الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العالي

جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي

كلية التكنولوجيا

مذكرة نهاية الدراسة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

ميدان : التكنولوجيا

شعبة: هندسة الطرائق

تخصص: هندسة كيميائية

إعداد الطالبات:

خليل حنين -بن سديرة أسماء

الموضوع

توصيف وتثمين المواد المستخلصة من النباتات الطبية والعطرية

نوقشت علنًا يوم: 2024/06/04

أمام لجنة المناقشة:

أ. د. زغود العيد	أستاذ في جامعة الوادي	رئيسًا
أ. د. ثابت أمينة	أستاذة في جامعة الوادي	مناقشةً
أ. د. بن الصغير البشير	أستاذ في جامعة الوادي	مؤطرًا

السنة الجامعية: 2024/2023

بسم الله الرحمن الرحيم

إهداء

أهدي هذا العمل المتواضع إلى والداي الكريمين اللذان قال فيهما تعالى "واخفض لهما جناح الذل من الرحمة وقل ربي ارحمهما كما ربياني صغيرا" سورة الإسراء، الآية 24.

إلى مؤنساتي أخواتي الستّة "حميدة، باية، سهام، جهاد، يسرى ووصال" وسابعتهنّ زوجة أخي " زكية بوحنية"

إلى سندي في الحياة إخوتي "عبد الرحيم، جبران، حسني، هارون وإلياس"

إلى أبناء أخواتي" أشواق، ريتاج، محمد الأمين، مودة، ريماس، محمد إياد، يعقوب، إسراء، إبتهال، رحمة ومحمد يوسف"

إلى كل من علمني حرفا انتفعت به "أساتذتي الكرام"

ولاأنسى إخوتنا المستضعفين في غزة وإن كان إهدائي لهم لا يجدي شيئا

إلى صديقاتي رفيقات الدرب

وإلى كل من وسعه قلبي وسقط من ذاكرتي سهوا.

حنين خليل

إهداء

إجَابَة وَتَحْضِيرا لِسُؤَالِهِ

تَعَالَى، وَعَنْ عَمْرَه فِيمَا

أَفْنَاهُ؟ وَشَبَابِه فِيمَا

أَبْلَاهُ؟ أُهْدِي هَذَا

الْعَمَلِ، خُلَاصَة خَمْسِ

سَنَوَاتٍ مِنْ شَبَابِي

وَجُهْدِي، إِلَيْكَ يَا رَسُولَ

أسماء بن سديرة

شكر وعرفان

لعل أعلى مقامات الشكر الحمد، وهو وصف لا ينبغي إلا لله عز وجل، فلك الحمد ربي أن أرشدتنا لطريق العلم ودللت، ثم ذللته لنا ومهدت، ثم وفقتنا فيه وباركت، ثم يسرت لنا رسالتنا العلمية وأتممت، فلك الحمد في الأولى والآخرة، حمدا ننال به رضاك ونستوجب به الزيادات.

ثم الشكر للمعلم الأول نبينا وحبيبنا وقرة أعيننا محمد بن عبد الله صلوات ربي وسلامه عليه، الذي بعث فينا ليخرجنا من ضيق الجهل لسعة العلم.

والشكر بعدها للسبب الأول في هذا العمل والذي يلي اسمه اسم رسولنا، فهو رسول رسول الله أستاذنا الفاضل الدكتور *البشير بن الصغير*، الذي كان لنا المرشد والمعين، شاكرين إياه على تحمل أعباء الاشراف، وما يستلزمه من نصب، وطول باله معنا وصبره علينا، فقد قام بما يستطيعه وأكثر، وإنا لا نوفيه قدرا أيا كان ما كتبنا، فنسأل الله أن يجزيه عنا خير الجزاء.

نشكر كل من الدكتور *عبد الكريم* مسؤول المخبر، وكل من قدم لنا المساعدة من أساتذة وطلبة دكتوراه.

نشكر كل من السيد عبد الباسط بن مبروك، السيد محمد، وإيناس معمرين، نشكر من ساعدنا من قريب أو من بعيد، سائلين الله أن يجززيهم عنا خير الجزاء.

الرمز	المعنى
WHO	منظمة الصحة العالمية
amu	وحدة قياس الوزن الجزيئي
T	درجة الحرارة
°C, k	وحدتي قياس درجة الحرارة
atm	وحدة قياس الضغط
g	الغرام
GC/ MS	كروماتوغرافيا غاز–كتلة
مل	وحدة الميليلتر
ملم	وحدة الميليمتر
متر	وحدة المتر
EI	التأين الإلكتروني
CI	التأين الكيميائي
HCD	التأين الساخن
m	الكتلة
z	العدد الشحني
Orange data mining	برنامج أورنج
SIMCA	برنامج تحليل البيانات (Soft Independent Modeling of Class Analogy)
PCA	طريقة تحليل المكون الرئيسي (Principal Component Analysis)
HCA	طريقة تحليل العنقود الهرمي (Hierarchical cluster analysis)
PLS	تحليل الانحدار الخطي الجزئي (Partial Least Squares)
DA	التحليل التفاضلي للتشتت
PLS-DA	طريقة تحليل المربعات الجزئية الصغرى
r_{xy}	معامل الإرتباط
%	نسبة مئوية
R^2	معامل التحديد

معامل التحديد المعدل	R^2adj
معامل قياس جودة النموذج (Stone-Geissercx)	Q^2
معامل اختبار جودة النموذج	F Test
برنامج إكسل	Excel
برنامج تحليل البيانات الإحصائية (Statistical Package for the Social Sciences)	SPSS
برنامج تحليل البيانات الإحصائية	Minitab
معامل قياس قدرة النموذج	P- value
وقت الإستبقاء النظري (Retention Time) theo	RT_{theo}
وقت الإستبقاء الحقيقي (Retention Time) reel	RT_{reel}
الدقيقة	min
معامل تقييم دقة النموذج (Root Mean Square Error of Cross-Validation)	RMSECV

الصورة		الصفحة
الجـزء النظــري		
الفصل الأول:		
الصورة (I-01)	حجر سوماري قديم	8
الصورة (I-02)	صفحة من كتاب "الجامع لمفردات الأدوية والأغذية " لابن بيطار	10
الصورة (I-03)	(أ)نبات الحرمل، (ب)نبات الدفلى، (ج)نبات البروق الصيفي	12
الفصل الثاني:		
الصورة (II-01)	التفاعلات المحتملة للزيوت العطرية والعوامل المسببة لها	30
الصورة (II-02)	مسار أكسدة مقترح، المسار(A) نزع الهيدروجين وإعادة ترتيب الهيدروجين المحتملة، المسار(B) مسار الأكسدة الذاتية الذي يؤدي إلى هيدروبيروكسيدات الهيدروجين والتحلل اللاحق إلى نواتج أكسدة ثانوية	31
الصورة (II-03)	بروتوكول تجريبي لاستخلاص الزيوت العطرية بواسطة التقطير المائي	32
الصورة (II-04)	بروتوكول تجريبي لاستخلاص الزيوت العطرية بواسطة التقطير بالبخار	33
الصورة (II-05)	بروتوكول تجريبي لاستخلاص الزيوت العطرية بالميكروويف	36
الصورة (II-06)	بروتوكول تجريبي للاستخلاص بالذبذبات فوق الصوتية	38
الصورة (II-07)	أهم طرق استخلاص الزيوت العطرية	39
الجزء العملي		
الفصل الثالث: المواد والطرق		
الصورة (III-01)	تجفيف العينات، العينة (أ) الحناء، والعينة(ب) العناب	51
الصورة (III-02)	المرحلة الأولى	52
الصورة (III-03)	المرحلة الثانية	53
الصورة (III-04)	رسم تخطيطي لجهاز كروماتوغرافيا الغاز-مطيافية كتلية	57
الصورة (III-05)	شعار برنامج أورنج والسيمكا	61
الفصل الرابع: المواد والطرق		
الصورة (IV-01)	رسم بياني لـ 35 عينة المدروسة	70
الصورة (IV-02)	الرسم البياني للعينة الأولىP5:01	71
الصورة (IV-03)	الرسم البياني للعينة الثانيةP1:05	72

الصورة (IV-04)	نتائج تحليل الـPCA	74
الصورة (IV-05)	نتائج تحليل الـHCA	76
الصورة (IV-06)	نموذج التنبؤ PLS-DA	77
الصورة (IV-07)	تجميع الـPLS-DA	77
الصورة (IV-08)	نتائج الدراسة الأولى	79
الصورة (IV-09)	نتائج الدراسة الأولى	79
الصورة (IV-10)	نتائج الدراسة الثانية	81
الصورة (IV-11)	نتائج الدراسة الثانية	81
الصورة (IV-12)	نتائج الدراسة الثالثة	83
الصورة (IV-13)	نتائج الدراسة الثالثة	83

الجدول		الصفحة
الجـزء النظــري		
الفصل الأول: عموميات حول النباتات الطبية		
الجدول (I-01)	التقسيم الكيميائي للقلويدات وأمثلة لبعض القلويدات مع صيغها الكيميائية.	15
الجدول (I-02)	التأثير الطبي لبعض النباتات	19
الفصل الثاني: الزيوت العطرية وطرق استخلاصها		
الجدول (II-01)	أمثلة عن بعض المركبات الكيميائية المتواجدة في الزيوت العطرية وصيغها الكيميائية وطرق تحضيرها	27
الجدول (II-02)	تأثير طرق الاستخلاص على الزيوت:	39
الجزء العملي		
الفصل الثالث: المواد والطرق		
الجدول (III-01)	المواد المستعملة	48
الجدول (III-02)	العينات التي تم جمعها	49
الجدول (III-03)	العينات المدروسة وتصنيفها العلمي واسمها العلمي	58
الجدول (III-04)	قيمة معامل الارتباط ودلالته	63
الفصل الرابع: النتائج والمناقشة		
الجدول (IV-01)	مركبات العينةP5:01	71
الجدول (IV-02)	مركبات العينة P1:05	72
الجدول (IV-03)	العناصر المشتركة بين عناصر المجموعات بطريقة الـ PCA	73
الجدول (IV-04)	المركبات المشتركة بين عناصر المجموعات بطرقة الـ HCA	75

العنوان	الصفحة
الإهداء	
التشكرات	
قائمة الرموز	I
قائمة الأشكال	III
قائمة الجداول	V
الفهرس	VI
المقدمة العامة	2
الجـزء النظـري	
الفصـل الأول: عموميات حول النباتات الطبية	
مقدمة	7
I.1. تاريخ النباتات الطبية	7
I .1.1. الحضارة الصينية	8
I.1.2. الحضارة الهندية	8
I.1.3. الحضارة الاسلامية	9
I.1.4. فترة ما بين القرن التاسع عشر والقرن الواحد والعشرون	10
I.2. تعريف النباتات الطبية	10
I.2.1 تعريف النباتات العطرية	11
I.2.2. تعريف النباتات السامة	11
I .3. تصنيف النباتات الطبية	12
I.3.1. التصنيف التجاري	12
I.3.2. التصنيف الكيميائي	13
I.3.3. التصنيف المورفولوجي	13
I.3.4. التصنيف الطبي(الفسيولوجي)	14
I.3.5. التصنيف النباتي	14
I.4. المكونات الفعالة للنباتات الطبية	14
I.4.1. القلويدات	14
I.4.2. الجليكوسيدات	16
I.4.3. الصابونيات	16

I.4.4.المواد المخاطية	17
I.5.4.اللبن النباتي	17
I.6.4.الصموغ	17
I.7.4.الراتنجات	17
I.8.4.التانينات	18
I.9.4.الزيوت الثابتة أو الذهنية	18
I.10.4.الزيوت العطرية (الطيارة)	18
I.5. استخدامات النباتات الطبية	18
خاتمة	20
مراجع الفصل الأول	21
المراجع بالعربية	21
المراجع بالأجنبية	21
الفصـــل الثاني: الزيوت العطرية وطرق استخلاصها	
مقدمة	32
II.1. تعريف الزيوت العطرية	23
II.2. مقارنة بين الزيت العطري والزيت الثابت	24
II.1.2. من حيث المصدر	42
II.2.2. من حيث الخصائص	24
II.3.2. من حيث الصفات	24
II.4.2. من حيث طرق الاستخلاص	25
II.5.2. من حيث المكونات	25
II.3. التركيب الكيميائي للزيوت العطرية	25
II.1.3. التربينات	25
II.2.3. المركبات الأكسيجينية	26
II.4. الخواص الكيميائية والفيزيائية للزيوت العطرية	28
II.1.4. الخواص الفيزيائية	28
II.1.1.4. الذوبانية	28
II.2.1.4. الكثافة النوعية	29
II.3.1.4. الانكسار الضوئي	29

II.4.1.4. الدوران الضوئي	29
II.4.2. الخواص الكيميائية	29
II.5. طرق استخلاص الزيوت العطرية	31
II.5.1. الطرق القديمة	31
II.5.1.1. الاستخلاص بالتقطير المائي	31
II.5.1.2. الاستخلاص بالتقطير البخاري	32
II.5.1.3. الاستخلاص بالمذيبات العضوية	33
II.5.1.4. الاستخلاص بالزيت الحامل	34
II.5.2. الطرق الحديثة	34
II.5.2.1. طريقة الاستخلاص بالسوائل فائقة الحرارة	34
II.5.2.2. الاستخلاص بالميكروويف	35
II.5.2.3. الاستخلاص بالذبذبات فوق الصوتية	37
II.6. تأثير طرق الاستخلاص على الزيوت	39
II.7. استعمالات الزيوت العطرية وأهميتها الاقتصادية	40
II.7.1. المجال الطبي أو الصيدلاني	40
II.7.2. مجال الصناعات الغذائية	41
II.7.3. مجال الصناعات التجميلية	41
II.8. طرق حفظ الزيوت العطرية	41
خاتمة	42
مراجع الفصل الثاني	43
المراجع العربية	43
المراجع الأجنبية	43
الفصل الثالث: المواد والطرق	
الجـزء العمـــلي	
III.1. المواد والأجهزة المستعملة	48
III.1.1. المـــــــواد	48
III.1.2. الأجهزة المستعملة	48
III.2. خطوات العمل	48
III.2.1. تجميع النباتات الطبية	48

III.2.2. تجفيف وتحضير العينات	50
III.2.3. استخلاص الزيوت العطرية	52
III.2.3.1. المرحلة الأولى	51
III.2.3.2. المرحلة الثانية	52
III.2.3.3. المرحلة الثالثة	53
III.3. كروماتوغرافيا غاز–كتلة	54
III.3.1. شرح مبدأ التقنية	54
III.3.1.1. الكروماتوغرافيا الغازية	54
III.3.1.1.1. الحاقن	54
III.3.1.1.2. العمود	54
III.3.1.2. المطيافية الكتلية	55
III.3.1.2.1. غرفة التأين (Ionization)	55
III.3.1.2.2. المحلل (Analyzer)	56
III.3.1.2.3. المكبر (Detector)	56
III.3.2. قراءة النتائج	57
III.4. التحليل الكيمومتري	57
III.4.1. تحليل البيانات	58
III.4.2. مكونات عينة الدراسة	58
III.4.3. البرامج المستعملة	61
III.5. طرق وأساليب دراسة نموذج إحصائي	62
III.5.1. طريقة تحليل العنصر الرئيسي PCA	62
III.5.2. طريقة تحليل العنقود الهرمي HCA	62
III.5.3. طريقة التحليل الجزئي للمربعات الصغرى PLS-DA	62
III.6. معاملات التحليل الإحصائي وتقييم مجموعة من المتغيرات	63
III.6.1. معامل الارتباط Coefficient of corrélation	63
III.6.2. معامل التحديد Coefficient of Determination	64
III.6.3. معامل التحديد المعدل	64
III.6.4. معامل Stone-Geissercx Q^2	64
III.6.5. F-test	65

P-value .6.6.III	65
RMSECV-Value .7.6.III	65
7.III. شروط صلاحية نموذج الانحدار	66
1.7.III. التحديد الصحيح للنموذج القياسي	66
2.7.III. وجود ملاحظات متطرفة	66
3.7.III. التكافؤ في التباين	66
4.7.III. استقلالية الأخطاء	67
مراجع الفصل الثالث	68
المراجع العربية	68
المراجع الأجنبية	68
الفصـــل الرابع: النتائج والمناقشة	
1.IV. التحليل بواسطة كروماتورافيا الغاز ومطيافية الكتلة GC-MS	70
1.1.IV. النتائج والمناقشة	70
2.IV. التحليل الكمي لنتائج الـ GC-MS	73
1.2.IV. طريقة تحليل العنصر الرئيسي PCA	73
2.2.IV. طريقة تحليل العنقود الهرمي HCA	74
3.2.IV. طريقة التحليل الجزئي للمربعات الصغرى PLS-DA	76
3.IV. المقارنة	78
1.3.IV. الدراسة الأولى	78
2.3.IV. الدراسة الأولى	80
3.3.IV. الدراسة الثالثة	82
الخاتمة العامة	86
الملاحق	89
الملخص	93

المقدمة
العامة

المقدمة:

يتميز الغطاء النباتي بوفرة في النباتات الطبية والتي كان لها استعمال واسع على مر التاريخ من طرف شعوب العالم[1]، هذه الاستعمالات تندرج ضمن ما يعرف بالطب الشعبي والذي يقوم أساسا على استعمال هذه النباتات الطبية[2]، تكتسب هذه النباتات الطبية فعاليتها من تركيبتها الغنية بالمواد الكيميائية المختلفة والتي تعتبر مزيجا من العديد من الأصناف الكيميائية من زيوت عطرية، عفصيات، راتنجات، قلويدات وصموغ...الخ[2, 3]؛ هذا التركيب أو المزيج الكيميائي يتغير من نوع لآخر، بل يتغير تركيب النبات الواحد من منطقة لأخرى، وذلك يعود لتأثير العديد من العوامل منها العوامل المناخية، طرق الجني و الحفظ، ومدى نضج هذه النباتات[3]، هذا التركيب الكيميائي جعل النباتات الطبية مصدرا مهما للأدوية في عصرنا الحالي[4]، خاصة وقد أظهرت العديد من النتائج تفوق المواد المستخلصة الطبية على المواد المصنعة.

الزيوت العطرية أحد المستخلصات المهمة في النباتات الطبية، والتي تُعرف بخصائصها العلاجية، حيث تستعمل فسيولوجيا لتحسين عمل العضلات[5]، وتعتبر مضادات التهاب جيدة[6]، كما تستخدم على نطاق واسع في الحياة اليومية، فهي تدخل في الصناعات الغذائية كمواد حافظة، ومكسبات للطعم والرائحة، تستخدم أيضا كمكملات غذائية، الزيوت العطرية تعتبر بدورها مزيجا كيميائيا غنيا بالمركبات الكيميائية مثل التيربينات، الفلافونويدات، والمركبات الأكسجينية...الخ[3]؛ توجد تصنيفات عديدة للزيوت العطرية كالتصنيف المورفولوجي، التصنيف التجاري، والتصنيف الكيميائي، هذا التنوع الكيميائي الكبير يسبب مشكلة نوعية في مجال مراقبة جودة الزيوت وتصنيفها، وهذا ما دعا الباحثين للبحث عن وسيلة لحل هذه المشكلة، وإيجاد نماذج موثوقة لتسهيل عملية تصنيف الزيوت العطرية، وتحديد الاستعمال المناسب لكل تركيب من الزيوت المتوفرة، ومراقبة جودتها.

عملية إيجاد نموذج موثوق ومناسب لتصنيف الزيوت العطرية يتم بدراسة للتركيب المختلف لعدد من العينات بالطرق الطيفية المتنوعة، كالكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC)، و الأشعة فوق البنفسجية (UV)، الكروماتوغرافيا الغاز–كتلة (GC-MS) [7–11]، ووفقا لنتائج هذه التقنيات التحليلية، يتم سلوك المنهج الكيمومتري للتصنيف، ويتحقق ذلك بدراسات إحصائية لإيجاد النموذج المطلوب[7, 12, 13].

من أهم الدراسات الاحصائية خوارزميات تقليل الأبعاد ومن أكثرها دقة طريقة المكون الرئيسي (PCA)، من الطرق المهمة كذلك طريقة تحليل العنقود الهرمي (HCA)، وطريقة التحليل الجزئي للمربعات الصغرى (PLS-DA)، في هذه الدراسة تم استعمال المنهج القائم على هذه الطرق لإيجاد نموذج موثوق للتنبؤ بتركيب الزيوت العطرية للمساهمة في عملية تصنيفها ومراقبة جودتها.

تم تقسيم العمل إلى جزئين، نظري وعملي، وإلى أربعة فصول كالتالي:

- **الفصل الأول:** عموميات حول النباتات الطبية
- **الفصل الثاني:** الزيوت العطرية وطرق استخلاصها
- **الفصل الثالث:** المواد والطرق، تم التطرق فيه لذكر العينات المدروسة، والتعريف بالطرق المستعملة في العمل.
- **الفصل الرابع:** النتائج والمناقشة.

المراجع

المراجع بالعربية:

[6] أطلس النباتات الطبية والعطرية في الوطن العربي, 2012 دمشق.

المراجع بالأجنبية:

[1] A.A. Bunaciu, H.Y. Aboul-Enein, S. Fleschin, Recent applications of fourier transform infrared spectrophotometry in herbal medicine analysis, Applied Spectroscopy Reviews, 46 (2011) 251-260.

[2] I.M. Simion, D. Casoni, C. Sârbu, Classification of Romanian medicinal plant extracts according to the therapeutic effects using thin layer chromatography and robust chemometrics, Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 163 (2019) 137-143.

[3] C.O. Sim, M.R. Hamdan, Z. Ismail, M.N. Ahmad, Assessment of herbal medicines by chemometrics–assisted interpretation of FTIR spectra, J Analytica Chimica Acta, 1 (2004) 14.

[4] S. Hosseinzadeh, A. Jafarikukhdan, A. Hosseini, R. Armand, The application of medicinal plants in traditional and modern medicine: a review of Thymus vulgaris, International Journal of Clinical Medicine, 6 (2015) 635-642.

[5]N. Paar, Serpent Rising: The Kundalini Compendium, in, Winged Shoes Publishing 202310 أكتوبر , pp. 520.

[7]S. Canterino, D. Donno, M.G. Mellano, G.L. Beccaro, G. Bounous, Nutritional and sensory survey of Citrus sinensis (L.) cultivars grown at the most Northern limit of the Mediterranean latitude, Journal of Food Quality, 35 (2012) 108-118.

[8]M.-H. Chun, E.K. Kim, S.M. Yu, M.S. Oh, K.-Y. Moon, J.H. Jung, J. Hong, GC/MS combined with chemometrics methods for quality control of Schizonepeta tenuifolia Briq: Determination of essential oils, Microchemical Journal, 97 (2011) 274-281.

[9]H.A. Gad, A. Bouzabata, Application of chemometrics in quality control of Turmeric (Curcuma longa) based on Ultra-violet, Fourier transform-infrared and 1H NMR spectroscopy, Food chemistry, 237 (2017) 857-864.

[10]A. Bansal, V. Chhabra, R.K. Rawal, S. Sharma, Chemometrics: A new scenario in herbal drug standardization, Journal of Pharmaceutical Analysis, 4 (2014) 223-233.

[11]Y. Huang, Z. Wu, R. Su, G. Ruan, F. Du, G. Li, Current application of chemometrics in traditional Chinese herbal medicine research, Journal of Chromatography B, 1026 (2016) 27-35.

[12]D. Donno, G.L. Beccaro, M.G. Mellano, A.K. Cerutti, G. Bounous, Medicinal plants, chemical composition and quality: may blackcurrant buds and blackberry sprouts be a new polyphenol source for herbal preparations?, Journal of applied botany and food quality, 86 (2013) 79-89.

[13]V. Razmovski-Naumovski, W. Tongkao-on, B. Kimble, V.L. Qiao, L. Beilun, K.M. Li, B. Roufogalis, Y. Depo, Y. Meicun, G.Q. Li, Multiple chromatographic and chemometric methods for quality standardisation of Chinese herbal medicines, World Science and Technology, 12 (2010) 99-106.

الجزء
النظري

الفصل
الأول

مقدمة:

مازال الإنسان يؤمن بأهمية النباتات الطبية في الحياة اليومية، حيث يتم استخدام العديد منها كعلاج لعدة أمراض في جميع الدول، وقد لوحظ مؤخرا زيادة اهتمامات الوسط الطبي والمهتمين بالصحة كذلك بأساليب "الطب الشعبي" التي تعتمد أساسا على النباتات الطبية لمعالجة الكثير من الأمراض، ولم يكن ذلك عبثا، إذ وجد الأطباء العديد من الأعراض الجانبية الخطيرة لعدد كبير من الأدوية الكيميائية مما أدّى إلى سحبها من الأسواق[1]، نتيجة لذلك اهتمت شركات الأدوية العالمية بالأعشاب والنباتات الطبية كمصدر مهم للأدوية، فشركة غلاسكو مثلا- وهي أكبر شركة لصناعة الأدوية- تقوم بفحص 13000 نبتة كل أسبوع بحثا عن مكونات ذات فائدة محتملة للعلاج، ومن هنا أصدرت منظمة الصحة العالمية دليلها عام 1992 م حول تنظيم طب الأعشاب[2].

I.1. تاريخ النباتات الطبية:

في فترة ما قبل التاريخ "يعود أول دليل على استخدام النباتات الطبية إلى أكثر من 60.000 عام[3]" تم اكتشاف النباتات الطبية واستخداماتها في العلاج التقليدي أو ما يعرف بالطب البديل، حيث كان الإنسان قديما يستخدم النباتات الطبية للتداوي من مختلف الأمراض مثل الالتهابات أو الأورام أو آلام المفاصل أو بعض الأمراض الجلدية.....إلخ، وقد تعددت طرق استخدامه لها آنذاك من نبات لآخر فمنها ما كان يقوم بغليه ومنها ما كان يطحنه ثم يقوم بتناوله أو دهنه في مكان تواجد المرض في الجسم.

وقد تم اكتشافها أولا في الحضارة السومرية في جنوب الرافدين-2600 قبل الميلاد-. تم العثور على مخطوطات وألواح قديمة تحتوي على وصفات طبية كانت تستخدم آنذاك (الصورة (I-01))، يعد أقدمها لوحة فخارية سومرية في ناجبور، تعود إلى نحو 5000 سنة تتضمن 12 وصفة لتحضير الأدوية تشير إلى أكثر من 250 نوعًا مختلفًا من النباتات، بعضها يحتوي على قلويدات مثل الخشخاش والهنبان

والمندراك[4]. وهذا أكبر دليل على أن التداوي بالنباتات ليس بالأمر الحديث، وعلى مر الزمن كانت الحضارات الواحدة تلو الأخرى تكتشف أنواعا نباتية طبية جديدة لعلاج أمراض مختلفة وتتقدم في هذا المجال، نذكر منها:

الصورة (I-01): حجر سوماري قديم.

1.1.I. الحضارة الصينية:

يرجع تاريخ الطب البديل في الصين إلى الألف الخامس قبل الميلاد، حيث تم العثور على كتاب الجذور والعشب –بين تساو– الصيني، الذي كُتب بواسطة الإمبراطور شين نونج حوالي عام 2500 قبل الميلاد، يتناول 365 دواءً (أجزاء مجففة من النباتات الطبية)، والعديد منها مازال يستخدم حتى يومنا هذا، مثل ما يلي: جذر الراون، كافور، ورق الشاي، بودوفيلوم، الجنطيان الأصفر الكبير، الجينسنج، نبتة الجيمسون، قشر القرفة، والإفيدرا[5].

2.1.I. الحضارة الهندية:

تشير الكتب المقدسة الهندية –الفيدا– إلى العلاج بالنباتات، التي تكثر في تلك البلاد؛ العديد من نباتات التوابل المستخدمة حتى اليوم تأتي من الهند: جوزة الطيب، الفلفل، القرنفل، وغيرها[5].

I.3.1. الحضارة الإسلامية:

اكتسب العرب خبراتهم عن النبات من القرآن الكريم والحديث النبوي الشريف إذ يشير كل منهما إلى فوائد بعض النباتات، ويُرد الفضل لهما في تخليص النباتات الطبية من الخرافات والشعوذة التي ارتبطت بفعاليتها ومدى تأثيرها، كما استفادوا من بعض كتب الهنود وبالخصوص مؤلفات الطبيب "ديسقوريدس"، وقد انتقلت خبراتهم في طب النباتات وتطورت من جيل إلى آخر بالممارسة والبحث أكثر في هذا المجال لكن دون تدوين، إلى أن بدأ اهتمام بعض علماء العرب بتدوين الكائنات الحية وضبط صفاتها وذلك في القرن الثاني للهجرة، ومن أشهرهم الأصمعي حيث قام بتصنيف أكثر من 30 كتابا، من أشهرها "كتاب النبات والشجر" والذي تحدث فيه عن أسماء الأرض وصفاتها وما يصلح للزرع فيها من نبات أو شجر، ثم ذكر أدوار النمو التي تمر بها النباتات وقام بتقسيمها من حيث الشكل والذوق والمكان التي تنمو فيه كل نبتة، وقد بلغ عددها280 نباتا[6].

ثم ظهر بعده أبو حنيفة الذي صنف كتابا في علم النبات وقسمه إلى خمسة أجزاء، جمع فيه أسماء العديد من الأعشاب والنباتات والأشجار التي تنمو في الجزيرة العربية، حيث قدم وصفا دقيقا لجميع أعضاء النبات ثم قام بتصنيفها حسب فائدتها العملية، مع ذكر الجزء الفعال لكل نبتة وتأثيره العلاجي على الإنسان والحيوان، وبهذا يمكن القول أن أبو حنيفة أول من وضع أساس لعلم النبات في البلاد العربية، وتوالى بعده ظهور العديد من المصنفين العرب الذين اجتهدوا على مر العصور في البحث في علم النبات أكثر فأكثر، ولعل أكثرهم اجتهادا و فضلا ابن بيطار فله يد طولى في هذا المجال، فقد وصل حتى شرحه لتأثير المواد الفعالة و المكونات الغذائية الموجودة فيها[6]، وله العديد من الكتب من بينها كتاب الجامع لمفردات الأدوية والأغذية الصورة (I-02) تمثل أحد صفحاته.

الصورة (I-02): صفحة من كتاب "الجامع لمفردات الأدوية والأغذية " لابن بيطار.

4.1.I. فترة ما بين القرن التاسع عشر والقرن الواحد والعشرون:

في هذه الحقبة الزمنية اكتسب الإنسان الخبرة في النباتات الطبية وفكرة التداوي بها من خلال اطلاعه على التاريخ والاستفادة من استخدامات الإنسان القديم للنباتات الطبية كعلاج لمختلف الأمراض، إلا أنه لم يستخدمها بالطرق التقليدية التي كانت تستخدم آنذاك، فبدلا من استخدام النبات بأكمله أو جزء منه يقوم باستخلاص المواد الفعالة المختلفة والمتعددة في كل نبات ويستخدمها في صناعة المواد الطبية والأدوية والمضادات الحيوية المتوفرة بين أيدينا الآن[7, 8].

2.I. تعريف النباتات الطبية:

عرّفت منظمة الصحة العالمية (WHO) النباتات الطبية على أنها كل المواد النباتية الطبيعية التي يمكن استخدامها في علاج الأمراض أو التقليل من أعراضها[9]، أي "أن كل شيء من أصل نباتي و يستعمل طبيا فهو نبات طبي"[1]، يُعرف النبات الطبي(Plant Médicinal) أيضا على أنه النبات الذي يحتوي في عضو–أو أكثر– من أعضائه المختلفة على مادة كيميائية واحدة –أو أكثر– بتركيز منخفض أو مرتفع؛ وله القدرة الفسيولوجية على معالجة مرض معين أو على الأقل تقلل من أعراض

الإصابة بهذا المرض[1]، كما يعرف بأنه ذلك النبات الذي يحتوي على مواد فعالة ذات قيمة علاجية للإنسان والحيوان، و يستعمل رطبا أو جافا[10].

مصطلح النباتات الطبية مصطلح واسع جدا إذ يشمل عُشر النباتات الموجودة و التي يبلغ عددها 50000 نبتة[5]، و يندرج تحته أنواع مختلفة بتصنيفات أكثر اختلافا و توسعا؛ يمكننا أن نميز مجموعتين أساسيتين للنباتات الطبية من حيث الكثرة و الأهمية، مجموعة النباتات الطبية العطرية و الطبية السامة[11].

I.1.2. النباتات الطبية العطرية:

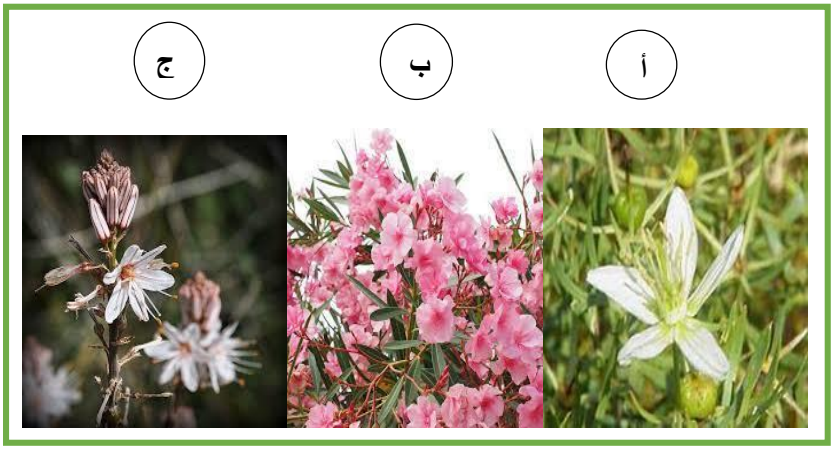
هي النباتات التي تحتوي على مركبات طيارة في أوراقها أو أزهارها أو جذورها أو بذورها تكسبها رائحة خاصة مقبولة، وتُعرف هذه الأخيرة باسم الزيوت العطرية أو الزيوت الطيارة، ولديها استخدامات طبية، مثل النعناع، القرنفل والخزامة.....إلخ[12]، كما لها فائدتين أساسيتين تتمثل في تحسين ذوق ورائحة الأغذية[13]، وفقًا لعلماء النبات، هناك حوالي 800,000 إلى 1,500,000 نوع من النباتات، وتحتوي حوالي 10% منها على زيوت عطرية[14].

في الواقع، تم الإبلاغ عن وجودها في حوالي 2000 نوع منتشرة في 60 عائلة نباتية، مثل عائلات النعناعيات، اللوراسيات، البحريات، الرتايات، الأستيريات، الصنوبريات، النجيليات، والزنجبيليات[15].

I.2.2. تعريف النباتات السامة:

هي النباتات التي تحتوي على نسب معينة من مواد فعالة أو تنتجها في الظروف الاعتيادية، إذ تؤثر هذه الأخيرة تأثيرا سيئا على الإنسان والحيوان، حيث تتواجد المادة السامة إما في جميع أجزاء النبات أو في بعض أجزائه فقط، أو أن النبات قد يكون ساما في أحد أطوار نموه[15]، وقد وردت مجموعة من

النباتات الطبية في دراسة الباحثين "Floch" و"Charnot" التي تخص النباتات السامة والعلفية في أفريقيا الشمالية، ومنها "(الحرمل)Peganum "، "Asphodelus microcarpus (بروق صيفي)"، و "Nerium oleander(الدفلى)" الصورة (I-03)، من بين 250000 نوع معروف يوجد 80000 نوع منها يذكر بأن لها قيمة طبية، وأنه بحدود 5000 نبات لها قيمة علاجية خاصة[16].



الصورة (I-03): (ا)نبات الحرمل، (ب)نبات الدفلى، (ج)نبات البروق. الصيفي.

3.I. تصنيف النباتات الطبية:

للنباتات الطبية تصنيفات كثيرة تختلف باختلاف الحاجة إليها، نذكر منها[17]:

1.3.I. التصنيف التجاري:

وهو تصنيف على أساس طبيعة استعمال هذه النباتات ومتطلبات السوق وقوانين الاستيراد والتصدير، وتكون كالآتي[18]:

- نباتات طبية وهي نباتات تُوجه إلى الصناعات الصيدلية وصناعة الدواء.
- نباتات التوابل والبهارات ومكسبات الطعم والنكهة مثل الكراوية.
- نباتات عطرية والتي تُوجه إلى صناعة العطور لرائحتها الزكية.
- نباتات مضادة للحشرات وهي من النباتات السامة والتي توجه لصناعة المبيدات.

I.2.3. التصنيف الكيميائي:

وهو تصنيف يقوم على أساس تركيب المادة الفعالة وتركيز مكوناتها، وذلك لوجود أكثر من مادة فعالة في النبات الواحد عادة. وتضم النباتات التي تحتوي على[17, 18]:

- القلويدات مثل الحلبة والقيصوم.
- الجليكوسيدات مثل نبات الراوند.
- الراتنجات مثل الزنجبيل والصنوبر والعفصيات مثل الحناء والشاي وبلاسم.
- مواد مخاطية وصموغ ولبن نباتي.
- زيوت طيارة أو دهون ثابتة مثل إكليل الجبل والخروع.
- الكربوهيدرات مثل اللوز.
- الصابونيات مثل العرق سوس.
- مواد مرة مثل الشيح الأبيض.

I.3.3. التصنيف المورفولوجي:

وهو تصنيف على أساس الجزء المُحتوي على المادة الفعالة، وتنقسم إلى[17]:

- نباتات تستعمل بأكملها مثل الصنوبر الأسود والونكا والداتور.
- نباتات تستعمل أزهارها مثل الياسمين والكركديه.
- نباتات تستعمل ثمارها مثل الشبت والشمرة.
- نباتات تستعمل بذورها مثل الحرمل وحبة البركة.
- نباتات تستعمل قلفتها "المادة اللزجة التي تفرزها" أي القشور وبشرة الساق الممزقة مثل القرفة والصفصاف.
- نباتات تستعمل أجزاؤها الأرضية وتضم الساق والجذور مثل الزنجبيل والسوسن.

- نباتات تستعمل أوراقها مثل النعناع والريحان.

I.4.3. التصنيف الطبي (الفيسيولوجي):

هذا التصنيف يُعنى بجمع النباتات المتشابهة في الأثر الطبي على الصّحة، وتم تقسيمهم إلى[18]:

- نباتات مخدرة أو مسكنة مثل القنب الهندي.
- نباتات مُليّنة كالحنظل.
- نباتات تسبب الاحمرار الموضعي مثل نبات الخردل الأسود والأبيض.

I.5.3. التصنيف النباتي:

يهتم بدراسة هذا التصنيف المتخصصون في علم النبات، فهو يُعنى بدراسة درجة القرابة بين النباتات، حيث يتم تقسيم النباتات إلى عائلات والتي بدورها تحتوي على تقسيمات أخرى (شعبة، جنس، نوع...)،هذا التصنيف يعتمد على الصفات الفيزيولوجية، التشريحية، الظاهرية، والوراثية، لذلك غالبا ما تكون النباتات الحاملة للمادة الفعالة نفسها في عائلة واحدة[18].

I.4. المكونات الفعالة في النباتات الطبية:

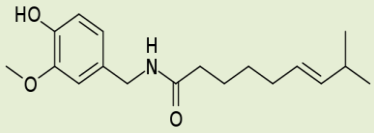
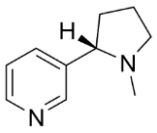
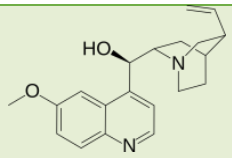
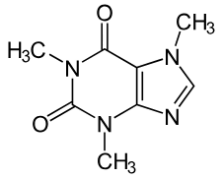
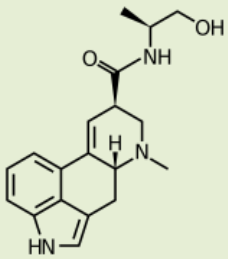
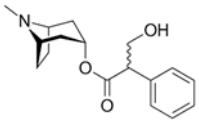
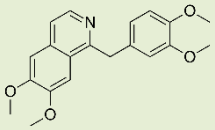
هي المركبات التي يُعزى لها التأثير الفعال الطبّي أو الفيسيولوجي أو العطري، ولها قيمتها الدوائية [12]؛ بعد حدوث عملية الأيض (التحول الغذائي) للنبات تنتج المواد الفعالة التي يستعملها الإنسان علاجيا، تتمثل فيما يلي[8]:

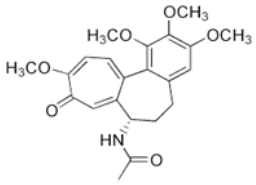
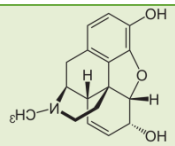
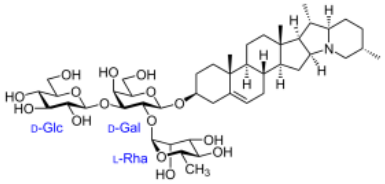
I.1.4. القلويدات:

هي مواد نيتروجينية عضوية قاعدية، قد تتواجد هذه الأخيرة في جميع أجهزة النبات أو في أجزاء خاصة من النبات مثل القلف، الجذور، البذور، الثمار والأوراق، ومن المعروف أن القلويد غالبا لا يتكون في النبات ككل بل يتكون في جزء واحد أو جزئين خاصين منه، كما أن كميته تتغير أثناء مراحل النمو

عند بعض النباتات، يوجد حوالي 4959 قلويدا تم فصلها من النباتات[20]، الجدول (I-01) يمثل التقسيم الكيميائي للقلويدات وصيغ كيميائية لبعض منها :

الجدول (I-01): التقسيم الكيميائي للقلويدات وأمثلة لبعض القلويدات مع صيغها الكيميائية.

النوع	الأمثلة	الصيغة الكيميائية
القلويدات الأمينية	قلويد الكابسيسين في نبات الشطة.	
قلويدات البيريدين والبيبريدين	قلويد النيكوتين في أوراق التبغ	
قلويدات الكينولين	قلويد الكينين في قلف نبات الكينا.	
قلويد البيورين	قلويد الكافيين في القهوة والشاي.	
قلويدات الأندول	قلويد فطر الارجومترين.	
قلويدات التروبان	قلويد الأتروبين.	
قلويدات الأيزوكينولوين	قلويد البابافرين في ثمار الخشخاش.	

قلويد التروبولون	قلويد الكولشيسن في بذور نبات اللحلاح.	
قلويدات الفينانثرين	قلويد المورفين في مادة المورفين في نبات الخشخاش.	
قلوبدات الإستيرولية	قلويد السولانين في أوراق وثمار نبات البطاطا.	

2.4.I. الجليكوزيدات:

هي مركبات عضوية تتحلل بفعل الأحماض أو الإنزيمات فيتولد منها سكر جلوكوز، تتواجد بكثرة في النباتات، تتركب من الكربون والهيدروجين والأكسجين مثل السكريات الأحادية وقد تحتوي على النيتروجين والكبريت وهي عبارة عن مواد متبلورة لا رائحة لها وذات طعم مر معظمها يذوب في الماء أو الكحول المخفف، لها نفع كبير حيث يُستعمل بعضها كمصدر للعقاقير ومنها ما يستعمل كمنبهات للقلب أو كمنبهات موضعية ومنها ما يستعمل كملينات أو كمسكنات، إلا إن العديد منها شديد السمية[17].

3.4.I. الصابونيات:

وهي عبارة عن جليكوزيدات خاصة تتميز بأنها تكون رغوة مع الماء، وقد ثبت أنه تم استخدامها قديما في التنظيف.

I.4.4. المواد المخاطية:

هي مواد عديدة السكريات، تكون محاليل غروانية غير لزجة مع الماء، تتواجد في مختلف أعضاء النبات مثل الجذور والبذور والأوراق، وتستعمل من الناحية الطبية كمليانات.

I.4.5. اللبن النباتي:

سائل أبيض أو أصفر، يعتبر في بعض الأحيان مستحلبا مائيا لخليط من مواد بروتينية ومخاطية وسكرية، أو من أصماغ وقلويدات، أو من أملاح وتانينات ودهون، تفرز هذا الأخير خلايا أو قنوات إفرازية خاصة منتشرة في أنسجة الساق.

I.4.6. الصموغ:

هي مواد تمتاز بامتصاصها الماء وتحولها لمستحلب أو مادة لزجة، يفرزها النبات عند إصابته بجروح أو بطريقة مستمرة[17]، تنتج الأصماغ من اتحاد حمض عضوي مع قاعدة عضوية[18].

كما يُعتقد أنها تنتج عن عمليات الأيض تتكون من السيليلوز والنشاء، ولا تتأثر بالخميرة أو الكحول[17].

I.4.7. الراتنجات:

هي مواد كيميائية ذات تركيب معقد، تنتج عن أكسدة أنواع مختلفة من الزيوت العطرية، وتفرز في قنوات أو فجوات داخل النبات، كما أنها عادة ما تسيل تحت القلف وتتجمد إثر تعرضها للهواء، وهي غير قابلة للذوبان في الماء لكنها تذوب في الكحول، وتتواجد في النبات إما وحدها أو متحدة مع الزيوت العطرية أو الصموغ، ويمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات: راتنجات جامدة، راتنجات زيتية وراتنجات صمغية[17].

I.4.8. التانينات:

هي مواد تفرزها النباتات لها القدرة على الاتحاد مع البروتينات ومنع تحللها، وهناك مواد أخرى تفرزها النباتات تشبه التانينات في تركيبها إلا أنها لا تعمل على منع تحلل البروتينات مثلها[17]، كما تُعرف التانينات بأنها مركبات معقدة التركيب الكيميائي عديدة الفينولات وخالية من النيتروجين، تنتشر في أغلب العائلات النباتية[18]، ومن أهم مصادرها أجزاء النباتات الغنية بالقلويدات كالقلف والأوراق والجذور[17].

I.4.9. الزيوت الثابتة أو الدهنية:

هذه الزيوت تتميز بأنها لا تتطاير ولا تتبخر ولا يمكن تقطيرها دون أن تتحلل، وتتركب نتيجة اتحاد الجليسيرين مع حامض دهني، كما أنها تحتوي عادة على حامض الأوليك، وهي غير قابلة للذوبان في الماء لكنها تذوب في مذيبات عضوية مختلفة، وتنتج هذه الأخيرة في الكثير من الفصائل النباتية وتتواجد بكثرة في البذور وبكميات قليلة في الدرنات والثمار والسيقان والأوراق[17].

I.4.10. الزيوت العطرية (الطيارة):

هي مواد قد تتواجد في النبات فتكسبه رائحة، ولها طعم مستساغ، تمتاز بأنها مواد تتبخر وتتطاير ويسهل استخلاصها من النبات دون تغير تركيبها عكس الزيوت الدهنية[17]، كما لها فاعلية مطهرة تمنع الخشب من التسوس، كما يستعملها الإنسان أيضا في التداوي كتطهير الجهاز التنفسي[8].

I.5. الاستخدامات العلاجية للنباتات الطبية:

يتم استخدام النباتات الطبية علاجيا على نطاق واسع، خاصة و أنه تم التأكد من فعالية المواد المستخلصة من النباتات مقارنة بالمواد المصنعة مخبريا–هذا أمر أشكل على الأطباء و الصيادلة معرفة سببه– الجدول (I-01) يلخص بعض الأمراض التي تعالجها النباتات[17]:

الجدول (I-02): التأثير الطبي لبعض النباتات.

التأثير الطبي	النبات
علاج الأنيميا	أقحوان، خرشوف، برسيم حجازي، سبانخ.
خفض نسبة السكر في الدم	ثوم، كرفس، سندقورة، شيح، حسك، حشيشة العقرب، جرجير.
علاج الحروق	حورة، صبار، رقف، ذرة، سم الفراخ، بتولا.
علاج القيء	أقحوان، خرشف، بشملة.
طاردة للديدان	قيصوم، ثوم، شيح، أقحوان، بقلة الملك، حرمل، رجلة الحور، رمان، سندب، رجلة
علاج الروماتيزم	تنوب، أدهاتودا، عقوم، عين القط، بلح الصحراء، صبار، كرفس، كشك ألمانط، هندبا.
معالجة الانتفاخ	شبت، حشيشة الملاك، كراوية، الحبة السوداء، فلفل أسود، يانسون.
خفض الحرارة	حبة البركة، ريحان، حشيشة الليمون، لبلاب، رجل الحمام.
ضد المغص	ثوم، كرفص، خريشف، أخيليا، كراوية، كمون، زعفران، لبلاب، سكران، شمر، زعرور.
مسكّنات	بابونج روماني، ثوم، بلادونا، حشيش، خشخاش، شمر، حبة البركة،

	سكران، ثوم، بن.
معالجة السموم	شيت، دفلة، حزمة، سذب، كزبرة، الحبة السوداء.
علاج نزلات البرد والزكام	خطمية، زعفران، ينسون، صنوبر، يوكاليبتوس، شمر، عرق سوس، طمية.
نباتات مُخدّرة	حشيش، داتورة، قات، شوكران، حرمل، سكران.
منبهات الجهاز العصبي	عين الديك، بصل، ثوم، عقلة، ثفيتيا، دفلة، إفيدرا، ديجاتاليس.
تفتيت حصى الكلى	بقم، حمص، إفيدرا، شقاقيل.

خاتمة:

قمنا في هذا الفصل بالتعريف بالنباتات الطبية العطرية والسامة، كما تطرقنا إلى تاريخها وتصنيفاتها والبعض من استخداماتها الطبية، حيث ظهرت أهمية هذه الأخيرة في حياة الإنسان اليومية وبالأخص في المجال الطبي.

المراجع بالعربية:

[1] محمد. االسيد. هيكل. ع. االله. ع. الرزاق. عمر, النباتات الطبية والعطرية : كيمياؤها وإنتاجها فوائدها, 1993.

[2] القحطاني. جابر. بن. سالم, موسوعة جابر لطب الأعشاب: مكتبة العبيكان, 2008.

[3] د. مصطفى, النباتات الطبية والغذاء الصحي: الياقوتة الحمراء للبرمجيات, 2014.

[6] أطلس النباتات الطبية والعطرية في الوطن العربي, 2012 دمشق.

[10] بوخبتي و حبيبة, "النباتات الطبية المتداولة في المنطقة الشمالية لولاية سطيف دراسة تشريحية لنوعين من جنس Mentha والنشاطية ضد البكتيرية الأساسية لزيوتهما," 2018.

[12] أحمد. أنور. عيسى, التداوي بالأعشاب بين الحقيقة و السراب, 2012.

[15] د. أ. مظفر. أحمد. الموصلي, النباتات السامة و استخدام مكوناتها في صناعة الأدوية: دار الكتب العلمية 2018 .

[17] . النباتات الطبية و العطرية و السامة في الوطن العربي, 1988 الخرطوم.

[18] ر. أ. عزيز, النباتات الطبية و العطرية البستانية, 2021–2022 جامعة دمشق.

المراجع الاجنبية:

[4] K. Kelly, "The history of medicine. New York: Facts On File," ed: Inc, 2009.

[5] B. B. Petrovska, "Historical review of medicinal plants' usage," *Pharmacognosy reviews*, vol. 6, p. 1, 2012.

[7] N. Kovacevic, "Fundamentals of pharmacognosy," *Beograd: Personal edition*, pp. 170-1, 2000.

[8] P. Lukic, "Pharmacognosy," *Beograd: SSO faculty of pharmacy*, pp. 8-22, 1985.

[9] F. Jamshidi-Kia, Z. L. , and H. A.-K. , "Medicinal plants: Past history and future perspective," *Journal of Herbmed Pharmacology*, p. 7, 2018.

[11] A. C. Hamilton, "Medicinal plants, conservation and livelihoods," *Biodiversity & Conservation*, vol. 13, pp. 1477-1517, 2004.

[13] M. Rubin, *Guide pratique de phytothérapie et d'aromathérapie*: Ellipses, 2004.

[14] S. Jedidi and H. Sebai, "Phytochemistry, Medicinal Uses, and Beneficial Nutritional Effects of Essential Oils," 2024.

[16] J. P. Foley and J. A. Crow, "Supercritical fluid chromatography for the analysis of natural products," in *Modern Phytochemical Methods*, ed: Springer, 1991, pp. 113-147.

الفصل
الثاني

مقدمة:

تعتبر الزيوت العطرية التي يتم استخلاصها من النباتات، بالخصوص النباتات الطبية من الوسائل التي يلجأ إليها الإنسان في العلاج، والتي تحوي العديد من المواد الكيميائية التي تكسبها خصائص طبية تساعد الجسم على مقاومة الأمراض والعوامل المضرة[1] كما أن العلاج بالزيوت العطرية ليس بالأمر الحديث بل لديه تاريخ قديم جدا، هناك عدة سجلات مكتوبة تشير إلى استخدام الزيوت العطرية تعود إلى حوالي6000 سنة[2]، فمثلا الهنود كانوا يمارسون "طب الأيورفيدي" الذي يعود إلى أكثر من ثلاثة آلاف سنة، حيث يقومون فيه باستخدام الزيوت العطرية كعنصر رئيسي للعلاج[3]، ويُقدر عدد النباتات المحتوية على الزيوت العطرية بأكثر من 2000 نبات[4]، وهذا ما جعلها متوفرة على أوسع نطاق، ومع ذلك فلا يمكن اعتبار المعالجة بالزيوت العطرية بديلا للطب التقليدي، فهناك الكثير من الأمراض لا تستطيع التغلب عليها[3].

1.II. تعريف الزيوت العطرية:

هي مواد قد تتواجد في النبات فتكسبه رائحة، ولها طعم مستساغ، تُعرف بالزيوت الطيارة أيضا لأنها تتطاير وتتبخر دون أن تتحلل، تتواجد في حوالي ستين فصيلة نباتية تتمثل في أكثر من ألفي نبات، تعتبر هذه الأخيرة كناتج ثانوي لعملية التحول الغذائي للنبات، تتوافر في أجزاء النبات ككل أو في أحد أجزائه أو في أكثر من جزء من أجزاء النبات بنسب متباينة، وتتجمع بالضبط في تركيبات وعائية خاصة مثل: الشعيرات الغدية أو في غدد أو قنوات زيتية مثل الأوراق، بتلات الأزهار، القلف، الثمار وقشور الثمار، وتستعمل في الكثير من الأغراض منها الطبية والغير طبية[5].

2.II. المقارنة بين الزيت العطري والزيت الثابت:

الزيوت النباتية هي مواد دهنية تستخرج من النباتات، تنقسم إلى نوعين مختلفين زيوت عطرية و زيوت ثابتة[6]، نلخص أهم الاختلافات بينهما في النقاط التالية:

1.2.II. من حيث المصدر:

نحصل على الزيوت العطرية من النباتات فقط، أما الزيوت الثابتة قد تكون زيوت نباتية مثل زيت الزيتون أو زيوت حيوانية مثل شحم الخنزير[6].

2.2.II. من حيث الخصائص:

تتميز الزيوت العطرية بأنها تتطاير وتتبخر عند درجات الحرارة الاعتيادية والمرتفعة نسبيا دون أن تتأثر أو تتحلل أو تتلف، بينما الزيوت الثابتة لا تتحمل التعرض لدرجات الحرارة إذ تتلف وتتغير تركيبتها دون أن تتطاير[6]، ولهذا تترك هذه الزيوت بقع على الأقمشة والملابس على خلاف الزيوت الطيارة [6, 7]، الزيوت العطرية تكون سائلة في درجة حرارة الغرفة باستثناء زيت الورد و زيت الينسون اللذان يتجمدان عند درجات حرارة أقل بقليل من درجة حرارة الغرفة، و الزيوت الثابتة تكون في درجات الحرارة العادية سائلة أو نصف متجمدة[6].

3.2.II. من حيث الصفات:

الزيوت العطرية زيوت عديمة اللون باستثناء بعض الأنواع التي يظهر فيها احمرار خفيف وقد يميل لونها إلى الأصفر الفاتح جدا، وذلك يعود لكونها طازجة، بينما تُعرف العديد من الزيوت الثابتة بألوانها المميزة، تتأثر الزيوت الثابتة والعطرية بتعرضها للضوء والهواء، فيتغير لون الزيوت العطرية إلى الداكن، أما الزيوت الثابتة فتصبح مرّة المذاق و ذات رائحة غير مرغوبة[6].

II.4.2. من حيث طرق الاستخلاص:

يمكن الحصول على الزيوت العطرية من خلال عمليات كيميائية كالتقطير بأنواعه[6]، أما الزيوت الثابتة فعمليات استخلاصها عمليات ميكانيكية بالدرجة الأولى، مثل العصر.

II.5.2. من حيث المكونات:

تتكون الزيوت العطرية من التيربينات ومواد أخرى، أما الزيوت الثابتة فإنها أسترات ناتجة عن اتحاد أحماض دهنية مثل حمض اللينوليك و حمض الأوليك مع الجليسيرول[6].

II.3. التركيب الكيميائي للزيوت العطرية:

الزيوت العطرية هي مزيج معقد من المركبات الطبيعة، سواء كانت قطبية أم غير قطبية[8]، يبلغ عددها أكثر من 500 مركب كيميائي[9]. بشكل عام تتألف المكونات في زيوت العطرية من التيربينات (Terpene) وهي نوعان التيربينات والسيسكوتيربينات(sesquiterpenes)، والمركبات العطرية مثل الألدهيدات، والكحول، والفينول، والمشتقات الميثوكسي، وما إلى ذلك، والتيربينويدات (terpenoids)[8, 10] يمكن تقسيم هذه المركبات إلى مجموعتين رئيسيتين: هيدروكربونات التيربين والمركبات المؤكسجة.

II.1.3. التيربينات:

التيربينات هي فحوم هيدروجينية وهي الفئة أكثر المركبات الكيميائية شيوعًا وتواجدا في الزيوت العطرية، تتكون التيربينات من وحدات الايزوبرين (isoprene units) وهي عدة وحدات أساسية مكونة من خمس ذرات الكربون(C_5)، هي عبارة عن وحدتي ايزوبرين، تسمى وحدة التربين (terpene unit)؛ والتربينات عدة أصناف حيث توجد التيربينات الأحادية (C_{10})، التيربينات السيسكوي (sesquiterpenes "C_{15}")، التيربينات الثنائية (C_{20})، التيربينات الثلاثية (C_{30})، والتيربينات الرباعية (C_{40})[8]، يوجد كذلك التيربينويدات وهي تربينات أكسوجينية متفرعة "ايزوبرينويدات" (isoprenoids)[11]، تحتوي الزيوت

العطرية في الغالب على التيربينات الأحادية $C_{10}H_{16}$ (الوزن الجزيئي 136 amu) والتيربينات السيسكوي $C_{15}H_{24}$ (الوزن الجزيئي 204 amu)، وهي هيدروكربونات صيغتها العامة من الشكل$(C_5H_8)n$، التيربينات السيسكوي أكبر حجماً من التيربينات الأحادية، إلا أن هيكلها وخصائصها الوظيفية مشابهة لها[12]؛ بالنسبة للتربينات الثنائية والتربينات الثلاثية والتيربينات الرباعية، فإن لديها جزيئات أكبر من التيربينات الأحادية والتيربينات السيسكوي، وتوجد بتركيز منخفض جدًا في الزيوت العطرية[10].

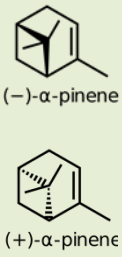
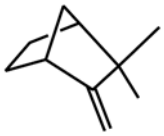
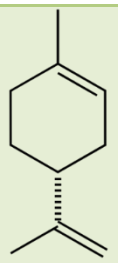
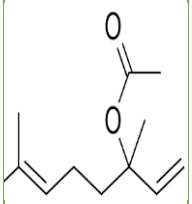
II.2.3. المركبات الأكسجينية:

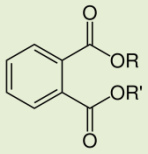
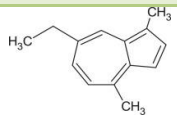
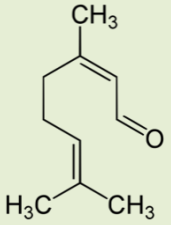
هذه المركبات تتكون من ذرات الكربون والهيدروجين والأكسجين، هناك مجموعة متنوعة من هذه المركبات موجودة في الزيوت العطرية، فيما يلي بعض المركبات الكيميائية المختلفة الموجودة في الزيوت العطرية:

- **الفينولات:** ثيمول، يوجينول، كارفاكرول، شافيكول، وغيرها.
- **الكحولات:** كحولات التيربين الأحادي مثل بورنيول، إيسوبوليجول، لافاندول، ألفا تيربينيول، وغيرها، وكحولات التيربين السيسكوي: إليمول، نيروليدول، سانتالول، ألفا–سانتالول، وغيرها.
- **الألدهيدات:** سيترال، ميرتينال، كيومينالديهايد، سيترونيلال، سيناماالديهايد، بنزالديهايد، وغيرها
- **الكيتونات:** كارفون، منثون، بوليغون، فينكون، كامفور، ثوجون، فيربينون، وغيرها.
- **الأسترات:** أسيتات بوميل، أسيتات لينالیل، أسيتات سيترونيليل، أسيتات جيرانيل، وغيرها.
- **الأكسيدات:** 1,8–سينيول، أكسيد بيسابولون، أكسيد لينالول، أكسيد سكلاريول، وغيرها.
- **اللاكتونات:** بيرغابتين، نيبيتالاكتون، بسورالين، إيسكيولاتين، سيتروبتين، وغيرها.
- **الأثيرات:** 1,8–سينيول، أنيثول، إليميسين، ميريستيسين، وغيرها.

الجدول (II–01) يلخص بعض المكونات المهمة والشائعة للزيوت العطرية من تيربينات ومركبات أوكسيجينية التي تختلف في خصائصها الكيميائية والعطرية:

الجدول(II-01): أمثلة عن بعض المركبات الكيميائية المتواجدة في الزيوت العطرية وصيغها الكيميائية وطرق تحضيرها.

الصنف	المركب	الصيغة الكيميائية	مصدرها	طرق التحضير
التربينات	البينين (pinene)		تربين الصنوبر	يمكن الحصول على α-pinene و β-pinene عن طريق التقطير التجزيئي للتربنتين تحت ضغط منخفض.
	الكامفين (Camphene)		الزيوت مثل الكافور، وزيت الفيرويل، والأعشاب	يتم إعدادها من خلال الأيزومرة (isomerization) البينين باستخدام أكسيد التيتانيوم المائي كحفاز عند درجة حرارة تتراوح بين 135± 2 درجة مئوية.
	الليمونين (Limonene)		زيت اليوسفي، وزيت الليمون، وزيت البرتقال	ناتج ثانوي في عملية معالجة زيت الكافور وتخليق الكافور. يمكن تنقية الديبنتين (dipentene) الحاصل عليه عن طريق التقطير للحصول على الليموني.
المركبات الأكسجينية	أسيتات الليناليل (Linalyl acetate)		البرغموت الطبيعي، وزيت اللافندر.	يتم إضافة الليناليل إلى خليط من حمض الخليك وحمض الفوسفوريك لتفاعل الأسترة عند درجة حرارة منخفضة.

	ميثيل الفثالات (Methyl phthalate)		بذور الشاي الأخضر، زيت القرنفل والبلوط	التقطير التجزيئي لزيت الونترغرين، حيث يتم جمع الجزء الأوسط الخالي من الحمض والماء.
	السيرولين (Sesquiterpene Ceruleans)		زيوت النباتات التابعة للعائلة النجمية.	السيرولين (Cerulean) هو مركب زرقاء يتم تشكيله عند عملية التقطير.
	سيترال(Citral)		زيت كود القيقب وزيت الصنوبر	ويمكن فصله منها، يمكن أيضًا الحصول على Citral من الجيرانيول الصناعي عن طريق التحليل الحراري بفقدان الهيدروجين تحت ضغط منخفض باستخدام محفز النحاس.

I.4. الخواص الكيميائية والفيزيائية للزيوت العطرية :

II.4.1. الخواص الفيزيائية:

II.4.1.1. الذوبانية:

الزيوت العطرية مواد لا قطبية لا تنحل في الماء، لكنها تذوب بسهولة في المذيبات العضوية مثال الإيثر والكحول بنسبة 95%، في عملية التقطير يمتزج الزيت مع الماء حتى يكتسب الماء رائحة وطعم الزيت العطري دون أن يذوب فيه[6, 13].

II.1.4.2. الكثافة النوعية:

تختلف الكثافة النوعية من زيت لآخر، لكن كل الزيوت العطرية أخف من الماء باستثناء زيت القرفة (cinnamon oil) وكثافته 1.04، زيت القرنفل (clove oil) وكثافته 1.05، وزيت ساليسلات الميثيل (wintergreen) وكثافته1.17[13].

II.1.4.3. الانكسار الضوئي (refractive index):

الانكسار الضوئي يعني انحناء الضوء عند مروره من وسط لآخر[14]، وهو أحد الثوابت المميزة للمواد[15]، الزيوت العطرية تتميز بمعاملات انكسار ضوئية كبيرة[13]، زيت الكافور عند درجة حرارة T=20°C معامل انكساره يتراوح بين (1.465−1.481)[16].

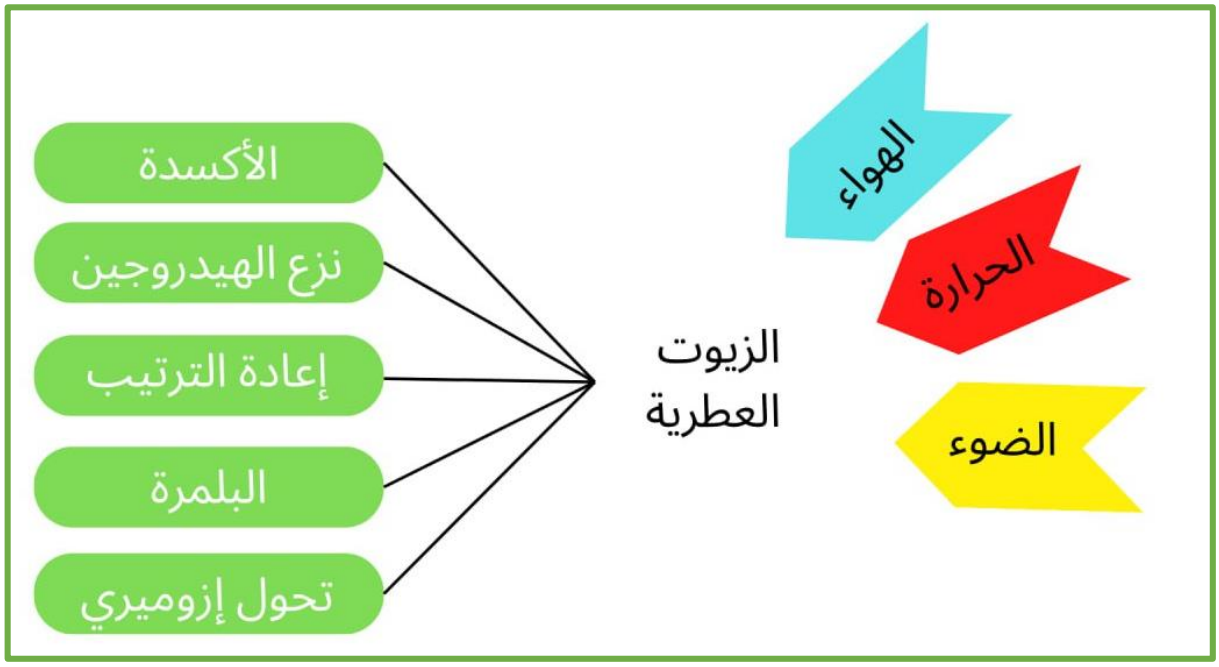
II.1.4.4. الدوران الضوئي:

تتميز الزيوت العطرية بخاصية الدوران الضوئي، وهذه الخاصية طريقة مهمة في تحديد نوع الزيت العطري ومعرفة إذا كان زيت نقي أم لا[17].

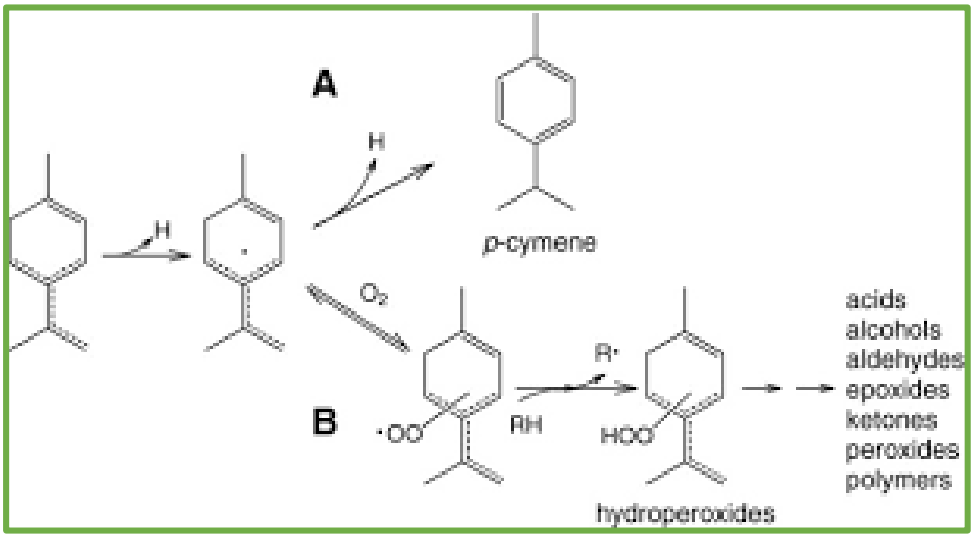
II.2.4. الخواص الكيميائية:

تختلف الخصائص الكيميائية للزيوت العطرية بناءً على المكونات الفردية التي تحتوي عليها، وهذا التركيب الكيميائي يعطي للزيت خصائصه التي تميزه عن الزيوت الأخرى، الزيوت العطرية مواد غير مستقرة كيميائيا يمكن للعديد من العوامل أن تؤثر عليها، من أهم هذه العوامل الضوء، الاوكسجين، الشوائب المعدنية، درجة الحرارة، نسبة الرطوبة، بنية المركبات وتركيبها الكيميائي(الصورة(II−01))، تتأكسد الزيوت العطرية عند تعرضها لهذه العوامل، هي أساسا تتكون من مواد أوكسجينية وتيربينات، المواد الأوكسيجينية مواد تذوب في الكحولات المخففة وهي ثابتة اتجاه الأكسدة، فالمسؤول عن أكسدة الزيوت العطرية هي التيربينات[18]، فمثلا زيوت الحمضيات أكثر الزيوت عرضة للتأكسد وذلك لوجود التيربينات فيها بشكل

رئيسي، عندما تتعرض الزيوت الأساسية للتأكسد، يحدث تكوين الهيدروبروكسيدات وتحول الهيدروكربونات والتكاثف والتفاعلات البوليمرية وكلها تفاعلات ناتجة عن عملية الأكسدة[19] ، كما هو موضح في الصورة (II-01) والصورة (II-02)، الكحولات المتواجدة في أغلب الزيوت العطرية بنسب كبيرة تعطيها خواصها المطهرة[20]، الزيوت العطرية زيوت لا تتصبن أو ضعيفة التصبن، لأنها في الأصل لا تحتوي على أحماض دهنية، لكنها تستعمل كإضافات للصابون لأغراض صحية وتجميلية حيث تعتبر مواد مالئة تضاف بعد عملية التصبن، وقد تم التأكد من أنها تساهم في رفع جودة الصابون[21].



الصورة (II-01): التفاعلات المحتملة للزيوت العطرية والعوامل المسببة لها.



الصورة (II-02): مسار أكسدة مقترح، المسار(A) نزع الهيدروجين وإعادة ترتيب الهيدروجين المحتملة، المسار(B) مسار الأكسدة الذاتية الذي يؤدي إلى هيدروبيروكسيدات الهيدروجين والتحلل اللاحق إلى نواتج أكسدة ثانوية

II.5. طرق استخلاص الزيوت العطرية:

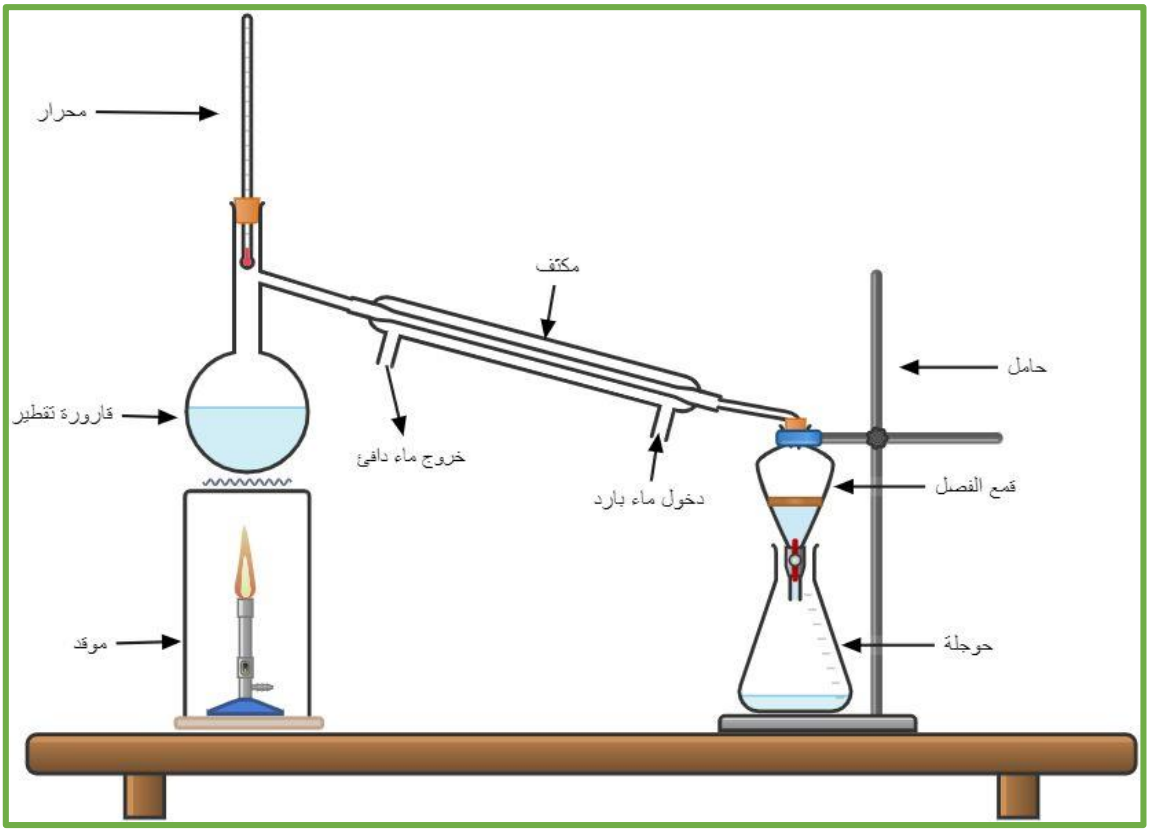
تختلف طرق استخلاص الزيوت العطرية، هناك طرق قديمة وطرق حديثة، نذكر منها الأكثر شيوعا واستعمالا:

II.5.1. الطرق القديمة:

II.5.1.1. طريقة الاستخلاص بالتقطير المائي:

في هذه الطريقة يتم غمر النبات او الجزء منه الذي سيتم استخلاص الزيت منه في وعاء التقطير مع الماء مباشرة أو أنه يوضع في وعاء شبكي ويغمر هذا الأخير في الماء بما فيه من نبات، حتى لا يلامس النبات جدران وعاء التقطير، وهنا تبدأ عملية التسخين إما بالنار مباشرة أو بواسطة حمام مائي[17] حتى درجة غليان الماء، عندئذ يبدأ الماء بالتبخر حاملا معه الزيت المتطاير إلى أن يصل إلى المكثف، ثم يتم تجميع السائل في وعاء؛ وهنا يتم استخدام جهاز الطرد المركزي لفصل الزيت عن الماء، كما يمكن

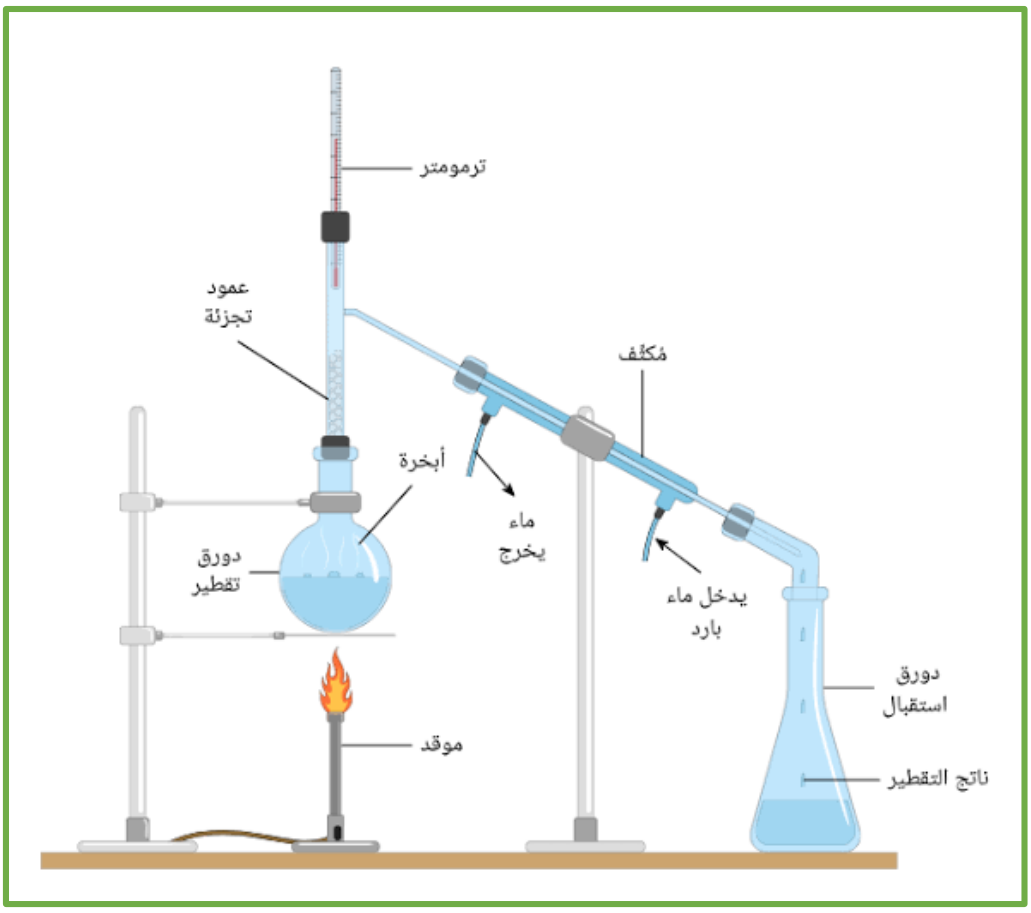
استخدام كبريتات الصوديوم اللامائية للتخلص من بقايا الماء، وأخيرا وبعد ترشيح الزيت يتم تخزينه في أوعية مزودة ببطاقات بيانات[22]، الصورة (II-03) تمثل البروتوكول التجريبي للتقطير المائي.



الصورة (II-03): بروتوكول تجريبي لاستخلاص الزيوت العطرية بواسطة التقطير المائي

II.1.5.2. طريقة الاستخلاص بالتقطير البخاري:

هذه الطريقة لا تختلف كثيرا عن التقطير المائي، فبدلا من غمر النبات في الماء يتم وضعه إما في قفص أو حاجز شبكي بحيث لا يرتفع مستوى الماء الذي في وعاء التقطير إلى النبات أي لا يلامسه، وعند بدأ عملية التسخين يبدأ الماء بالغليان فيصعد البخار ثم يمر بالنبات حاملا مع الزيت الطيار، إلى أن يصعد إلى المكثف، حيث يتحول آنذاك من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة؛ بعد عملية التبريد ينتج سائل يتكون من طبقتين، طبقة زيتية وأخرى مائية، يتم فصل طبقتي هذا السائل عن بعضهما البعض إما بواسطة أواني استقبال خاصة أو بواسطة ماصة[17]؛ الصورة (II-04) تمثل البروتوكول التجريبي للتقطير بالبخار.



الصورة (II-04): بروتوكول تجريبي لاستخلاص الزيوت العطرية بواسطة التقطير بالبخار.

3.1.5.II. طريقة الاستخلاص بالمذيبات العضوية:

هذه الطريقة يتم خلالها نقع النبات أو الجزء المراد استخلاص الزيت منه ثم مزجه مع أحد المذيبات كالهكسان Hexanet، ثم يتم تسخين الخليط إلى أن يتبخر المذيب الذي يحمل الزيت العطري وبعض الشموع النباتية، تسمى الخلاصة المتحصل عليها بعد تبخر المذيب بالخلاصة الشمعية، يُعتقد أنّ نصفها زيت عطري ونصفها شمع نباتي، يتم فصلهما عن بعض بمعالجة إضافية بالكحول[3]، وفي الكثير من الأحيان يكون الزيت الناتج ملونا وذلك بسبب المذيبات المستعملة في الاستخلاص، يمكن التخلص من هذه الألوان إما بالتقطير مع شمع أبيض خال من الرائحة والذي بدوره يقوم بامتصاص الألوان الغير مرغوب فيها أو بتعريض الزيت للأشعة فوق البنفسجية والتي تقوم بتفكيك المركبات اللونية، مما يقلل من اللون الغير مرغوب فيه في الزيت؛ ومن المذيبات التي يمكن استعمالها أيضا ، الأسيتون، الإيثير البترولي،

الكحول الميثيلي والكحول الإيثيلي ، وتسمى هذه الأخيرة بالمذيبات الطيارة تمتاز بسهولة فصلها عن الزيت بعملية التقطير بدرجات حرارة منخفضة إذ لا تتأثر مكونات الزيت[6]، وتعتبر هذه الطريقة من أحسن الطرق لأنها تحافظ على رائحة الزيت[22].

II.5.1.4. طريقة الاستخلاص بالزيت الحامل:

يطلق عليها أيضا بطريقة الاستخلاص بالترقيد أو النقع، ومنها نوعان نقع بارد ونقع ساخن[23]، كما تعرف كذلك بطريقة الاستخلاص بالمذيبات الغير طيارة وهي نوعان كذلك استخلاص دهني بارد واستخلاص دهني ساخن(تعطين)[22]، ومن المذيبات التي تستعمل بكثرة دهن البقر أو دهن الخنزير أو زيت الزيتون[17]، تتم هذه الطريقة بوضع النبات العطري المراد استخلاص الزيت منه في إناء أو علبة زجاجية ويفضل تقطيعه لقطع صغيرة ثم يضاف إليه زيت ناقل أو دهن، مثل زيت الزيتون أو زيت دوار الشمس، من المستحسن عدم استخدام زيت الزيتون لأن رائحته قوية وقد تؤثر على رائحة الزيت العطري، ثم توضع العلبة الزجاجية في حمام مائي، مع التحريك المستمر للمنقوع لمدة 3 ساعات، وهذا ما يسمى بالنقع الساخن أو التعطين؛ أما بالنسبة للنقع البارد فلديه نفس مبدأ النقع الساخن إلا أن الخليط لا يوضع في حمام مائي، بل يترك في مكان مظلم لمدة تتراوح بين 14إلى 21 يوما، ليمتص الزيت الحامل الزيت العطري بالتدريج، تمتاز طريقة النقع البارد عن الساخن بأنها تحافظ على رائحة الزيت العطري[23].

II.5.2. الطرق الحديثة:

II.5.2.1. طريقة الاستخلاص بالسوائل الفائقة الحرارة:

تصنف هذه الطريقة من أحدث طرق الاستخلاص[3]، تعتبر السوائل الفائقة الحرارة أهم عنصر في هذه الطريقة التي تعد الأكثر أمنا من الطرق الأخرى للاستخلاص[24]، لأنه لا يتخلف عنها بقايا مذيبات أو تلف النباتات بسبب درجات الحرارة المرتفعة[25]؛ يعد ثاني أوكسيد الكربون هو الأكثر استعمالا من بين هذه السوائل، حيث يتحول هذا الأخير للحالة السائلة عند ارتفاع الضغط، ويستخدم كوسيط آمن وغير نشط

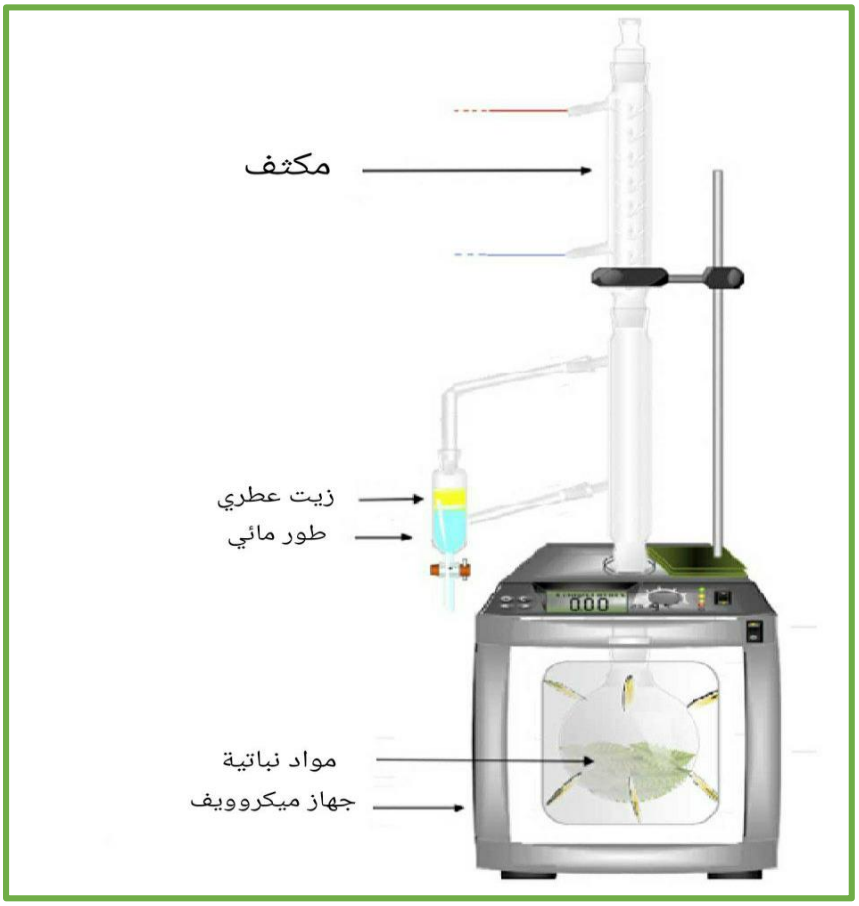
لاستخراج الجزيئات العطرية من النبات، ثم يعود لحالته الغازية تحت درجة الحرارة والضغط الجويين ثم يتبخر[24].

II.2.2.5. طريقة الاستخلاص بالميكروويف:

طريقة استخلاص الزيوت الأساسية بتقنية الميكروويف هي أحد طرق الاستخلاص الحديثة، حيث يتم تسخين المواد الخام بسرعة وبكفاءة عالية نظرًا لخصائص التسخين الفريدة للميكروويف؛ هذه العملية، تعتمد بشكل أساسي على تسخين العينات بالميكروويف، أولا نقوم تشغيل الميكروويف للتسخين الأولي للعينات، ثم تبريد البخار الناتج وتجميعه في زجاجة تصفية، في دراسة لاستخلاص الزيت العطري لليمون (الليمونين) بعد تحديد القيم المثلى لطاقة التسخين الميكروويفية والوقت للحصول على أعلى مردود، وُجد أن نسبة مردود الليمونين مقابل استهلاك الطاقة في حالة التسخين بالميكروويف تكون أعلى بـ 18.6 مرة من التسخين التقليدي[26]؛ تعتبر عملية الاستخلاص بالميكروويف تقنية واعدة تتمتع بالعديد من الإيجابيات والفوائد، وتشمل هذه الإيجابيات[26]:

- ✓ كفاءة الاستخلاص: تعتبر عملية الاستخلاص بالميكروويف فعالة من حيث استخدام الطاقة والوقت، مما يمكن أن يؤدي إلى زيادة كفاءة الاستخلاص وتقليل تكاليف الإنتاج.
- ✓ سهولة التشغيل: تعتبر عملية الاستخلاص بالميكروويف سهلة التشغيل وتتطلب جهدًا أقل في التحكم والمراقبة مقارنة ببعض الطرق التقليدية الأخرى.
- ✓ استدامة البيئة: قد تكون عملية الاستخلاص بالميكروويف أكثر استدامة بيئيًا نتيجة لاستخدام كميات أقل من المذيبات الكيميائية وتقليل النفايات.
- ✓ سلامة المواد الغذائية: يمكن أن تساهم عملية الاستخلاص بالميكروويف في الحفاظ على سلامة وجودة المواد الغذائية نتيجة للتسخين السريع والدقيق.

هناك بعض السلبيات التي تواجه هذه الطريقة، من أهمها الحاجة إلى معدات متخصصة مثل أفران الميكروويف، بالإضافة إلى تكاليف الطاقة العالية في حالات استخدام الطاقة بكميات كبيرة، قد تحتاج أيضا إلى مراقبة دقيقة للتحكم في درجة الحرارة والوقت لضمان الحصول على منتج نهائي عالي الجودة، والحاجة الدائمة إلى تحسينات تقنية لضمان استخلاص فعال وموحد للمواد النشطة؛ الصورة (II–05) تمثل بروتوكول تجريبي لاستخلاص الزيوت العطرية بمساعدة الميكروويف.



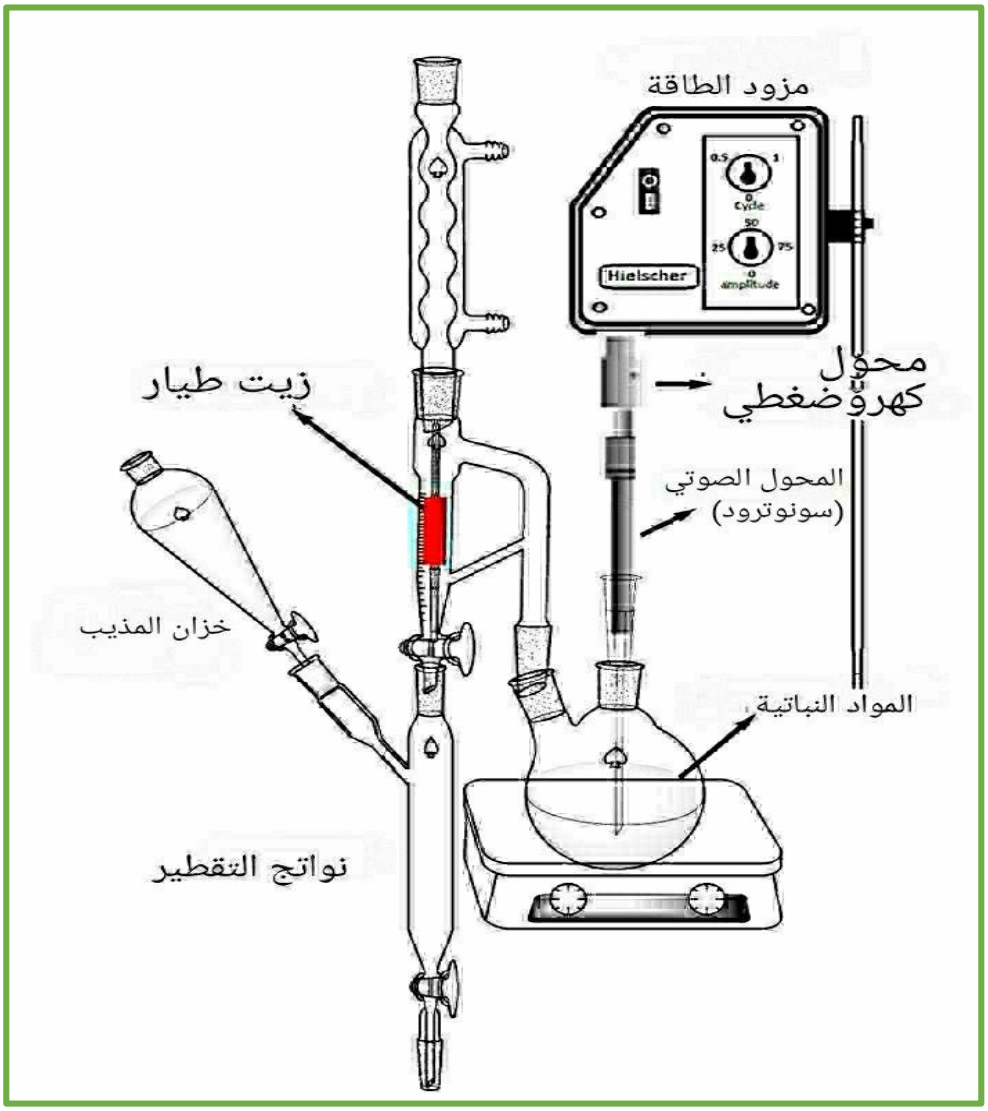
الصورة (II–05): بروتوكول تجريبي لاستخلاص الزيوت العطرية بالميكروويف.

3.2.5.II. طريقة الاستخلاص بالذبذبات فوق الصوتية:

تقنية الاستخلاص بمساعدة الأمواج فوق الصوتية (Ultrasound-assisted extraction)، هي تقنية يتم فيها غمر المواد الخام النباتية في الماء أوفي مذيب آخر (مثل الميثانول أو الإيثانول)، وفي نفس الوقت يتعرض لتأثير الأمواج فوق الصوتية، هذه التقنية قد استُخدمت لاستخراج العديد من الزيوت الطيارة،

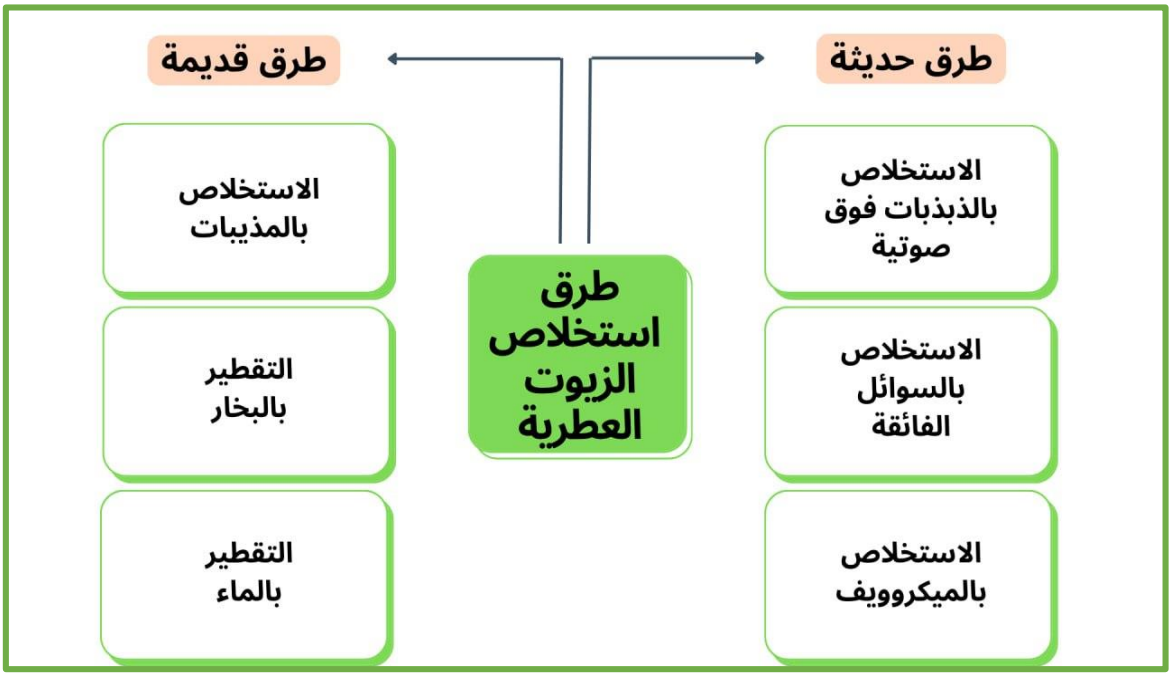
خاصةً من الزهور والأوراق و البذور...الخ، تعتبر الأمواج فوق الصوتية بديلًا غير حراري، حيث تنتقل بنفس سرعة موجات الصوت وتؤدي إلى سلسلة من التغيرات في الضغط، نتيجة لهذه التغيرات تتشكل فقاعات تُسمى بفقاعات التجويف، هذه الفقاعات قابلة للانهيار بسرعة، عند حدوث هذا الانهيار نحصل على طاقة ترفع درجة الحرارة حتى 4000 k والضغط حتى 1000 atm(هذه القيم تعتمد على التردد المستخدم وسعة الموجة الصوتية)[27]، الصورة (II-06) تمثل بروتوكول تجريبي للاستخلاص بالترددات فوق الصوتية؛ من الفوائد والمزايا لطريقة استخراج الزيوت الأساسية بمساعدة الأمواج فوق الصوتية[27]:

1. **كفاءة الاستخراج:** تساعد التقنية في زيادة كمية الزيت المستخرجة مقارنة بالطرق التقليدية.
2. **توفير الوقت:** تقلل هذه التقنية من وقت الاستخراج مقارنة بالطرق التقليدية، مما يزيد من كفاءة العملية.
3. **تقليل استهلاك المذيبات:** تقلل عملية الاستخراج بمساعدة الأمواج فوق الصوتية من كمية المذيبات المستخدمة مقارنة بالطرق التقليدية.
4. **تحسين استجابة النباتات:** يمكن أن تساعد التقنية في تحسين استجابة النباتات لعملية الاستخراج وزيادة كفاءة الاستخلاص.



الصورة (II-06): بروتوكول تجريبي للاستخلاص بالترددات فوق الصوتية.

تطرقنا أعلاه إلى بعض طرق الاستخلاص كما اشرنا إلى أنها الأكثر استعمال، **الصورة (II-07)** تلخص أهم الطرق والأكثرها استعمالا؛ وذلك ما يدل على وجود طرق استخلاص أخرى قلّ ما يتم استعمالها مثل طريقة الاستخلاص بالوخز وهي نوعان الوخز باستعمال الإسفنج والوخز الآلي، وطريقة الاستخلاص بالرش وطريقة الاستخلاص بالحركة الدائرية**[6]**.



الصورة (II-07): أهم طرق استخلاص الزيوت العطرية.

6.II. تأثير طرق الاستخلاص على الزيوت:

عند استخلاص الزيوت العطرية بإحدى الطرق التي تطرقنا لها سابقا تمر النباتات المراد استخلاص الزيت منها بعدة مراحل، لذا من الممكن أن تؤثر هذه الطرق على الزيوت العطرية، الجدول (II-02) يلخص بعض أشكال تأثير طرق الاستخلاص على الزيوت العطرية:

الجدول(II-02): بعض أشكال تأثير طرق الاستخلاص على الزيوت العطري

الطريقة		تأثيرها على الزيت المستخلص
التقطير	البخار	▪ تلف التركيبة الكيميائية للزيت العطري بسبب درجات الحرارة المرتفعة[25]. ▪ فقدان نسب من الزيت العطري بسبب عسر فصلها عن الماء.
	الماء	

	الميكروويف	▪ تغير في جودة الزيت نتيجة للتسخين السريع والقوي عند التقطير باستخدام الميكروويف، وقد يؤدي هذا التسخين إلى تحطيم بعض المركبات النشطة في الزيت مما يؤثر على نكهته وخصائصه الطبيعية[26].
المذيبات العضوية		▪استخدام كميات كبيرة من المذيبات والاحتفاظ ببقايا منها بسبب عدم فصلها جيدا يمكن أن يتسبب في سمية الزيت[25].
الزيت الحامل		▪إمكانية تغير رائحة الزيت بسبب درجة الحرارة المرتفعة في حالة النقع الساخن أو بسبب رائحة الزيت الحامل المستعمل[23].
الذبذبات فوق الصوتية		–ارتفاع درجة الحرارة بسبب انفجار الفقاعات تؤثر على تركيبة الزيت.

I.7. استعمالات الزيوت العطرية وأهميتها الاقتصادية:

تستعمل دول العالم الزيوت العطرية في العديد من المجالات وعلى أوسع نطاق، مما وسّع دائرة العرض والطلب عليها وجعلها ذات أهمية اقتصادية، نذكر بعض المجالات التي تستعمل فيها هذه الزيوت:

II.7.1. المجال الطبي أو الصيدلاني:

تملك الزيوت العطرية تركيبة كيميائية تُكسبها خاصية علاجية، حيث تستخدم لعلاج بعض الأمراض أو الوقاية منها لامتلاكها خاصية مطهرة ومضادة للبكتيريا والفيروسات[2]، مثل زيت الزعتر يستخدم كمطهر أو مضاد للالتهاب لأنه يمتلك هذه الخواص[28]، تختلف طرق العلاج بالزيوت العطرية، إذ يمكن استخدامها في العلاج النفسي بهدف تحسين المزاج لامتلاكها "تأثيرا مركنا"[3]، وتستخدم أيضا في العلاج الفسيولوجي بهدف تحسين وظائف الأعضاء، حيث تستخدم استخداما موضعيا إذ يتم تطبيقها مباشرة على الجلد بعد مزجها مع مستحضرات أو زيت حامل[2] عن طريق التدليك او الاستحمام أو الشرب[23] أو عن طريق استنشاق كميات قليلة من الزيت العطري نفسه عبر الأنف[29]، كما يمكن استنشاق بخار الزيت أو عطره[23].

II.7.2. مجال الصناعات الغذائية:

تستخدم الزيوت العطرية في هذا المجال كمواد حافظة للأغدية [30] وذلك بإضافتها للغذاء من أجل ضمان جودته وسلامته من البكتيريا، لأنها تمتلك خاصية مضادة للأكسدة والميكروبات[31]، كما يمكن تضمينها في الأغلفة أو الطلاءات القابلة للأكل وذلك بخلط هذه الزيوت مع مواد أخرى طبيعية الأصل مثل البروتينات أو الدهون أو البوليساكاريدات إما بشكل فردي أو في تركيبة واحدة[32]، وتطبيقها على السطح الخارجي للطعام من أجل الحفاظ على جودته وصلاحيته الغذائية، كما أنها تحافظ على مظهره ولونه[33].

II.7.3. مجال الصناعات التجميلية:

أما في هذا المجال فتستخدم الزيوت العطرية في صناعة مستحضرات التجميل، التي تستخدم في مكافحة الشيخوخة وحب الشباب وتفتيح البشرة ووقايتها من أشعة الشمس، كما أن خاصيتها المضادة للبكتيريا والأكسدة لها فوائد لفروة الرأس حيث تعزز نمو الشعر وكثافته كما أنها تساعد على تنظيف بصيلات الشعر[33, 34]، ويمكن استخدامها لحفظ المنتجات التجارية التجميلية[35-37]، وتستخدم أيضا في صناعة العطور وأنواع الصابون[28].

II.8. طرق حفظ الزيوت العطرية:

تعتبر الزيوت العطرية مواد غير مستقرة كيميائيًا، لسرعة تأكسدها وتحللها إثر تعرضها للعديد من العوامل[19]، لذلك تم اقتراح طرق متنوعة لحفظها، أول هذه الطرق هو الحفاظ عليها من أشعة الشمس و الهواء، فتحفظ في عبوات زجاجية أو بلاستيكية محكمة الاغلاق، حيث أن العبوات الزجاجية داكنة اللون تعمل على رفع مادة الجيرانيوم في الزيت العطري، أما بالنسبة للعبوات البلاستيكية الملونة فإنها تعمل على رفع مستوى السيترونيلول[28]، كما يمكن أن تضاف إليها مواد مانعة للتأكسد مثل ثاني أكسيد الكربون أوفيتامينات قابلة للذوبان في الدهون مثل فيتامين هـ (فيتامين E)،فيتامين أ، وفيتامين د[38]، أو إضافة زيت حامل يحتوي على أحد هذه الفيتامينات، مثل زيت الأفوكادو وزيت عباد الشمس[3].

الخاتمة:

تطرقنا في هذا الفصل إلى التعريف بالزيوت العطرية والبعض من خصائصها الفيزيائية والكيميائية، مع ذكر تركيبتها الكيميائية، كما أشرنا إلى بعض الطرق المتّبعة لاستخلاصها وطرق حفظها، وبعض المجالات التي تستخدم فيها هذه الأخيرة والتي تدل على مدى أهميتها.

المراجع العربية:

[1] L. Ananieva, الزيوت العطرية: لصحتك وجمالك: Tektime, 2017.

[3] غودس. وغروست, الدليل إلى المعالجة بالعطور, 2017.

[4] أ. درويش. مصطفى, النباتات الطبية و الغذاء الصحى, 2012.

[5] أ. أ. عيسى, التداوى بالأعشاب بين الحقيقة و السراب: ktab INC., 2012.

[6] د. ع.الحميد. ا. أحمد, الدهان: قراءة علمية للدهان في كتاب الجامع لمفردات الأدوية والأغذية لابن البيطار: دار غيداء للنشر والتوزيع, 2018.

[7] ا. جابر. ب. سالم, موسوعة جابر لطب الأعشاب: مكتبة العبيكان, 2008.

[13] هيام. م. ر. معصومة. ح. علامه, أسرار العلاج بالزيتون: دار القلم للطباعة و النشر و التوزيع – بيروت / لبنان, 2016.

[14] د. م. س. ابراهيم, إدارة القياسات البصرية في الرعاية الصحية للعيون, 2020.

[15] R. A. S. F. A. F. M. Ibrahim, قاموس المصطلحات العلمية : فيزيا، كيميا، رياضيات: Dar al-Kotob al-Ilmiyah, 2007.

[17] م. أ. د. الموصلي, النباتات السامة واستخدام مكوناتها في الأدوية: دار الكتب العلمية, 2018.

[18] سحر. س. ع. المجيد, الاعشاب والتوابل: مجموعة النيل العربية طباعة نشر توزيع, 2007.

[20] غ. و. غ. ت. أ. رمو, الدليل إلى المعالجة بالعطور: دار مؤسسة رسلان, 2018.

[22] غ. سعيد, صناعات منزلية مربحة: وكالة الصحافة العربية, 2021.

[23] الزيوت العطرية :علاج وجمال: شبكة الألوكة, 2022.

[28] أطلس النباتات الطبية والعطرية في الوطن العربي, 2012 دمشق.

[29] ص. سعيد, جمالك في الأعشاب الطبيعية والزيوت العطرية: وكالة الصحافة العربية, 2021.

المراجع الأجنبية:

[2] N. Paar, "Serpent Rising: The Kundalini Compendium," ed: Winged Shoes Publishing , October 202310 p. 520.

[8] A. A. Mohamed, G. A. El-Emary, and H. F. Ali, "Influence of some citrus essential oils on cell viability, glutathione-S-transferase and lipid peroxidation in Ehrlich ascites carcinoma cells," *Journal of American Science,* vol. 6, pp. 820-826, 2010.

[9] J. Liang, Y. Zhang, P. Chi, H. Liu, Z. Jing, H. Cao, *et al.*, "Essential oils: Chemical constituents, potential neuropharmacological effects and aromatherapy-A review," *Pharmacological Research-Modern Chinese Medicine* ,vol. 6, p. 100210, 2023.

[10] F. Bakkali, S. Averbeck, D. Averbeck, and M. Idaomar, "Biological effects of essential oils--a review," *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association,* vol. 46, pp. 446-475, 2008.

[11] S. Burt, "Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review," *International journal of food microbiology,* vol. 94, pp. 223-253, 2004.

[12] G. Ruberto and M. T. Baratta, "Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems," *Food chemistry,* vol. 69, pp. 167-174, 2000.

[16] R. Kanthack, *TABLES OF REFRACTIVE INDICES :Essential oils*: A. Hilger, limited, 1918.

[19] C. Turek and F. C. Stintzing, "Stability of essential oils: a review," *Comprehensive reviews in food science and food safety,* vol. 12, pp. 40-53, 2013.

[21] N. Prieto Vidal, O. Adeseun Adigun, T. H. Pham, A. Mumtaz, C .Manful, G. Callahan, *et al.*, "The effects of cold saponification on the unsaponified fatty acid composition and sensory perception of commercial natural herbal soaps," *Molecules,* vol. 23, p. 2356, 2018.

[24] S. B. Hawthorne, M.-L. Rickkola, K. Screnius, Y. Holm, R. Hiltunen, and K. Hartonen, "Comparison of hydrodistillation and supercritical fluid extraction for the determination of essential oils in aromatic plants," *Journal of Chromatography A,* vol. 634, pp. 297-308, 1993.

[25] C. Deng, N. Yao, A. Wang, and X. Zhang, "Determination of essential oil in a traditional Chinese medicine, Fructus amomi by pressurized hot water extraction followed by liquid-phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry," *Analytica Chimica Acta,* vol. 536, pp. 237-244, 2005.

[26] Z. Song, X. Wei, M. Xie, X. Zhao, J. Sun, Y. Mao, *et al.*, "Study on the microwave extraction process and product distribution of essential oils from citrus peel," *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification,* vol. 171, p. 108726, 2022.

[27] U. Altaf, A. Rouf, V. Kanojia, Q. Ayaz, and I. Zargar, "Ultrasound treatment: A novel processing technique for food preservation," *Pharma Innov. J,* vol. 7, pp. 234-241, 2018.

[30] I. Simionato, F. C. Domingues, C. Nerin, and F. Silva, "Encapsulation of cinnamon oil in cyclodextrin nanosponges and their potential use for antimicrobial food packaging," *Food and chemical toxicology,* vol. 132, p. 110647, 2019.

[31] J. R. Calo, P. G. Crandall, C. A. O'Bryan, and S. C. Ricke, "Essential oils as antimicrobials in food systems–A review," *Food control,* vol. 54, pp. 111-119, 2015.

[32] C. Mannozzi, J. P. Cecchini, U. Tylewicz, L. Siroli, F. Patrignani, R. Lanciotti, *et al.*, "Study on the efficacy of edible coatings on quality of blueberry fruits during shelf-life," *LWT-Food Science and Technology,* vol. 85, pp. 440-444, 2017.

[33] S. Kynes, *Llewellyn's Complete Book of Essential Oils: How to Blend, Diffuse, Create Remedies, and Use in Everyday Life*: Llewellyn Worldwide, 2019.

[34] R .Vangipuram, L. Mask-Bull, and S. J. Kim, "Cutaneous implications of essential oils," *World Journal of Dermatology,* vol. 6, pp. 27-31, 2017.

[35] N. Wongsukkasem, O. Soynark, M. Suthakitmanus, E. Chongdiloet, C. Chairattanapituk, P. Vattanikitsiri, *et al*" ,.Antiacne-causing bacteria, antioxidant, anti-tyrosinase, anti-elastase and anti-collagenase activities of blend essential oil comprising rose,

bergamot and patchouli oils," *Natural Product Communications,* vol. 13, p. 1934578X1801300529, 2018.

[36] W. J .Winkelman, "Aromatherapy, botanicals, and essential oils in acne," *Clinics in dermatology,* vol. 36, pp. 299-305, 2018.

[37] M. Dreger and K. Wielgus, "Application of essential oils as natural cosmetic preservatives," *Herba polonica,* vol. 59, pp. 142-156.2013 ,

[38] S. M. J. A. S. Silva, *Releasing Systems in Active Food Packaging*: Springer International Publishing, 2022.

الفصل
الثالث

الجزء
العملي

1.III.المواد والأجهزة المستعملة:

1.1.III. المـــــــــواد:

المواد التي تم استخدامها في عملية استخلاص الزيوت العطرية موضحة في الجدول (III -01)

الجدول (III -01): يمثل المواد المستعملة.

المواد	النقاوة	الشركة المنتجة
زيت نباتي	_	زيت شركة SARL PROLIPOS، زيت من شركة cevital
كحول جراحي	90	سونتي بروفارم

2.1.III. الأجهزة المستعملة:

- ميزان حساس من شركة Kern بدقة 0.001 غرام.
- مسخن كهربائي من شركة .DLAB Scientific inc.
- فرن.
- مخلاط كهربائي

2.III. خطوات العمل:

1.2.III. تجميع النباتات الطبية:

تم جمع النباتات الطبية من مصادر مختلفة، تم الحصول على أغلبها من الأسواق المحلية لولاية الوادي، وبعضها تم جلبه من مناطق أخرى، منها وادي العلندة، مدينة جامعة بولاية المغير، ومدينة الطيبات بولاية ورقلة... الخ، الجدول (III -02) يمثل العينات التي تم جمعها.

الجدول (III -02): يمثل العينات التي تمت دراستها

الرند	الصفصاف	الحسك	السنامكي
الحبق	القرطوفة	الزعتر	حبة حلاوة
العلندة	القرنفل	قشور الليمون	البسباس
القرفة	الهيل	المريمية	السدر
القطف	الورد	قشور الرمان	البابونج

إكليل الجبل	البردقوش	الشيح	الريحان
تيزانة لويزة	الزنجبيل	العرق سوس	الحناء
الخزامة	اللبان	التقفت	العناب
قشور البرتقال	شجرة مريم	الشندقورة	

2.2.III. تجفيف وتحضير العينات:

بعد تجميع العينات، قمنا بتحضير العينات وفق الطريقة المناسبة لكل نبات حيث قمنا بما يلي: غسل النباتات من الأتربة والوحل العالق بها، ثم تجفيفها في الظل، بعيدا عن الرطوبة كما يظهر في الصورة (III -01)، ثم تنقية هذه العينات وذلك باختيار الأجزاء الجيدة من هذه النباتات؛ ثم تقطيعها إلى أحجام صغيرة.

الصورة (III – 01): تجفيف العينات، العينة (أ) الحناء، والعينة(ب) العناب

3.2.III. استخلاص الزيوت العطرية:

عملية استخلاص الزيوت العطرية تمت بطريقة الزيت الحامل، حيث يمكن تقسيمها لثلاث مراحل رئيسية كما يلي:

1.3.2.III. المرحلة الأولى:

تم وزن 10 غ من كل عينة ووضعها في عبوات زجاجية قابلة للغلق بإحكام ومقاومة للحرارة ثم تبليلها بالكحول وتركها لمدة تتراوح من 4 ساعات، بعد مرور الوقت اللازم نضيف الزيت الحامل، وقد حرصنا على اختيار الزيت النباتي الأقل لونا، وذلك لكي لا يطغى الزيت المستخدم على الزيت العطري، وذلك للحفاظ على التركيبة النباتية بأكبر شكل ممكن، أضفنا كميات مختلفة من الزيت 150 مل، 100 مل، و 60 مل، وذلك يعود لحاجة كل عينة حيث يجب أن يغمر الزيت كل العينة؛ ليتم تسخينها في

حمام مائي تحت درجة حرارة 85C° لمدة ساعة واحدة، الصورة (III –02) تلخص هذه المرحلة، بعد انتهاء عملية التسخين نقوم بلف العبوات بورق الألومنيوم جيدا، ثم حفظها في الظلام لمدة 10 أيام[1].

الصورة (III –02): المرحلة الأولى

2.3.2.III. المرحلة الثانية:

بعد مرور عشرة أيام نقوم بتصفية العينات، تمت عملية التصفية بثلاث مراحل حسب حاجة كل عينة، في المرة الأولى استخدمنا مصفاة دقيقة مع إضافة قماش مناسب، تم تكرار هذه العملية لإزالة كل الشوائب، في بعض العينات اكتفينا بهذا الحد مثل اللبان والهيل، وفي عينات أخرى مثل شجرة مريم والورد قمنا بالتصفية باستعمال القطن حتى حصلنا على زيت خالية من كل الشوائب؛ تم تفريغ الزيت المتحصل عليه في قارورات مناسبة داكنة اللون (الصورة (III –03)).

الصورة (III -03): المرحلة الثانية

III.3.3.2. المرحلة الثالثة:

لفصل الزيت العطري عن الزيت الحامل، قمنا بتبريد القارورات في المبرد، لاختلاف الخواص الفيزيائية بين الزيتين فإننا نلاحظ ظهور طبقتين في القارورات، الطبقة العلوية هي الزيت العطري، والسفلى هي الزيت الحامل، باستخدام حقنة أو ماصة نقوم بسحب الزيت العطري ووضعه في أنابيب ذات سعة 5 مل.

III.3. كروموتوغرافيا غاز-كتلة:

هي طريق تحليلية تجمع بين الكروماتوغرافيا الغازية والمطيافية الكتلية، تستخدم بكثرة في تحليل الزيوت العطرية وذلك لسهولتها ودقة نتائجها، هذا الجمع بين هاتين التقنيتين GC/ MS للتحليل يسمح بإجراء تحليل كامل، نوعي وكمي، تعتبر تقنية GC–MS في ذروتها الآن وتجد تطبيقات في مجالات متنوعة مثل صناعة الأغذية والطب والصيدلة وعلم البيئة[2].

III.1.3. شرح مبدأ عمل التقنية:

تعتمد هذه الطريقة على فصل المواد بواسطة الكروماتوغرافيا الغازية، ثم توجيها للمطيافية الكتلية لتحليلها، تتم قراءة النتائج بمقارنة الأطياف الناتجة مع قواعد البيانات المحفوظة[3].

III.1.1.3. الكروموتوغرافيا الغازية:

III.1.1.1.3. الحاقن:

الحاقن أو نظام الحقن، وهو منطقة مُسخنة حيث يتم به ادخال العينة بشكل مذاب باستخدام حقنة، ثم تتبخر وتمتزج مع الغاز الحامل وهو الطور المتحرك، عادةً ما يكون الهيليوم، دورته هو نقل المركبات من الحاقن إلى العمود التحليلي، نظرًا لتغيُّر لزوجة الغاز بمرور الحرارة، فإن مُعظم المحاقن مجهزة اليوم بمُنظّم إلكتروني لمعدل التدفق؛ يقوم هذا الأخير بتعديل ضغط الغاز استنادًا إلى درجة الحرارة، مما يُحافظ على تدفق غاز ثابت في العمود ويعزز أداء الجهاز بشكل كبير[2].

III.2.1.1.3. العمود:

يلعب عمود جهاز الكروماتوغرافيا الدور الرئيسي للفصل، في الوقت الحاضر، تُستخدم الأعمدة المعروفة باسم " الأعمدة الشعرية"؛ حيث يتكون العمود من أنبوب من السيليكا المنصهرة يغطي جداره على شكل طبقة رقيقة وهي الطور الثابت؛ يُغطي الجدار الخارجي بطبقة من البوليميد التي تمنح العمود

المرونة والصلابة، يتميز الطور الثابت بالوظائف الكيميائية المزروعة على السيليكا، إذا كانت هذه الوظائف قليلة القطبية (مثل سلاسل الألكانات أو مجموعات الفينيل، على سبيل المثال)، فإن العمود يُعرف بأنه "قليل القطبية"، وإذا كان الطور الثابت مكون من مركبات قطبية مثل البولي إيثيلين جلايكول، فإن العمود يُعرف بأنه "قطبي"، يتم فصل مكونات المزيج استنادًا إلى قطبيتها، يسمح اختلاف المكونات في الخصائص الفيزيوكيميائية سرعات إخراج مختلفة وبالتالي يتم فصلها استنادًا إلى الوقت، عند مواجهة خليط مختلط، يُفضل عادة اختيار عمود قليل القطبية، حيث تكون المراحل الثابتة قليلة القطبية عادةً أكثر صلابة وثباتًا حراريًا بكثير من نظرائها القطبية، يتراوح طول العمود الشعري من 10 إلى 100 متر، وقطره الداخلي من 0.1 إلى 0.5 ملم، وسمك طوره الثابت بين 0.1 إلى 5 ميكرومتر، وتؤثر كل منها بشكل حاسم على جودة الفصل[2].

يخرج العمود الشعري من الجهاز ويدخل إلى المطيافية الكتلية عبر "خط نقل". وهو أنبوب يتم تسخينه بشدة حوالي 300 درجة مئوية لتجنب تكاثف الجزيئات المُفصولة بين الجهازين.

III.3.1.2. المطيافية الكتلية:

تتيح المطيافية الكتلية تحديد هوية وكمية المواد المحللة، هناك العديد من أنواع المطيافية الكتلية؛ ولكن كلها تتضمن ثلاثة عناصر أساسية: مصدر، محلل، ومُكتشف[2].

III.3.1.2.1. غرفة التأين (Ionization):

عملية التأين في تقنية الكروماتوغرافيا الغازية –الطيف الكتلي (GC-MS) تتم عن طريق إنتاج أيونات من العينة المحللة. هناك عدة طرق لتأيين العينة في GC-MS، ومنها[2]:

- **التأيين الإلكتروني (EI):** يتم في هذه الطريقة تعريض العينة لشعاع من الإلكترونات عالية الطاقة، مما يؤدي إلى تكوين أيونات إيجابية. هذه الطريقة شائعة الاستخدام وتوفر معلومات هامة عن هوية المركبات.

- **التأيين الكيميائي (CI):** في هذه الطريقة، يتم استخدام غاز كمادة مساعدة لتكوين أيونات. تكون هذه الطريقة أكثر انتقائية وتستخدم لتحليل المركبات الأكثر تعقيدًا.
- **التأيين الساخن (HCD):** هذه الطريقة تستخدم في بعض الأجهزة الحديثة وتعتمد على تحطيم الأيونات بواسطة الحرارة.

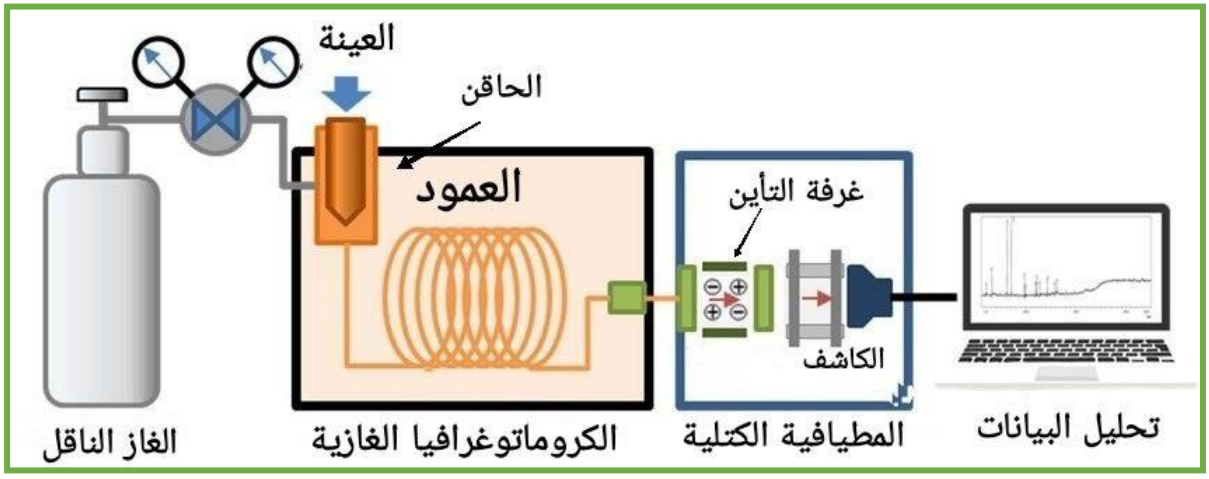
III.3.1.2.2. المحلل (Analyzer):

يعمل المحلل في جهاز المطيافية الكتلية على تفريق الأيونات المتولدة من العينة حسب نسبة الكتلة إلى الشحنة (m/z). يتم ذلك عن طريق تطبيق حقول كهربائية و/أو مغناطيسية على الأيونات لتوجيهها وتفريقها بناءً على نسبة الكتلة إلى الشحنة لكل أيون، هذا يسمح بتحليل العينة وتحديد تركيبها وكميتها بدقة[2].

III.3.1.3.3. المكبر (Detector):

يقوم بتحويل الإشارات الكهربائية المنبعثة من الأيونات إلى إشارات قابلة للقياس، يصطدم الأيون بالمكبر، فيتم تحويل هذا التصادم إلى إشارة كهربائية، المكبر يعمل على تضخيم هذه الإشارة بحيث يتمكن الجهاز من قراءتها وتحليلها بدقة، تكبير الإشارة يساعد في تحسين قدرة الجهاز على اكتشاف الأيونات بشكل أكثر دقة وفعالية[2].

هذه الأجزاء تعمل معًا لتحليل الأيونات المتولدة من العينة وتحديد هويتها وكميتها بدقة، الصورة (III-04) تمثل هذه الأجزاء.



الصورة (III -04): رسم تخطيطي لجهاز كروماتوغرافيا الغاز-مطيافية كتلية

3.2.III. قراءة النتائج:

"الكروماتوغرام" هو الرسم البياني الذي يُظهر الإشارات التي تم تسجيلها خلال عملية التحليل بواسطة الجهاز، يُظهر الكروماتوغرام الفترات التي تمر بها المركبات المحللة أثناء التحليل وكيفية تفاعلها مع العوامل المختلفة في الجهاز، يمكن قراءة الكروماتوغرام عن طريق تحليل الشكل الناتج حيث يتم قياس الزمن على المحور الأفقي وكمية الإشارة على المحور العمودي، يمكن تحديد أوقات الانتقال (retention times)، لكل مركب محلل وقياس ارتفاع الذروة (peak height) أو مساحة الذروة (peak area) لتقدير كمية المركب المحلل، يمكن تفسير الذروات بالشكل التالي[2]:

- تتوافق كل ذروة مع مركب محدد مستقل.
- تمثل أطول ذروة وأكثرها مساحة المركب الأكثر وفرة.

4.III. التحليل الكيمومتري:

تأسس التحليل الكيمومتري أو علم معلومات الكيمياء، في بداية السبعينيات من القرن العشرين على يد "Svante Wold"، "Bruce L. Kowalski" ، و"D.L Massart" تم صياغة مصطلح "chemometrics" لأول مرة من قبل "S. Wold"، الذي طلب تمويلًا من حكومة السويد لتأسيس

تخصص جديد. منذ ذلك الحين، تم اقتراح العديد من التعاريف للكيموتريكس منها أن التحليل الكيمومتري هو الاختصاص الكيميائي الذي يستخدم الطرق الرياضية والإحصائية وغيرها من الطرق التي تعتمد على المنطق لتصميم أو اختيار الإجراءات القياسية والتجارب الأمثل، وتوفير أقصى معلومات كيميائية ذات صلة من خلال تحليل البيانات الكيميائية، التحليل الكيمومتري يستخدم طرق متعددة المتغيرات، أي يتم النظر إلى جميع المتغيرات في نفس الوقت[4].

III.4.1. تحليل البيانات:

عملية تحليل البيانات تسمح بدراسة نتائج البحث والخروج بقاعدة أو نموذج، وهناك تنوع في طرق واستراتيجيات تحليل البيانات وهذا التنوع مرتبط بشكل أساسي بطبيعة البحث من حيث كونه كمياً أو نوعياً، ويرتكز بشكل كبير على طبيعة التصميم البحثي المستخدم[5].

III.4.2. مكونات عينة الدراسة:

قمنا في هذه البحث بدراسة 35عينة وهي عبارة عن نباتات طبية عطرية، تمت الدراسة لأحد مستخلصات هذه النباتات وهي الزيوت العطرية، الجدول (III -03) يلخص العينات المدروسة:

الجدول (III -03): يمثل العينات المدروسة وتصنيفها العلمي واسمها العلمي

الإسم الشائع	العائلة	الإسم العلمي	التشفير
الشندقورة	الشفوية Lamiaceae	Ajuga reptans	P1:01
المريمية	الشفوية Lamiaceae	Salvia officinalis	P1:02
البردقوش	الشفوية Lamiaceae	Origanum	P1:03
إكليل الجبل أو الروزماري	الشفوية Lamiaceae	Rosmarinus officinalis L.	P1:04

P1:05	Thymus vulgaris	Lamiaceae الشفوية	**الزعتر**
P1:06	Lavandula angustifolia	Lamiaceae الشفوية	**الخزامة**
P1:07	Vitex agnus-castus	Lamiaceae الشفوية	**شجرة مريم**
P1:08	Ocimum tenuiflorum	Lamiaceae الشفوية	**الحبق**
P1:09	Aloysia citriodora	Lamiaceae الشفوية	**التيزانة**
P1:10	Ocimum basilicum	Lamiaceae الشفوية	**الريحان**
P2:01	Artemisia	Asteraceae النجمية	**الشيح**
P2:02	Matricaria chamomilla L.	Asteraceae النجمية	**البابونج**
P2:03	Artemisia campestris	Asteraceae النجمية	**التقفت**
P2:04	Anacyclus valentinus L.	Asteraceae النجمية	**القرطوفة**
P3:01	Zingiber	Zingiberaceae الزنجبيلية (ginger)	**الزنجبيل**
P3:02	Elettaria cardamomum	Zingiberaceae الزنجبيلية (ginger)	**الهيل**
P4:01	Ziziphus spina-christi L.	Rhamnaceae السدرية	**السدر**
P4:02	Ziziphus jujuba	Rhamnaceae السدرية	**العناب أو السدر اليمني**
P5:01	Foeniculum vulgare	Apiaceae الخيمية	**البسباس أو الشمر**
P5:02	Pimpinella anisum	Apiaceae الخيمية	**الينسون أو حبة حلاوة**

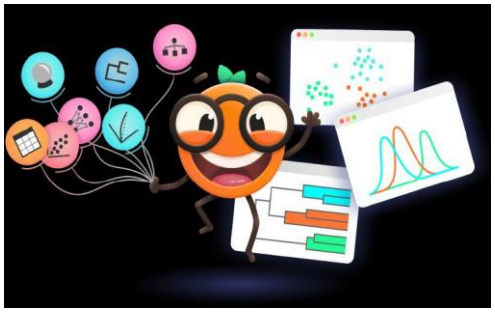
الحناء	Lythraceae الخثرية	Lawsonia inermis	P6:01
قشور الرمان	Lythraceaeالخثرية	Punica	P6:02
قشور البرتقال	Rutaceae السذابية	Citrus Aurantium	P7:01
قشور الليمون	Rutaceae السذابية	Citrus limon	P7:02
القرفة	Lauraceae الغارية	Cinnamomum verum	P8:01
الرند أو الغار	Lauraceae الغارية	Laurus nobilis	P8:02
اللبان	Sapindales البخورية	Boswellia Carterii	P9:01
القطف	Caryophyllales القطيفية	Atriplex halimus	P10:01
القرنفل	Myrtaceae الآسية	Syzygium aromaticum L.	P11:01
عرق السوس	Fabaceae البقولية	Glycyrrhiza glabra	P12:01
الحسك	Zygophyllaceae القديسية	Tribulus	P14:01
العلندة	Ephedraceae العلندية	Ephedra	P15:01
الصفصاف	Salicaceae الصفصافية	Salicaceae	P16:01
السنا المكي	Fabaceae القرنيات	Senna	P17:01
الورد	Rosa الوردية	Rosa damascena	P18:01

3.4.III. البرامج المستعملة:

برنامج Orange data mining هو حزمة تعلم الآلة وتنقيب البيانات لتحليل البيانات من خلال البرمجة بلغة Python والبرمجة البصرية، هذا البرنامج يتميز بتحليل البيانات التفاعلي وتجميع المكونات القائمة على إجراءات تنقيب البيانات؛ في اختيار وتصميم المكونات، وهو البرنامج الذي استخدمناه في هذه الدراسة، الصورة (III -05) توضح شعار هذا البرنامج[6].

برنامج SIMCA (بالإنجليزية: Soft Independent Modeling of Class Analogy) هو أداة تحليلية تستخدم في علوم البيانات والإحصاءات لتحليل بيانات متعددة الأبعاد وتقديم تصورات مختلفة حول توزيع البيانات. تم تطويره بواسطة شركة Umetrics، وهو جزء من أدوات تحليل البيانات الكيميائية والصناعية.

يستخدم بشكل أساسي في التحليل الكيميائي والصناعي، حيث يساعد في تحليل بيانات العمليات والمواد. يتضمن SIMCA مجموعة من الأدوات والتقنيات مثل تحليل الانحدار الخطي الجزئي (PLS) وتحليل المكونات الرئيسية (PCA) والتحليل التفاضلي للتشتت (DA). يمكن استخدام هذه التقنيات لتصنيف العينات وتحديد الانحرافات عن النماذج المتوقعة.



الصورة (III -05): شعار برنامج أورنج والسيمكا.

5.III. طرق وأساليب دراسة نموذج إحصائي:

1.5.III. طريقة تحليل العنصر الرئيسي PCA:

في العمليات الإحصائية وبرامج تعلم الآلة، يكون لدينا قدر هائل من المعلومات و التي قد لا تكون مقيدة ضمن مجال من المجالات أو متماثلة الخصائص لذا فالحل هنا هو استعمال ما يُعرف بخوارزميات تقليل الأبعاد، من أشهر هذه الخوارزميات وأكثر دقة وتفوقا خوارزمية الـ PCA وهي اختصار لـ (Principal Component Analysis) وهو "الاسم العام للتقنية التي تستخدم المبادئ الرياضية الأساسية المعقدة لتحويل عدد من المتغيرات المحتمل ارتباطها إلى عدد أقل من المتغيرات، تسمى المكونات الرئيسية"، أي أنها تقوم بتقليل الأبعاد والضوضاء بحيث تتخلص من الخصائص غير الضرورية وتبقي على اللازم منها[7].

2.5.III. طريقة تحليل العنقود الهرمي HCA:

التحليل العنقودي هو طريقة تحليل إحصائية تعتمد أساسا على تصنيف المتغيرات باعتبار خصائص محددة داخل مجموعات صغيرة وجمعها داخل عنقود واحد، يتم تقليل التباين داخل العنقود الواحد بأكبر قدر ممكن، وهي نوعان، تحليل عنقودي هرمي وغير هرمي، هذه الطريقة هي تقنية من تقنيات التحليل الإحصائي متعدد المتغيرات، تعتبر الـ HCA وهي اختصار لـ Hierarchical cluster analysis أكثر طرق التحليل العنقودي استخداما لبساطتها، يتم تصنيف العينات فيها وفقا للتشابه في الخصائص، حيث كلما كانت العينات أقرب لبعضها كانت أكثر تشابها[8].

3.5.III. طريقة التحليل الجزئي للمربعات الصغرى PLS-DA:

هو اختصار لـ"Partial Least Squares Discriminant Analysis"، وهو طريقة تحليلية تستخدم عادة في مجال الأيض، وهو أيضا أحد تقنيات الانحدار الخطي الذي يقوم بتحليل البيانات عن

طريق الكشف عن العلامات المختلفة بين مجموعات معينة من العينات، يتم إنشاء رسوم بيانية للروابط التي تحدد فصل المجموعات بين العينات والمتغيرات[9].

6.III. معاملات التحليل الإحصائي وتقييم مجموعة من المتغيرات:

1.6.III. معامل الارتباط Coefficient of corrélation:

يعرف الارتباط على أنه الطريقة التحليلية التي من خلالها يمكن تحديد شكل العلاقة وقوتها، والذي يتم تحديده من خلال معاملات الارتباط بين كل زوج من المتغيرات، يمكن تعريف معامل الارتباط r_{xy} أنه المعامل الذي يمكن من خلاله قياس مدى الارتباط بين المتغيرات، تتراوح قيمته بين[1,+1−] ، أخذ المعامل قيمة موجبة يدل على العلاقة الطردية بين المتغيرين والقيمة السالبة تدل على العلاقة العكسية بين المتغيرين، بينما اقتراب المعامل من الـ0 فإنه يدل على ضعف الارتباط بين المتغيرين، واقتراب المعامل من القيمة |1| يدل على قوة الارتباط، باعتبار أن الارتباط بين المتغيرات ارتباط خطي بسيط يمكن تلخيص القيم التي يأخذها معامل الارتباط ودلالتها في الجدول (III −03)[10] :

الجدول (III −04): قيمة معامل الارتباط ودلالتها

القيمة العددية	قوة معامل الارتباط
0	لا توجد علاقة خطية
]0.3،0]	علاقة طردية ضعيفة
[0.7،0.3]	علاقة طردية متوسطة
[0.7،1]	علاقة طردية قوية
[−0،0.3]	علاقة عكسية ضعيفة

[−0.7، −0.3]	علاقة عكسية متوسطة
[−0.7، .1]	علاقة عكسية قوية

2.6.III. معامل التحديد Coefficient of Determination:

معامل التحديد يرمز له بـ (R^2)، وعادةً ما يُفسر على أنه نسبة التباين في متغير واحد يمكن تفسيره بواسطة المتغير الآخر أو نسبة التباين المشترك بين المتغيرين، يقيس معامل التحديد مدى نجاح النموذج الإحصائي في التنبؤ بالنتيجة، أدنى قيمة ممكنة لمعامل التحديد هي 0، وأعلى قيمة ممكنة هي 1، كلما كان النموذج جيدا وصالحا كلما كان (R^2) اقرب لـ 1، يمكن أن يزداد (R^2) مع زيادة عدد المتغيرات المتنبئة في النموذج[10].

3.6.III. معامل التحديد المعدل:

هذا المعامل كذلك أحد معاملات تحليل الانحدار المتعدد ويرمز له بالرمز (R^2adj)، يقوم بالأساس على عدد المتغيرات التي يتم إدخالها مقارنة بحجم العينة[11]، معامل التحديد المعدل هو قيمة (R^2) تم تعديلها بناءً على زيادة عدد المتغيرات في النموذج (مما يجعلها أكثر فائدة من القيمة العادية لـ (R^2))، القيمة عالية لـ (R^2) المعدل تعني أن النموذج الذي لديك يتناسب بشكل جيد مع البيانات، عادةً يُعتبر الحصول على قيمة تقترب من 0.70 قيمة عالية لـ (R^2) المعدل[12].

4.6.III. معامل Q^2 Stone-Geissercx :

هو أحد المعاملات التي تستخدم لقياس جودة النموذج الهيكلي، ويعرف أيضا باسم مؤشر التكرار في التحقق المتقاطع؛ حيث يقيس قدرة النموذج على التنبؤ بالمتغيرات الكامنة، يُستخدم هذا المعامل لتقييم جودة كل معادلة هيكلية بشكل منفصل، وهذا ما يعني أنه يمكننا تقييم قوة توقع كل متغير داخل النموذج

بشكل مستقل، إذا كانت قيمة هذا الأخير إيجابية ($Q^2 > 0$) فأن النموذج يظهر وجود صحة توقعية، أما إذا كانت سالبة فإن النموذج يظهر عدم وجود صحة توقعية[13].

III.6.5. F Test:

يستخدم هذا الاختبار عادة للمقارنة بين تباينين ومعرفة مدى الفرق في الدقة بين النتائج وذلك وفقا للعلاقة التالية: $F=S1/S2$[14]، كما يستخدم لاختبار الفرضية القائلة بأن التباينين متساويين[15]، قيمة F الأكبر من (0.05) تدل على وجود مشكلة عدم تساوي التباينين[16] أي ان الفرضية مرفوضة، أما إذا كانت أقل من (0.05) فيتم قبول الفرضية[17]؛ لإجراء اختبار الـF يفضل استخدام Excel أو SPSS أو Minitab..... إلخ، لأن حسابه يدويا يستغرق وقت كما يُحتمل الوقوع في الخطأ.

III.6.6. P- value:

يمكن تقييم قدرة النموذج الهيكلي على توقع قيم المتغيرات الكامنة بناء على البيانات المتاحة من خلال قياس قيمة P، إذا كانت قيمتها أقل من 0.05 فإنها تشير إلى ان النموذج الهيكلي ملائم للبيانات المتاحة، والعكس صحيح [13].

III.6.7. RMSECV- Value:

هو اختصار لعبارة "Root Mean Square Error of Cross-Validation" والتي تعني "جذر الانحراف المعياري للخطأ في التقييم المتقاطع"، وهو أحد المعاملات التي يمكن مخلالها تقييم قدرة النموذج، ويعرف بأنه انحراف معياري للفروق بين بيانات الطيف والقيم المرجعية في مجموعة العينات المستخدمة في التقييم المتقاطع[18].

7.III. شروط صلاحية نموذج الانحدار:

1.7.III. التحديد الصحيح للنموذج القياسي:

يشير هذا العنصر إلى ضرورة اختيار نموذج رياضي يعكس بدقة العلاقة بين المتغيرات في النظام الذي يتم دراسته، يُعتبر اختيار النموذج الصحيح أمرًا حاسمًا لضمان دقة التنبؤات والاستنتاجات الناتجة من التحليل، يمكن لسوء تحديد النموذج أن يؤثر على دقة النتائج لذلك يتوجب على الباحث اختيار النموذج الأنسب بناءً على خصائص البيانات وأهداف الدراسة.

2.7.III. وجود ملاحظات متطرفة:

يقصد بوجود ملاحظات متطرفة او وجود قيم شاذة في التحليل الخطي بأنها قيم تبتعد بشكل كبير عن القيم المتوقعة للنتائج المحسوبة، والتي تشير إلى وجود اخطاء في البيانات، تمتلك هذه الأخيرة قدرة رافعة عالية يمكن من خلالها التأثير على معلمات النموذج (مثل الميل والتباين) مما قد يؤثر على دقة التوقعات المستنتجة من النموذج، يمكن الكشف عنها بإجراء إحصاءات، كما يمكن إزالتها لتحسين دقة النموذج، ولكن قد يؤدي ذلك إلى تحيُّز النموذج مما يتوجب توخي الحذر وعدم إزالتها بشكل عشوائي.

3.7.III. التكافؤ في التباين:

يعني التكافؤ في التباين أن تكون كمية التباين في البيانات متساوية بين مجموعات مختلفة، كما قد يُشير التباين الغير متجانس بين المجموعات إلى عدم التوازن أو عدم وجود نموذج صحيح، مما يؤثر على دقة التحليل.

III.4.7. استقلالية الأخطاء:

تعني استقلالية الأخطاء أن الأخطاء في البيانات غير مرتبطة ببعضها البعض لأن القيم ليست كذلك، على عكس الأخطاء المترابطة، من المهم التحقق من استقلالية الأخطاء لتجنب الانحياز في النتائج والتحليلات الإحصائية، لأن تجاهل الأخطاء المترابطة قد يحدث تحريف في التقديرات النقطية[19].

المراجع:

المراجع العربية:

[1] الزيوت العطرية :علاج وجمال: شبكة الألوكة, 2022.

[3] ك. ك. م. إ. فيترولف, روعة الكيمياء العلم المذهل للأشياء المألوفة مؤسسة هنداوي, 2020.

[5] تحليل بيانات البحث,2014.

[8] ص. سليمان, مثنى, م. صالح, و رياض, "توظيف التحليل العنقودي وطريقة الجار الأقرب في التعرّف على الأنماط مع تطبيق على نوعية المياه الجوفية في محافظة نينوى," المجلة العراقية للعلوم الاحصائية 2012, العدد 12، ص 165-141.

[11] س. ح. أ. بدر, استخدام الأساليب الإحصائية في بحوث العلوم الإجتماعية: المركز العربي للأبحاث ودراسة السياسات, 2019

[14] د. ع. ا. م. أ. الكباش, الكيمياء التحليلة: العبيكان للنشر, 2012.

[16] ع. ا. ا. الفار, إدارة الأعمال: المنهل, 2011.

[17] د. ح. آ. غ. م. ا. الاكاديمي, التقارير المالية في النشآت الصغيرة: مركز الكتاب الأكاديمي 2017.

المراجع الأجنبية:

[2] S. Bouchonnet and D. Libong, "Le couplage chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse," *Actualité Chimique*, pp. 7-14, 2004..

[4] K. Héberger, "Chemoinformatics—multivariate mathematical–statistical methods for data evaluation," in *Medical applications of mass spectrometry*, ed: Elsevier, 2008, pp. 141-169.

[6] https://orangedatamining.com ./

[7] A. Debow تحليل المكون الرئيسي, *Principal Component Analysis (PCA)*, 2020.

[9] S. Zeghoud, B. B. Seghir, I. Kouadri, H. Hemmami, I. B. Amor, A. Tliba, *et al.*, "Classification of plants medicine species from Algerian regions using UV spectroscopy, HPLC chromatography, and chemometrics analysis," *Malaysian Journal of Chemistry*, vol. 25, pp. 126-142, 2023.

[10] B. Ratner, "The correlation coefficient: Its values range between+ 1/− 1, or do they?," *Journal of targeting, measurement and analysis for marketing*, vol. 17, pp. 139-142, 2009..

[12] D. J. Rumsey, *Intermediate statistics for dummies*: John Wiley & Sons, 2007.

[13] F. HATTOU, A. HAMMOUTENE, and E. GRENIER, "L'EVALUATION DE LA THEORIE DU COMPORTEMENT PLANIFIE PAR LA MODELISATION PAR EQUATIONS STRUCTURELLES BASEE SUR LES MOINDRES CARRES PARTIELS (PLS): LIGNES DIRECTRICES THE EVALUATION OF THE THEORY OF PLANNED BEHAVIOR VIA".

[15] D. B. Duncan, "Multiple range and multiple F tests," *biometrics*, vol. 11, pp. 1-42, 1955.

[18] N. Sinelli, A. Spinardi, V. Di Egidio, I. Mignani, and E. Casiraghi, "Evaluation of quality and nutraceutical content of blueberries (Vaccinium corymbosum L.) by near and mid-infrared spectroscopy," *Postharvest Biology and Technology*, vol. 50, pp. 31-36, 2008.

[19] A. F. Schmidt and C. Finan, "Linear regression and the normality assumption," *Journal of clinical epidemiology*, vol. 98, pp. 146-151, 2018.

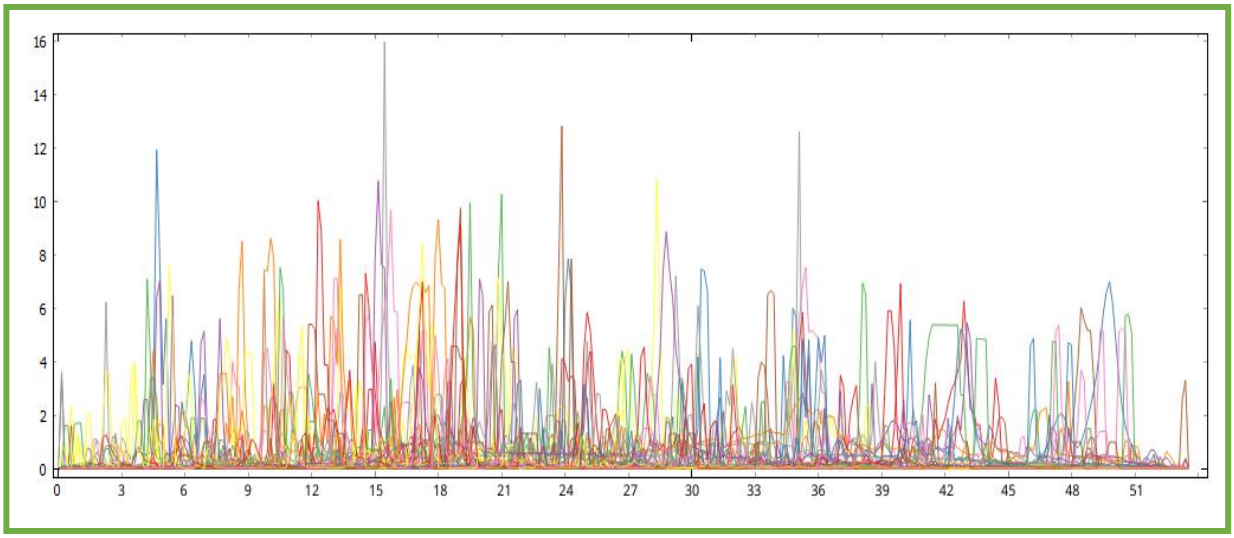
الفصل
الرابع

1.IV. التحليل بواسطة كروماتورافيا الغاز ومطيافية الكتلةGC–MS :

تم استخدام نموذج أداة GC-MS (QP 2010 Plus SHIMADZU) تحت تحكم الكمبيوتر عند 70 فولت لتحليل الزيت الأساسي من المستخلصات النباتية، حيث تم حقن حوالي 1 ميكرولتر من الزيوت العطرية في GC-MS باستخدام حقنة صغيرة وإجراء المسح لمدة 50 دقيقة، عند فصل المركبات تم إخراجها من العمود وإدخالها إلى كاشف قادر على إنشاء إشارة إلكترونية كلما تم اكتشاف مركب، تكون الإشارة التي تم الحصول عليها أكبر كلما زاد التركيز في العينة، والتي تمت معالجتها بعد ذلك بواسطة الكمبيوتر.

1.1.IV. النتائج والمناقشة:

تم الحصول على الرسم البياني (كروماتوغرام) لكل زيت عطري على حدى بواسطة GC -MS ، ثم دمج بيانات الـ 35 عينة في رسم بياني واحد حسب الذروات المتطابقة بواسطة برنامج أورنج (Orange data mining) كما هو موضح في الصورة (IV-01)؛ قمنا باختيار عينتين من أصل 35 عينة ومن ثم تحليل الرسم البياني لكل منها والتعرف على المركبات المتواجدة بكثرة في كل منها.



الصورة (IV-01): رسم بياني لـ 35 عينة المدروسة بالـ GC-MS

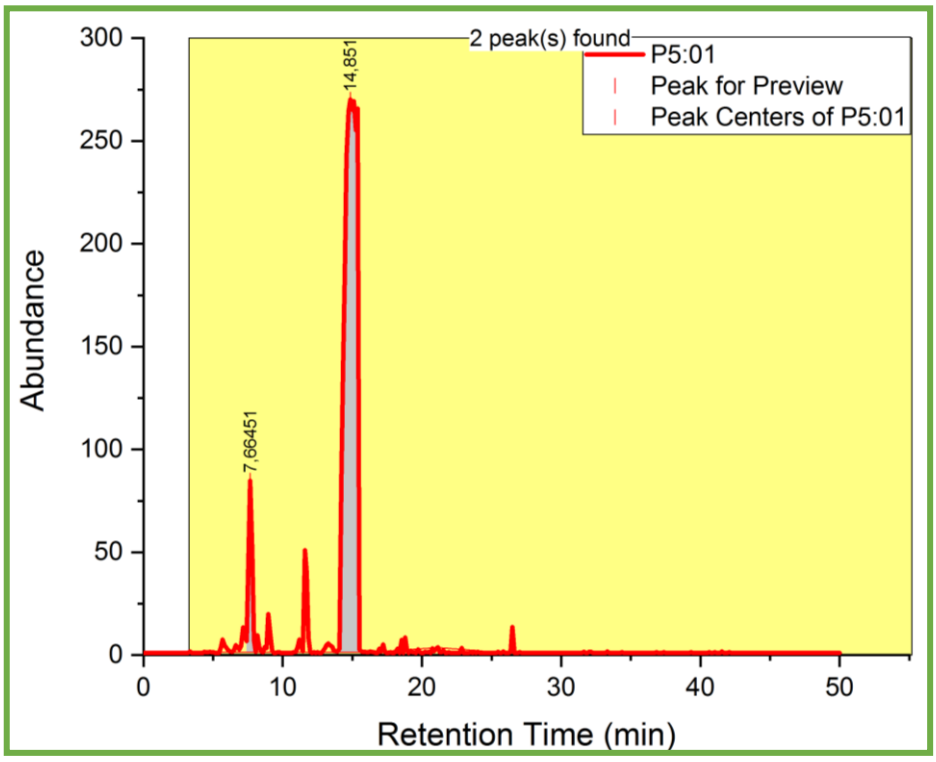
- **العينة الأولى P5:01:**

الجدول (IV-01): مركبات العينةP5:01.

Peaks	Compound name	RT (min) theo	RT (min) reel	Peak Area
01	β-Pinene	7.66	7.66451	23.94146
02	2-Cyclohexen-1-one,2-methyl-5-(1-methylethynyl)	14.895	14.8511	290.9364

يوضح الجدول (IV-01) مركبات العينةP5:01 التي تمثل القمم الظاهرة في الرسم البياني الموضح في الصورة (IV-02) لهه العينة، والمتمثلة في:

β-Pinene و2-Cyclohexen-1-one,2-methyl-5-(1-methylethynyl)



الصورة (IV-02): الرسم البياني للعينة الأولىP5:01

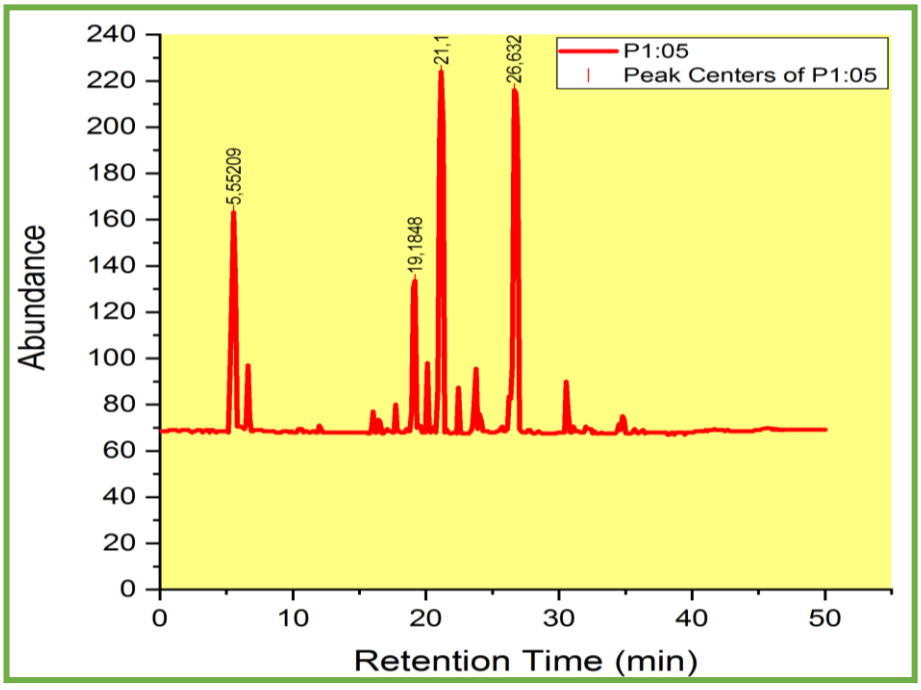
- **العينة الثانية P1:05:**

الجدول (IV-02): مركبات العينة P1:05.

Peaks	Compound name	RT (min) $_{theo}$	RT (min) $_{reel}$	Peak Area
01	Camphene	5.55	5,55209	32,65828
02	neoiso-Menthol	19.17	19,1848	17,2654
03	Oleic Acid	21.12	21,1448	55,83154
04	Butylated Hydroxytoluene	26.24	26,6328	62,2858

يوضح الجدول (IV-02) مركبات العينة P1:05 التي تمثل القمم الظاهرة في الرسم البياني الموضحة في لهذه العينة، المتمثلة في:

Butylated Hydroxytoluene و neoiso-Menthol و Oleic Acid و Camphene



الصورة(IV-03): الرسم البياني للعينة الثانية P1:05.

2.IV. التحليل الكمي لنتائج الـ GC-MS:

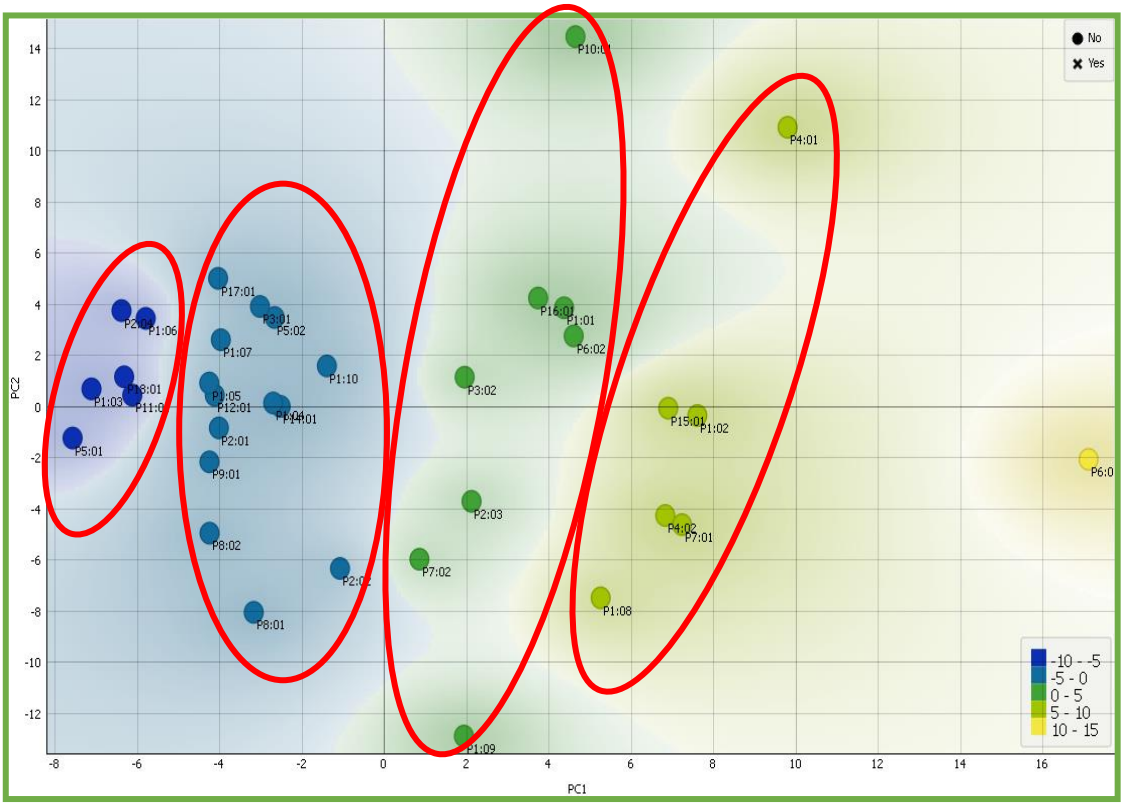
1.2 .IV. طريقة تحليل العنصر الرئيسي PCA:

تم إجراء تحليل الـ PCA على 35 عينة من خلال استخدام أطياف باستخدام تقنية الكروماتوغرافيا غاز (لمدة 50 دقيقة)؛ تظهر النتائج مجموعة من النقاط الصورة(IV-04)، باستخدام 17 عائلة نباتية الجدول (III-03) في هذه الدراسة، قمنا بتقسيمها إلى أربع مجموعات مع وجود عينة شاذة، وبالتالي فإن الزيوت العطرية التي تمت دراستها تحتوي على مزيج كيمائي مختلف غني بالتيربينات والمركبات الاكسجينية، وبالتالي من المهم جدًا تحديد الأنواع المرتبطة فيما يتعلق بتركيبها الكيميائي؛ تم تقسيم المجموعات على أساس التشابه في التركيب الكيميائي لعناصر كل مجموعة، وهذا ما أكده ما تم تصنيفه باستخدام PCA، حيث كانت النتائج جيدة وكانت التقسيمات واضحة ومترابطة بناء على المركبات المشتركة، الجدول (IV-03) يلخص النتائج.

الجدول (IV-03): يمثل العناصر المشتركة بين عناصر المجموعات بطريقة الـ PCA.

المجموعات	المركبات	الصيغة الكيميائية
المجموعة الأولى (المجال من 05-إلى10-)	2-(Cyclohexen-1-one,2-methyl-5-(1-methylethynyl)	$C_{10}H_{16}O$
	Pulegone	$C_{10}H_{16}O$
	Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene,2-methyl-5-(1-methylethyl)	$C_{10}H_{16}$
	Alpha-Pinene	$C_{10}H_{16}$
	β-Pinene	$C_{10}H_{16}$
المجموعة الثانية (المجال من 05-إلى0)	Linalool	$C_{10}H_{18}O$
	trans-(-)-p-Menth-1-en-3-ol	$C_{10}H_{18}O$
	1.8-Cineole	$C_{10}H_{18}O$

$C_{15}H_{24}O$	Butylated Hydroxytoluene	
$C_{15}H_{24}O$	Cis-lanceol	
$C_{15}H_{24}$	1,4,7,-Cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-, Z,Z,Z-	المجموعة الثالثة (المجال من 0 إلى 5)
$C_{15}H_{24}$	Longifolene-V-	
$C_{10}H_{16}$	Alpha-Pinene	
$C_{10}H_{16}$	Beta-Myrcene	
$C_{10}H_{14}O$	Isopiperitenone	المجموعة الرابعة (المجال من 5 إلى 10)
$C_{10}H_{14}O$	Benzene, 2-methoxy-1,3,4-trimethyl-	



الصورة (IV-04): نتائج تحليل الـPCA

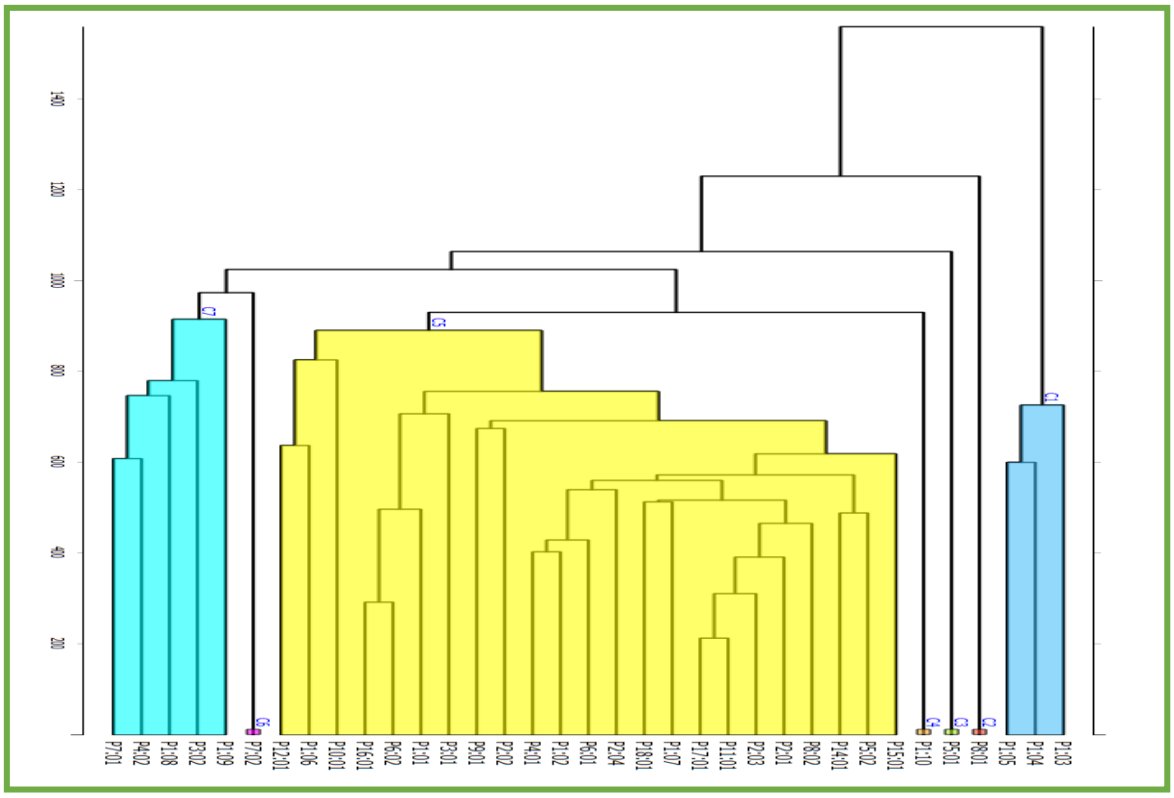
2.2.IV. طريقة العنقود الهرمي HCA:

تم استخدام HCA لتحديد العينات بناءً على أوجه التشابه والإختلاف في البيانات الطيفية لكروماتوغرافيا غاز، تظهر النتائج على شكل مخطط عنقودي، تم تقسيمها إلى ثلاث مجموعات، كما هو

موضح في الصورة (IV-05)، وهذا ما أظهر الاختلاف عن نتائج الـPCA ، الجدول (IV-03) يوضح بعض المركبات المشتركة بين عناصر كل مجموعة.

الجدول (IV-03): يمثل المركبات المشتركة بين عناصر المجموعات بطرقة الـ HCA.

المجموعات	المركبات	الصيغة الكيميائية
المجموعة الأولى (اللون الأزرق)	1-Pentyne, 4-methyl-	C_6H_{10}
	Dibenzyloxyfluorene-9-one-2,7	$C_{13}H_8O_3$
	Benzene, 1,2,3,5-tetramethyl-	$C_{10}H_{14}$
المجموعة الثانية (اللون الأصفر)	Dehydroepingaione	$C_{15}H_{20}O_3$
	Pentanoic acid 1،1 dimethylpropyl ester	$C_{10}H_{20}O_2$
	Eucalyptol	$C_{10}H_{18}O$
المجموعة الثالثة (اللون الأخضر)	Phymaspermone	$C_{15}H_{18}O_2$
	13-hexyloxacyclotridec-10-en-2-one	$C_{18}H_{32}O_2$
	Pentasiloxane dodecamethyl	$C_{12}H_{36}O_4Si_5$

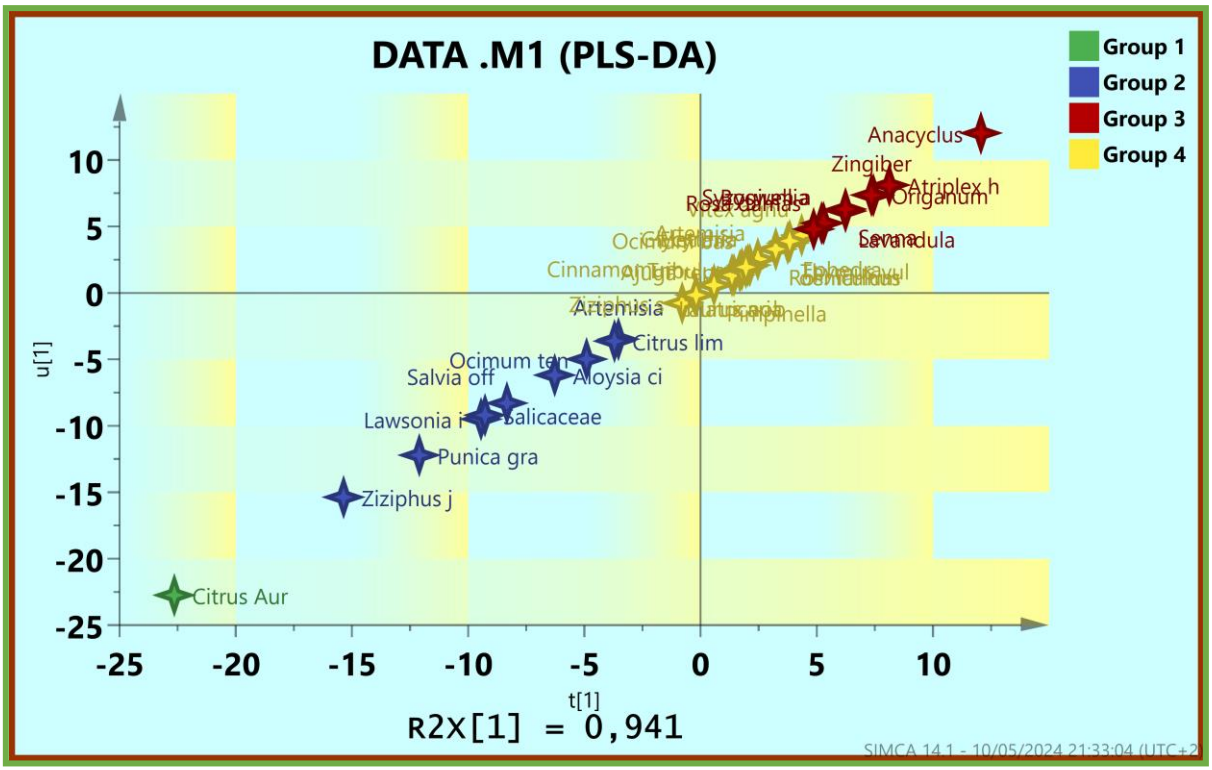


الصورة (IV-05): نتائج تحليل الـ HCA

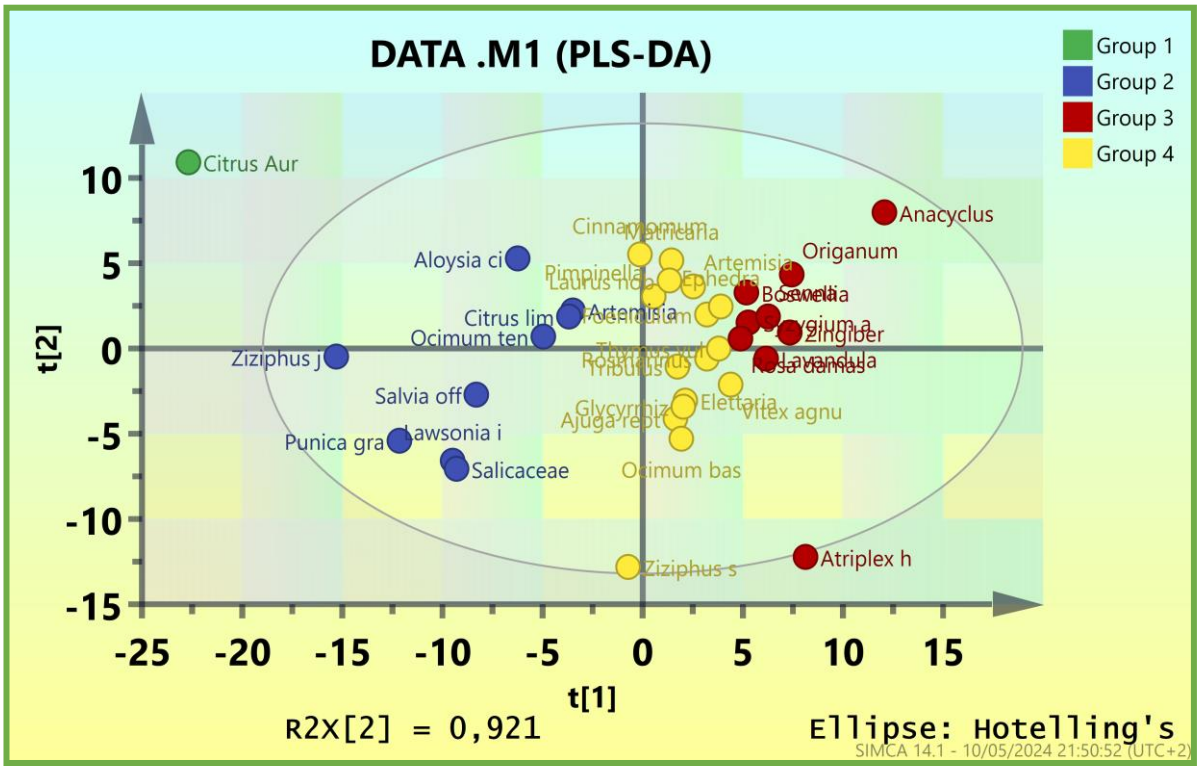
3.2.IV. طريقة التحليل الجزئي للمربعات الصغرى PLS-DA:

تم استخدام تقنية PLS-DA (تحليل التمثيل الجزئي الأقل مربع التمييزي) للتحقق من النتائج التي تم إنتاجها من تقنيات PCA و HCA، النتائج موضحة في الصورة (IV-06) و(IV-07)، كانت النتاج جيدة وذلك ما يؤكده معامل الانحدار و معامل الانحدار المعدل R^2=0.941 R^2 Adjs =0.942

حيث كانت النتائج على الترتيب و ذات منحنى خطي، هذه النتائج المتقاربة وقريبة من 1، إضافة إلى ذلك كانت نتيجة Q=0.0192 و(F-test=0.043، P-value=0.015، RMSECV=0.16) منخفضة بما فيه الكفاية، مما يوفر نموذجًا تنبؤيًا جيدا وذو نتائج مرغوب فيها لهذه الدراسة، كما أنه كافيا للتمييز بين محتوى التربينات والمركبات الأكسيجينية للزيوت العطرية.



الصورة (Ⅳ-06): نموذج تنبؤ PLS-DA.



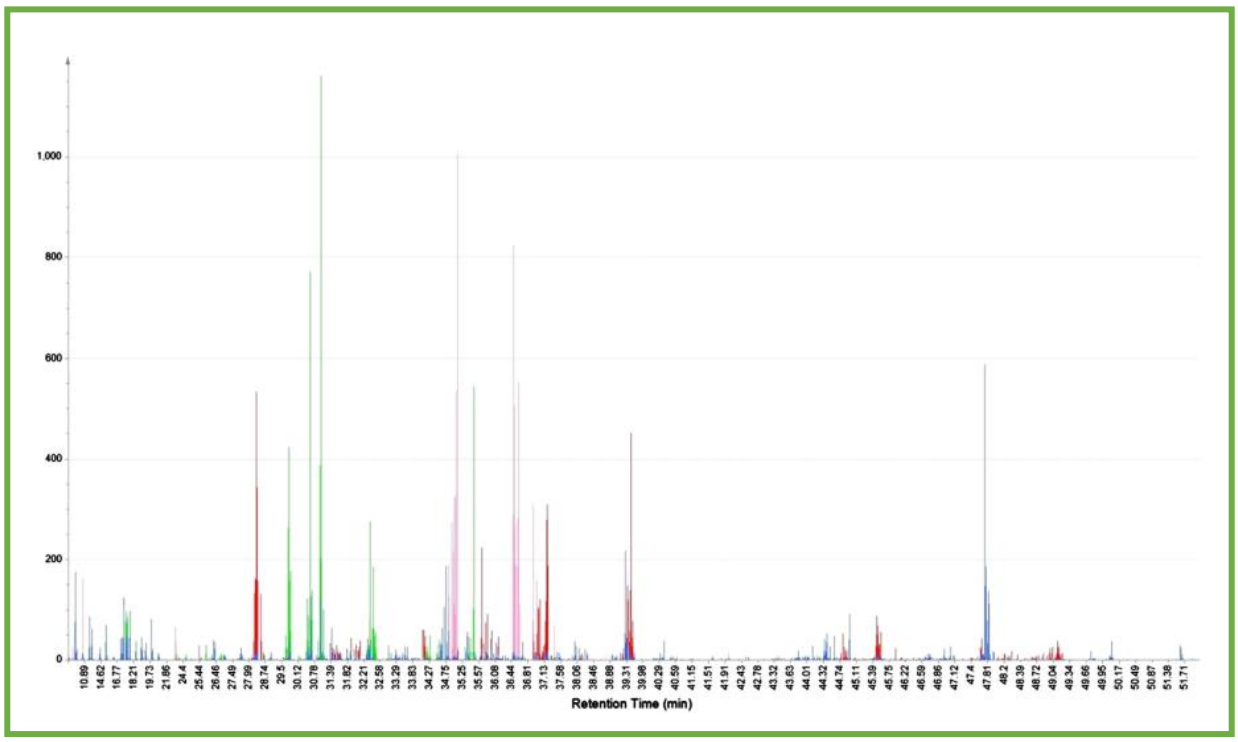
الصورة (Ⅳ-07): تجميع PLS-DA

3.IV.مقارنة:

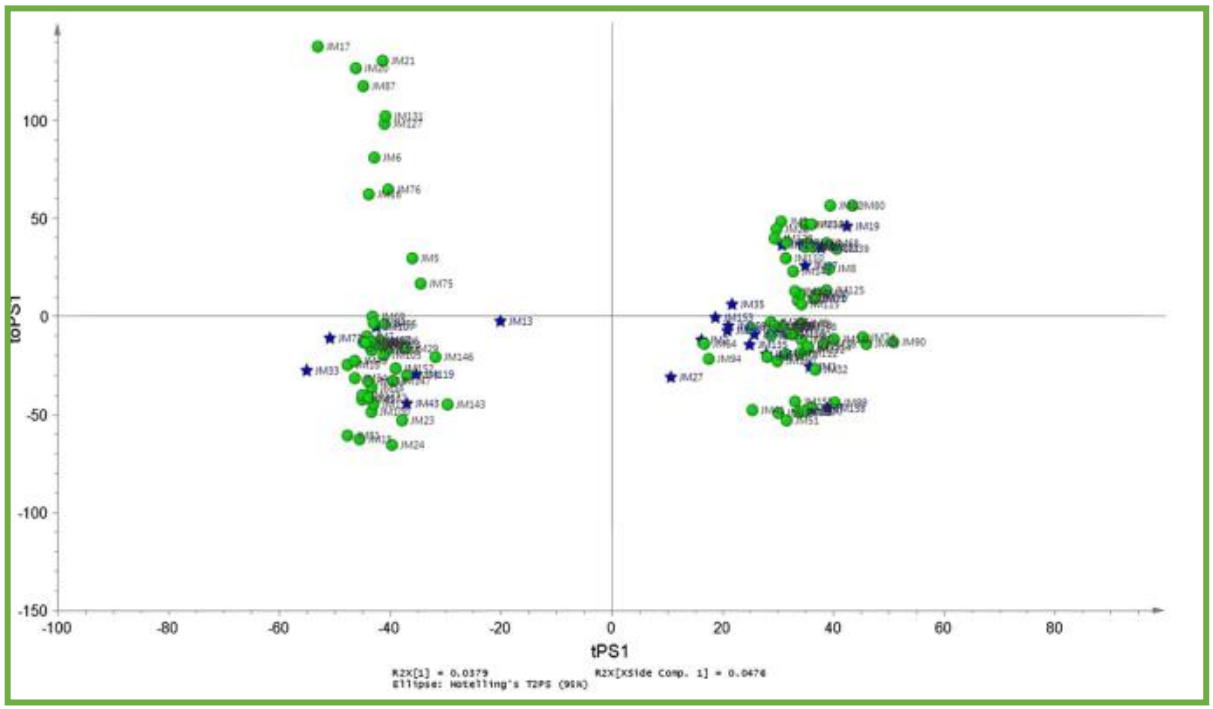
1.3.IV. الدراسة الأولى:

اعتنى الباحث Joanet Maree وآخرون سنة 2014 بدراسة "تطبيق GC-MS مع القياسات الكيمومترية لتحديد المركبات المضادة للميكروبات من الزيوت الأساسية التجارية" في هذه الدراسة تم اتباع نهج استقلابي غير مستهدف لاستكشاف النشاط المضاد للميكروبات والكيمياء النباتية للزيوت الأساسية التجارية المختارة وتحديد المركبات المفترضة التي قد تكون مسؤولة عن النشاط المضاد للميكروبات الملحوظ. تم استخدام تقنيات القياس الكيميائي كأدوات لتحديد وتوصيف المركبات المضادة للميكروبات من الزيوت العطرية بناءً على ملفات تعريف GC-MS الخاصة بها.

تم تحديد تركيبة الزيت العطري عن طريق التحليل اللوني للغاز إلى جانب تحليلات قياس الطيف الكتلي (GC-MS) وتم تصدير المخططات اللونية الناتجة إلى مدير تطبيق MarkerLynx™برنامج لاختيار الذروة والمحاذاة. تم إنشاء الإسقاط المتعامد لنماذج التحليل التمييزي للهياكل الكامنة (OPLS-DA) واستخدامها لتصفية أزواج كتلة وقت الاحتفاظ المفترضة (RTM) المسؤولة عن الفصل بين الفئتين المحددتين. تم استخدام أزواج RTM المحددة لتحديد المؤشرات الحيوية المقابلة، تم التعرف على الأوجينول كمؤشر حيوي يعزى إلى النشاط المضاد للبكتيريا الجيد للعينات التي لوحظت ضد جميع البكتيريا التي تم اختبارها والمبيضات البيضاء. في المقابل، تم تحديد ألفا-بينين، والليمونين، والسابينين، كخليط أو بشكل مستقل، والليمونين وألفا-فيلاندرين كمركبات مسؤولة عن العينات، النتائج موضحة في الصورة (IV-08) والصورة (IV-09)[1].



الصورة (IV-08): نتائج الدراسة الأولى



الصورة (IV-09): نتائج الدراسة الأولى

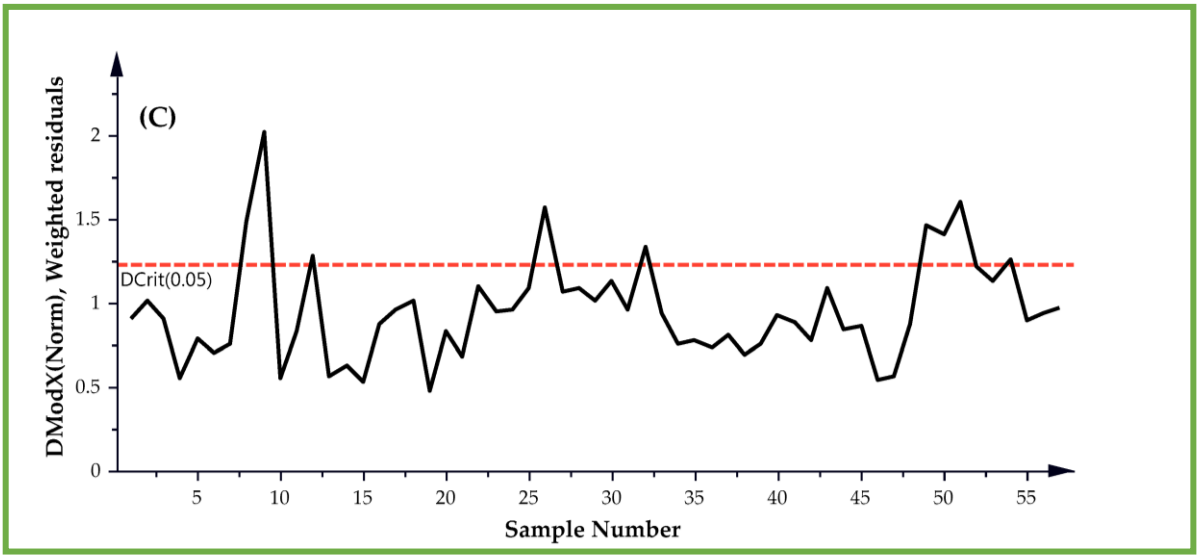
2.3.IV. الدراسة الثانية:

اهتم الباحث David J. Beale وآخرون سنة 2017 بدراسة "التحليل الكيميائي لزيوت اللافندر الأساسية باستخدام بيانات GC–MS المستهدفة وغير المستهدفة للتعرف السريع وتوصيف جودة الزيت" تصف هذه الدراسة استخدام طريقة بسيطة لتحليل الكروماتوغرافيا غاز– كتلة (GC-MS) متبوعة بتحليل كيميائي لتحديد وتوصيف نوعين من زيت اللافندر، هما "الزيت الأساسي" و"زيت الحديقة"، تم الحصول على هذه الزيوت من موزع يبحث عن طريقة سريعة لتصنيف الزيوت إما كعالية الجودة أو منخفضة الجودة؛ يعتمد النهج الحالي على تحليل سبعة مركبات مستهدفة وفقًا للمعيار الدولي (ISO) ، على الرغم من فعالية هذا النهج إلا أن هناك حالات تم فيها تصنيف الزيوت بشكل خاطئ، مما يؤثر سلبًا على المؤشرات المالية، لذلك تم استخدام بيانات تحليل GC-MS المستهدفة وغير المستهدفة لتطوير نموذجين تنبؤيين لتصنيف العينات بدقة أكبر، وتم التحقق من صحة هذه النماذج باستخدام 9 عينات إضافية غير معروفة.

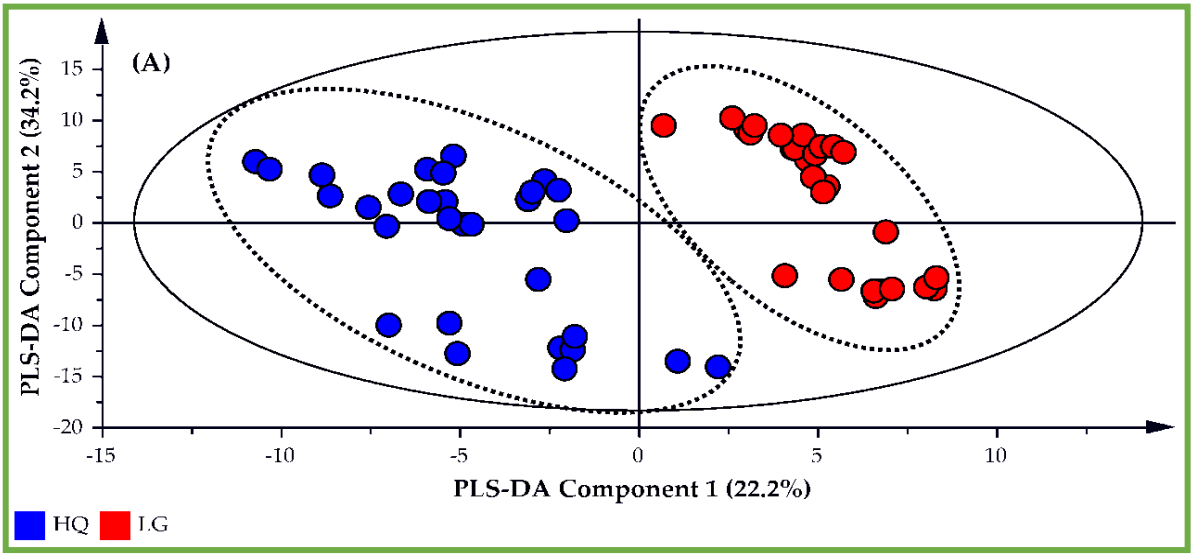
باستخدام البيانات الناتجة عن طريقة اختبار معيار ISO 11024 ، تم تطوير نموذج تنبؤي كيميائي غير مستهدف لتقييم وتوصيف زيوت اللافندر (Lavandula angustifolia L.) بسرعة من حيث الغش الجغرافي/البيئي الذي يؤثر على الجودة، من بين 170 مركبًا تم تحديدها وفقًا لطريقة اختبار معيار ISO 11024 باستخدام تحليلاتGC-MS تم تحديد 15 مركبًا فريدًا تميز بشكل كبير بين نوعين من زيوت اللافندر، باستخدام هذه المركبات الـ 15، تم تطوير نموذج تنبؤي كيميائي متعدد المتغيرات يمكنه تصنيف

عينات زيت اللافندر بشكل موثوق بناءً على الجودة، تم إجراء تحليل للتصنيف الخاطئ ووجد أن التنبؤات كانت دقيقة (بنسبة تطابق 100%)، سيمكن هذا النهج المنتجين والموزعين والموردين والمصنعين من فحص زيت اللافندر الأساسي بسرعة؛ يعترف المؤلفون بأن التحقق من صحة وتنفيذ مثل

هذا النهج أصعب من الفحص التقليدي باستخدام الكروماتوغرافيا، ومع ذلك فإن الفحص السريع والموثوق والأقل تعقيدًا هو أفضل بكثير ويبرر بسهولة أي صعوبات وتكاليف للتحقق من التنفيذ المبكر، الصورة (IV-10) والصورة (IV-11) توضح بعض نتائج الدراسة**[2]**.



الصورة (IV-10): نتائج الدراسة الثانية



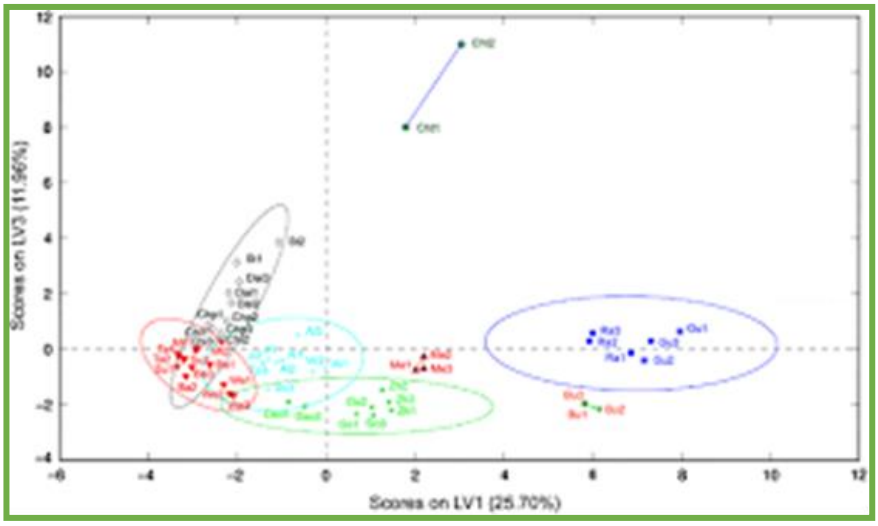
الصورة (IV-11): نتائج الدراسة الثانية

IV.3.3. الدراسة الثالثة:

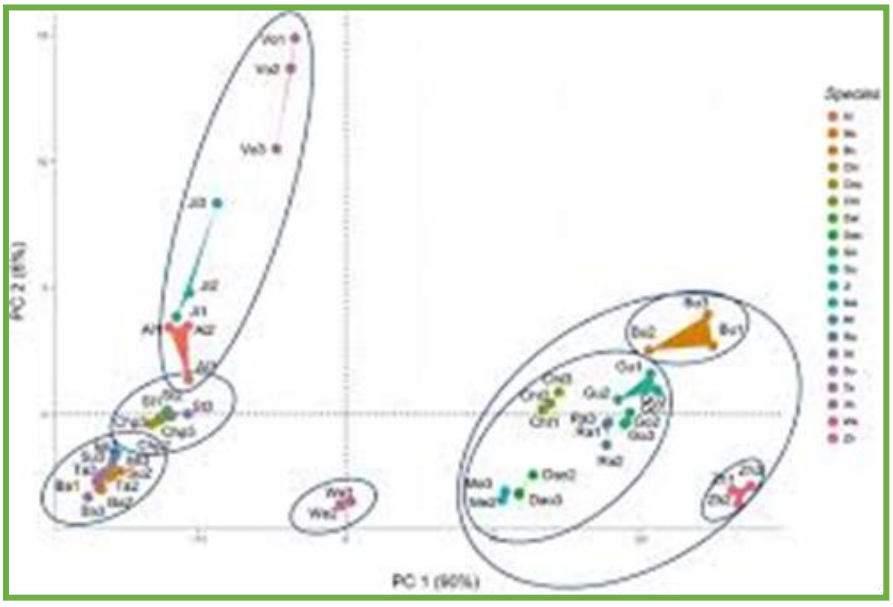
اعتنى الباحث Li Jing وآخرون سنة 2014 بدراسة "ملامح المركبات الأيضية في الزيوت الأساسية في قشور الحمضيات وتأثيراتها التصنيفية" تم استخدام زيوت الحمضيات الأساسية في التعرف على الأنواع والتصنيف لفترة طويلة، حيث ترتبط ملامح هذه الزيوت بخلفياتها الوراثية وتتأثر بالأنواع والأصناف والأجناس؛ في هذه الدراسة تم دراسة الأصل الوراثي للمانغشانيجان باستخدام مركبات طاردة للزيت في القشرة، أهداف الدراسة كانت توصيف ملامح المركبات الأيضية لأنواع الحمضيات الصينية الأصلية واستكشاف تطبيق التحليل الأيضي في تحديد الهجينات والتصنيف الطبقي لأنواع الحمضيات.

تم الحصول على ملامح مركبات ثلاثية لـ 20 نوعًا/صنفًا من الحمضيات باستخدام تقنية الكروماتوغرافيا غاز–كتلة (GC–MS)، بما في ذلك 10 أصناف حمضيات صينية المنشأ، تبين أن R–(+)– limonene, a-pinene، sabinene وa-terpinene هي المكونات الرئيسية الحرجة للزيوت الأساسية المحللة في هذه الدراسة، وساهمت هذه المركبات بشكل كبير في التصنيف الأيضي؛ تم التفريق بوضوح بين الأنواع الثلاثة الأساسية لفصيلة الخمضيات الأوروبية (C. reticulata Blanco ، و C. medica L. وC. grandis Osb)، استنادًا إلى ملامح مركباتها الأيضية باستخدام تحليل التجميع الهرمي (HCA) وتحليل التمييز بالمربعات الصغرى الجزئية، (PLS-DA) تم تجميع جميع الأجناس الهجينة المفترضة، بما في ذلك البرتقال الحلو(C. sinensis Osb) والبرتقال الحامض(C. aurantium L) ، والليمون(C. limon Burm.f.) ، والليمون الخشن(C. jambhiri Lush.) ، والليمون الحامض (C. limonia Osb.)، والجريب فروت(C. paradisi Macf.) معًا بشكل وثيق مع إحدى الأصناف الأم المقترحة في الرسم الهرمي HCA ومؤشر PLS-DA أظهرت هذه النتائج بوضوح أن ملامح المركبات الأيضية لأنواع الحمضيات يمكن استخدامها في التصنيف الطبقي للجنس، وتكمل الأدلة التصنيفية

الحالية، خاصة في تحديد وتمييز الأنواع الهجينة، الصورة (IV-12) الصورة (IV-13) تمثلان بعض النتائج[3].



الصورة (IV-12): نتائج الدراسة الثالثة



الصورة (IV-13): نتائج الدراسة الثالثة

المراجع:

المراجع الأجنبية:

[1] J. Maree, G. Kamatou, S. Gibbons, A. Viljoen, and S. Van Vuuren, "The application of GC–MS combined with chemometrics for the identification of antimicrobial compounds from selected commercial essential oils," *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems,* vol. 130, pp. 172-181, 2014.

[2] D. J. Beale, P. D. Morrison, A. V. Karpe, and M. S. Dunn, "Chemometric analysis of lavender essential oils using targeted and untargeted GC-MS acquired data for the rapid identification and characterization of oil quality," *Molecules,* vol. 22, p. 1339, 2017.

[3] L. Jing, Z. Lei, G. Zhang, A. C. Pilon, D. V. Huhman, R. Xie*, et al.*, "Metabolite profiles of essential oils in citrus peels and their taxonomic implications," *Metabolomics,* vol. 11, pp. 952-963, 2015.

الخاتمة
العامة

الخاتمة:

تُعد النباتات الطبية مصادر ذات قيمة عالمية للمنتجات العشبية، والتي قد تختلف بشكل كبير في مكوناتها، إن تحديد وتمييز هذه المصادر أمر بالغ الأهمية لضمان جودة المواد الخام.

ومن أجل تثمين هذه النباتات، تم استخلاص زيتها العطرية لدراسة أهم المركبات الكيميائية التي تحتويها، وخلصت الدراسة النتائج التالية:

من أجل تحديد مكونات هذه الزيوت المستخلصة من النباتات الطبية وتوصيفها كيميائيًّا قمنا باستخدام بجهاز الكروماتوغرافيا غاز–كتلة GC-MS إلى جانت التحليل الكيمومتري بغية تصنيفها على أساس مكوناتها، حيث تم إدراج هذه النتائج على شكل بيانات في برنامج أورنج وتحليل النتائج بطريقة المكون الرئيسي (PCA)، والتي تمّ من خلالها تصنيف عينات الدراسة التي تنتمي إلى 17 عائلة نباتية إلى أربع مجموعات، مع وجود عينة شاذة، كل مجموعة مكونة من العينات التي يجمعها تشابه في التركيب الكيميائي للمكون الرئيسي لكل عينة من أصل الـ35 عينة المدروسة، حيث تم الكشف عن مركبات بعض عينات كل مجموعة، وكان التشابه بن عينات المجموعة الأولى في أربع مركبات، ذات الصيغة الكيميائية($C_{10}H_{16}O$)، المجوعة الثانية بمركب و الثالثة بالمركبات ($C_{15}H_{24}$)، أما الرابعة فكانت بـ ($C_{10}H_{14}O$).

كذلك تم التحليل بطريقة العنقود الهرمي (HCA)، والتي كانت نتائجها على شكل ثلاث مجموعات على خلاف نتائج الـPCA ، مع ظهور أربع عينات شاذة، حيث كان التصنيف أيضا على أساس التشابه في التركيب الكيميائي بين العينات، في ضوء هذه النتائج، تبين أنه يمكن استخدام طريقة التحليل الكيميائي الى جانب التحليل الكيمومتري لتحديد وتمييز الأنواع بين الزيوت العطرية.

بغية التحقق من نتائج الطريقتين السابقتين تم إنشاء نموذج تنبؤي باستخدام برنامج SIMCA من خلال طريقة التحليل الجزيئي للمربعات الصغرى(PLS-DA)، حيث كانت النتائج خطية؛ تم حساب معاملات التحليل الإحصائي والتي من خلالها يمكن التأكد من صلاحية النموذج, فكانت النتائج كالتالي: قيمتي معامل التحديد ومعامل التحديد المعدل على الترتيب (R2=0.941، R^2 Adjs =0.942) والتي كانت متقاربة وقريبة من الواحد، وقيم كل من(Q=0.01925، F-test=0.043، P- value=0.015 وRMSECV=0.16)، والتي كانت ذات قيم منخفضة كفايةً، مما يدل على أن النموذج التنبؤي المتحصل عليه جيد، وذات نتائج مرغوب فيها، كما أنه كاف لتوصيف وتثمين الزيوت العطرية المستخلصة من النباتات الطبية، والتمييز بين محتوى التربينات والمركبات الأكسيجينية بها و مراقبة جودتها.

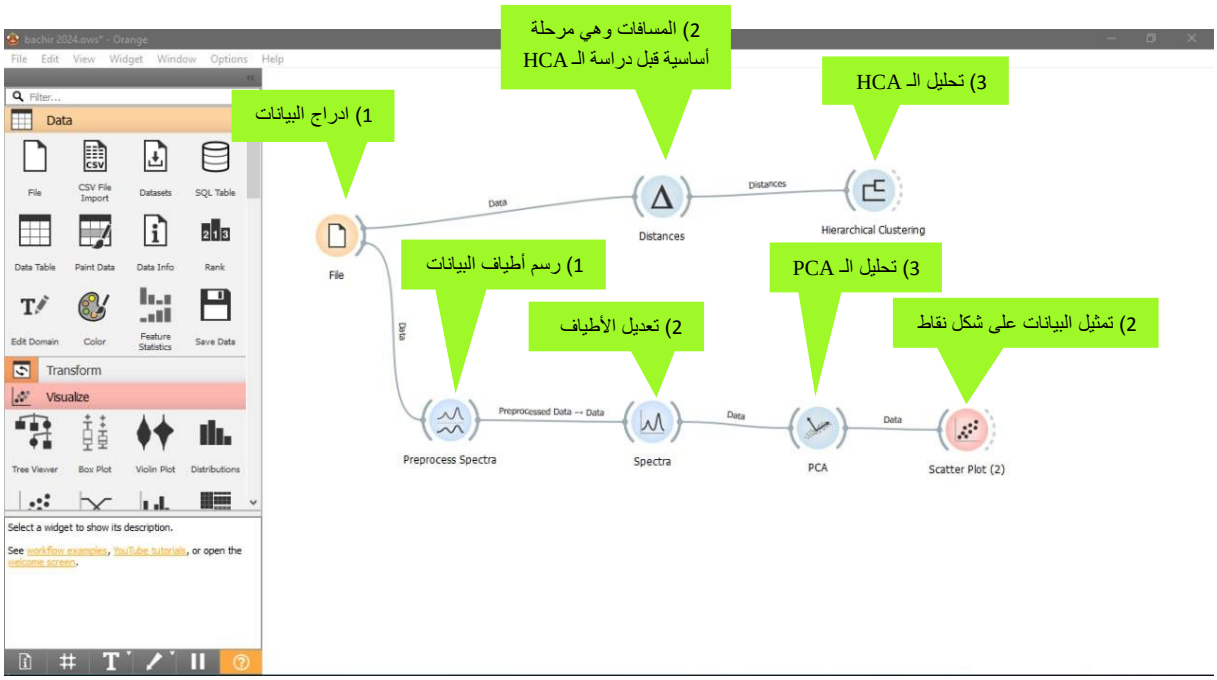
الملاحق

بعض المركبات للعينات المدروسة:

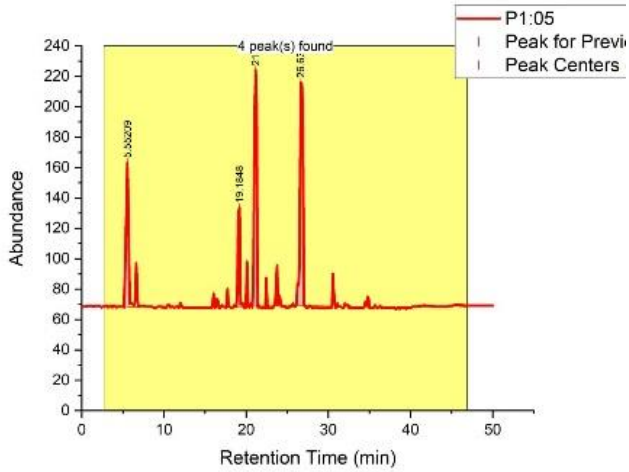
compound	RT reel	RT theo
Heptane	2.41	2.4
2-Deoxy-D-galactose	3.03	3.06945
1-Butanol, 3-methyl-	3.2	3.22
Oxalic acid,isobutyl pentyl estre	3.98	3.95
Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene,2-methyl-5-(1-methyleth+Alpha-Pinene	4.63	4.6
Camphene	5.552	5.55209
Benzene, 1, 3,5-trimethyl-	5.94	5.91
Undecanone	6.74	6.71
Bicyclo [3.1.0] hex-3-en-ol-,2-methyl-5-(1-methyl)	7.14	7.11
Cyclobutane, 1,2-bis (1-methylethyl)-,trans	7.27	7.27
β-Pinene	7.66451	7.66451
Phenol, p-(benzyloxy)-,acetate	7.79	7.82
1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)	8.31	8.3
Pentane, 3-bromo-	8.44	8.46
Isopiperitenone (2-Cyclohexen-1-one, 3-methyl-6-(1-methylethenyl)-	8.568	8.57917
Benzene, (1, 1, 4, 6,6-pentamethylheptyl)-	9.01	9.03
Butane, 1-bromo-2-methyl-	9.62	9.6
Nonanal	9.75	9.72
1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	9.75	9.78
Ether,p-ment h-6-en-2-yl methyl	10.8	10.83
cis-p-Mentha-2,8-dien-1-ol	10.93	10.91
1,7-Octadien-3-one, 2-methyl-6-methylene	11.06	11.09
Methoxyacetic acid, 2-tridecyl ester	11.601	11.5845
1,5,7-Octadien-3-ol,2,6-dimethyl-	11.97	11.95
2-Cyclohexen-1-ol,1-methyl-4-(1-methylethyl	12.1	12.09
3-Cyclohexen-1-ol,4-methyl-1-(1-methylethyl)-	12.62	12.62
Linalool	12.88	12.8911
Cyclohexanol ,2-methyl-1-(1-methylethyl)-	13.02	13.03
3-Cyclohexenen-1-methanol,alpha,alpha,4-trimethyl	13.15	13.14
3-Cyclohexene-1-carboxaldehyde,1,3,4-trimethyl-	13.67	13.7
cis-Linalool oxide (furanoid)	14.98	14.9818
1-Pentyne, 4-methyl-	15.76	15.73
2-Deoxy-D-galactose	16.15	16.18
pulegone	16.28	16.2884
Isobutyranilide	16.68	16.66
2,4-Decadienal(E,E)-	17.2031	17.182
Isobutyranilide	17.2	17.22
Bornyl acetate	17.2031	17.223
Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol,1,7,7-trimethyl,acetate	17.2031	17.224
Pentandioic aicd, (p-t-butylphenyl) ester	17.7257	17.715
Octadecanoic acid,2-oxo-,methyl ester	18.79	18.77
neoiso-Menthol	19.17	19.1848

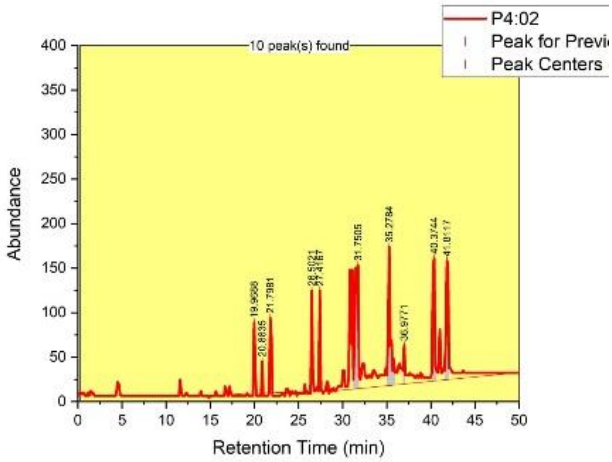
Tricyclo[4.5.0.0(2,8)undec-9-ene,2,6,6,9- tetramethyl-	20.2302	20.246
Bicyclo[3.1.1]heptane,6-methyl-2-methylene-6-(4	20.2302	20.248
Oleic Acid	21.123	21.1448
Copaene	21.4061	21.403
Heptane,3,3-dimethyl	23.1048	23.12
Butylated Hydroxytoluene	26.6328	26.642
Coumarin	29.26	29.2461
Methyl 12-thia-octadecanoate	29.5	29.5074
2,3,4-Trifluorobenzoic acid,hexyl ester	35.0171	35.049
Carbamic acid,N-[1,1- bis(trifluoromethyl)ethyl]-,4-(1,1,3,3-tetramethyl)	35.5398	35.541
Heptadecanoic acid	35.8	35.8011
2(H)Naphthanone,3,5,6,7,8,8a-hexahydro-4,8adimethyl-6-(1-methyl)	36.1931	36.225
/	36.7158	36.709
12-hydroxy-, methyl-9-octadecenoicacid ester	38.9371	38.938
Heptadecane	39.1984	39.205
1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis (2-methylpropyl) estre	39.5904	39.587

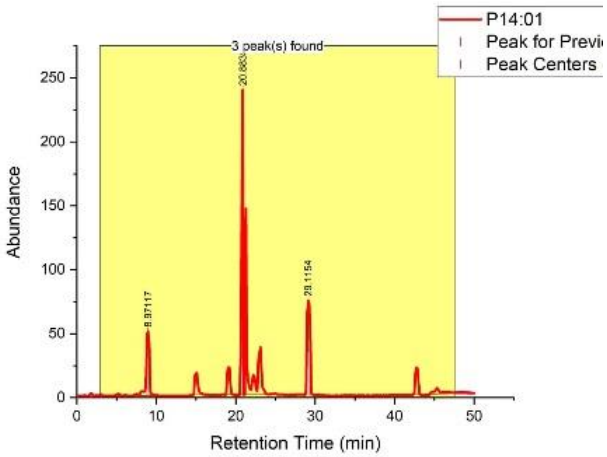
مراحل معالجة النتائج بواسطة برنامج الأورنج:

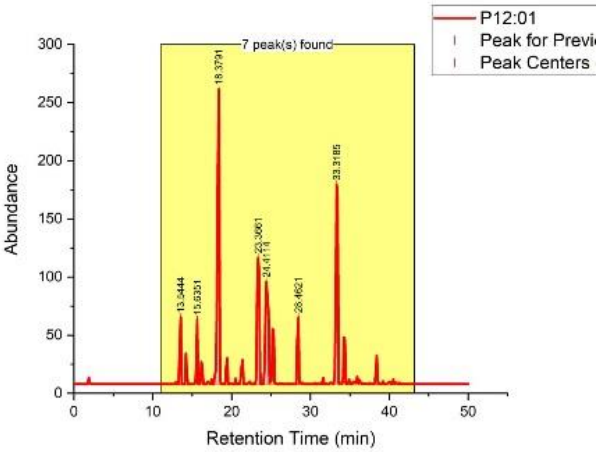


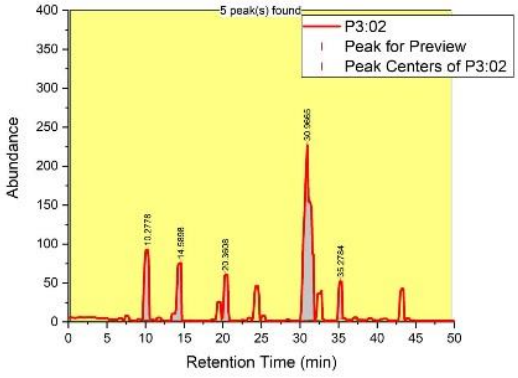
بعض منحنيات العينات:

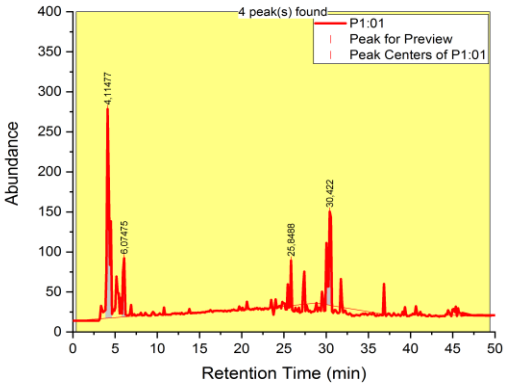


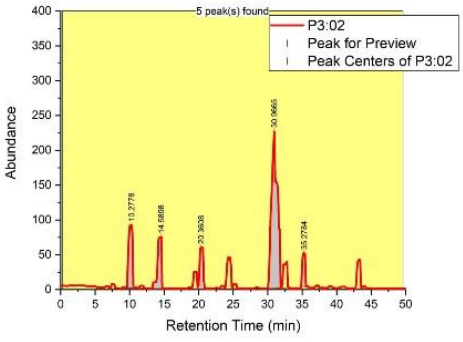


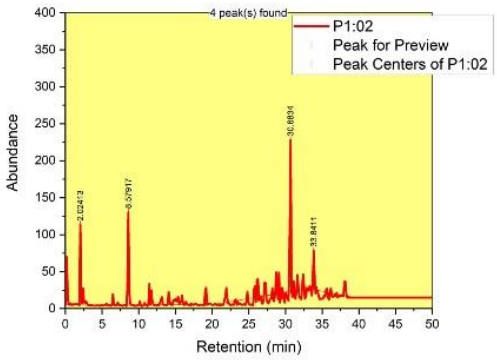


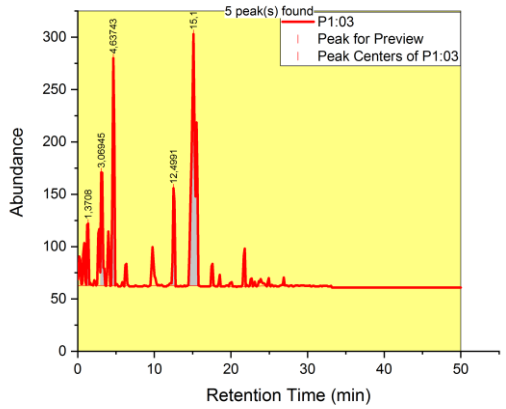


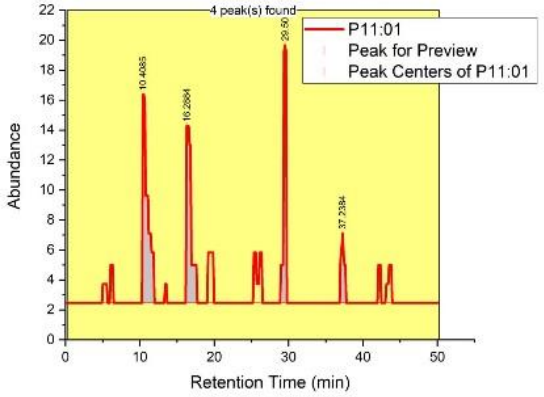


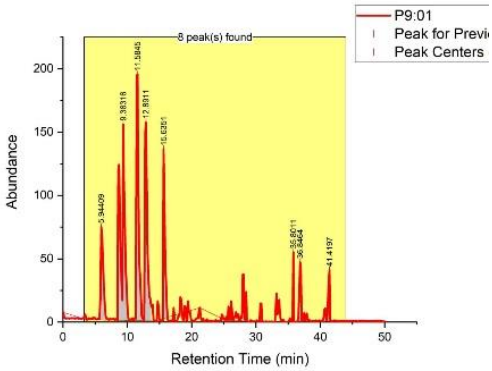


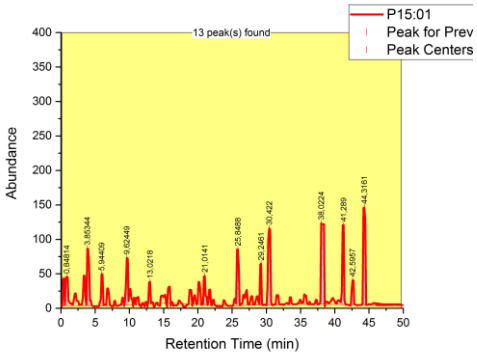


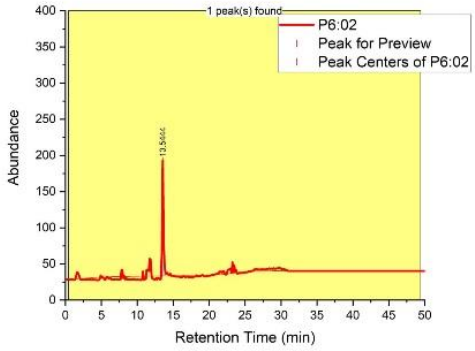


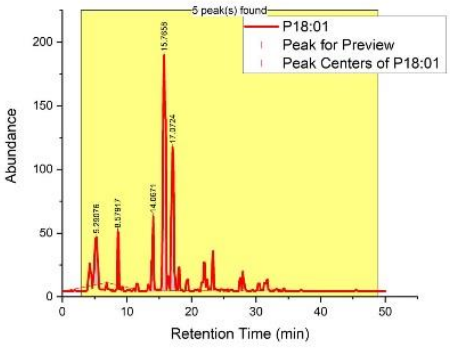

5 peak(s) found
P1:03
Peak for Preview
Peak Centers of P1:03
Abundance
Retention Time (min)

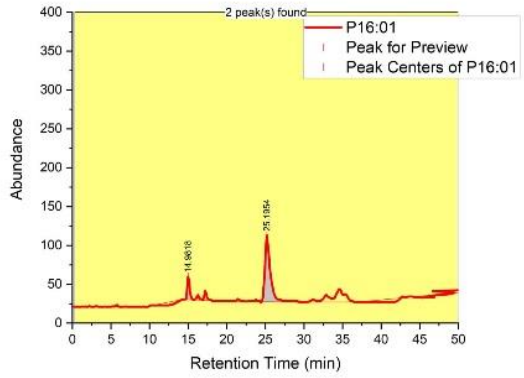

4 peak(s) found
P11:01
Peak for Preview
Peak Centers of P11:01
Abundance
Retention Time (min)

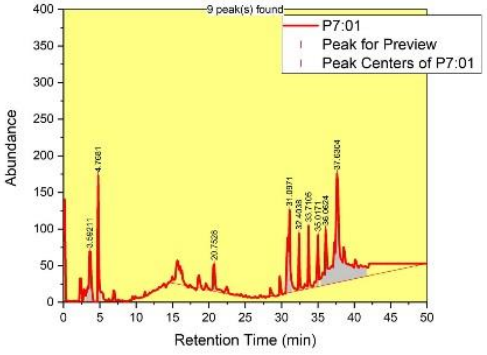

8 peak(s) found
P9:01
Peak for Previ
Peak Centers
Abundance
Retention Time (min)


13 peak(s) found
P15:01
Peak for Prev
Peak Centers
Abundance
Retention Time (min)


1 peak(s) found
P6:02
Peak for Preview
Peak Centers of P6:02
Abundance
Retention Time (min)


5 peak(s) found
P18:01
Peak for Preview
Peak Centers of P18:01
Abundance
Retention Time (min)


2 peak(s) found
P16:01
Peak for Preview
Peak Centers of P16:01
Abundance
Retention Time (min)


9 peak(s) found
P7:01
Peak for Preview
Peak Centers of P7:01
Abundance
Retention Time (min)

ملخص:

تعتبر النباتات الطبية موردا هاما للمركبات الكيميائية المتنوعة، لهذا تم ابتكار طرق متعددة لاستخلاص هذه المركبات، من أهم هذه المستخلصات الزيوت العطرية، تتكون هذه الأخيرة من العديد من المكونات؛ هذه الدراسة تهدف لإيجاد نموذج رياضي لتصنيف الزيوت العطرية بواسطة التحليل الكيمومتري، شملت الدراسة 35 نبات من 17 عائلة مختلفة ذات استعمالات طبية، تمت عملية استخلاصها بطريقة النقع الساخن (طريقة الزيت الحامل)، ثم تحليل هذه الزيوت العطرية المستخلصة بواسطة كروماتوغرافيا غاز–كتلة للكشف عن مكوناتها، تم إدراج بيانات الكروماتوغرام المتحصل عليها في مصفوفة وتحليلها بطريقة المكون الرئيسي (PCA)، و تحليل العنقود الهرمي (HCA) وذلك باستخدام برنامج أورنج (Orang data mining)، وطريقة تحليل المربعات الجزئية الصغرى (PLS-DA) باستخدام برنامج الSIMCA؛ كانت نتائج تصنيف الـ PCA و تصنيف الـHCA على أساس التشابه في التركيب الكيميائي، لكن نتائج الـPLS–DA، كانت ممتازة للحصول على نموذج تنبؤ معامل انحداره: R^2=0.941، R^2 Adjs=0.942، Q=0.0192، F-test=0.043، P-value=0.015، و RMSECV=0.16، كما أنه يعد كافيا للتمييز بين محتوى التربينات والمركبات الأكسيجينية للزيوت العطرية.

الكلمات المفتاحية: النباتات الطبية، الزيوت العطرية، نموذج رياضي، تصنيف كيمومتري، الكروماتوغرافيا كتلة–غاز.

Abstract

Medicinal plants are an important source of diverse chemical compounds. Therefore, various methods have been developed to extract these compounds. Among the most important extracts are essential oils, which consist of many components. This study aims to develop a mathematical model for classifying essential oils using chemometric analysis. The study included 35 plants from 17 different families with medicinal uses. The extraction process was carried out using the hot soaking method (carrier oil method), and the extracted essential oils were analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) to identify their components. The obtained chromatogram data were inserted into a matrix and analyzed using Principal Component Analysis (PCA) and Hierarchical Cluster Analysis (HCA) using Orange data mining software, and Partial Least Squares Discriminant Analysis (PLS-DA) using SIMCA software. The PCA and HCA classification results were based on the similarity in chemical composition. However, the PLS-DA results were excellent, obtaining a predictive model with regression coefficients: R2=0.941, R2 Adjusted=0.942, Q=0.0192, F-test=0.043, P-value=0.015, and RMSECV=0.16. It is also sufficient to distinguish between the terpene and oxygenated compound content of the essential oils.

Keywords: Medicinal plants, essential oils, mathematical model, chemometric classification, gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS).