплив на навколишнє середовище.

Обладнання для екстракції розчинників ефірних олій – це тип машин або обладнання, які використовуються для екстракції ефірних олій із рослинної сировини за допомогою розчинника (рис. 1.8). Екстракція розчинником є поширеним методом виробництва ефірних олій і передбачає використання хімічного розчинника для вилучення олії з рослинної сировини. Існує безліч різних типів обладнання, яке може використовуватися в процесі екстракції розчинником, залежно від конкретних потреб операції та типу рослинної сировини, що обробляється. Деякі поширені типи обладнання для екстракції розчинниками включають [3, 7, 9]:

– екстрактори – це великі циліндричні посудини, які використовуються для утримання рослинного матеріалу та розчинника під час процесу екстракції. Екстрактори можуть бути розроблені для періодичної або безперервної роботи та можуть бути оснащені різними типами систем перемішування або змішування для полегшення процесу екстракції;

– сепаратори – це пристрої, які використовуються для відділення ефірної олії від розчинника після екстракції. Сепаратори можуть бути розроблені для роботи з використанням сили тяжіння, відцентрової сили або інших методів відділення масла від розчинника;

– ректифікаційні колони – це високі вертикальні посудини, які використовуються для відділення ефірної олії від розчинника за допомогою дистиляції. Розчинник і масло подаються у верхню частину колони, причому розчинник випаровується і збирається в нижній частині, в той час як ефірна олія збирається у верхній частині;

– конденсатори – це пристрої, які використовуються для охолодження та конденсації парів, що утворюються під час дистиляції, з метою відділення ефірної олії від розчинника.



Рисунок 1.8 – Обладнання для екстракції розчинників ефірних масел

Екстракція розчинником є корисним методом для виробництва ефірних олій, оскільки вона дозволяє екстрагувати широкий спектр рослинної сировини, включаючи ті, які важко піддаються обробці іншими методами. Однак важливо ретельно керувати процесом екстракції розчинником, щоб забезпечити безпеку та чистоту кінцевого продукту.

Надкритична екстракція ефірної олії CO_2 – це метод екстракції ефірних олій з рослинного матеріалу за допомогою надкритичного вуглекислого газу CO_2 . Рослинний матеріал поміщають в ємність для екстракції і вводять CO_2 , підтримуючи CO_2 в надкритичному стані за допомогою ретельного контролю температури і тиску. CO_2 витягує ефірні олії з рослинного матеріалу, а суміш CO_2 та ефірних олій відокремлюється для відновлення ефірних олій. Надкритична екстракція CO_2 є щадним та екологічно чистим методом, але він може бути дорожчим і трудомістким порівняно з іншими методами.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Обладнання для екстракції надкритичного CO₂ – це тип машин або обладнання, які використовуються для вилучення ефірних олій та інших сполук із рослинних матеріалів за допомогою надкритичного діоксиду вуглецю CO₂. Надкритична екстракція CO₂ є відносно новим і все більш популярним методом виробництва ефірних олій та інших натуральних продуктів і вважається екологічною та стійкою альтернативою традиційним методам екстракції на основі розчинників (рис. 1.9). Надкритична екстракція CO₂ передбачає використання CO₂ при високому тиску та високій температурі для вилучення потрібних сполук із рослинного матеріалу. CO₂ закачується в закриту систему, що містить рослинний матеріал, де він діє як розчинник для розчинення масел та інших сполук. Потім CO₂ та екстраговані сполуки відокремлюються і CO₂ переробляється для повторного використання в процесі екстракції.

Існує безліч різних типів обладнання, яке може використовуватися для надкритичного вилучення CO₂, залежно від конкретних потреб операції та типу рослинної сировини, що переробляється. Деякі поширені типи обладнання включають [3, 7, 9]:

- посудини для екстракції – великі посудини під тиском, які використовуються для утримання рослинного матеріалу та CO₂ під час процесу екстракції. Екстракційні посудини можуть бути призначені для періодичної або безперервної роботи і можуть бути оснащені різними типами систем перемішування або змішування для полегшення процесу екстракції;

- насоси CO₂ – пристрої, які використовуються для закачування CO₂ у резервуар для екстракції під високим тиском. Насоси CO₂ можуть бути розроблені для роботи при різних тисках і витратах, залежно від конкретних потреб експлуатації;

- сепаратори – пристрої, які використовуються для відділення екстрагованих сполук від CO₂ після екстракції. Сепаратори можуть бути розроблені для роботи з використанням гравітації, відцентрової сили або інших методів для відділення сполук від CO₂.

Ректифікаційні колони: це високі вертикальні посудини, які використовуються для відділення видобутих сполук від CO₂ за допомогою дистиляції. CO₂ і витягнуті сполуки подаються у верхню частину колони, а CO₂ випаровується і збирається в нижній частині, тоді як витягнуті сполуки збираються у верхній частині.



Рисунок 1.9 – Обладнання для екстракції надкритичного CO₂

Надкритична екстракція CO₂ є високоефективним і результативним методом отримання ефірних масел та інших натуральних продуктів і має ряд переваг перед традиційними методами екстракції на основі розчинників. Це чистий, безпечний та екологічно чистий процес, який дозволяє виробляти високоякісну продукцію з мінімальним впливом на навколишнє середовище.

На основі вище зазначеного, можна вважати, що ефірні олії можна розглядати як концентровані гідрофобні рідини, що мають леткі компоненти, що надають аромат рослині з якої вони витягнуті. Можна також стверджувати, що ефірні олії – це сукупність ефірних ліпофільних сполук у рідкій формі, отриманих з ароматичних рослин різними методами гідро- або парової дистиляції. Хоча ефірні олії називають просто «маслом рослини, з якої вони витягуються», для деяких людей цей вираз може бути недостатнім, оскільки цей термін можна сплутати з іншими нелеткими та неароматними харчовими рослинними оліями, такими як соєва олія, кукурудзяна олія або інші олії з насіння. У дослідженнях запропоноване альтернативне визначення ефірних олій: «Ефірні олії – це більш-менш леткі речовини з більшим або меншим запахом, які виробляються шляхом парової дистиляції, сухої дистиляції або за допомогою механічної обробки з одного єдиного виду». Тобто ефірні олії – це рідкі вторинні метаболіти, які синтезуються різними органами ароматичних трав, такими як бруньки, квіти, листя, стебла, гілки або насіння і характеризуються сильними запахами та, як правило, прозорими (незабарвленими) видами.

Ефірні олії, витягнуті з трав'яних рослин, мають багато застосувань у харчовій, косметичній та медичній промисловості. Розглянуто різні традиційні методи екстракції (дистиляція з паром, гідродистиляція, гідродифузія та екстракція розчинником) та іноваційні методи екстракції (мікрохвильова екстракція без розчинника, рідинна субкритична екстракція та екстракція надкритичною рідиною). Зазначено, що нові методи дозволяють отримувати екстракти вищої якості за короткий час порівняно з традиційними методами. Останнім часом впроваджуються нові екологічно чисті методи для покращення традиційного виробництва ефірної олії.

Розглянуто обладнання, яке використовується для отримання екстракту. Наприклад, існує безліч різних типів обладнання, яке може використовуватися в процесі екстракції розчинником. Деякі поширені типи обладнання для екстракції розчинниками включають: екстрактори – великі циліндричні посудини, які використовуються для утримання рослинного матеріалу та розчинника під час процесу екстракції. Екстрактори можуть бути розроблені для періодичної або безперервної роботи та можуть бути оснащені різними типами систем перемішування або змішування; сепаратори – пристрої, які використовуються для відділення ефірної олії від розчинника після екстракції; ректифікаційні колони – високі вертикальні посудини, які використовуються для відділення ефірної олії від розчинника за допомогою дистиляції. Розчинник і масло подаються у верхню частину колони в той час як ефірна олія збирається у верхній частині; конденсатори – це пристрої, які використовуються для охолодження та конденсації парів, що утворюються під час дистиляції, з метою відділення ефірної олії від розчинника.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ КОНЦЕНТРОВАНИХ АРОМАТИЧНИХ РЕЧОВИН

2.1 Оптимізація параметрів екстракції ефірної олії методом парової дистиляції

Ефірні масла – це речовини, які несумісні з водою і дуже схильні до випаровування. Їх видобувають різними методами, одним з найважливіших є захоплення паром, яке полягає в протягуванні рослинних есенцій по воді. Есенція використовується завдяки своїм антисептичним властивостям, має здатність лікувати хвороби, регенерувати клітини тканин і допомагає загоєнню виразок. Функція ефірної олії може бути різноманітною, так як вона використовується в косметичній, харчовій та фармацевтичній промисловості, оскільки містить ароматичні, смакові та цілющі речовини. Ефірні олії містять органічні хімічні сполуки, що представляють собою однорідні суміші.

За своїми принципами їх класифікують на натуральні, штучні та синтетичні. Натуральні отримують з рослин без модифікації або хімічної переробки, але вони дуже дорогі, штучні отримують з однієї або декількох рослин, які багаті анітолом, синтетичні проходять простий процес хімічного синтезу, в результаті якого утворюються речовини, які коштують дешевше і використовуються як ароматизатори [5]. Ефірні олії являють собою складний сплав легких органічних сполук, які випаровуються, з хорошим ароматом, що знаходяться в різних частинах рослини, таких як в корені (сандал, валеріана), листі (м'ята перцева, евкаліпт), фруктах (аніс, кмин), квітках (ромашка, троянда) або шкірці фруктів (грейпфрут, апельсин, мандарин). В цілому для отримання масел рослини повинні містити в середньому 0,5%-5% олійної речовини по відношенню до сировини. Методи екстракції ефірних олій засновані на захопленні паром, надкритичній екстракції, пресуванні, екстракції летючими розчинниками і анфлеражі. Доведено, що екстракція з паровою дистиляцією дозволяє отримувати продукцію високої якості. Однак витрати, які пов'язані з його застосуванням і експлуатацією, часто значно високі. Дистиляція з водяною паром широко застосовується в ефіроолійній промисловості. На її частку припадає понад 93% обсягу олії, що виробляється у всьому світі. Завдяки використанню парової дистиляції, технологічний процес отримання ефірної олії сприяє енергоефективності.

Найбільш широко використовуваним в промисловості методом є дистиляція з водяною паром, враховуючи його здатність виробляти високоякісні масла. Хоча існують різні методики, такі як холодне пресування, надкритична екстракція (CO₂), анфлераж, експресія, мікрохвильова екстракція і використання легких розчинників, парова дистиляція виділяється своєю

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Шишов				(ослідження процесу екстракції ефірної олії та удосконалення обладнання для отримання концентрованих ароматичних речовин	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Цвіркун						21	13
Н. Контр.	Омельченко					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.	Хорольський							

ефективністю в збереженні цілісності ароматів і властивостей рослин. Однак впровадження та експлуатація цих методів може бути значно затратною. Процес дистиляції з захопленням використовує водяну пару для уловлювання рослинних ароматів, які після охолодження розділяються на ефірну олію та материнську воду (гідролат), використовуючи різницю в розчинності у воді для отримання бажаного продукту.

Парова дистиляція – це тип, який використовується особливо для матеріалів, які чутливі до високих температур. Це метод, який відокремлює нелеткі забруднювачі від висококиплячих сполук за допомогою пари. Це особливий тип дистиляції, який використовується для чутливих до температури матеріалів, таких як природні ароматичні сполуки. Раніше це була популярна лабораторна методика для очищення органічних речовин. Він тягне за собою дистиляцію при більш низьких температурах, які зменшують деградацію передбачуваних продуктів. Термін «парова дистиляція» використовується для позначення партії безперервної перегонки з використанням відкритої пари. Рідина дистилюється шляхом безпосереднього впорскування відкритої пари в перегінний куб, де пара переносить пари леткого рідкого компонента і згодом конденсується для відділення рідини від води. Перегонка з водяною парою досяжна тільки при дотриманні наступних умов:

1. Речовина не вступає в реакцію з парою при передбаченій температурі і тиску.

2. Речовина не розчиняється у воді.

Коли суміш двох рідин, що майже не змішуються, нагрівається, рідина впливає на тиск пари як на функцію температури, ніби іншої складової там немає. З підвищенням температури збільшується і тиск пари всієї системи. Кипіння починається, коли сумарний тиск пари двох рідин, що не змішуються, перевищує атмосферний [10]. Це дозволяє очищати численні органічні молекули, нерозчинні у воді при температурі набагато нижче температури, при якій відбувається розкладання. Бромбензол, наприклад, має температуру кипіння 156⁰С, тоді як вода має температуру кипіння 100⁰С. Однак суміш двох кипить при 95⁰С. Таким чином, бромбензол можна легко переганяти при 61⁰С нижче типової температури кипіння.

Більшість органічних молекул складні і не розчиняються у воді. Однак вони виробляють суміш, яку можна відокремити, якщо дати їй осісти. Під час цього процесу органічні молекули спливають наверх, коли вода осідає. Згідно з принципом методу парової дистиляції, тиск пари системи підвищується при нагріванні суміші двох або більше рідин, що не змішуються, за рахунок сумарного тиску пари двох рідин, що не змішуються. Це дозволяє компонентам з високою температурою кипіння випаровуватися при ще більш низьких температурах, дозволяючи їм утворювати суміш з водою. У цій техніці екстракції пара проходить через органічну речовину і конденсується, в результаті чого утворюється суміш пари і речовини. Тепер додаткове стебло нагрівається після проходження через всю суміш. Це призводить до випаровування суміші. За рахунок меншого тиску пари в складі суміші випаровуються необхідні органічні компоненти. Так з суміші витягують органічні матеріали.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Суміш пари і органічних молекул протікає через ємність, причому холодна вода надходить з одного кінця. Пройшовши через холодну воду, суміш, яка випарувалася, також складається з холодної води. Тепер суміш подається через гарячу воду з іншого кінця. В результаті суміш конденсується. Суміш збирається і відстоюється для поділу. Витягнуті органічні хімічні речовини з'являються на верхівці. Потім їх відокремлюють, фільтруючи воду знизу.

Характерний запах багатьох природно існуючих рослин викликаний летючими маслами, які існують в цих рослинах в низьких концентраціях. Ці ефірні олії сприяють виразному запаху багатьох рослин, включаючи евкаліпт, цитронеллу, часник, апельсини, троянди, м'яту перцеву та багато інших. На жаль, при нагріванні до більш високих градусів багато хто з цих масел розкладаються. Загалом парова дистиляція використовується для вилучення ефірних олій, оскільки при паровій дистиляції використовується пара низького тиску для заміни летких сполук у рослинній сировині. Крім того, парова дистиляція допомагає контролювати температуру та кількість пари, що подається на рослинний матеріал під час процесу екстракції. У цій техніці екстракції присутня камера обладнання з отвором у дні, і цей отвір дозволяє пару проходити через свіжі або сушені трави. У камері також передбачена кришка, що перешкоджає розтіканню масла в повітря при подачі в нього пари. Після цього можна зібрати краплі олії та води. Таким чином, вода і масло розділяються шляхом пропускання їх через фільтр.

Майже весь процес перегонки з водяною парою включає три основні фізико-хімічні реакції. Ці процедури окреслюють переваги та недоліки цього конкретного процесу. Розглядаючи на прикладі рослинної клітини, що містить ефірну олію, ці фізико-хімічні реакції описані нижче [10]:

1. Дифузія. При контакті пари з клітинами рослин починається процес осмосу. Коли система досягає точки кипіння води, цей процес починається. Процес осмосу відбувається в цьому масляно-водному розчині після того, як частина легкої олії розчиняється у воді, наявній усередині залоз, що містять ефірні олії. З часом він пробігається на поверхню, де масло випаровується за рахунок попутної пари. Перед початком методу речовину слід з'єднати і перегнати з водою для оптимального виходу масла.

На початку процесу дистиляції лише частина ефірної олії присутня на поверхні рослинної сировини, і відразу ж доступна для випаровування парою, решта олії повинна переміщатися шляхом дифузії з внутрішнього шару рослинного матеріалу на поверхню, перш ніж відбудеться випаровування парою. Перегонка рослинної сировини пов'язана з процесами дифузії, осмосу (у вигляді масел переміщуються через напівпроникні мембрани в рослині). При температурі киплячої води леткі масла розчиняються у воді, яка присутня в залозах. Тоді масляна водяна суміш проникає осмосом через мембрани в рослинному матеріалі до тих пір, поки не вийде на поверхню, де потім випаровується. Процес триває до тих пір, поки всі летючі масла не перейдуть з масляних залоз і не випаруються під дією пари.

2. Гідроліз. Процес гідролізу починається після процесу дифузії. Гідроліз відноситься до реакції води з певними елементами ефірних олій у цій техніці

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

екстракції ефірної олії. Ефіри, наприклад, реагують з водою при високих температурах з утворенням кислот і спирту. Цей побічний продукт зменшує кількість передбачуваного інгредієнта, ефірної олії, що виробляється. Цей процес гідролізу виробляє більше води з одночасним виробництвом більшої кількості побічних продуктів. Це призводить до збільшення часу обробки. Ця методика має істотний недолік парової дистиляції. Тому необхідно використовувати якомога меншу кількість води.

Гідролізом в даному контексті можна назвати хімічну реакцію між водою і певними складовими в ефірній олії. Ефірні масла містять різні хімічні сполуки, набір сполук, які майже завжди у великій кількості присутні в цих оліях є складними ефірами. При наявності води і високих температур ці сполуки реагують з водою з утворенням батьківських кислот і спирту. Два фактори, які сприяють гідролізу при екстракції ефірної олії з рослинної сировини: кількість води, яка контактує з ефірною олією і час контакту між маслом і водою [6-10]. Реакція гідролізу не є швидкою і багато в чому залежить від часу контакту між ефірними маслами і водою. Гідроліз впливає на процес дистиляції, бо при цьому використовується велика кількість води і займає вкрай тривалий період часу, отже, забезпечуючи ефірні олії та воду більш тривалим часом контакту.

3. Вплив температури. Ефект тепла, тобто температури під час дистиляції ефірних олій, проявляється в двох феноменах (дифузія і гідроліз). Температура пари змінюється протягом операції екстракції. Температура найнижча на початку дистиляції і підвищується в міру продовження операції. Таким чином, щоб зберегти найкращу якість олії, дистиляція повинна проводитися при низьких температурах, або в гіршому випадку, витримувати високу температуру якомога коротший час. При більш високих температурах більшість компонентів ефірного масла стають нестійкими. Щоб уникнути розкладання сполук під дією тепла, процес дистиляції необхідно проводити при більш низьких температурах.

На практиці три ефекти виникають одночасно разом і тому впливають один на одного. З огляду на вплив температури швидкість дифузії збільшується з підвищенням температури, так само як і розчинність компонента ефірної олії також збільшується під впливом температури. Те ж саме стосується і гідролізу, йому сприяють високі температури. Тому необхідно:

- підтримання низьких температур (наскільки це можливо);
- зменшення кількості води, що використовується при екстракції (для дистиляції води);
- здійснювати контроль температури конденсаційної води.

Фактори, що впливають на перегонку з водяною парою:

1. Вода. Вода є одним з елементів, що впливають на процес дистиляції з водяною парою. Більша кількість води збільшує побічні продукти та час переробки. В результаті слід використовувати меншу кількість води.

2. Температурний режим. Швидкість перегонки з парою ефірна олія знаходиться в прямій залежності від температури. Швидкість перегонки олії поступово збільшується в міру підвищення температури пари. Однак

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

підвищення температури може призвести до погіршення якості необхідного компонента.

3. В'язкість. Швидкість перегонки з паром знаходиться в зворотній залежності від в'язкості. У міру збільшення в'язкості швидкість перегонки з водяною паром зменшується.

4. Тиск. Швидкість перегонки з водяною паром обернено пропорційна тиску. Швидкість дистиляції зменшується в міру підвищення тиску в системі. Тиск можна регулювати по-різному в залежності від того, чи є у верхній частині газ, що не конденсується, який необхідно виводити в повітря чи ні. Подача до колонки зрідка доступна для керування як частина елементів керування системою, оскільки зазвичай вона надходить звідкись ще.

5. Час, який необхідний для екстракції (впливає в основному на гідродистиляцію).

6. Робочі параметри (такі як температура та тиск).

Переваги парової дистиляції:

1. Контроль якості. Техніка парової дистиляції дозволяє контролювати температуру і кількість пари, що проходить через рослинний матеріал. Ступінь деградації компонентів буде знижена після підтримки температури на рівні температури кипіння води. Таким чином, можемо легко отримати необхідне з'єднання.

2. Поділ з'єднання. Метод парової дистиляції використовується для розділення чутливих до температури органічних молекул, таких як ароматичні сполуки. Він також допомагає екстрагувати олії з натуральних продуктів, таких як цитрусова олія, евкаліптова олія та інші природні речовини, які отримані з органічної речовини.

3. Видалення домішок. Дистиляція з водяною паром корисна для видалення домішок із з'єднання. Це пов'язано з тим, що температура кипіння сполуки пов'язана з її чистотою. Чим вище чистота з'єднання, тим вище його температура кипіння. Таким чином, сполуки з високою чистотою будуть випаровуватися при більш високій температурі, ніж сполуки з низькою чистотою.

4. Екстракція ефірної олії. Дистиляція з водяною паром – це технологія вилучення та виділення ефірних олій з рослин для використання в натуральних продуктах. Пар впорскується через рослину в ємність, де вивільнюються ароматичні молекули рослини і перетворюються в пар.

5. Зменшує розкладання термочутливих сполук. Дистиляція з водяною паром сприяє зменшенню розкладання чутливих до температури сполук за рахунок зниження температури кипіння. Він корисний для очищення від органічних сполук.

Проте, незважаючи на свою важливість у цьому контексті, отримання ефірної олії шляхом парової дистиляції має значні недоліки, такі як його велика тривалість. Це може вплинути на втрату термочутливих компонентів і знизити якість видобутого масла. При правильному застосуванні технологічні елементи, які поєднуються з кількісними та якісними удосконаленнями, здатні підвищити продуктивність, сприяючи тим самим мінімізації споживання енергії та води, а також зменшенню всіх інших виробничих ресурсів. Контроль температури

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

конденсаційної води є важливим контролюємим параметром, який забезпечує контроль температури конденсаційної води, з акцентом на уникнення втрат через випаровування легких сполук. Традиційний підхід до контролю процесу безперервної дистиляції полягає в простому контролі верхньої температури з дефлегматорним потоком і контролі нижньої температури за допомогою тепла (зазвичай пари) [8, 10, 11]. Вони можуть бути налаштовані або не сконфігуровані як каскадні петлі з виходами регулятора температури, які безпосередньо керують клапанами або забезпечують задане значення для регуляторів потоку. Температури вибираються як вивідні вимірювання, які пов'язані зі складом продукту, тому, що зазвичай лінійні аналізатори недоступні або недоцільні. Рівень в дефлегматорі і основі колони, як правило, контролюються потоками продукту. Між рівнем і потоком може бути каскад або контролери рівня, які можуть безпосередньо маніпулювати регулюючими клапанами. Така стратегія проста в реалізації і працює для більшості процесів дистиляції. Швидкість потоку сировини, температура та склад можуть змінюватися, створюючи перешкоди для процесу дистиляції колонки.

Як зазначалося раніше важливим є вимірювання якості продукції. Зазвичай це робиться за допомогою аналізаторів, але багато обладнання для отримання ефірних олій не оснащені онлайн-аналізаторами. Якість продукції пов'язана з температурою та тиском. Контроль температури є вивідним контролем, оскільки температура використовується для визначення чистоти. Існує аргумент на користь використання температур з компенсацією тиску, особливо якщо тиск сильно змінюється. Якщо станеться перепад тиску, то температура відразу зміниться за законом ідеального газу. Але в кінцевому підсумку рівновага пари і рідини зрушиться і тиск, і температура знову врівноважаться при зміні чистоти. Контроль температур з компенсацією тиску може допомогти поліпшити контроль складу.

В експлуатаційному відношенні велике значення має і тривалість процесу екстракції. Правильне визначення часу технологічного процесу забезпечує відповідну якість ефірної олії, споживання меншої кількості енергії та води і, що дуже важливо, відповідне управління потужністю. Час екстракції, як правило, встановлюється власником компанії або досвідченим керівником операції, і він залишається фіксованим для майбутніх дистиляцій; Таким чином, не беруться до уваги природні відмінності в сировині. Незважаючи на важливість цього чинника, залишається брак специфічної технології для визначення економічної кінцевої точки видобутку [4-11]. У дослідженнях зазначається, що фіксований час екстракції (30, 60, 120 і 180 хвилин) не звертаючи уваги на тривалість продуктивної екстракції, коли ефірна олія ефективно екстрагується. Це означає, що, якщо тривалість недостатньо велика для завершення видобутку, економічний обсяг не досягається. Якщо довше, то енергія та інші виробничі витрати витрачаються непродуктивно, не кажучи вже про ризик деградації продукції через перевищення температури та втрати легких сполук.

На основі вище зазначеного можна вважати, що контроль температури конденсаційної води є важливим контролюємим параметром, який забезпечує контроль температури конденсаційної води, з акцентом на уникнення втрат

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

через випаровування легких сполук. Ефект тепла, тобто температури під час дистиляції ефірних олій, проявляється в двох феноменах (дифузія і гідроліз). Температура пари змінюється протягом операції екстракції. Температура найнижча на початку дистиляції і підвищується в міру продовження операції. Таким чином, щоб зберегти найкращу якість олії, дистиляція повинна проводитися при низьких температурах, або в гіршому випадку, витримувати високу температуру якомога коротший час. При більш високих температурах більшість компонентів ефірного масла стають нестійкими. Щоб уникнути розкладання сполук під дією тепла, процес дистиляції необхідно проводити при більш низьких температурах. На практиці три ефекти виникають одночасно разом і тому впливають один на одного. З огляду на вплив температури швидкість дифузії збільшується з підвищенням температури, так само як і розчинність компонента ефірної олії також збільшується під впливом температури. Те ж саме стосується і гідролізу, йому сприяють високі температури. Тому необхідно: підтримання низьких температур (наскільки це можливо); зменшення кількості води, що використовується при екстракції (для дистиляції води); здійснювати контроль температури конденсаційної води за допомогою датчиків температури.

2.2 Удосконалення конструкції екстракційного обладнання із контролем температури

Дистиляція з водяною парою є одним з найпоширеніших методів, що використовуються для вилучення ефірних масел. Він передбачає нагрівання рослинного матеріалу за допомогою пари, яка вивільняє ефірні олії з клітин рослини. Потім пар та ефірні олії охолоджують, а ефірні олії відокремлюють від води. Дистиляція з водяною парою є поширеним методом, який використовується для вилучення ефірних олій з рослинної сировини, такої як роза дамаська, лаванда, меліса, ромашка, м'ята, безсмертник та багато інших рослин. Обладнання, яке використовується для парової дистиляції, зазвичай складається з наступних компонентів:

- посудина для дистиляції – ємність, яка утримує рослинний матеріал під час процесу дистиляції. Найчастіше його виготовляють з нержавіючої сталі або скла;

- джерело тепла – використовується для нагрівання рослинного матеріалу та вироблення пари. Це може бути нагрівальний елемент, полум'я або ванна з гарячою водою;

- конденсатор – це охолоджувана трубка або зміювик, який використовується для конденсації пари та ефірних олій назад у рідину. Він часто виготовляється з нержавіючої сталі або скла і охолоджується водою;

- система збору – використовується для відділення ефірних олій від води. Це може бути розділова воронка, конденсатор з приймальною колбою або ректифікаційна колона.

Більшість ефірних масел отримують методом захоплення парою, що є досить простим процесом, оскільки суміш необхідно нагрівати до тих пір, поки летючі речовини не випаруються. Пари проходять через конденсатор і

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

переходять в рідкий стан. Конструкція екстракційного обладнання містить: резервуар для екстракції (екстракторний бак), конденсатор, сепаратор масла (рис. 2.2).

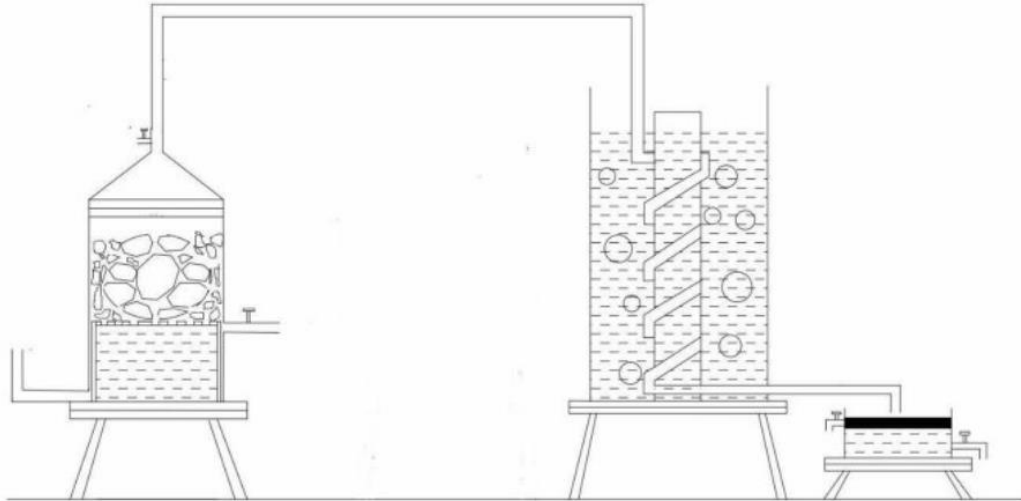


Рисунок 2.1 – Конструкція екстракційного обладнання

На рисунку 2.1 позначено: 1 – екстракторний бак, 2 – змійовий конденсатор, 3 – сепаратор масла.

1. Дистилятор відповідатиме за відділення за допомогою пари, випаровування рослинної сировини, де буде знаходитися ефірна олія. Він доставить ефірну олію разом з гідролатом до конденсатора. Резервуар для екстракції (екстракторний бак) має відповідати місткості рослинної речовини, яка необхідна для отримання 1 кг ефірної олії. Виходячи з цього, необхідно врахувати вільний обсяг всередині резервуара, обсяг води і обсяг рослинної речовини. Дистиляційний апарат призначений для здійснення операції вилучення олії – це циліндрична ємність, яка розділена на дві секції: секція для води, де зберігається вода, що використовується для виробництва пари та секція для рослинної сировини. Ці дві секції розділені перфорованою сіткою на якій лежить рослинна сировина, що підлягає екстрагуванню. Вода при нагріванні буде виробляти пару, яка проходить через рослинні матеріали. Тепло від пари змушує крихітні олійні мішечки рослини виділяти збережену ефірну олію. Потім пара працює як транспортне середовище для випаровування та конденсації частинок есенції. Нарешті, вихід відбувається у вигляді шару ефірного масла і гідрозолу (суміші видобутої олії та води).

Екстракторний бак є найважливішою частиною системи для збереження якості олії, що видобувається. В екстракторному баку масло витісняється з біоматеріалу, поміщеного всередину, паром, що надходить з парогенератора. Системи впорскування пари і розподілу ізоляції від атмосферних умов відіграють важливу роль в досягненні відповідної якості і кількості масла. Правильна система транспортування матеріалів також дуже важлива для простоти експлуатації та кращої ефективності.

Максимальний об'єм води, який необхідний для процесу парової дистиляції був оцінений у 479 літрів, використовуючи наступну формулу [12]:

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_1 = \frac{\pi * d_1^2}{4} * h_1$$

де h_1 – довжина резервуара для води, 61 см;
 d_1 – діаметр дистилятора, 100 см.

Максимальний обсяг дистилятора в якому буде знаходитися рослинна сировина становить 1,413716 м³, що виходить з наступної формули:

$$V_2 = \pi * \left(\frac{d_1}{2}\right)^2 * h_2$$

де h_2 – довжина дистилятора, 180 см;
 d_2 – діаметр конденсатора, 24 см.

Оскільки обсяг рослинної сировини варіюється в залежності від виду і розміру, було отримано середню загальну кількість в 1364 кілограми, яка надійде в дистилятор об'ємом 1,413716 м³. Щільність дистилятора становитиме 964,83 кг/м³ при температурі нижче 15°C.

Щоб оцінити максимальний обсяг в літрах води, який може вмістити конденсатор, необхідно враховувати як обсяг самого конденсатора, так і обсяг спіралі, а обсяг конденсатора становить 47048,49 см³ [12]:

$$V_3 = \pi * \left(\frac{d_2}{2}\right)^2 * h_3$$

де h_3 – довжина конденсатора, 104 см;
 d_2 – діаметр конденсатора, 24 см.

Обсяг спіральної котушки буде розраховуватися з урахуванням наступних даних, а V_4 = об'єму спіралі:

$$L_t = \sqrt{(2\pi * R)^2 + p^2} * n$$

де L_t – дорівнює повній довжині спіралі;
 ρ – щільність дистилятора, 964,83 Кг/м³.

$$L_t = 3769.98 \text{ cm}$$

$$V_4 = \pi * \left(\frac{d_3}{2}\right)^2 * l$$

де V_4 – об'єм спіралі;
 d_3 – діаметр конденсатора, 24 см.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_4=11843.74 \text{ cm}^3$$

Об'єм води конденсатора:

$$V_t=V_3-V_4$$

Процедура дистиляції ефірного масла проводиться в кілька етапів: спочатку вода нагрівається, яка потім перетягує ефірну олію з рослини в конденсатор, де тривалість операції і обсяг масла, починаючи з початкового обсягу 0,8 літра в перші 12 хвилин і закінчуючи в наступні 4 години.

2. Конденсатор відповідає за охолодження ефірної олії та материнської води, яка буде проходити через змійовик, а конденсатор запобігатиме її випаровуванню, охолодження буде здійснюватися від 5 до 15°C. Тут суміш пари та ефірної олії має бути охолоджена до рідкого стану суміші води і ефірного масла. Охолодження досягається за рахунок використання мідного змійовика для транспортування пари. Котушка оточена крижаною водою для забезпечення зниженої температури дистиляту. У нижній частині конденсатора розташовані два отвори, один з яких дозволяє виходити конденсованій парі, а інший для зливу охолоджуючої води. Конденсатор відповідає при охолодженні масляно-водяної суміші для поділу за різницю щільності в сепараторі. Температура на виході і кількість пари суміші, що виходить з екстракторного баку визначають розмір конденсатора і необхідну охолоджуючу воду.

3. Сепаратор олії виконує функцію відділення гідролату та ефірної олії, що дозволить краще розділити речовини та зменшити випаровування сировини. Ефірна суміш, яка була охолоджена до рідкого стану в конденсаторі пропускається в ємність, яка оснащена краном на дні, щоб здійснити вихід більш щільної рідини (води) з ємності після відстоювання. Таким чином, залишаючи після себе ефірну олію, оскільки її питома вага менше 1. Сепаратор є найменшою, але дуже важливою частиною системи. Обладнання сконструйоване з урахуванням незмішуваності масла і води, так, що масло можна розділити по різниці щільності. Більшість ефірних масел мають щільність менше, ніж вода. Сепаратор сконструйований таким чином, щоб підтримувати оптимальний процес сепарації та необхідний обсяг для тривалої роботи.

При масовому виробництві ефірної олії дуже важливо забезпечити гарантовану якість ефірної олії, а кількість видобутої олії підтримується на оптимальних швидкостях виробництва. Однак існують певні значущі параметри, які необхідно контролювати, щоб відповідати встановленим технічним характеристикам для системи. Процес парової дистиляції відноситься до категорії традиційного методу екстракції. Є кілька факторів, які сприяють популярності цього «вічнозеленого» методу, а саме: вартість системи, чистота, продуктивність та експлуатаційні витрати.

У процесі дистиляції водяною парою необхідно здійснювати контроль основних параметрів, які впливають на вихід екстракції. Такими параметрами є температура, тиск, час дистиляції, хімічний склад і розмір частинок [15]. Однак вважається, що одним з ключових параметрів є контроль зміни температури пари, як контрольованому параметру, оскільки він є одним з найбільш

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

значущих параметрів у процесі дистиляції. Під час процесу екстракції при більш високих температурах або тривалій вплив тепла на екстраговану рослину може призвести до термічної деградації виходу олії. Отже, якість хімічного складу олії знижуватиметься, оскільки це впливає на ароматичні профілі олії та її фізичний колір. Без моніторингу температури у процесі екстракції паровою дистиляцією якісна та кількісна властивість екстракційної олії не може бути збережена та забезпечена протягом усього процесу.

Контроль температури конденсаційної води є важливим контролюємим параметром, який забезпечує контроль температури конденсаційної води з акцентом на уникнення втрат через випаровування легких сполук [12-14]. Запропонована система регулювання температури, яка встановлена в прототипі установки парової дистиляції представлена на рисунку 2.1. Пропонується застосовувати мікропроцесорний контролер змінного струму на 25 А для керування нагрівачем і датчиками вимірювання температури. Датчики встановлені всередині екстрактора для контролю температурних перепадів. Процес парової дистиляції для екстракції ефірної олії із системою контролю температури наведено на рисунку 2.2.

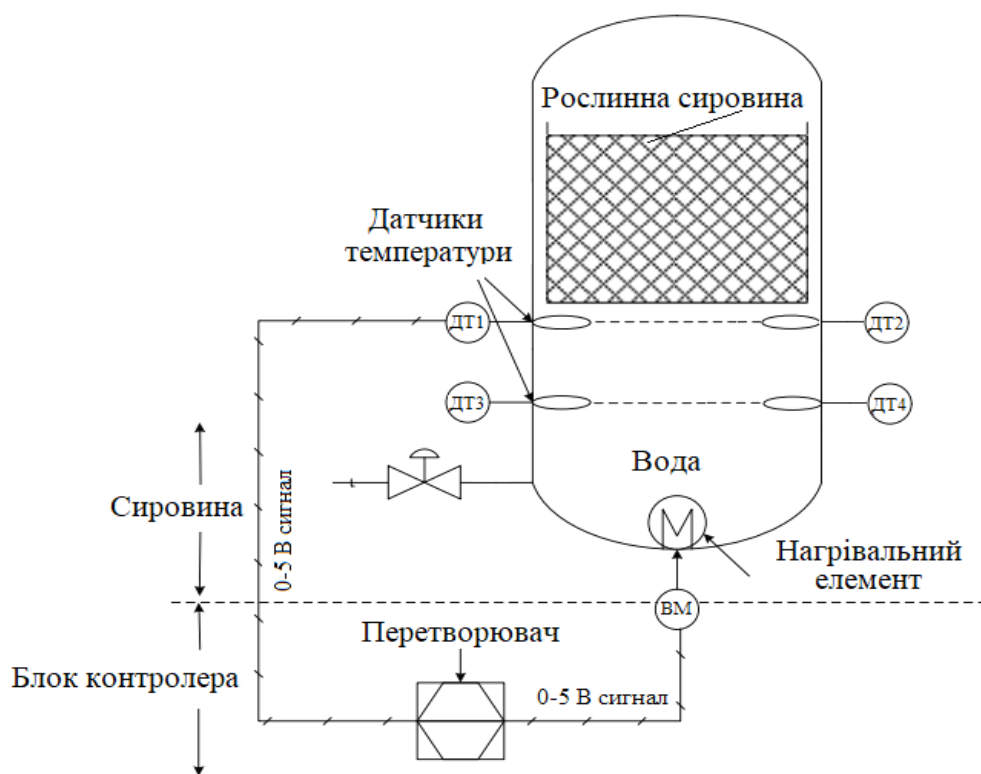


Рисунок 2.2 – Процес парової дистиляції для екстракції ефірної олії із системою контролю температури

Для контролю температури конденсаційної води пропонується застосовувати вимірювальні пристрої, а саме датчики температури високої щільності. Покращений контроль може призвести до збільшення пропускної здатності, зниження споживання одиниці енергії та підвищення отримання більш цінного продукту. Для цього можна застосовувати датчики температури, що вводяться безпосередньо в сировину, щоб мінімізувати час, необхідний для

передачі даних про температуру. Пропонується застосувати чотири датчики температури (ДТ1, ДТ2, ДТ3, ДТ4), які встановлені всередині екстракційної ємності для виявлення різниці в температурних перепадах [4, 5, 15]. Якщо вони виникають то пара нерівномірно протікає через сировину, яка підлягала екстрагуванню, що може бути позначено на якості отриманої ефірної олії. Датчики температури повинні бути встановлені таким чином, щоб вони не сильно заважали потоку пари. Так, ДТ1 і ДТ2, ДТ3 і ДТ4 встановлені на одному рівні та будуть вказувати на різницю температур, якщо вона буде виникати.

Датчики температури поміщені безпосередньо в сировину для того, щоб скоротити час, який необхідний для передачі даних про температуру. Встановлені температурні датчики фіксують перепади температур в період нагріву (підвищення температури) і показують, що пара протікає через рослину сировину нерівномірно. Відмінності між ДТ1 і ДТ2, ДТ3 і ДТ4 показують, що пара тече нерівномірно. Таким чином, пара нерівномірно досягає датчиків температури, які встановлені на одному рівні екстракторного баку, що вказує на наявність температурних перепадів.

Датчик являє собою платиновий чутливий елемент провідного типу і підключений до схеми обробки сигналу з виходом від 0 до 5 В, що відповідає температурі від 0 до 110°C. Температура установки регулюється за допомогою регулятора потужності, який генерує керуючі сигнали від 0 до 5 В постійного струму через цифро-аналоговий перетворювач, а потім подаються на нагрівач, як виконавчий механізм на установку. Така організація процесу дистиляції ефірної олії з парою може забезпечити вдосконалений контроль температури, який сприятиме відповідним профілям температури, які відповідатимуть властивостям видобутої рослини. Крім того, перевагою системи є її здатність виконувати масове виробництво ефірної олії з меншим втручанням людини або нагляду за працею за рахунок пропонованого в системі комп'ютерного моніторингу.

На основі вище зазначеного можна вважати, що контроль температури конденсаційної води є важливим контролюємим параметром, який забезпечує контроль температури конденсаційної води з акцентом на уникнення втрат через випаровування легких сполук. Ефект тепла, тобто температури під час дистиляції ефірних олій, проявляється в двох феноменах (дифузія і гідроліз). Температура пари змінюється протягом операції екстракції. Температура найнижча на початку дистиляції і підвищується в міру продовження операції. Таким чином, щоб зберегти найкращу якість олії, дистиляція повинна проводитися при низьких температурах, або в гіршому випадку, витримувати високу температуру якомога коротший час. При більш високих температурах більшість компонентів ефірного масла стають нестійкими. Щоб уникнути розкладання сполук під дією тепла, процес дистиляції необхідно проводити при більш низьких температурах. Тому необхідно: підтримання низьких температур; зменшення кількості води, що використовується при екстракції; здійснювати контроль температури конденсаційної води.

Запропоновано удосконалену конструкцію екстракційного обладнання, яке містить: резервуар для екстракції (екстракторний бак), конденсатор, сепаратор масла.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

1. Дистиляційний апарат призначений для здійснення операції вилучення олії – це циліндрична ємність, яка розділена на дві секції: секція для води, де зберігається вода, що використовується для виробництва пари та секція для рослинної сировини. Ці дві секції розділені перфорованою сіткою на якій лежить рослинна сировина, що підлягає екстрагуванню.

2. Конденсатор відповідає за охолодження ефірної олії та материнської води, яка проходить через змійовик, а конденсатор запобігатиме її випаровуванню. У нижній частині конденсатора розташовані два отвори, один з яких дозволяє виходити конденсованій парі, а інший для зливу охолоджуючої води.

3. Сепаратор олії виконує функцію відділення гідролату та ефірної олії, що дозволить краще розділити речовини та зменшити випаровування сировини. Ефірна суміш, яка була охолоджена до рідкого стану в конденсаторі пропускається в ємність, яка оснащена краном на дні, щоб здійснити вихід більш щільної рідини (води) з ємності після відстоювання.

Запропоновано удосконалення процесу парової дистиляції для екстракції ефірної олії із системою контролю температури. Для контролю температури конденсаційної води пропонується застосовувати вимірювальні пристрої, а саме датчики температури високої щільності. Покращений контроль може призвести до збільшення пропускної здатності, зниження споживання одиниці енергії та підвищення отримання більш цінного продукту. Для цього доцільно застосовувати датчики температури, що вводяться безпосередньо в сировину, щоб мінімізувати час, який необхідний для передачі даних про температуру. Пропонується застосувати чотири датчики температури (ДТ1, ДТ2, ДТ3, ДТ4), які встановлені всередині екстракційної ємності для виявлення різниці в температурних перепадах. Якщо вони виникають то пара нерівномірно протікає через сировину, яка підлягає екстрагуванню, що може бути позначено на якості отриманої ефірної олії. Датчики температури повинні бути встановлені таким чином, щоб вони не сильно заважали потоку пари. Так, ДТ1 і ДТ2, ДТ3 і ДТ4 встановлені на одному рівні та будуть вказувати на різницю температур, якщо вона буде виникати.

Встановлені температурні датчики фіксують перепади температур в період нагріву (підвищення температури) і показують, що пара протікає через рослинну сировину нерівномірно. Відмінності між ДТ1 і ДТ2, ДТ3 і ДТ4 показують, що пара тече нерівномірно. Таким чином, пара нерівномірно досягає датчиків температури, які встановлені на одному рівні в екстракторному баку, що вказує на наявність температурних перепадів. Така організація процесу дистиляції ефірної олії забезпечує контроль температури, який сприятиме відповідним профілям температури, які відповідатимуть властивостям видобутої рослини.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Властивості ефірних олій

Ефірні масла – це концентровані рослинні екстракти. Якість ефірної олії має вирішальне значення в багатьох галузях промисловості та сферах застосування. Потреба в ефірній олії широко використовується в ароматичних матеріалах, харчових продуктах та ароматизаторах. Для процесу видобутку ефірної олії потрібна сировина з рослини, яка містить тендітні ароматичні молекули [15]. Молекули можуть легко анігілюватися або модифікуватися при будь-яких змінах у процесі екстракції. Навіть незначна різниця в умовах процесу екстракції може дати значний вплив на якість масла.

Наприклад, ефірна олія лаванди є потужним засобом для зняття стресу. Доведено, що його заспокійливий аромат знижує рівень тривожності та покращує якість сну. Багато людей використовують лавандову олію в дифузорах або як частину режиму перед сном, щоб створити заспокійливу обстановку та сприяти глибокому розслабленню. Включення цих ефірних олій у свій розпорядок дня може забезпечити не лише фізичне, але й емоційне благополуччя, дозволяючи відчувати численні переваги ароматерапії

Лаванда і евкаліпт – популярні рослини для отримання ефірної олії. Лаванда з її заспокійливим ароматом широко використовується в ароматерапії для сприяння розслабленню та сну. Володіє протизапальними властивостями, які можуть допомогти полегшити головний біль і зменшити занепокоєння. Евкаліпт відомий своїм освіжаючим і підбадьорливим ароматом. Його часто використовують для полегшення закладеності носа та проблем з диханням завдяки його властивостям. Інші популярні рослини та трави для вигонки включають перцеву м'яту, ромашку, розмарин та мелісу.

Ефірна олія розмарину має підбадьорливі та стимулюючі властивості, які можуть допомогти покращити зосередженість та концентрацію. Також відомо, що сировина покращує пам'ять і розумову активність, що робить його популярним вибором для студентів або тих, кому потрібно залишатися бадьорим протягом тривалого робочого дня. На додаток до когнітивних переваг, олія розмарину часто використовується в ароматерапії через її властивості знімати стрес [16, 17]. Доведено, що приємний аромат цієї олії зменшує занепокоєння та сприяє розслабленню, допомагаючи людям розслабитися після довгого дня. Найвищу якість ефірної олії розмарину отримують з листя рослини, де розташована більшість масляних залоз. Решту ефірної олії отримують з квітучих повітряних верхівок, гілочок і квіток рослини.

Як згадувалося раніше, ароматичні трави та їх ефірна олія століттями

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шишов			[ослідження процесу екстракції ефірної олії та удосконалення обладнання для отримання концентрованих ароматичних речовин	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Цвіркун					34	8
Н. Контр.		Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.		Хорольський						

використовувалися для багатьох цілей. Використання ефірних олій датується 1500-ми роками. За науковими даними до того, як було винайдено холодильну техніку, олії використовували для консервування харчових продуктів, а також з медичної, антисептичної та в'язучою метою.

Протягом багатьох років сфера використання ефірних олій не сильно змінилася. У народній медицині сьогодні використовуються багато ефірних олій при лікуванні захворювань нервової системи і хвороб кровообігу. Застосовується до пацієнтів з хронічними слабкостями або судинними порушеннями. Наприклад, олія розмарину використовується як дезінфікуючий засіб та інсектицид завдяки своїй антипатогенній активності. Також завдяки своєму приємному аромату ефірна олія розмарину широко використовується в якості ароматичного компонента в косметичній промисловості. Основними продуктами, які використовуються в цій олії є лосьйони, парфуми, мило та креми. Проте, олія розмарину використовується і в кулінарних цілях та як ароматизатор для м'яса та соусів, а також для продовження терміну придатності харчових продуктів.

Ефірна олія меліси використовується в традиційній медицині для лікування ряду проблем зі здоров'ям, включаючи безсоння, тривогу, мігрень, гіпертонію, діабет. Однією з найвідоміших переваг ефірної олії меліси є її здатність допомагати в лікуванні герпесу природним шляхом і без потреби в антибіотиках, які можуть сприяти зростанню стійких бактеріальних штамів в організмі. Його противірусні та антимікробні властивості є лише деякими з потужних і лікувальних якостей цієї цінної ефірної олії.

2.2 Дослідження виходу ефірної олії із сушеної м'яти у процесі дистиляції

У роботі будемо досліджувати вихід ефірної олії із сушеної м'яти у процесі дистиляції. Для цього рослинна сировина була очищена дистилюваною водою і висушена за допомогою різних методів сушіння поки вона не досягла постійної ваги. Отриману сировину подрібнили і зберігали в пластикових пакетах на блискавці до переробки її в ефірну олію.

На вихід ефірної олії значною мірою впливає метод сушіння, бо у процесі сушіння свіжих рослин може змінитися фотохімічний склад, що може мати наслідки для кінцевої якості отриманої сировини. Доведено, що наявність або відсутність однієї складової може вплинути на зміни в біологічній активності ароматичних масел. Високий вміст біологічно активних сполук є бажаними характеристиками для деяких лікарських трав, тоді як для використання в харчових цілях, наприклад, у випадку з кулінарними сушеними травами, якість представлена кольором і свіжим характерним ароматом. З цієї причини вибір способу сушіння є важливим параметром.

Існує кілька способів сушіння, які можна використовувати. Традиційні або не традиційні методи сушіння засновані, як правило, на конвективних явищах тепло- і масообміну. У деяких промислових цілях принципи, що лежать в основі осмотичних процесів, можуть бути застосовані до зневоднення рослинних матриць задля поліпшення якості продукції та зниження витрат на

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

виробництво (енергії та інших видів ресурсів) [18]. У традиційних процесах нагрівання енергія передається рослинній сировині шляхом явищ конвекції, провідності та випромінювання за рахунок теплових градієнтів та через зовнішню поверхню матеріалів. Сонячна сушка є найдавнішим методом сушіння, який заснований на радіаційних (теплопередача) і конвективних (масообмін) явищах. Під час цього процесу свіжі трави піддаються прямому впливу сонячних променів, що часто призводить до значної втрати кольору та аромату у сушених травах. Тіньові методи сушіння завжди використовують сонячну енергію як джерело тепла, зберігають світлочутливі речовини та зменшують окислювальні процеси. Однак, час сушіння в тіні довший, ніж при сушінні на сонці. Мікрохвильове та радіочастотне сушіння представляють новітні передові технології у процесах зневоднення харчових продуктів. Зокрема, мікрохвилі – це електромагнітні випромінювання, що характеризуються частотами від 300×10^9 Гц до 300×10^6 Гц з частотою 915 МГц і 2450 МГц призначені для застосування в промислових галузях.

Мікрохвильова енергія обумовлена прямою взаємодією між прикладеним полем і сировиною, взаємодіями, що викликають перетворення електромагнітної енергії в теплову. Висока швидкість нагріву є особливістю мікрохвильового нагрівання, оскільки вона дозволяє скоротити час обробки (секунди або хвилини) замість годин, якщо нагрівання здійснюється звичайним нагріванням. Це пов'язано з повільною швидкістю віддачі тепла від поверхні матеріалу до внутрішніх частин, що визначається різницею температур від теплої зовнішньої до прохолодної всередині. На противагу цьому, мікрохвильова енергія може виробляти, за певних умов, об'ємне нагрівання і високоякісне та біологічно активне зберігання обробленої сировини. Зі енергозберігаючої точки зору нагрівання за допомогою мікрохвиль можна вважати посиленою операцією, що є однією з основних причин зростання промислового інтересу. Ключовими факторами мікрохвильового нагрівання є діелектричні властивості опромінюваних матеріалів, бо є здатність речовин взаємодіяти з електромагнітними полями. Тому методи сушіння, які використовуються для сушіння рослин, можуть впливати на кількість ефірної олії та якість ароматичних речовин.

Процес сушіння може являти собою проміжну обробку для покращення або полегшення інших операцій, таких як екстракція або механічне очищення. У дослідженні зразки рослин піддавали різним обробкам сушіння, щоб визначити їх вплив на вихід ефірної олії. Зокрема, кінцеві точки застосовуваних процедур зневоднення були різними через внутрішню потенційність або можливість налаштування застосованого методу сушіння.

Для вивчення механізму впливу дегідратації на вихід екстрагованої ефірної олії було застосовано два методи сушіння. Для цього було підготовлено відповідні зразки сировини. Рослини відіграють вирішальну роль у забезпеченні якості та ефективності одержуваних ефірних масел. Для початку ретельно було відібрано свіжий і здоровий рослинний матеріал, який включає листя, квіти, стебла. Потім ретельно очистили рослинну сировину, щоб видалити будь-який бруд або домішки, які можуть вплинути на кінцевий продукт.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Одна частина м'яти використовувалася для характеристики як свіжий матеріал (контроль), а інша сировина використовували для сушіння конвективним методом (за різних температур) та за допомогою мікрохвильового сушіння (за різних температур). При конвективному сушінні гарячим повітрям шар сировини розкладався в кілька сантиметрів на опору з сітки. Сушіння виконувалося шляхом встановлення заданої температури на 50°C, а вологість контролювалася протягом тривалого часу до 24 год. Мікрохвильова сушка проводилася на робочій частоті 2450 МГц мікрохвильовою піччю. Температуру поверхні продуктів, висушених у мікрохвильовій печі, контролювали за допомогою інфрачервоного термометра.

Візуальне обстеження після сушіння показало ефект потемніння на всіх висушених продуктах (на листі, суцвіттях і гілках м'яти) і певний ступінь усушки (особливо це стосується листя). Ефект потемніння, однак, більш очевидний у зразках, оброблених гарячим повітрям. Спостерігалися відмінності, які пов'язані з аспектами фізики сушіння. У процесах сушіння за допомогою мікрохвиль зразки піддавалися меншому термічному навантаженню, тому, навіть якщо їх піддавати впливу більш високих температур, час впливу значно коротший в діапазоні 55–70°C (значення гарячої точки). Знижені теплові ефекти дозволяють знизити хімічні процеси деградації (втрати ароматів, вітамінів, білків, кольору), зберігаючи сенсорні та харчові аспекти [18]. З іншого боку, надшвидке транспортування речовини (міграція вологи з трав у середовищі процесу) може спричинити серйозне пошкодження тканин. Висока швидкість транспортування речовини може мати наслідки для структурних властивостей. Тому важливо вибрати правильний метод зневоднення відповідно до використання рослини. Отримані зразки сушеної м'яти за допомогою різних методів.



Рисунок 3.1 – Отримані зразки сушеної м'яти за допомогою різних методів (конвективне та мікрохвильове сушіння)

Оцінено вплив кількох методів сушіння на вихід ефірної олії. При застосуванні мікрохвильового сушіння було отримано висушену сировину з кращою якістю. Зразки мають менше пошкоджених тканин, чим при конвективному сушінні, що характеризуються кінетикою швидкого висихання. Рослини, які висушені перед екстрагуванням, зазвичай можуть мати збільшену або зменшену вагу. Ці відмінності в значеннях можуть бути пов'язані з часом сушіння і температурами, що використовуються при різних методах сушіння.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

На наступному етапі було досліджено вихід ефірної олії із отриманих зразків сушеної м'яти у процесі дистиляції. Ефірні олії видобуваються з рослин різними методами, причому парова дистиляція є однією з найпоширеніших. Цей метод передбачає нагрівання рослинного матеріалу та пропускання через нього пари для виділення ароматичних сполук. Пара переносить ці леткі масла в конденсатор, де вони охолоджуються і перетворюються в рідку форму. Процес дозволяє відокремити ефірну олію від інших компонентів рослини.

Способи екстракції різняться в залежності від типу використовуваного рослинного матеріалу. Для ніжних квітів і листя зазвичай використовується парова дистиляція. Щадний метод передбачає пропускання пари через рослинну сировину для вивільнення ефірних олій, які потім конденсуються та збираються. Для більш твердих матеріалів, таких як коріння, може використовуватися метод, який називається екстракцією розчинником, коли для розчинення ефірних олій з рослинної речовини використовується такий розчинник, як етанол.

У дослідженні ефірну олію з сушеної м'яти будемо отримувати за допомогою методу дистиляції. Цей етап має вирішальне значення для вилучення ефірних олій з рослин. Існують різні методи дистиляції, які можна використовувати, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Найпоширенішим методом є дистиляція з водяною парою, коли пара пропускається через рослинний матеріал для виведення летких сполук. Іншим методом є гідродистиляція, яка передбачає занурення рослинної сировини у воду, а потім її нагрівання для вивільнення ефірних олій. Під час процесу дистиляції важливо звертати увагу на певні фактори, такі як температура, тиск і тривалість дистиляції, щоб забезпечити оптимальну екстракцію ефірних олій. Для дистиляції ефірної олії було використано набір для дистиляції (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Набір для дистиляції ефірної олії [19]

Обладнання містить наступні основні компоненти:

Колба для перегонки – термостійка скляна колба, яка утримує рослинний матеріал і воду в процесі дистиляції.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Конденсатор – трубчастий апарат, який охолоджується і конденсує випаровані ефірні масла в рідку форму.

Джерело тепла – невелике багаття для нагріву перегінної колби.

Термометр – використовується для контролю температури під час перегонки.

Посудина для збору – ємність в якій збирається кінцевий продукт – чисте ефірне масло.

При підготовці рослинної сировини до дистиляції дуже важливо підбирати свіжі та якісні рослинні компоненти. Слід використовувати правильні методи сушіння, щоб зберегти природні олії та аромати рослини. Під час процесу дистиляції розуміння контролю температури та часу має важливе значення для вилучення максимальної кількості корисних сполук із рослинної сировини. Збір і зберігання ефірної олії в пляшках з темного скла подалі від тепла та сонячного світла допоможе зберегти її ефективність і продовжити термін придатності. Модель виходу ефірної олії із сушеної м'яти у процесі дистиляції наведено на рисунку 3.3.

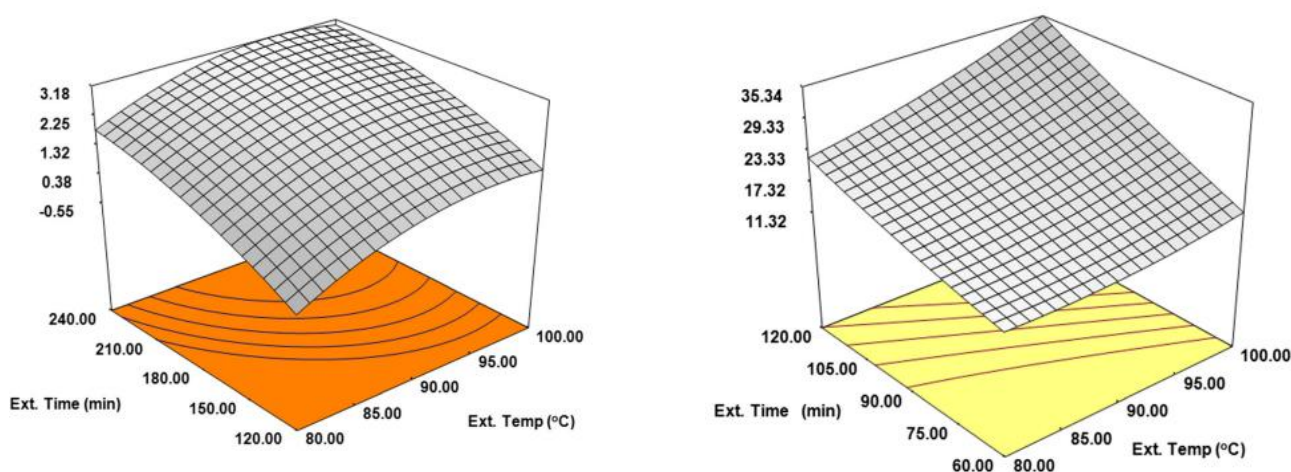


Рисунок 3.3 – Модель виходу ефірної олії із сушеної м'яти у процесі дистиляції

Отримані дані свідчать, що застосований метод сушіння (зневоднення), а саме попередня обробка рослинної сировини перед екстрагуванням впливає на вихід ефірної олії. Було відзначено, що більш високий вихід ефірної олії було досягнуто в зразках сировини, яка піддавалася мікрохвильовому сушінню при меншій потужності протягом 35 хв. З точки зору процесу сушіння, застосований підхід в мікрохвильовому нагріванні показав скорочений час процесу (як і очікувалося через здатність свіжої сировини взаємодіяти з мікрохвилями), придатний для обробки за короткий період також великої кількості сировини. Відповідно, сировина висушена за допомогою мікрохвильового сушіння містить більше олій, ніж висушена за допомогою конвективного сушення. Тому вибір методу отримання ефірної олії є вирішальним у виході ефірної олії.

Важливим є процес зберігання ефірної олії. Необхідно дотримуватися належних методів поводження та зберігання, щоб зберегти її ефективність.

Коли справа доходить до методів збору є кілька варіантів, які можна розглянути. Одним із способів є використання скляної піпетки для обережного вилучення олії з ємності для перегонки. Іншим варіантом є використання воронки та фільтрувального паперу для відділення олії від будь-якого рослинного матеріалу або домішок, що залишилися. Після збору важливо правильно зберігати ефірну олію, а саме в скляних пляшках темного кольору, які щільно закриті, щоб запобігти впливу світла та повітря, оскільки ці фактори з часом можуть погіршити якість олії. Також ефірну олію необхідно зберігати в прохолодному сухому місці, подалі від прямих сонячних променів або джерел тепла. Це допоможе зберегти їх лікувальні властивості на більш тривалий час. Дотримуючись цих методів збору та правильних методів зберігання можна гарантувати, що ефірні олії залишатимуться потужними та ефективними для майбутнього використання.

На основі вище зазначеного можна вважати, що ефірні масла – це концентровані рослинні екстракти. Якість ефірної олії має вирішальне значення в багатьох галузях промисловості та сферах застосування. Потреба в ефірній олії широко використовується в ароматичних матеріалах, харчових продуктах та ароматизаторах. Для процесу видобутку ефірної олії потрібна сировина з рослини, яка містить тендітні ароматичні молекули. Молекули можуть легко анігілюватися або модифікуватися при будь-яких змінах у процесі екстракції. Навіть незначна різниця в умовах процесу екстракції може дати значний вплив на якість масла.

У роботі будемо досліджувати вихід ефірної олії із сушеної м'яти у процесі дистиляції. Для цього рослинна сировина була очищена дистильованою водою і висушена за допомогою різних методів сушіння поки вона не досягла постійної ваги. Отриману сировину подрібнили і зберігали в пластикових пакетах на блискавці до переробки в ефірну олію.

На вихід ефірної олії значною мірою впливає метод сушіння, бо у процесі сушіння свіжих рослин може змінитися фотохімічний склад, що може мати наслідки для кінцевої якості отриманої сировини. Доведено, що наявність або відсутність однієї складової може вплинути на зміни в біологічній активності ароматичних масел. Високий вміст біологічно активних сполук є бажаними характеристиками для деяких лікарських трав, тоді як для використання в харчових цілях, наприклад, у випадку з кулінарними сушеними травами, якість представлена кольором і свіжим характерним ароматом. З цієї причини вибір способу сушіння є важливим параметром.

Зазначено, що процес сушіння може являти собою проміжну обробку для покращення або полегшення інших операцій, таких як екстракція або механічне очищення. У дослідженні зразки рослин піддавали різним обробкам сушіння, щоб визначити їх вплив на вихід ефірної олії. Зокрема, кінцеві точки застосовуваних процедур зневоднення були різними через внутрішню потенційність або можливість налаштування застосованого методу сушіння.

Для вивчення механізму впливу дегідратації на вихід екстрагованої ефірної олії було застосовано два методи сушіння. Для цього було підготовлено відповідні зразки сировини. Рослини відіграють вирішальну роль у забезпеченні якості та ефективності одержуваних ефірних масел. Для початку

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

ретельно було відібрано свіжий і здоровий рослинний матеріал, який включає листя, квіти, стебла. Потім ретельно очистили рослинну сировину, щоб видалити будь-який бруд або домішки, які можуть вплинути на кінцевий продукт.

Одна частина м'яти використовувалася для характеристики як свіжий матеріал (контроль), а іншу сировину використовували для сушіння конвективним методом (за різних температур) та за допомогою мікрохвильового сушіння (за різних температур). При конвективному сушінні гарячим повітрям шар сировини розкладався в кілька сантиметрів на опору з сітки. Сушіння виконувалося шляхом встановлення заданої температури на 50°C, а вологість контролювалася протягом тривалого часу до 24 год. Мікрохвильова сушка проводилася на робочій частоті 2450 МГц мікрохвильовою піччю. Температуру поверхні продуктів, висушених у мікрохвильовій печі, контролювали за допомогою інфрачервоного термометра.

Оцінено вплив кількох методів сушіння на вихід ефірної олії. При застосування мікрохвильового сушіння було отримано висушену сировину з кращою якістю. Зразки мають менше пошкоджених тканин, чим при конвективному сушінні, що характеризуються кінетикою швидкого висихання. Рослини, які висушені перед екстрагуванням, зазвичай можуть мати збільшену або зменшену вагу. Ці відмінності в значеннях можуть бути пов'язані з часом сушіння і температурами, що використовуються при різних методах сушіння.

На наступному етапі було досліджено вихід ефірної олії із отриманих зразків сушеної м'яти у процесі дистиляції. Ефірні олії видобуваються з рослин різними методами, причому парова дистиляція є однією з найпоширеніших. Цей метод передбачає нагрівання рослинного матеріалу та пропускання через нього пари для виділення ароматичних сполук. Пара переносить ці леткі масла в конденсатор, де вони охолоджуються і перетворюються в рідку форму. Процес дозволяє відокремити ефірну олію від інших компонентів рослини. Цей етап має вирішальне значення для вилучення ефірних олій з рослин. Під час процесу дистиляції важливо звертати увагу на певні фактори, такі як температура, тиск і тривалість дистиляції, щоб забезпечити оптимальну екстракцію ефірних олій.

Результати свідчать, що застосований метод сушіння (зневоднення), а саме попередня обробка рослинної сировини перед екстрагуванням впливає на вихід ефірної олії. Було відзначено, що більш високий вихід ефірної олії було досягнуто в зразках сировини, яка піддавалася мікрохвильовому сушінню при меншій потужності протягом 35 хв. З точки зору процесу сушіння, застосований підхід в мікрохвильовому нагріванні показав скорочений час процесу (як і очікувалося через здатність свіжої сировини взаємодіяти з мікрохвилями), придатний для обробки за короткий період також великої кількості сировини. Відповідно, сировина висушена за допомогою мікрохвильового сушіння містить більше олій, ніж висушена за допомогою конвективного сушіння. Тому вибір методу отримання ефірної олії є вирішальним у виході ефірної олії. Змодельовано вихід ефірної олії із сушеної м'яти у процесі дистиляції.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

ВИСНОВКИ

Магістерська робота присвячена дослідженню процесу екстракції ефірної олії та удосконалення обладнання для отримання концентрованих ароматичних речовин. Ефірні олії можна розглядати як концентровані гідрофобні рідини, що мають леткі компоненти, що надають аромат рослині з якої вони витягнуті. Ефірні олії – це більш-менш леткі речовини з більшим або меншим запахом, які виробляються шляхом парової дистиляції, сухої дистиляції або за допомогою механічної обробки з одного єдиного виду. Тобто ефірні олії – це рідкі вторинні метаболіти, які синтезуються різними органами ароматичних трав, такими як квіти, листя, стебла, гілки або насіння.

У першому розділі здійснено аналітичний огляд обладнання для екстракції ефірної олії. Розглянуто обладнання, яке використовується для отримання екстракту, традиційні методи екстракції (дистиляція з парою, гідродистиляція, гідродифузія та екстракція розчинником) та іноваційні методи екстракції (мікрохвильова екстракція без розчинника, рідинна субкритична екстракція та екстракція надкритичною рідиною). Зазначено, що нові методи дозволяють отримувати екстракти вищої якості за короткий час порівняно з традиційними методами. Останнім часом впроваджуються нові екологічно чисті методи для покращення традиційного виробництва ефірної олії.

Другий розділ присвячено удосконаленню обладнання для отримання концентрованих ароматичних речовин. Зазначено, що дистиляція з водяною парою є одним з найпоширеніших методів, який використовується для вилучення ефірних масел. Він передбачає нагрівання рослинного матеріалу за допомогою пари, яка вивільняє ефірні олії з клітин рослини. Потім пара та ефірні олії охолоджують, а ефірні олії відокремлюють від води.

Вважається, що контроль температури конденсаційної води є важливим контролюємим параметром, який уможлиблює уникнення втрат через випаровування легких сполук. Щоб зберегти найкращу якість олії, дистиляція повинна проводитися при низьких температурах або витримувати високу температуру якомога короткий час. При більш високих температурах більшість компонентів ефірного масла стають нестійкими. Тому необхідно дотримуватися підтримання низьких температур, зменшення кількості води, що використовується при екстракції, здійснювати контроль температури конденсаційної води.

Запропоновано удосконалення процесу парової дистиляції для екстракції ефірної олії із системою контролю температури. Конструкція екстракційного обладнання містить: резервуар для екстракції (екстракторний бак), конденсатор, сепаратор масла. Для контролю температури конденсаційної води пропонується застосовувати вимірювальні пристрої, а саме датчики температури високої щільності. Покращений контроль може призвести до

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Шишов				Дослідження процесу екстракції ефірної олії та удосконалення обладнання для отримання концентрованих ароматичних речовин	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.	Цвіркун						42	2
Н. Контр.	Омельченко					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.	Хорольський							

збільшення пропускної здатності, зниження споживання одиниці енергії та підвищення отримання більш цінного продукту. Для цього доцільно застосовувати датчики температури, що вводяться безпосередньо в сировину, щоб мінімізувати час, який необхідний для передачі даних про температуру. Пропонується застосувати чотири датчики температури (ДТ1, ДТ2, ДТ3, ДТ4), які встановлені всередині екстракційної ємності для виявлення різниці в температурних перепадах. Якщо вони виникають то пара нерівномірно протікає через сировину, яка підлягала екстрагуванню, що може бути позначено на якості отриманої ефірної олії. Датчики температури повинні бути встановлені таким чином, щоб вони не сильно заважали потоку пари. Так, ДТ1 і ДТ2, ДТ3 і ДТ4 встановлені на одному рівні та будуть вказувати на різницю температур, якщо вона буде виникати.

Встановлені температурні датчики фіксують перепади температур в період нагріву (підвищення температури) і показують, що пара протікає через рослину сировину нерівномірно. Відмінності між ДТ1 і ДТ2, ДТ3 і ДТ4 показують, що пара тече нерівномірно. Таким чином, пара нерівномірно досягає датчиків температури, які встановлені на одному рівні в екстракторному баку, що вказує на наявність температурних перепадів. Така організація процесу дистиляції ефірної олії забезпечує контроль температури, який сприятиме відповідним профілям температури, які відповідатимуть властивостям видобутої рослини.

У третьому розділі досліджено вихід ефірної олії із сушеної м'яти у процесі дистиляції. Для цього рослинна сировина була очищена дистильованою водою і висушена за допомогою різних методів сушіння поки вона не досягла постійної ваги. Отриману сировину подрібнили і зберігали в пластикових пакетах на блискавці до переробки в ефірну олію.

Зазначено, що на вихід ефірної олії значною мірою впливає метод сушіння, бо у процесі сушіння свіжих рослин може змінитися фотохімічний склад, що може мати наслідки для кінцевої якості отриманої сировини. Для вивчення механізму впливу дегідратації на вихід екстрагованої ефірної олії було застосовано два методи сушіння, а саме конвективне сушіння та мікрохвильове сушіння. Оцінено вплив кількох методів сушіння на вихід ефірної олії. При застосуванні мікрохвильового сушіння, було отримано висушену сировину з кращою якістю. Зразки мають менше пошкоджених тканин, чим при конвективному сушінні, що характеризуються кінетикою швидкого висихання.

Досліджено вихід ефірної олії із отриманих зразків сушеної м'яти у процесі дистиляції. Відзначено, що більш високий вихід ефірної олії було досягнуто в зразках сировини, яка піддавалася мікрохвильовому сушінню при меншій потужності протягом 35 хв. З точки зору процесу сушіння, застосований підхід показав скорочений час сушіння, придатний для обробки за короткий період великої кількості сировини. Результати свідчать, що сировина висушена за допомогою мікрохвильового сушіння містить більше олій, ніж при конвективному сушінні. Тому вибір методу сушіння сировини є вирішальним у виході ефірної олії. Змодельовано вихід ефірної олії із сушеної м'яти у процесі дистиляції.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Essential oil extraction process. URL: <https://www.researchgate.net/publication/376337210>.
2. Encapsulation of rosemary essential oil. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643815003990>.
3. Reliable & everlasting distillation & extraction machines. URL: <https://adlermech.com/>.
4. Distillation of essential oils: an innovative technological approach focused on productivity, quality and sustainability. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0299502>.
5. Design and optimization of a citrus essential oil extraction system by steam distillation with automated control. URL: <https://ieeexplore.ieee.document/10635076>.
6. Житнецький І.В. Удосконалення виробництва ефірної олії м'яти-сирцю з застосуванням мембранних процесів: Дис... канд. техн. наук: 05.18.12 / Національний ун-т харчових технологій. К., 2006. 172 с.
7. Переробка ефірних олій для отримання натуральних харчових ароматизаторів. Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle>.
8. Фролова Н.Е., Усатюк С.І., Усенко В.О. Розроблення методики визначення температур кипіння летких ароматичних компонентів ефірних олій / Харчова і переробна промисловість. 2006. № 12. С. 42.
9. Апарати для ефірних олій та есенцій. Режим доступу: <https://gospodarstvo.in.ua/ua/ekstrakciya/eterni-oliyi>.
10. Steam distillation: definition, procedure, advantages, disadvantages, applications. URL: <https://scienceinfo.com/distillation-advantage-disadvantage/>.
11. Distillation column control basics – part 1. URL: <https://www.emersonautomationexperts.com/2014/>.
12. Завод з екстракції олії. Режим доступу: <https://tan.com.ua/zavod-z-ekstraktsii-olii/>.
13. Як автоматизація допомагає працювати виробникам олії. Режим доступу: <https://elevatorist.com/blog/read/810>.
14. Автоматизація виробництва ефірної олії. Режим доступу: https://stud.wiki/manufacture/2c0b65625a3ac78b4d43a88521206d37_1.htm.l
15. Essential oil extraction with automated steamdistillation: fmrlc for steam temperature regulation. URL: <https://www.researchgate.net/publication/261051569>.
16. Ефірні олії: корисні властивості та застосування. Режим доступу: <https://apteka-ds.com.ua/blog-item/>.
17. Ефірні олії: властивості. Режим доступу: https://malynivna.com/essential_oils/.
18. Impact of drying methods on the yield and chemistry essential oil. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-07841-w>.
19. Набір для дистиляції VEVOR ефірні олії 500 мл. Режим доступу: <https://prom.ua/ua/p2153428888-nabor-dlya-distillyatsii.html>.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44