

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العالي

جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي

كلية التكنولوجيا

أطروحة لنيل شهادة دكتوراه ل م د

ميدان : التكنولوجيا

شعبة: هندسة الطرائق

تخصص: هندسة البيئة و المحيط

إعداد الطالبة:

زغود سمية

الموضوع

التحليل الكيمومتري و الطيفي لتحديد المصدر النباتي للمواد المستخدمة
في الصناعات الصيدلانية

أمام اللجنة المكونة من:

رئيس	جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي-	Pr	عمار بن مية
مناقش	جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي-	Pr	صلاح الدين لعويني
مناقش	جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي-	Pr	عاطف شويخ
مناقش	جامعة قاصدي مرباح – ورقلة-	MCA	محمد الأخضر بلفار
مناقش	جامعة قاصدي مرباح – ورقلة-	MCA	مصطفى بن علي
مشرف	جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي-	MCA	عبد الكريم ربيعي
مساعد المشرف	جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي-	MCA	هادية همامي

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شكر و عرفان

عملاً بقوله سيد الخلق: من لا يشكر الناس لا يشكر الله.

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين

سيدنا محمد وعلى آله وصحبه ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين، وبعد...

أشكر الله سبحانه وتعالى على فضله لتوفيقني في إنجاز هذا العمل، فله الحمد أولاً وآخراً.

كما أشكر أولئك الأخيار الذين مدوا لي يد المساعدة في استكمال دراستي الجامعية.

أشكر المشرفين القائمين على هذا البحث: الدكتور ربيعي عبد الكريم، الدكتورة

همامي هادية، الدكتور بن الصغير البشير والطالبة بن عمر الهام الذين لم يدخروا

جهداً في توجيهي ومساعدتي، فلهم من الله الأجر ومني جزيل الشكر والتقدير، ونفعنا

الله بعلمهم.

كما أشكر كل من رئيس اللجنة والمناقشين على قبولهم مناقشة هذه الأطروحة، و

القائمين على قسم هندسة الطرائق بجامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي من إدارة وأعضاء

هيئة تدريس

ومخبريين (نورة غرايسة، علي طليبة، صادق ناني، جميلة برة، كنزة) على تعاونهم معي

وتسهيل الإجراءات التي ساعدتني في إنجاز هذا البحث

الباحثة

الطالبة: زغود سميمة

الإهداء

"كن عالماً.. فإن لم تستطع فكن متعلماً، فإن لم تستطع فأحب العلماء، فإن لم تستطع فلا تبغضهم"

بعد الله عز وجل أولاً وإلى سيدي ولد آدم رسول الله محمد بن عبد الله صلى الله عليه وسلم
أبعث بهذا الجهد المتواضع راجية البركة والقبول بإهدائه له .

إلى المصطفى صلى الله عليه وسلم .

وتاج فوق رأسي

قدوتي ومثلي الأعلى

إلى من دفعني إلى العلم وبه ازداد اقتنار

إلى رمز الرجولة والنضحية

إلى من علمني العطاء بدون انتظار

إلى من كلله الله بالهيبه والوقار

إلى أبي العزيز أسكنه الله فسيح جناته .

إلى من يسعد قلبي بقلهاها إلى روضة الحب التي تنبت أزكى الأزهار علمتي كيف أمسك القلم لأكتب
ما عرفت الكلال ولا الملل لتقدم لي
دعواتها سر نجاحي
نبع الحنان والعطاء

إلى أمي الحبيبة .

عشت معهم أحلى لحظات عمري وأسعدها لا تتم فرحتي إلا بوجودهم
إلى من هم أقرب إلي من روعي إلى من شاركي حزن الأم وبهم أستمد عزتي وإصراري
إخوتي (ع. الحميد، عاشور، ع. المالك، العربي، اسماعيل، السعيد، تبر، مليكة، نورة، حكيمة) وزوجاتهم و
أزواجهم وأبنائهم .

إلى الذين أفرح بوجودهم تزول همومي بمجالستهم إخوتي الذين لم تلدهم أمي

صديقاتي (إلهام، هناء، سهام، زينب، فاطمة، رقية، نسرين)، كل عائلة زغود، ربيعي (أخوالي و
خالتي) وهاني .

كلمة شكر

تعجز أقلامي عن التعبير عن الشكر والاحترام الذي أكنه لكم أساتذتي الأفاضل
وأخص بالشكر: الدكتور ربيعي ع الكريم، الدكتورة همامي هادية، الدكتور بن الصغير البشير

سمية

قائمة الرموز و الإختصارات

	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl	:DPPH
حمض الكافيك	Caffeic acid	:CA
حمض كلوروجينيك	Chlorogenic Acid	:CLA
مطيافية الأشعة تحت الحمراء	Fourier-transform infrared spectroscopy	:FTIR
حمض الغاليك	Gallic acid	:GA
طريقة التحليل العنقودي الهرمي	Hierarchical cluster analysis method	:HAC
الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء	High Performance Liquid Chromatography	:HPLC
النسبة المئوية للتثبيط	The percentage of inhibition	:I%
تركيز المستخلص الذي يثبط نصف كمية الجذور الحرة	The concentration of the extract that inhibited the formation of radical by 50%.	:IC_{50%}
التحليل التمييزي الخطي	Linear discriminant analysis	:LDA
الكمية المكافئة بمغ لحمض الأسكوربيك لكل 1 غ من المستخلص	mg Equivalent Ascorbic Acid /g	:mg EAA/g
كمية الفينولات المكافئة لحمض الغاليك لكل 1 غ من المستخلص	mg Equivalent Gallic Acid /g	:mg EGA/g
كمية الفلافانولات المكافئة للكرستين لكل 1 غ من المستخلص	mg Equivalent Quercetin /g	:mg EQ/g

كمية الفلافونويد المكافئة للروتين لكل 1 غ من المستخلص	mg Equivalent Rutin /g	:mg ER/g
النرجين	Naringin	:NAR
تحليل المكونات الأساسية	Principal component analysis	:PCA
ب- كوماريك	p-Coumaric acid	:P-CA
تحليل المربعات الصغرى الجزئية	Partial least squares analysis	:PLS
تحليل المربعات التمييزية الجزئية الصغرى	Partial least squares-discriminant analysis	:PLS-DA
	Stone-Geissercx	:Q²
كريستين	Quercetin	:QR
معامل الارتباط	Coefficient of correlation	:R
معامل التحديد	Coefficient of Determination	:R²
	Root Mean Square Error of leave- one-out Cross-Validation	:RMSECV
الروتين	Rutin	:RUT
النمذجة المستقلة اللينة لتشبيه الفئات	Soft Independent Modeling of Class Analogies	:SIMCA
المتغير العادي القياسي	Standard Normal Variate	:SNV
الفعالية المضادة للاكسدة الكلية	Total antioxidant activity	:TAC

محتوى الفلافونويد الكلي	Total Flavonoids Content	:TFC
محتوي الفينول الكلي	Total Phenolics Content	:TPC
مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية	Ultraviolet–visible spectroscopy	:UV-vis
حمض الفانيليك	Vanillic acid	:VA
الفانيلين	Vanillin	:VAN

قائمة الجداول

21	الإستعمالات الشعبية للنباتات الطبية في المناطق الصحراوية	1 -I
25	الأنشطة البيولوجية الرئيسية للنباتات في المناطق الصحراوية، جزء النبات الذي تم تحليله، نوع المستخلص، ونظام الإختبار، والتأثير	2 -I
50	تردد الإمتصاصات لأهم المجموعات الوظيفية العضوية	1 -II
53	الأجهزة المستخدمة	2 -II
53	المواد الكيميائية المستعملة	3 -II
59	الشروط التجريبية لفصل المركبات الفينولية بواسطة جهاز (HPLC)	4 -II
59	تغيرات نسبة الطور المتحرك بدلالة الزمن	5 -II
64	أبرز المجموعات الوظيفية للعينات المدروسة	6 -II
66	زمن المكوث لكل مركب فينولي	7 -II
71	المحتوى الكلي للفينول و الفلافونويد، تقدير الفعالية المضادة للأكسدة	8 -II
74	تركيز الأحماض الفينولية السائدة في العينات المدروسة	9 -II
79	نتائج اختبار DPPH لمختلف العينات النباتية المدروسة	10 -II
102	تطبيقات HPLC الى جانب التحليل الكيمومتري لتصنيف المنتجات الطبيعية	1 -III
103	تطبيقات FTIR الى جانب التحليل الكيمومتري لمراقبة المنتجات الطبيعية	2 -III
106	تطبيقات UV-vis الى جانب القياس الإحصائي لتمييز المنتجات الطبيعية	3 -III

قائمة الأشكال

6	ملخص لأهم محتويات الفصل الأول	1 -I
55	مخطط مفصل لخطوات عمل الفصل الثاني	1 -II
57	المنحنى القياسي لحمض الغاليك	2 -II
58	المنحنى القياسي للكريستين	3 -II
61	المنحنى القياسي لحمض الغاليك	4 -II
63	أطياف FTIR للعينات النباتية المختلفة	5 -II
65	طيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية للعينات المدروسة	6 -II
67	كروماتوغرام HPLC للعينات المدروسة	7 -II
87	مخطط يوضح مناهج التحقيق المتضمنة فحص المنتجات الطبيعية	1 -III
88	تصنيف الكائنات المختلفة قبل وبعد تنفيذ LDA	2 -III
94	طيف الأشعة تحت الحمراء لنبات الرتم	3 -III
94	المعالجة المسبقة لطيف FTIR لنبات الرتم	4 -III
110	المخطط العام للنموذج الإحصائي المقترح	5 -III
112	مخطط نقاط التبعثر لـ PCA باستخدام مصفوفة بيانات FTIR (4000-500 سم ⁻¹).	6 -III
113	مخطط تحليل الكتلة الهرمية باستخدام مصفوفة بيانات FTIR (4000-500 سم ⁻¹).	7 -III
114	مخطط PLS لتوزيع العينات المدروسة	8 -III
116	مخطط HCA لمنطقة الأطياف UV-vis (200 - 800 نانومتر) للنباتات الطبية	9 -III
117	مخطط نقاط التبعثر PCA باستخدام مصفوفة بيانات UV-vis لعينات النباتات الطبية	10 -III
118	مخطط PLS المشتقة من أطياف الأشعة فوق البنفسجية المرئية للنباتات الطبية	11 -III
119	تحليل الكتلة الهرمية إستنادا إلى بيانات HPLC لمختلف العينات المدروسة	12 -III
120	مخطط الـ PCA مقترنا ببيانات HPLC للعينات المدروسة	13 -III
121	مخطط PLS الى جانب بيانات HPLC للعينات	14 -III

الفهرس

الصفحة	العنوان
	شكر و عرفان الاهداء
I	قائمة الرموز
II	قائمة الجداول
III	قائمة الاشكال
IV	الفهرس العام
1	مقدمة عامة
الفصل الاول: الدراسة النظرية للنباتات الطبية الصحراوية	
الجزء النظري	
5	المقدمة.....
6	1.1. جمع المعلومات حول النباتات.....
6	2.1. نتائج البحث.....
6	3.1. وجهة نظر منظمة الصحة العالمية في الطب التقليدي.....
7	4.1. المصادر الطبيعية للمركبات النشطة بيولوجيا.....
8	5.1. دراسة النباتات الطبية (الطب الشعبي).....
8	6.1. الدراسات الدوائية (الاستعمال الحديث).....
8	7.1. علم الأدوية الشعبية والأدلة السمية.....
9	8.1. قائمة النباتات واستخداماتها في المناطق الصحراوية.....
9	1.8.I الرتم.....
10	2.8.I العقيفة.....
10	3.8.I المرخ.....
11	4.8.I فول الإبل.....
12	5.8.I اللبينة.....
12	6.8.I العلندة.....
13	7.8.I السمهري.....
13	8.8.I السعد.....
14	9.8.I الأرتا.....
14	10.8.I الإنم.....
15	11.8.I الزيتا.....
15	12.8.I الطرفة.....
15	13.8.I الضمران.....
15	14.8.I الغبيثة.....
16	15.8.I القطف.....
16	16.8.I بوقريية.....
16	17.8.I القرطوفة.....
17	18.8.I العضيد.....
17	19.8.I عنب الذيب.....
17	20.8.I التمير.....
17	21.8.I النتين.....
18	22.8.I السعدان (الكفيس).....
18	9.I العوامل الصحية القائمة على الأنشطة البيولوجية و / أو العلاجية.....
20	خلاصة الفصل.....
مراجع الفصل الأول	
الفصل الثاني: التحليل الطيفي والكروماتوغرافي	
الجزء النظري	
48	المقدمة.....
49	1.II مطيافية الأشعة تحت الحمراء (IR).....
49	1.1.II التحليل النوعي.....

50	.....التحليل الكمي.....2.1.II
51	.....الطريقة الطيفية UV-VIS.....2.II
51	.....الكروماتوغرافيا HPLC.....3.II
	الجزء العملي
53	.....1.II المواد الكيميائية والأجهزة المستعملة.....
53	.....1.1.II الأجهزة المستخدمة.....
53	.....2.1.II المواد الكيميائية.....
54	.....2.II جمع وتحضير العينات.....
54	.....1.2.II التنظيف والتجفيف.....
54	.....2.2.II تخزين العينات.....
55	.....3.II التحليل الطيفي بواسطة الأشعة تحت الحمراء.....
55	.....4.II تقدير المحتوى الفينولي و المواد الفعالة.....
55	.....1.4.II تحضير المستخلصات النباتية.....
56	.....2.4.II الطريقة الطيفية UV-VIS.....
56	.....1.2.4.II تقدير كمية عديد الفينول.....
57	.....2.2.4.II تقدير كمية الفلافونويدات.....
59	.....3.4.II طريقة الكروماتوغرافيا HPLC.....
60	.....4.4.II تقدير الفعالية المضادة للأكسدة للمستخلصات.....
60	.....1.4.4.II تقدير إجمالي الفعالية المضادة للأكسدة.....
61	.....2.4.4.II اختبار DPPH (Diphenylpicrylhydrazyl).....
63	.....5. II النتائج والمناقشة.....
63	.....1.5.II التحليل للأشعة تحت الحمراء للعينات المدروسة.....
64	.....2.5.II تقدير المحتوى الفينولي و المواد الفعالة.....
64	.....1.2.5.II الطريقة الطيفية UV-VIS.....
65	.....2.2.5.II تقدير كمية عديد الفينول و الفلافونويدات للعينات النباتية المدروسة.....
66	.....3.5.II طريقة الكروماتوغرافيا HPLC.....
67	.....1.3.5.II التحليل النوعي.....
67	.....2.3.5.II التحليل الكمي.....
68	.....4.5.II تقدير الفعالية المضادة للأكسدة للمستخلصات.....
68	.....1.4.5.II تقدير إجمالي الفعالية المضادة للأكسدة.....
68	.....2.4.5.II اختبار DPPH (Diphenylpicrylhydrazyl).....
70	.....خلاصة الفصل.....
	مراجع الفصل الثاني

الفصل الثالث: التحليل الكيمومتري والطيفي لتحديد المصدر النباتي

	الجزء النظري
85	.....المقدمة.....
86	.....1.III التحليل الكيمومتري (التحليل الإحصائي متعدد المتغيرات).....
86	.....2.III تقنيات وأساليب دراسة نموذج إحصائي.....
87	.....1.2.III التعرف على الأنماط غير الخاضعة للإشراف.....
88	.....2.2.III التعرف على الأنماط الخاضعة للإشراف.....
90	.....3.III معاملات التحليل الإحصائي.....
91	.....4.III البرمجيات والحسابات.....
92	.....5.III التصنيف والتوثيق الكيمومتري.....
93	.....6.III المعالجة المسبقة للأطياف.....
95	.....7.III أدوات القياس الكيمومتري الشائعة المستخدمة إلى جانب التحليل الكيميائي.....
95	.....1.7.III التحليل الكروماتوغرافي (HPLC).....
98	.....2.7.III التحليل الطيفي.....
98	.....1.2.7.III مطيافية الأشعة تحت الحمراء.....
100	.....2.2.7.III مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية.....
	الدراسة الإحصائية
107	.....1.III المواد و الطرق.....
107	.....1.1.III المواد.....

107	..... الطرق	.2.1.III
107	..... الطرق التحليلية	.1.2.1.III
107	..... البرامج والطرق الإحصائية	.2.2.1.III
108	..... شروط تحقيق أفضل نموذج إحصائي	.3.2.1.III
110	..... تصميم النماذج الإحصائية	.3.1.III
110	..... المعالجة المسبقة للبيانات الطيفية	.4.1.III
111	..... المناقشة	.2.III
111	..... تحليل الأشعة تحت الحمراء الى جانب التحليل الكيمومتري	.1.2.III
111	..... تحليل المكون الرئيسي (PCA)	.1.1.2.III
112	..... التحليل العنقودي الهرمي (HCA)	.2.1.2.III
114	..... المربعات الجزئية الصغرى (PLS)	.3.1.2.III
115	..... التحليل الطيفي UV-vis الى جانب التحليل الكيمومتري	.2.2.III
115	..... تحليل المجموعات الهرمية (HCA)	.1.2.2.III
116	..... تحليل المكون الرئيسي (PCA)	.2.2.2.III
117	..... تحليل المربعات الجزئية الصغرى (PLS)	.3.2.2.III
118	..... طريقة HPLC الى جانب التحليل الكيمومتري	.3.2.III
119	..... تحليل الكتلة الهرمية (HCA)	.1.3.2.III
119	..... تحليل المكون الرئيسي (PCA)	.2.3.2.III
120	..... تحليل المربعات الجزئية الصغرى (PLS)	.3.3.2.III
122	..... خلاصة الفصل	
	..... مراجع الفصل الثالث	
134	..... الخاتمة العامة الملاحق	

المقدمة العامة

مقدمة عامة:

يلعب طب الأعشاب دورًا رئيسيًا في حياة الإنسان الحديثة والمعاصرة، لما له من تأثير كبير في علاج العديد من الأمراض، والذي تم قبوله تدريجيًا من قبل الشعوب في مختلف البلدان [1-2]؛ منذ عصور ما قبل التاريخ [3]، تم توظيف المملكة النباتية في الثقافات الشعبية والطب الشعبي [4].

تعد النباتات الطبية مصادرًا للأدوية التقليدية، وتعتبر مصدرًا للعديد من الأدوية الحديثة بشكل غير مباشر [5]؛ النباتات الطبية غنية بالمركبات النشطة بيولوجيًا [6]، مثل مركبات الفلافونويد، البوليفينول، الجليكوزيدات، العفص، الديتيريپينويدات، الراتنجات، القلويدات،... وغيرها [4]؛ تعتبر الأدوية العشبية ذات سمية ضعيفة مقارنة بالعقاقير الصيدلانية [7]؛ أما بالنسبة للكيميائيين التحليليين، لا تزال الدراسة الدوائية للأعشاب الطبية صعبة لأن الأعشاب عبارة عن خليط معقد [8].

تختلف فعالية النباتات الطبيعية بشكل كبير في كمية المكونات النشطة فيها، ويمكن أن يختلف التركيب الكيميائي للنباتات الطبيعية اعتمادًا على الموطن، النضج، موسم الحصاد، عمليات التجفيف وبعض العوامل الأخرى [9].

تشتهر الجزائر بمواردها النباتية الطبية المختلفة، فهناك تنوع كبير في الغطاء النباتي المتعلق بمساحة الجزائر الكبيرة والتنوع المناخي بين الشمال حيث البحر الأبيض المتوسط، وجبال الأطلس في الوسط والصحراء في الجنوب [10].

إن مراقبة الجودة، التمييز، والتصنيف لهذه النباتات مشكلة كبيرة على مدى العقود القليلة الماضية، حيث تم اتخاذ العديد من الخطوات ليس فقط لزيادة وتعزيز جودة المنتجات الطبيعية وإنما لتطوير طرق وأساليب تحليلية فعالة وموثوقة للتحقق من جودتها؛ في الوقت الحاضر، يتم اختبار العديد من النباتات

الطبيعية بالموازاة مع القياس الكيمومتري باستخدام أفضل التقنيات و الطرق الطيفية والكروماتوغرافية المختلفة لمراقبة الجودة، وتمييز، و تصنيف العينات النباتية المختلفة [11].

تم استخدام مجموعة متنوعة من التقنيات التحليلية من أجل بناء نماذج لتحديد وتمييز النباتات الطبيعية [12]، بما في ذلك تقنيات الكروماتوغرافيا (HPLC) [13] ، كروماتوغرافيا الغاز (GC)، الرحلان الكهربائي الشعري (CE)، كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة (TLC) والتحليل الطيفي (FTIR، UV Vis، MS، NMR).

استنادا إلى ما سبق ذكره، تهدف هذه الدراسة إلى استخدام تقنية تحليل القياس الكيمومتري (المنهج الإحصائي متعدد المتغيرات) بالموازاة مع طرق التحليل الطيفي والكروماتوغرافي لتصنيف ومراقبة المواد الخام للنباتات الصحراوية وعائلاتها المختلفة؛ وفقاً لأطياف الأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية والمرئية ونتائج التحليل الكروماتوغرافي، تم تصنيف العينات من خلال تطبيق تحليل المكون الرئيسي (PCA)، تحليل الكتلة الهرمية (HCA) والمربعات الصغرى الجزئية (PLS).

وقد قسمت الأطروحة إلى ثلاث فصول تضمنت العناوين التالية:

❖ **الفصل الأول:** الدراسة النظرية للنباتات الطبية الصحراوية، التي تنمو في المناطق الصحراوية (ولاية الوادي جنوب شرق الجزائر)، والتي يستخدم السكان المحليون العديد منها في الطب التقليدي؛ يهتم هذا الفصل بدراسة شاملة للصفات العلاجية لمثل هذه النباتات الطبية.

❖ **الفصل الثاني:** التحليل الكمي / النوعي وتقدير الفعالية البيولوجية، من خلال هذا الفصل سنتطرق إلى أهم الطرق الطيفية (IR، UV-vis) الطريقة الكروماتوغرافية ألا وهي الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC) لتحليل العينات النباتية المدروسة.

❖ **الفصل الثالث:** يهدف هذا الفصل إلى تطبيق التحليل الكيمومتري إستنادا إلى بيانات التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء (IR) والأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-vis)، التحليل الكروماتوغرافي (HPLC)، من أجل بناء نموذج إحصائي تصنيفي.

1. Bunaciu, A.A.; Aboul-Enein, H.Y.; Fleschin, S. Recent applications of fourier transform infrared spectrophotometry in herbal medicine analysis. *Appl. Spectrosc. Rev.* **2011**, *46*, 251–260.
2. Gad, H.A.; Bouzabata, A. *Application of chemometrics in quality control of Turmeric (Curcuma longa) based on Ultra-violet, Fourier transform-infrared and 1H-NMR spectroscopy*; 2017; ISBN 2022405110.
3. Thabet, A.A.; Youssef, F.S.; El-shazly, M.; B, A.N. *GC-MS and GC-FID analyses of the volatile constituents of Brachychiton rupestris and Brachychiton discolor , their biological activities and their differentiation using multivariate data analysis*; Taylor & Francis, 2018; Vol. 6419;.
4. Simion, I.M.; Casoni, D.; Sârbu, C. Classification of Romanian medicinal plant extracts according to the therapeutic effects using thin layer chromatography and robust chemometrics. *J. Pharm. Biomed. Anal.* **2019**, *163*, 137–143.
5. Hosseinzadeh, S.; Jafarikukhdan, A.; Hosseini, A.; Armand, R. The Application of Medicinal Plants in Traditional and Modern Medicine: A Review of <i>Thymus vulgaris</i>. *Int. J. Clin. Med.* **2015**, *06*, 635–642.
6. Jamila, N.; Khan, N.; Hwang, I.M.; Nho, E.Y.; Choi, J.Y.; Atlas, A.; Khan, S.N.; Amin, F.; Javed, F.; Kim, K.S. Application of Phytochemical and Elemental Profiling, Chemometric Multivariate Analyses, and Biological Activities for Characterization and Discrimination of Fruits of Four Garcinia Species . *Anal. Lett.* **2019**, *0*, 1–18.
7. Dibong, S.D.; Mpondo Mpondo, E.; Ngoye, A.; Kwin, M.F.; Betti, J.L. Ethnobotanique et phytomédecine des plantes médicinales de Douala, Cameroun. *J. Appl. Biosci.* **2011**, *37*, 2496–2507.
8. Hamdan, M.R.; Ismail, Z.; Ahmad, M.N. Assessment of Herbal Medicines by Chemometrics - Assisted Interpretation of FTIR Spectra Assessment of Herbal Medicines by Chemometrics – Assisted Interpretation of FTIR Spectra. **2004**.
9. Li, X.; He, Y., Discriminating varieties of tea plant based on Vis/NIR spectral characteristics and using artificial neural networks. *J Biosystems engineering*, **2008**, *99*, (3), 313-321.
10. Hamza, N.; Berke, B.; Umar, A.; Cheze, C.; Gin, H. SC. *J. Ethnopharmacol.* **2019**, 111841.
11. Prabu, S.L.; SuriyaPrakash, T.; Dinesh, K.; Suresh, K.; Ragavendran, T., Nutraceuticals: A review. *J Elixir Pharmacy*, **2012**, *46*, (2012), 8372-8377.
12. Donno, D.; Beccaro, G.L.; Mellano, M.G.; Cerutti, A.K.; Bounous, G., 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* **2013**, *86*, 79 - 89.
13. Canterino, S.; Donno, D.; Mellano, M.G.; Beccaro, G.L.; Bounous, G., Nutritional and sensory survey of Citrus sinensis (L.) cultivars grown at the most Northern limit of the Mediterranean latitude. *J Journal of Food Quality*, **2012**, *35*, (2), 108-118.

الجزء النظري

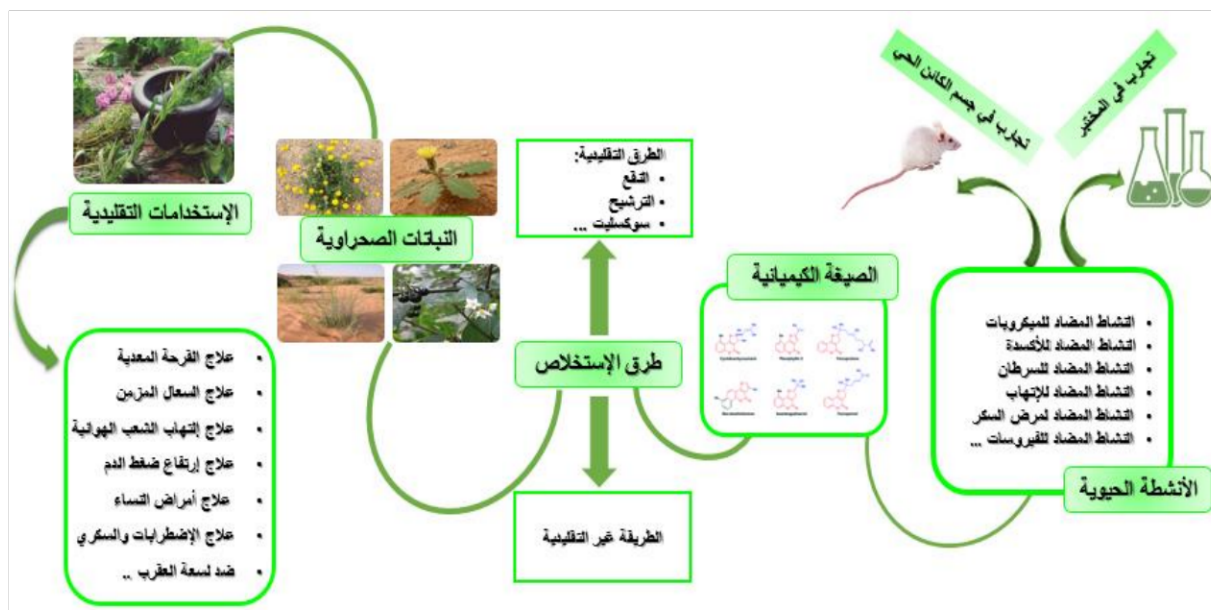
الفصل الأول

مقدمة:

إن دراسة النباتات الطبية هي إحدى الطرق لإيجاد العلاقة بين المكونات البيولوجية والثقافة البيئية للسكان المحليين [1]؛ كما يُنظر إلى التحقيقات والدراسات السابقة على نطاق واسع على أنها الطريقة الأكثر فاعلية لاكتشاف النباتات العلاجية الجديدة أو التركيز على تلك التي حددت مكوناتها النشطة بيولوجيًا مسبقًا [2]، هناك العديد من الدراسات لتقييم المحتوى الكيميائي للنباتات الطبية في المناطق الصحراوية [3].

والتي من أهم خصائصها أنها مقاومة لمجموعة متنوعة من العوامل المناخية [4]؛ قد تعمل هذه النباتات كمخزن للجزيئات الكبيرة الطبيعية الآمنة والفعالة التي يمكن استخدامها كمضادات للأكسدة في ظل الظروف المناخية القاسية [5]؛ تم اكتشاف العديد من الأدوية التي لا تزال قيد الاستخدام حتى اليوم وتطويرها بفضل الطب الشعبي، بما في ذلك المورفين والأفيون والقلويد المخدر [6].

كان الهدف من الدراسة هو تسليط الضوء على أهم النباتات البرية الصحراوية التي تنمو في المناطق الصحراوية (ولاية الوادي جنوب شرق الجزائر)، والتي يستخدم السكان المحليون العديد منها في الطب التقليدي؛ يهتم هذا الفصل بدراسة شاملة للصفات العلاجية لمثل هذه النباتات الطبية، والتي من المحتمل أن تجتذب علماء الصيدلة والباحثين في الدراسة البيولوجية لمزيد من الدراسات التجريبية. يوضح الشكل (1-I) ملخص لأهم محتويات الفصل الأول.



الشكل (1-I). ملخص لأهم محتويات الفصل الأول.

1.1. جمع المعلومات حول النباتات :

المؤلفات المنشورة في شكل مذكرات، أطروحات، كتب ومقالات علمية تم تنزيلها من قواعد البيانات

مثل: PubMed و Scopus و Science Direct و Wiley Online Library و Google Scholar

باستخدام كلمات مفتاحية مثل: الطب التقليدي، النباتات الطبية، النباتات الصحراوية....

2.1. نتائج البحث :

كان التركيز الرئيسي في هذه الدراسة على أهم الأنواع النباتية المدروسة والموضحة في (الملحق

1)؛ أيضا تم تدعيم هذا الفصل بالعديد من المقالات تخص النباتات الطبية والكيمياء النباتية وتطبيقاتها

في علم الأدوية (القديمة والحديثة).

3.1. وجهة نظر منظمة الصحة العالمية في الطب التقليدي :

الطب التقليدي هو مجموع المعارف، والمهارات والممارسات القائمة على الأفكار، وكذا المعتقدات

والخبرات الفريدة للعديد من الثقافات المستخدمة للحفاظ على الصحة، كذلك للوقاية من الأمراض الجسدية

والعقلية، تشخيصها، تحسينها، وعلاجها [7].

الطب التكميلي أو البديل: هو مصطلح يستخدم لوصف الطب التقليدي الذي تبناه الآخرون (خارج ثقافته الأصلية) [7، 8].

في العقود الأخيرة، شهد العالم الصناعي زيادة في استخدام الطب التكميلي والبديل لا سيما العلاجات العشبية [9]، حيث تتكون الأدوية العشبية من المواد، والمستحضرات والمنتجات العشبية المكتملة التي تحتوي على مركبات نشطة بيولوجيا في الأجزاء النباتية الحاملة لها [10]؛ وفقاً لمنظمة الصحة العالمية: يستخدم 80% من سكان العالم الثالث الطب التقليدي، بينما يتم استخدام الأدوية العشبية من قبل 90% من السكان في إثيوبيا للرعاية الصحية الأساسية، أيضا تكشف الدراسات في الدول المتقدمة مثل ألمانيا وكندا أن 70% على الأقل من السكان قد جربوا الطب التكميلي والبديل مرة واحدة على الأقل [8، 9]؛ من الممكن أن تكون المعرفة الواسعة للحضارات القديمة بالأدوية العشبية بالإضافة إلى أهم العلاجات، والتي نشأت من خلال التجربة والخطأ على مدى سنوات عديدة قد تم تداولها بعناية من جيل إلى جيل [8].

في الواقع، تعود أصول الطب الحديث إلى الطب التقليدي، ومن المحتمل أن يتم تطوير العديد من العلاجات الجديدة المهمة وتسويقها في المستقبل، تمامًا كما كان الحال في الماضي من خلال اتباع الإرشادات التي توفرها المعرفة التقليدية والخبرات [11، 12].

4.1. المصادر الطبيعية للمركبات النشطة بيولوجيا:

تم استخدام المستخلصات النباتية التي تحتوي على مواد كيميائية منخفضة الكتلة الجزيئية في العلاج منذ العصور القديمة [13، 14]؛ لقد ثبت أن العديد من المواد الطبيعية المستخلصة من النبات لها تأثير كبير مثل: مثبطات أكسدة الدهون [15]، مضادات الأكسدة مثل المركبات الفينولية (التانينات، الفلافونويد، الأنثروسيانين.... الخ)، التربينات، القلويدات ومركبات الكبريت العضوية، بالإضافة إلى ألفا توكوفيرول وبيتا كاروتين [16]؛ تم إجراء عدد كبير من الدراسات حول النشاط المضاد للأكسدة لمختلف

المستخلصات والمساحيق النباتية، وتظهر نتائج هذه الإختبارات أن هذه المستخلصات تحتوي على العديد من المستقلبات الثانوية، خاصة المركبات الفينولية مثل مركبات الفلافونويد... إلخ [17].

5.I. دراسة النباتات الطبية (الطب الشعبي):

قائمة النباتات الطبية المستخدمة في المناطق الصحراوية للعلاج التقليدي، سميتها، طريقة استعمالها، أجزائها المستخدمة، دواعي استعمالها والبلدان التي تستخدم فيها، معروضة في **الجدول (1-I)** أدناه؛ تم سرد الأسماء الصحيحة وفقاً للتسميات النباتية باستخدام مواقع الويب مثل: قائمة النباتات www.theplantlist.org و [JSTOR \(http://plants.jstor.org\)](http://plants.jstor.org) و [Tropics \(www.tropicos.org\)](http://www.tropicos.org) وبعض الكتب.

6.I. الدراسات الدوائية (الإستعمال الحديث):

أظهرت العديد من النباتات الصحراوية أن لها خصائص علاجية في المختبر أو في الجسم الحي أو في الدراسات السريرية، يوضح **الجدول (2-I)** أدناه الدراسات الدوائية التي بحثت بشكل مباشر أو غير مباشر عن النباتات الطبية الصحراوية المستخدمة لعلاج العديد من الأمراض؛ لم تظهر بعض هذه النباتات في الدراسات التقليدية، ولم يشهد استخدامها في الطب التقليدي إلا من قبل المؤلفين.

7.I. علم الأدوية الشعبية و أدلة السمية:

نظراً لعدم وجود توصيات بالجرعات في طب الأعشاب، مما استوجب وجود طرق إضافية لإكتشاف الأدوية مثل الدراسات السريرية والمخبرية لتأكيد الإستخدام التقليدي للنباتات علمياً وكشف السمية المحتملة لها [18]؛ من خلال هذه الدراسة لم يتم العثور على معلومات كافية حول سمية بعض هذه النباتات؛ مما يعني أنه لا يزال يتعين على الباحثين القيام بالمزيد من الأعمال والأبحاث على النباتات الطبية قبل أن يوصى بها للمرضى لمنع الآثار الجانبية الضارة لها.

لا شك أن المزيد من البحث والترويج للطب البديل سيساعد المجتمعات في الحفاظ على المعلومات ودمج العديد من الأساليب في خدمات الرعاية الصحية؛ نتيجة لذلك قد يكون البحث المستقبلي من قبل علماء الكيمياء النباتية وعلماء العقاقير ممكنًا؛ هناك نقطتان تستحق الذكر، أولاً: المعرفة المحلية للمبتدئين والتي يمكن تحويلها إلى مواد طبية أو عناصر تجارية أخرى، يجب الاعتراف أيضا بالقائمين المحليين على هذه المعلومات وتعويضهم بشكل جيد؛ ثانيًا: سيؤدي الإفراط في استغلال النباتات الطبية إلى تعريض وجودها للخطر، مما يستلزم جهودًا للحفاظ عليها.

8.I. قائمة النباتات واستخداماتها في المناطق الصحراوية:

1.8.I. الرتم (العائلة : الفولية (Fabaceae)، الإسم العلمي: *Retama retam Webb.*):

الأجزاء المستعملة: الجزء الهوائي (منقوع، مسحوق، أعشاب مضغوطة).

دواعي الإستعمال: مسكن، مطهر ومضاد للالتهابات.

عموميات حول النبات: في الطب التقليدي يستخدم ساق هذا النبات في الكي؛ يمكن أن يساعد أيضًا في علاج الروماتيزم، لسعات العقارب والإصابات؛ وعلى الرغم من صلتها الواضحة بالطب التقليدي، فإن عدد الدراسات حول المكونات الكيميائية ذات الأنشطة البيولوجية (الفضائل العلاجية) للرتم، خاصة في الجزائر قليلة مقارنة بالنباتات الأخرى [19].

وفقًا لبحوث درست النشاط المضاد للميكروبات، فإن مستخلصات الرتم لها نشاط متنوع يختلف باختلاف السلالة التي تم فحصها؛ حيث وجد أنه غير فعال ضد المكورات العنقودية المقاومة للميثيسيلين [20].

وجد تقرير آخر أن مستخلص هذا النبات المجففة بطرق مختلفة، والتي تُظهر تثبيطًا للنشاط المضاد للبكتيريا لكل من السلالات البكتيرية (*Escherichia coli* و *Pseudomonas aeruginosa*)؛ من ناحية أخرى، كما أظهر الرتم تأثيرًا محدودًا مضادًا للبكتيريا ضد *Pseudomonas aeruginosa* ونشاطا

مضادا للجراثيم مرتفع ضد البكتيريا الأخرى [20، 21]؛ تشير هذه النتائج إلى أن هذه العشبة قد تكون مفيدة في علاج الالتهابات الفيروسية.

2.8.I. العقيفة (العائلة : الفولية (Fabaceae)، الإسم العلمي: *Astragalus cruciatus* Link.:

دواعي الإستعمال: تُستخدم أنواع هذا الجنس كأعشاب علاجية في الطب التقليدي في جميع أنحاء العالم لعلاج قرحة المعدة، السعال، التهاب الشعب الهوائية المزمن، إرتفاع ضغط الدم، مشاكل أمراض النساء، السكري ولسعات العقرب السامة [22]؛ تم العثور على خصائص محفزة للمناعة والقلب والأوعية الدموية ومضادة للفيروسات للعديد من النباتات لنفس الجنس [23، 24]؛ المواد الكيميائية الصابونين والفينول وعديد السكريد هي مكونات نشطة من الناحية الفسيولوجية لأنواع هذا النبات، في حين أن التوكسينيات، وقلويدات إيميدازولين، ومشتقات السيلينيوم هي مكونات سامة [25]؛ في شمال إفريقيا يعتبر الطب التقليدي أصناف هذا النبات من الأنواع السامة؛ حيث يصيب الحيوانات بمرض يعرف بـ "Saydal" [22]. يُعرف هذا الجنس أيضا بإحتوائه على تركيز عالٍ من المستقلبات الثانوية النشطة بيولوجيًا؛ سمحت التحقيقات الكيميائية النباتية السابقة لمختلف أنواع هذا الجنس بعزل وتوصيف الصابونين [26، 27] والفلافونويد [28، 29].

3.8.I. المرخ (العائلة : الفولية (Fabaceae)، الإسم العلمي: *Genista Saharæ* Dur. (Coss. &):

دواعي الاستعمال: نزلات البرد، الإنفلونزا ومشاكل الجهاز التنفسي؛ يحتوي على مركبات الفلافونويد [30].

هي عشبة برية خالية من الأوراق عرفت بإسم "Tellegit" في الجزائر؛ يُعرف بأنه مصدر مهم للمركبات الكيميائية ذات الخصائص المضادة للأكسدة، لهذا يستخدم هذا النبات في الأدوية التقليدية. ركزت دراسة على فحص المحتوى الكيميائي النباتي وتقييم النشاط المضاد للأكسدة للأجزاء الهوائية من المستخلص المائي للمرخ؛ تم تقييم التركيب الكيميائي النوعي لـ (AEG) عن طريق الفرز الكيميائي

النباتي باستخدام تفاعلات الترسيب والتلوين؛ بالإضافة إلى ذلك، تم استخدام تقنيات القياس الطيفي لتحديد محتويات الفينولات الكلية والفلافونويد والعفص والكاروتين؛ أخيراً، تم تحديد خصائص مضادات الأكسدة لـ AEG باستخدام ثلاث طرق مختلفة: DPPH واختبارات التبييض β كاروتين؛ المركبات الفينولية، الفلافونويد، القلوبات، العفص، التربينويدات، الجليكوسيدات، المنشطات والصابونين: هي من بين الجزيئات الحيوية الموجودة في AEG، وفقاً للنتائج، يكشف الفحص الكمي عن قدر كبير من الفينولات الكلية والعفص والكاروتين؛ باختصار يحتوي EAG على نشاط مضاد للأكسدة قوي ضد تبييض β كاروتين، مما يؤكد استخدامه من قبل المعالجين التقليديين؛ نتيجة لذلك، يعتبر المرخ مصدرًا ممتازًا لمضادات الأكسدة، قد يفسر وجود العفص أو المواد الكيميائية الفينولية الأخرى مثل التربينويدات وبيتا كاروتين والصابونين نشاطها العالي كمضاد للأكسدة [31].

تمت دراسة التركيب الكيميائي والنشاط المضاد للأكسدة للمستخلصات الكحولية لهذا الجنس من قبل [32، 33]؛ ولسوء الحظ، لا يوجد حاليًا أي معلومات كيميائية نباتية أو بيولوجية بخصوص هذه الشجيرة، كما لا توجد معلومات عن التأثيرات المضادة للأكسدة لمستخلصها المائي في الدراسات السابقة؛ بالرغم من ذلك، تتوافق جميع نتائج هذه العشب مع استخدامها التقليدي.

4.8.I. فول الإبل (العائلة : الفولية (Fabaceae)، الإسم العلمي : *Astragalus gyzensis* Bunge):

دواعي الاستعمال: لسعات العقرب ولسعات الثعابين. وفقاً لـ [34]، يستخدم هذا النبات لعلاج لدغات

الثعابين.

هو نبات شديد الصلابة في المناخ الصحراوي؛ تجد الحيوانات أن هذا النبات جذاب، خاصةً عندما يكون في حالة الإزهار؛ في السنوات الأخيرة، تم إجراء العديد من الدراسات المتعلقة بالزيوت الأساسية لهذا النبات بغرض اكتشاف المنتجات الطبيعية والعناصر النشطة المضادة للأمراض، تمتلك الزيوت الأساسية مجموعة متنوعة من الأنشطة البيولوجية، بما في ذلك فعاليتها كمبيد يرقات ضد البعوض [35].

^[36]؛ كما يمكن استخدام الزيوت العطرية أيضا لإنتاج مبيدات الآفات الطبيعية والمساعدة في تقليل الآثار السلبية للمبيدات الإصطناعية بما في ذلك التراكم والمقاومة والتلوث.

5.8.I. اللبينة (العائلة: اللبينية (Euphorbiaceae)، الإسم العلمي: *Euphorbia guyoniana* Boiss. &

:(Reut

دواعي الاستعمال: الإسهال، الأمراض الجلدية، لدغات العقارب، لدغات الثعابين.

هذا النبات شديد السمية مثل العديد من النباتات والتي تحتوي غالبًا على مادة اللاتكس البيضاء السامة ^[36]؛ ويُعرف محليًا بإسم "لبينا" ويبلغ إرتفاعه 30-100 سم مع سيقان منتصبه ومترعة ^[22]؛ يحتوي هذا الجنس على أكثر من 2000 نوع معروف في الطب التقليدي بقدرته على علاج الأمراض الجلدية مثل الإكزيما ^[37]، اضطرابات الجهاز الهضمي ^[38] والالتهابات البكتيرية أو الفطرية ^[39]، أو حتى بعض أنواع السرطانات ^[40]؛ أيضا كثيرا ما يستخدم هذا النبات من قبل البدو الجزائريين الصحراويين ضد لدغات الثعابين ^[41]؛ كما أشارت دراسة حديثة إلى أن له خصائص مضادة للأكسدة مهمة ^[42]، له آثار إيجابية ليكتريا *Euphorbia guyoniana* تعود إلى محتواها العالي من المركبات الثانوية، مثل التربينويدات ^[43]، القلويدات والفلافونويد ^[44].

6.8.I. العنودة (العائلة: الأفيديرية (Ephedraceae)، الإسم العلمي: *Ephedra alata* spp.:

الأجزاء المستعملة: الأوراق، الأغصان (النفع، الاستنشاق، شاي الأعشاب).

دواعي الإستعمال: الزكام، الأنفلونزا، مشاكل الجهاز التنفسي وإرتفاع ضغط الدم، البرد، السعال

الديكي والسرطان ^[45]، ^[46]، ^[47].

7.8.I. السمهري (العائلة: السيستية (Cistaceae)، الإسم العلمي: *Helianthemum lippii* (L.) (Pers.):

ينتمي جنس السمهري إلى العائلة السيستية [48]، المنتشرة في مناطق البحر الأبيض المتوسط [49]، ويشمل هذا الجنس 70 نوعًا في جميع أنحاء العالم وفي الجزائر وباكستان [50].

يختلف الإسم العلمي لهذا النوع باختلاف المناطق والقارات، على سبيل المثال إسم السمهري (في منطقة واد سوف: جنوب شرق الجزائر) [30]، الرقيج (في منطقة ورقلة: جنوب الجزائر) تحسوات والرجيك (جنوب غرب الجزائر)، الررق (في الكويت)، أم سويقة (الجزيرة العربية) [51]، وزهرة الشمس (شمال شرق الأردن) [52].

هذا النبات مثير للإهتمام للغاية من وجهة نظر بيئية واقتصادية [53]، حيث ينتمي إلى النباتات الرعوية [30، 53]، ويلعب دورًا رئيسيًا في مكافحة التصحر؛ كما يستخدم مسحوق هذا النبات لعلاج الطفح الجلدي [53]؛ كما أنه يستخدم في ليبيا لعلاج التعفن أيضا، وكذلك للوقاية من الأمراض [54، 55]؛ في المغرب يمكن أن يسبب هذا النبات أمراض عند البدو للإيل تعرف بإسم GAF أو Kraft (نوع من التهاب المفاصل)؛ لكن في الواقع، سمية هذا النبات لم تثبت بعد [56].

8.8.I. السعد (العائلة: السعدية (Cyperaceae)، الإسم العلمي: *Cyperus conglomeratus rotundus* (C.):

دواعي الإستعمال: هو أحد أكثر الأنواع شهرة من جنس النباتات الطبية، ويعتبر من بين الأدوية التقليدية الهندية والصينية واليابانية التي تستخدم ضد التشنجات، إضطرابات المعدة والأمعاء وإضطرابات الدورة الشهرية [57، 58]؛ تمت دراسته على نطاق واسع من قبل العديد من الباحثين، أهم الزيوت الأساسية المعزولة منه هي: α -pinene و β -pinene و α -copaene و cyperene و cyperotundone و α -cyperone و caryophyllene oxide [59، 60].

يستخدم هذا النبات في الطب التقليدي لعلاج أمراض الصدر، ومدر للبول، ومنشط، ومسكن للآلام ومضاد للديدان [61].

9.8.I الأرتا (العائلة: الحمضية (Polygonaceae)، الإسم العلمي: *Calligonum comosum* (L'herit.:

الأجزاء المستعملة: الأوراق، والجذور والأغصان (منقوع، مغلي).

دواعي الإستعمال: لسعات العقارب وعضات الثعابين طبقاً لـ [45، 46]، يمكن إستخدامه أيضاً كعلاج ضد الديدان.

هو نبات من المناطق الإستوائية وشبه الإستوائية، له إنتشار واسع في الإمارات العربية المتحدة والمملكة العربية السعودية؛ تبين مؤخراً أن المستخلص النباتي لأجزاء مختلفة من هذا النبات له نشاطاً عالياً في مضادات الميكروبات ضد أربعة أنواع من البكتيريا المسببة للأمراض [62].

10.8.I الإنم (العائلة: الحملية (Plantaginaceae)، الإسم العلمي: *Plantago albicans* L.:

هو نبات عشبي يوجد بشكل طبيعي في المناطق ذات المناخ شبه الإستوائي والمعتدل ويسهل زراعته في تونس والجزائر وليبيا.

دواعي الإستعمال: غالباً ما تستخدم مستخلصات أنواع لسان الحمل في الطب التقليدي نظراً لخصائصها الوقائية للكبد [63، 64]، مضادة للإلتهابات، مسكنة للآلام، وخافضة للحرارة [65]، بالإضافة إلى ذلك، يتسبب في حدوث تصحيحات هيكلية ووظيفية في الكبد، وكذلك أنسجة القلب [66]، كما يحتوي هذا الجنس أيضاً على كمية عالية من المستقلبات الأولية والثانوية [67].

11.8.I. الزيتا (العائلة: الرصاصية (Plumbaginaceae)، الإسم العلمي: *Limoniastrum guyonianum* Coss & Dur.

دواعي الإستعمال: داء السكري، لدغات العقارب ولسعات الثعابين، الصداع، الإمساك، إرتفاع ضغط الدم وأمراض الكلى، فقر الدم، مطهر للحروق، اليرقان، السعال، الغازات، التهاب اللوزتين والإنفلونزا، تقوية اللثة وأمراض الكبد [68].

12.8.I. الطرفة (العائلة: الطرفية (Tamaricaceae)، الإسم العلمي: *Tamarix boveana*.

دواعي الإستعمال: السعال، النزيف، مدر للبول، مضاد للحمى، مطهر، الإصابات والتقرحات، لدغات العقارب والبق، أمراض الكلى، الإسهال، فقر الدم، اليرقان، التهاب اللثة والفم، قرحة المعدة، آلام الرأس، إرتفاع ضغط الدم، السكري، آلام المفاصل، و التهاب البنكرياس [68].

13.8.I. الضمران (العائلة: الرمامية (Chenopodiaceae)، الاسم العلمي: *Traganum nudatum* (Del.

الأجزاء المستعملة: أوراق (نقع مضغوط، بودرة ومرهم).

دواعي الإستعمال: الروماتيزم وأمراض الجلد.

هذا النبات له فوائد طبية، فهو يستخدم ضد الإسهال، والجروح الروماتيزمية الجلدية [34]، معروف محلياً بخشب الاحتراق وأيضاً بثماره الصالحة للأكل [46].

14.8.I. الغبيثة (العائلة: الرمامية (Chenopodiaceae)، الإسم العلمي: *Bassia muricata* (L.)

دواعي الإستعمال: مسكن الآلام، مطهر ومضاد للالتهابات.

نبات سنوي ينمو في الموائل الرملية في شمال إفريقيا ومنطقة شرق البحر الأبيض المتوسط وسيناء والمملكة العربية السعودية وإيران [61]؛ وهو من النباتات الهامة التي تستخدم في الطب التقليدي حيث يستخدم كمسكن وخافض للحرارة والالتهاب الكلوي، بالإضافة إلى العديد من الأنشطة البيولوجية مثل

مضادات الأكسدة [69]، مضادات الجراثيم والرخويات [70]، أنشطة مييدات الحشرات [71] وأيضا غني بالصابونين [30].

15.8.I. القطف (العائلة: الرمرامية (Chenopodiaceae)، الإسم العلمي: *Atriplex halimus L.*):

دواعي الإستعمال: هذا النبات له فضائل طبية عديدة: تكيسات الرحم، السكري، آلام المعدة، الإمساك، الإسهال، الغازات، إرتفاع ضغط الدم، الحمى، اليرقان، فقر الدم، أمراض القلب، التهاب الأذن، الروماتيزم، السعال، السمنة، مدر للبول، مضاد للديدان، القيء، الجروح والقروح، التهاب اللوزتين، تضخم الغدة الدرقية، تقوية اللثة، العقم، البروستاتا، الحصى في الكلى وفرط كوليسترول الدم [68، 172].

16.8.I. بوقريبة (العائلة: الرطراطية (Zygophyllaceae)، الإسم العلمي: *Zygophyllum album L.*):

الأجزاء المستعملة: الأوراق، السيقان، الفاكهة (مغلي، بودرة، مرهم).

دواعي الإستعمال: مرض السكري، مسهل وملين، مضاد للفيروسات والفطريات، عسر الهضم.

حسب دراسة لـ [46]، فإن هذا النبات مفيد في علاج مرض السكري وعسر الهضم والأمراض الجلدية، كما أنه مسكن ومُطهر؛ يستخدم هذا النبات في الطب الشعبي التونسي كدواء فعال ضد الروماتيزم والنقرس والربو [73]، كما أنه يستخدم كمدر للبول، مخدر موضعي، مضاد للهستامين ومضاد لمرض السكر [74].

17.8.I. القرطوفة (العائلة: المركبة (Asteraceae)، الإسم العلمي: *Matricaria Pubescens Desf.*):

الأجزاء المستعملة: أوراق (مسحوق).

دواعي الإستعمال: البرد ومشاكل الجهاز التنفسي، النزيف، مدر للبول، الحمى، قابض ومنبه، آلام البطن والمعدة، الإمساك، في منطقة واد ريغ، يستخدم هذا النبات ضد لسعات العقارب ولدغات الثعابين [34].

18.8.I. العصيد (العائلة: المركبة (Asteraceae)، الإسم العلمي: *Launaea resedifolia* O. K.):

دواعي الإستعمال: يستعمل عادة في الطب التقليدي لعلاج الإسهال.

تعد هذه العائلة أحد أكبر العائلات كاسيات البذور، وتضم ما يقارب من 340 جنسًا وأكثر من 3350 نوعًا، موزعة في جميع أنحاء العالم، بشكل رئيسي في المناطق المعتدلة من نصف الكرة الشمالي^[75].

19.8.I. عنب الذيب (العائلة: الباذنجانية (Solanaceae)، الإسم العلمي: *Solanum nigrum* L.):

الأجزاء المستخدمة: الأوراق والساق والفواكه.

دواعي الإستعمال: في الواقع، إنه للاستخدام الخارجي^[34]، ويعتبر نبات سام، منشطًا وخطيرًا، فعال في تضخم الكبد المزمن والبواسير؛ كما تستخدم فاكهته في علاج أمراض القلب، الربو، الحمى، التهاب القصبات الهوائية، الإسهال، الغثيان والالتهابات^[76].

20.8.I. التيمير (العائلة: الجارونية (Geraniaceae)، الإسم العلمي: *Erodium glaucophyllum* L

: (Her.

الأجزاء المستخدمة: جميع أجزائه مفيدة.

دواعي الإستعمال: الإسهال، البرد، الأنفلونزا ومشاكل الجهاز التنفسي، وهو نبات طبي مفيد ضد الحساسية^[34]؛ ينتشر في وادي النيل، منطقة الساحل الغربي للبحر الأبيض المتوسط والصحاري^[77]، يُعرف بالأسماء العربية كحكول، ليسان حمد، الكبشية، راجما، دهما؛ يتم استخدامه في الطب الشعبي أيضا كمادة معجلة للولادة وقابضة^[77].

21.8.I. النتين (العائلة: القبارية (Capparidaceae)، الإسم العلمي: *Cleome arabica* L.):

الأجزاء المستعملة: الأوراق (التسريب، النقع).

دواعي الإستعمال: الروماتيزم والمسالك البولية.

هو نبات غني بمركبات الفلافون وخاصة مركبات الفلافونويد؛ مدر للبول ومفيد أيضا ضد الروماتيزم والتهاب المفاصل والإسهال [30، 44، 45].

22.8.I. السعدان (الكفيس) (العائلة: الوردية (Rosaceae)، الإسم العلمي: *Neurada procumbens* (L.:

الأجزاء المستعملة: الأوراق والبذور والفواكه.

دواعي الإستعمال: مسكن، مطهر ومضاد للإلتهابات، قابض ومنشط؛ تقليديا، يعتبرها البدو أعشاب طبية صالحة للأكل [78]، كما تم استخدامه في الطب العربي التقليدي لعلاج الإسهال، أيضا كمنشط لزيادة وظائف القلب والتنفس [78]، كما تم استخدامه في باكستان لعلاج السكتة الدماغية بينما يمكن إستخدام ثمارها المجففة مع ماء الورد في الصيف كعامل تبريد ومع المكسرات المجففة في الشتاء كمحفز للأعصاب [79]؛ زيادة على ذلك، تشير التقارير السابقة في مصر إلى أن هذا النبات يحتوي على السكريات (الصبغ) بالإضافة إلى ثنائي هيدروفلافونول جليكوسيدات [80].

9.I. العوامل الصحية القائمة على الأنشطة البيولوجية و / أو العلاجية:

تعتبر مشتقات حمض الفينول ومكونات متعدد الفينول، وخاصة جليكوسيدات الفلافونويد، المكونات البيولوجية الأساسية لمعظم النباتات والأعشاب العلاجية المدروسة [81].

مركبات الفلافونويد: هي مواد كيميائية نباتية ثانوية لها تأثيرات فسيولوجية ودوائية متنوعة [82]؛ تتمتع بخصائص بيولوجية متنوعة مثل: مضادات الأكسدة، مضادة للشيخوخة، مضادة للسرطان، مضادة للإلتهابات، مضادة لتصلب الشرايين، وحماية القلب وتحسين وظيفة البطانة [83]؛ يُعتقد أن غالبية هذه التأثيرات البيولوجية ناتجة عن قدراتها المختلفة؛ قد توفر أيضا حماية غير مباشرة عن طريق إطلاق آليات دفاع داخلية وتغيير العمليات الفسيولوجية [84].

الفيتوستيرول: هي فئة أخرى من المواد الكيميائية الموجودة في هذه النباتات والأعشاب؛ من أبرز أنشطتها الحيوية قدرتها على خفض نسبة الكوليسترول في الدم عن طريق تثبيط امتصاص الكوليسترول المعوي جزئياً [85]؛ الفعالية المحتملة المضادة للفيروسات هي إحدى الفوائد المتوقعة للفيتوستيرول، بالإضافة إلى تعزيز المناعة والأنشطة المضادة للالتهابات التي يتم تكون في الغالب عن طريق بيتا سيتوستيرول، و جميعها مزايا محتملة للفيتوستيرول، هناك أدلة متزايدة على أن بعض هذه النباتات العشبية قد يكون لها فوائد وقائية خاصة ضد تطور الأورام الخبيثة المختلفة، بما في ذلك سرطان القولون والبروستاتا والثدي [86، 87].

خلاصة الفصل:

مما هو ملاحظ، أن هناك إهتمام متجدد بالأدوية النباتية الصحراوية للوقاية من الأمراض المختلفة وعلاجها؛ في المناخات الصحراوية الحارة والجافة، تلعب النباتات الطبية دور أساسي في نظام الرعاية الصحية؛ ومع ذلك، يجب التغلب على العديد من العقبات الهامة ومعالجتها قبل تحقيق إمكاناتها الكاملة، حيث لم يتم بعد تأكيد العلاج الناجح للأمراض باستخدام المنتجات النباتية بشكل صحيح وباستخدام معايير علمية صارمة لتتنافس مع العلاجات التقليدية الحالية؛ ركزنا في هذا الفصل على ضرورة المسح الدقيق للنباتات الطبية التي يستخدمها سكان منطقة الصحراء لعلاج الأمراض السائدة، وكشفت نتائج هذه الدراسة عن تنوع كبير للنباتات الطبية المستخدمة لعلاج مختلف الحالات المرضية.

كما تشير هذه الدراسة إلى أن جميع النباتات الطبية التي لم يتم الإبلاغ عنها من قبل وحتى الآن قد تم إستخدامها لآلاف السنين لعلاج مجموعة متنوعة من الأمراض الشديدة، والتي يتم التحقيق فيها لإستخداماتها المحتملة غير المعروفة.

الجدول (I-1). الإستعمالات الشعبية للنباتات الطبية في المناطق الصحراوية.

المرجع	الموطن	طبيعة الاستعمال	الاستعمال الشعبي	طريقة الاستعمال	السمية	الجزء المستعمل	الطبيعة	الاسم الشائع	اسم النبتة	العائلة	الرقم
[20, 88]	المغرب، الجزائر، تونس، ليبيا، مصر، الأردن، لبنان، فلسطين	عن طريق الفم	السكري، البرد، مشاكل الكلى	النقع	غير سام	البذور	شجيرة	الرتم	<i>Retama</i> <i>Retam Webb</i>	Fabaceae	1.
[89]		استعمال خارجي	الجروح الجلدية، آلام الظهر	منقوع مع زيت الزيتون		السيقان					
[90]		استعمال خارجي	العقم عند النساء	النقع		السيقان، الأوراق					
[91]		عن طريق الفم	التهاب الكبد، اليرقان	النقع		السيقان					
[92]		استعمال خارجي	إكزيما	النقع		السيقان					
[93]	/	/	مسكن للألام	/	/	كامل الأجزاء	عشبة	الضعيفة	<i>Lotus halophylus Boiss</i>		2.
[22, 94, 95]	المغرب، الجزائر، تونس	/	ضد القرحة المعدية، السعال، التهاب الشعب الهوائية، ارتفاع ضغط الدم، السكري ولسعات العقرب	النقع	غير سام	الجزء الهوائي، الجذور	عشبة	العقيفة	<i>Astragalus cruciatus Link.</i>		3.
[33]	الجزائر، ليبيا، المغرب، تونس، مصر	عن طريق الفم	التهابات الجهاز التنفسي	النقع	غير سام	الجزء الهوائي	شجيرة	المرخ	<i>Genista saharae Cosson et Dur.</i>		4.
[96]		/	/	النقع		الجزء الهوائي، الجذور			<i>Astragalus gombiformis Bomel.</i>	Fabaceae	5.
[97, 98]	الجزائر، ليبيا، المغرب، تونس	استعمال خارجي	مبيد الفطريات والحشرات، مضادات الميكروبات، مضادات التكاثر ضد الخلايا السرطانية	التقطير	غير سام	الجزء الهوائي	عشبة	فول الإبل			
[99]		استعمال خارجي	لسعات العقارب والثعابين	النقع							
[100]	الجزائر، ليبيا، المغرب، تونس	عن طريق الفم، استعمال خارجي	مزيل التآليل، لسعات العقارب والثعابين، مضاد للسعال، الصداع النصفي، اضطرابات الجهاز	النقع	سام	الجزء الهوائي، الجذور	عشبة	لبينة	<i>Euphorbia guyoniana Bois et Reut.</i>	Euphorbiaceae	6.

					الجزء الهوائي			الهضمي، أمراض الشعب الهوائية والجهاز التنفسي			[101-103]
7.	Ephedraceae	<i>Ephedra alata</i> DC.	العلندة	شجيرة	الجزء الهوائي	غير سام	النقع	نزلات البرد والأنفلونزا، مشاكل الجهاز التنفسي، ارتفاع ضغط الدم	عن طريق الفم، استعمال خارجي	آسيا، أمريكا، أوروبا، شمال إفريقيا	[104]
8.	Cistaceae	<i>Heliathemum lipii</i> (L.) Pers.	السمهري	شجيرة	الجزء الهوائي	غير سام	النقع	علاج الآفات الجلدية، نزلات البرد، مضاد للالتهابات، مطهر، مدر للبول، اضطرابات الروماتيزم	عن طريق الفم، استعمال خارجي	آسيا، إفريقيا	[105, 106]
9.	Cyperaceae	<i>Cyperus conglomeratus</i>	سعد	شجيرة	الجزء الهوائي	غير سام	النقع	العلاجات الصدرية، مدر للبول، طارد للديدان	عن طريق الفم، استعمال خارجي	إفريقيا، شبه الجزيرة العربية	[107]

10.	Polygonaceae	<i>Calligonum comosum L'her.</i>	أرطى	شجيرة	الجزء الهوائي	غير سام	النقع	لسعات العقرب والثعابين	استعمال خارجي	الإمارات العربية المتحدة، المملكة العربية السعودية، الجزائر، تونس، ليبيا، المغرب	[108, 109]
11.	Myrtaceae	<i>Plantago albicans L.</i>	الإنم	عشبة	البذور، الأوراق	غير سام	النقع	السكري	عن طريق الفم	تونس، الجزائر، ليبيا	[20]
12.	Plumbaginaceae	<i>Limoniastrum guyonianum Dur.</i>	زيتة	شجيرة	الأوراق	غير سام	النقع	السكري، لسعات العقرب والثعابين، الإمساك، فقر الدم	عن طريق الفم، استعمال خارجي	تونس، الجزائر، ليبيا	[20]
13.	Tamaricaceae	<i>Tamarix boveana</i>	الطرفة	شجيرة	كامل أجزاء النبات	غير سام	/	السكري، الحروق، أمراض الكلى، الإسهال، فقر دم	عن طريق الفم، استعمال خارجي	إيران، الجزائر، تونس	[110]
14.	Chenopodiaceae	<i>Traganum nudatum Del.</i>	ضمران	شجيرة	الجزء الهوائي	غير سام	النقع	السكري، الروماتيزم، الأمراض الجلدية، الإسهال	استعمال خارجي	الجزائر	[20]
15.		<i>Bassia muricata (L.)</i>	غبيناء	عشبة	الجزء الهوائي	غير سام	مسحوق	مسكن للألام، مطهر، مضاد للإلتهابات	استعمال خارجي	إيران، فلسطين، الجزيرة العربية، شمال إفريقيا	[111]
16.		<i>Atriplex halimus L.</i>	القطف	شجيرة	الأوراق	غير سام	النقع	السكري	عن طريق الفم	المغرب، الجزائر، تونس، ليبيا	[112]
					/		خفض السكر في الدم، فقر الدم	[113]			
				الأوراق	النقع		السكري	[20]			
				الأوراق	النقع		السكري، علاج كيسات المبيض، الروماتيزم، تضخم الغدة الدرقية				
				الأوراق		النقع	الكوليسترول			[114]	

17.	Zygophyllaceae	<i>Zygophyllum album L.</i>	بوقريية	شجيرة	الجزء الهوائي	غير سام	النقع	السكري	عن طريق الفم	المغرب، الجزائر، تونس	[115]
18.	Asteraceae	<i>Matricaria pubescens (desf) Schultz.</i>	قرطوفة	عشبة	الجزء الهوائي، الأزهار	غير سام	النقع	السكري	عن طريق الفم	المغرب، الجزائر، تونس	[20]
19.	Solanaceae	<i>Solanum nigrum L.</i>	عنب الذيب	عشبة	الأوراق	غير سام	النقع	تضخم الكبد المزمن، البواسير، الأمراض الجلدية	استعمال خارجي	المغرب، الجزائر، تونس	
20.	Geraniaceae	<i>Erodium glaucophyllum L'Her.</i>	تمير	عشبة	الجزء الهوائي	غير سام	النقع	معجل وقابض للولادة	عن طريق الفم	منطقة الساحل الغربي للبحر الأبيض المتوسط ومنطقة الصحاري	[116, 117]
21.	Capparidaceae	<i>Cleome arabica L.</i>	نتين	عشبة	الجزء الهوائي	سام	النقع	السكري	عن طريق الفم	شمال إفريقيا	[20]
					الأوراق	سام		مسكن لآلام البطن والروماتيزم			[118]
					البذور	سام	/	مبيد أعشاب	/		[119]
22.	Rosaceae	<i>Neurada procumbens L.</i>	سعدان	عشبة	البذور	غير سام	النقع	الإسهال، منشط	عن طريق الفم	شمال إفريقيا، السودان، إثيوبيا، المملكة العربية السعودية، الصحراء الهندية	[120]
					الجزء الهوائي			مضادات الأكسدة، السكري، الزهايمر			[78]
					الأوراق، الثمار			الإسهال، السكري، الإكزيما، الروماتيزم، المشاكل المعوية والجهاز الهضمي، الديدان			[121-123]

الجدول (I-2). الأنشطة البيولوجية الرئيسية للنباتات في المناطق الصحراوية، جزء النبات الذي تم تحليله، نوع المستخلص، ونظام الإختبار، والتأثير.

المرجع	المركبات النشطة بيولوجيا	الجزء المستخدم	الجرعة	الدراسة	التأثيرات	طبيعة الاختبار	طبيعة المذيب	الفعالية البيولوجية	النبات	العائلة	الرقم
[124]	Genistein , 6-hydroxygenistein, pratensein (4' methylroborol),	الجزء الهوائي	1 mg/kg	مخبريا	16.70 ± 5.28	DPPH	تم عزل الفلافون بالميثانول و ميثانول - ماء (5:1)	الفعالية المضادة للاكسدة	<i>Retama Retam Web b</i>	Fabaceae	1.
[21]	المركبات الفينولية	الجزء الهوائي	0.5 mg/ml	مخبريا	1 mm	طريقتي الانتشار والتخفيف	ميثانول/ ماء 30/70	الفعالية المضادة للميكروبات			
[88]	مختلف المركبات الكيميائية	الجزء الهوائي	6.5mg/ml	مخبريا	فعال	SINV, Sindbis virus; HSV, Herpes Simplex virus; Polio, polio virus	ميثانول	الفعالية المضادة للفيروسات			
[125]	الفلافانويدات	الأوراق، البذور	0.1692 µg/mL	مخبريا	فعال	DPPH ; طريقتي الانتشار والتخفيف	ثنائي ايثيل ايثر	الفعالية المضادة للاكسدة / الفعالية المضادة للميكروبات			
2.	مختلف المركبات الكيميائية	الجزء الهوائي	2000 µg/disc	مخبريا	فعال	طريقتي الانتشار والتخفيف	ماء، ايثانول، بوتانول	الفعالية المضادة للميكروبات	<i>Lotus halophytus Boiss</i>		
3.	Azukisaponin ; astragaloside ; narcissin, nicotiflorin, kaempferol 3-O-α-L-rhamnopyranosyl-(1→4)-α-L-rhamnopyranosyl-(1→6)-β-Dglucopyranoside و 5,7,2'-trihydroxyflavone ; daucosterol	الجزء الهوائي، الجذور	/	/	/	/	مذيبات مختلفة	عزل المركبات	<i>Astragalus cruciatus Link</i>		
[127]		الجزء الهوائي	5 mg/mL	فعال	فعال		ماء	تأثير تثبيط الانزيم (الاميلاز)			
		الجزء الهوائي	1 mg/mL	فعال	فعال		ميثانول	تأثير تثبيط الانزيم (الاميلاز)			
[128]	الزيوت الأساسية	الجزء الهوائي	فعال	مخبريا	فعال	طريقتي الانتشار والتخفيف	/	الفعالية المضادة للميكروبات	<i>Genista saharae Cosson et Dur.</i>		
[129]	المركبات الفينولية	الجزء الهوائي	IC50= 0.247 mg/ml 31.26%	مخبريا	فعال	DPPH اختبار انحلال الدم	ميثانول	الفعالية المضادة للاكسدة اختبار انحلال كريات			

			الدم الحمراء								
			الفعالية المضادة للاكسدة الفعالية المضادة للميكروبات	كلوروفورم ، اسيتات الايثيل و بيتانول	ABTS CUPRAC اختبار القدرة الارجاعية DPPH TAC	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية	[130]
			عزل المركبات	مذيبات مختلفة	/	/	/	/	الجزء الهوائي	Isoflavone : 5-O-methyl-8-C-b- glucopyranosylgenistein و 8-C-b- glucopyranosylgenistein	[131]
			الفعالية المضادة للاكسدة	ماء	DPPH اختبار القدرة الارجاعية	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	التانينات (العفصيات)	[31]
			اختبارات الفعالية المضادة لداء السكري – الفعالية المضادة للاكسدة	مستخلص البيتانول	DPPH ABTS GOR	فعال	مخبريا	فعال	السيقان، الأزهار، الأوراق، القرون، البذور	المركبات الفينولية الفلافانويدات	[132]
5.		<i>Astragalus gombiformis Bomet.</i>	عزل ست مركبات	مذيبات مختلفة	¹ H and ¹³ C NMR	/	/	/	الجزء الهوائي	3-O-[b-D- glucopyranosyl(1 →2)-b- D-xylopyr- anosyl]- 3b,16b,23(R),24(R),25- pentahydroxycycloartane 3-O-[b-D- glucopyranosyl(1 → 2)-b- D-xylopyranosyl]- 3b,16b,23(R),24(R)- tetrahydroxy-25- dehydrocycloartane 3-O-[b-D-xylopyrano- syl]-6a-acetoxy-23a- methoxy-16b,23(R)- epoxy-24,25,26,27- Tetranorcycloartane 3-O-[b-D-xylo- pyranosyl]-6a-acetoxy- 23a-butoxy-16b,23(R)- epoxy-24,25,26,27- tetranorcycloartane	[133]

									3-O-[b-D-glucopyranosyl(1→2)]-b-D-xylopyranosyl]-6a-acetoxy-23a-methoxy-16b,23(R)-epoxy-24,25,26,27-tetranorcycloartane			
									3-O-[b-D-glucopyranosyl(1→2)]-b-D-xylopyranosyl]-23a-methoxy-16b,23(R)-epoxy-4,25,26,27-tetranorcycloartane			
			الفعالية المضادة للاكسدة	ايثانول (70%, v/v)	اختبار TEAC	فعال	مخبريا	فعال	الأوراق، السيقان، الجزء الهوائية	المركبات الفينولية الجليكوزيدات	[99]	
			استخلاص الزيوت الأساسية	ماء	طريقة التقطير	/	/	/	الأوراق، الأزهار، الثمار	الزيوت الأساسية	[98]	
			Anticholinesterase activity	ايثر البترول ثنائي كلورو ميثان، و الميثانول	طريقة تغير اللون	فعال	مخبريا	IC50 of 110 µg/ml.	الأوراق	/	[134]	
6.	Euphorbiaceae	<i>Eurphobia guyoniana Bois et Reut.</i>	اختبارات السمية	أسيتون	الجراد الصحراوي	فعال	على الكائن الحي	فعال	الأوراق	/	[135]	
			اختبار التأثير المضاد للحشرات	ماء	<i>Tribolium castaneum</i> (Coleoptera- Tenebrionidae)	فعال	على الكائن الحي	فعال	الأوراق، الجذور	/	[136]	
			عزل المركبات	ثنائي كلوروميثان	^1H and ^{13}C NMR	/	/	/	الجزء الهوائي	اللقتين		[137]
			عزل المركبات	مذيبات مختلفة	^1H and ^{13}C NMR	/	/	/	الجزء الهوائي	1,5-diphenyl-3-styryl-2-pyrazoline, kaempferol, kaempferol 3-O-glucoside, kaempferol 3-rutinoside, quercetin, quercetin 3-O-glucoside,		[101]
			اختبار الفعالية المضادة للبكتيريا	ماء	طريقتي الانتشار والتخفيف	فعال	على الكائن الحي	فعال	الجزء الهوائي	/		[138]
7.	Ephedraceae	<i>Ephedra alata DC.</i>	الفعالية المضادة للاكسدة و اختبار الفعالية المضادة للبكتيريا	ماء	طريقتي الانتشار والتخفيف	فعال	على الكائن الحي	فعال	الجزء الهوائي	الفلافونول و الفلافون المركبات الفينولية و الجليكوسيدات	[139]	
			عزل المركبات الفعالية المضادة	/	طريقتي الانتشار والتخفيف	فعال	مخبريا	فعال	الأزهار	الزيوت الأساسية		[140]

			للكتيريا . اختبار انحلال كريات الدم الحمراء								
			الفعالية المضادة للاكسدة .	ميثانول	DPPH	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية	[141]
			تحديد الاحماض الدهنية و الفعالية المضادة للاكسدة	هكسان، ميثانول	الفعالية المضادة للاكسدة (FRAP - hosphomolybdenum, DPPH)	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	/	[142]
			الفعالية المضادة للجذور الحرة و المضادة للميكروبات	هكسان، إيثل أسيتات، ميثانول	طريقتي الانتشار والتخفيف	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	الزيوت الأساسية	[143]
8.	Cistaceae	<i>Heliathemum lipii (L.) Pers.</i>	الفعالية المضادة للاكسدة	ميثانول	DPPH-TAC- OH ⁻ -RP	فعال	مخبريا	فعال	الأوراق، السيقان، الثمار	المركبات الفينولية	[144]
			الفعالية المضادة للاكسدة الفعالية المضادة للميكروبات	ميثانول	(DPPH- OH ⁻ - H ₂ O ₂) طريقتي الانتشار والتخفيف	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية	[105]
			Effect on the smooth muscle	إيثيل أسيتات البيتانول	درست على القولون القاصي للفأر	فعال	على الكائن الحي	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية	[106]
9.	Cyperaceae	<i>Cyperus conglomeratus</i>	تحديد المركبات الكيميائية	ماء	التقطير المائي وتحليلها بواسطة GC / MS	/	/	Cyperene (27.2%)	الجزء الهوائي	الزيوت الأساسية	[145]
			الفعالية المضادة للميكروبات	ماء	طريقتي الانتشار والتخفيف	فعال	على الكائن الحي	فعال	الجزء الهوائي	الزيوت الأساسية	[146]
			اختبار السمية الخلوية	إيثانول (85%)	اختبار (MTT)	فعال	على الكائن الحي	IC ₅₀ at 5 µg/mL	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية	[147]
			الفعالية المضادة للسرطان	ميثانول (70%)	اختبار السمية	فعال	على الكائن الحي	25, 50, 100 mg/kg	الجزء الهوائي	الفلافانويدات، التربينات، الكينون و الستيريويدات	[148]
			عزل ثلاث مركبات فلافون	مذيبات مختلفة	1D, 2D NMR	/	/	/	الجزء الهوائي	الفلافانول و التربينات	[107]
10.	Polygonaceae	<i>Calligonum comosum L'her.</i>	اختبار مضاد الفطريات	إيثانول	Alternaria spp and rhizopus spp	فعال	مخبريا	3.13 and 12.50 mg ml-1	الأوراق، الساق، الجذور	/	[149]
			الفعالية المضادة للاكسدة	إيثانول، ميثانول	DPPH	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية	[150]

				PPM							
			الفعالية المضادة للاكسدة و الفعالية المضادة للالتهابات	إيثيل أسيتات	DPPH hemolysis test anti-inflammatory test	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية	[151]
			النشاط المسكن	إيثانول، ميثانول	Writhing test	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية	[152]
			الفعالية المضادة للعدوى	إيثانول (70%)	Spheroid sprouting assay	فعال	على الكائن الحي	فعال	الجزء الهوائي	/	[153, 154]
11.	Myrtaceae	<i>Plantago albicans L.</i>	السمية اللوية	ماء	Cytogenetic assay	فعال	مخبريا	فعال	الأوراق، الجذور	/	[155]
			beneficial effects	إيثانول	طريقة الانتشار	فعال	على الكائن الحي	فعال	الأوراق	المركبات الفينولية	[66]
			الفعالية المضادة للفطريات	ماء	اختبارات مضادات الفطريات	فعال	مخبريا	فعال ضد الفطريات	الأوراق	/	[156]
12.	Plumbaginaceae	<i>Limoniastrum guyonianum Dur.</i>	Antimicrobial effects	ماء	طريقتي الانتشار والتخفيف	فعال	مخبريا	فعال	الأوراق، الأزهار، الثمار، الجذور	الزيوت الأساسية	[157]
			Acute Heamatotoxicity	ماء	اختبار انحلال كريات الدم الحمراء	فعال	على الكائن الحي	فعال	الأوراق	/	[158]
			الفعالية المضادة للاكسدة	ميثانول، إيثانول	DPPH ABTS	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية	[159, 160]
13.	Tamaricaceae	<i>Tamarix boveana</i>	الفعالية المضادة للاكسدة	إيثيل أسيتات، ميثانول	DPPH ABTS	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	النرجينين	[161]
			الفعالية المضادة للميكروبات	ماء	طريقتي الانتشار والتخفيف	فعال	مخبريا	فعال	/	المركبات الطيارة	[162]
			الفعالية المضادة للفطريات			غير فعال	مخبريا	غير فعال			

			السمية الخلوية	مذيبات مختلفة	اختبار السمية الخلوية	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	الزيوت الأساسية	[163]
14.	<i>Traganum nudatum Del.</i>		الفعالية المضادة للاكسدة	إيثيل أسيتات	DPPH	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية	[164]
			الفعالية المضادة للميكروبات	ماء	طريقتي الانتشار والتخفيف	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية	[165]
			الفعالية المضادة للطفرا ت	إيثانول	الخلايا للمفاوية	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية	[166]
15.	Chenopodiaceae	<i>Bassia muricata (L.)</i>	الفعالية المضادة للاكسدة	ماء	DPPH ABTS	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	الزيوت الأساسية	[167]
			الفعالية المضادة للاكسدة و المضادة للميكروبات	إيثانول	طريقتي الانتشار والتخفيف	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية	[168]
16.		<i>Atriplex halimus L.</i>	الفعالية المضادة للميكروبات	ماء	طريقتي الانتشار والتخفيف	فعال	مخبريا	13.5 and 14 mm	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية	[169]
			اختبارات داء السكري	ماء	اختبار السمية	فعال	على الكائن الحي	فعال	الأوراق	المركبات الفينولية	[170]
			اختبارات مضادة للبكتيريا	ميثانول	طريقتي الانتشار والتخفيف	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية	[171]
17.	Zygophyllaceae	<i>Zygophyllum album L.</i>	تأثير تثبيط الانزيم (الاميلاز)	ماء	/	/	/	5 mg/mL	الجزء الهوائي	/	[127]
			تأثير تثبيط الانزيم (الاميلاز)	ميثانول	/	/	/	1 mg/mL	الجزء الهوائي	/	
			الفعالية المضادة للاكسدة	ميثانول	DPPH-TAC- OH ^o -RP	فعال	مخبريا	Active	Stem	المركبات الفينولية و الفلافانويدات	[172]
18.		<i>Matricaria pubescens (desf) Schultz.</i>	تأثير تثبيط الانزيم (الاميلاز)	ماء	/	/	/	5 mg/Ml	الجزء الهوائي	/	[127]
			تأثير تثبيط الانزيم (الاميلاز)	ميثانول	/	/	/	1 mg/mL	الجزء الهوائي	/	[173]
			اختبارات مضادة للبكتيريا و اختبار السمية	ثنائي كلوروميثان ,ميثانول و ماء	طريقتي الانتشار والتخفيف	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية و الفلافانويدات	[174]
			تحديد المركبات الكيميائية	ماء	/	/	/	عدد كبير من الاحماض الدهنية	الجزء الهوائي	الزيوت الأساسية	[175]

			النشاط الخافض للضغط	ماء	طريقة الانتشار	فعال	على الكائن الحي	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية	[176]
			الفعالية المضادة للاكسدة	ماء	FRAP	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية	[177]
19.	<i>Launaea resedifolia</i> O. K.		اختبارات مضادة للبكتيريا	/	/	/	/	/	الجزء الهوائي	الزيوت الأساسية	[178]
			الفعالية المضادة للاكسدة	إيثيل أسيتات، ماء	DPPH , RP,	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية و الفلافانويدات	[179]
			اختبارات مضادة للبكتيريا	البيتانول	طريقتي الانتشار والتخفيف	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	الفلافانويدات	[180]
			عزل المركبات الكيميائية	مذيبات مختلفة	1D, 2D NMR	/	/	/	الجزء الهوائي	اربع مركبات جديدة	[181]
			اختبارات مضادة للفيروسات	ميثانول	SINV, Sindbis virus; HSV, Herpes Simplex virus; Polio, polio virus	فعال	مخبريا	6.5mg/ml,	الثمار	المركبات الفينولية و الفلافانويدات	[88]
20.	Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i> L.	عزل مركبات جديدة	مذيبات مختلفة	1D, 2D NMR	/	/	/	الجزء الهوائي	سبع ستيرويدات	[182, 183]
			اختبارات مضادة للعدوى	ماء	اختبار الفعالية المضادة للعدوى	فعال	مخبريا	11.33 to 49.35 mM	الثمار	ستيرويدات	[184]
			الفعالية المضادة للسرطان	إيثانول	إجهاد ضبط النفس البارد ، إندوميثاسين	فعال	مخبريا	فعال	الثمار	/	[185]
			اختبارات مضادات الميكروبات	ميثانول	طريقتي الانتشار والتخفيف	فعال	مخبريا	فعال	الأوراق	/	[185]
21.	Geraniaceae	<i>Erodium glaucophyllum</i> L'Her.	الفعالية المضادة للاكسدة	ميثانول/ ماء (20:80)	DPPH (FRAP) ABTS* طريقتي الانتشار والتخفيف	فعال	مخبريا	فعال	الأوراق، الأزهار	مختلف المركبات الكيميائية	[116]
22.	Capparidaceae	<i>Cleome arabica</i> L.	تأثير مضاد هيبوكسترون الدم	ماء	طريقة الانتشار	فعال	على الكائن الحي	فعال	الأوراق، السيقان	مختلف المركبات الكيميائية	[186]
			اختبارات السمية	ميثانول، ماء	/	فعال	مخبريا	فعال	الثمار، الجذور	مختلف المركبات الكيميائية	[119]
			عزل المركبات الكيميائية	مذيبات مختلفة	1D, 2D NMR	/	/	/	الثمار	(12) تربينات (1) ، اللقنين (3) الفلافون	[187]
			الفعالية المضادة للاكسدة	ميثانول	DPPH*	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية و الفلافانويدات	[187]
			اختبارات مضادات الميكروبات	ماء	طريقتي الانتشار والتخفيف	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية و الفلافانويدات	[187]
23.	Rosaceae	<i>Neurada procumbens</i> L.	الفعالية المضادة للاكسدة	ميثانول و بيتانول	(DPPH, ABTS), reducing power assay (FRAP, CUPRAC) ,	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية و الفلافانويدات	[78]

					phosphomolybdenum						
		الفعالية المضادة للاكسدة	ميتانول/ ماء (20:80)	اختبارات العالية المضادة للاكسدة	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	المركبات الفينولية و الفلافانويدات	[122]	
		اختبارات السمية اللوية		MTT assay							
		اختبارات مضادات الفطريات	مذيبات مختلفة	اختبار الفعالية المضادة للفطريات	فعال	مخبريا	فعال	الجزء الهوائي	/	[188]	

المراجع:

1. Bye, R. A., Medicinal plants of the Sierra Madre: comparative study of Tarahumara and Mexican market plants. *Economic Botany* (1986), 40(1), 103-124.
2. Ogol, C. K. P. O., Ogola, P., Odede, W., & Khayota, B., Indigenous knowledge of medicinal and utilitarian plants of Mfangano Island, Lake Victoria, Kenya. *East African Journal of Science* (2002), 4(1), 11-28.
3. Agisho, H., Osie, M., & Lambore, T., Traditional medicinal plants utilization, management and threats in Hadiya Zone, Ethiopia. (2014), 2(2), 94-108.
4. Kaushal, M., Climatic resilient agriculture for root, tuber, and banana crops using plant growth-promoting microbes. *Climate Change and Agricultural Ecosystems* (2019), 307-329.
5. Bouaziz, M., Dhouib, A., Loukil, S., Boukhris, M., & Sayadi, S., Polyphenols content, antioxidant and antimicrobial activities of extracts of some wild plants collected from the south of Tunisia. *African journal of biotechnology* (2009), 8(24), 7017-7027.
6. Pradesh A, S. R. I., Mani NS, Sujatha B, Polumahanthi S., Ethnobotanical investigation of underground Plant Parts of Kotia Hills of Vizianagaram District. *Journal of Medicinal Plants Studies* (2015), 3(2), 140-142.
7. WHO Fact sheet N°134. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/2003/fs134/en/>
8. Gurib-Fakim, A., Medicinal plants: traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Molecular aspects of Medicine* (2006), 27, 1-93.
9. Mahomoodally, M., Chintamunnee, V, Herbal medicine commonly used against infectious diseases in the tropical island of Mauritius. *Journal of Herbal Medicine* (2012), 2, 113-125.
10. Kunle, O. F.; Egharevba, H. O.; Ahmadu, P. O., Standardization of herbal medicines-A review. *International Journal of Biodiversity and Conservation* (2012), 4, 101-112.
11. Nunkoo, D. H.; Mahomoodally, M. F., Ethnopharmacological survey of native remedies commonly used against infectious diseases in the tropical island of Mauritius. *Journal of ethnopharmacology* (2012), 143, 548-564.
12. Suroowan, S.; Mahomoodally, F., Complementary and alternative medicine use among Mauritian women. *Complementary Therapies in Clinical Practice* (2013), 19, 36-43.
13. Al-Jaber, N. A.; Awaad, A. S.; Moses, J. E., Review on some antioxidant plants growing in Arab world. *Journal of Saudi Chemical Society* (2011), 15, 293-307.
14. Pascu, M.; Pascu, D.-E.; Trăistaru, G. A.; Nechifor, A. C.; Bunaciu, A. A.; Aboul-Enein, H. Y., Different spectrophotometric methods for antioxidant activity assay of four Romanian herbs. *Journal of the Iranian Chemical Society* (2014), 11, 315-321.
15. Wagner, H., Fransworth, N.R., *Economic and Medicinal Plant Research*. London, (1994).
16. Marzouk, M. S.; Moharram, F. A.; Mohamed, M. A.; Gamal-Eldeen, A. M.; Aboutabl, E. A., Anticancer and antioxidant tannins from *Pimenta dioica* leaves. *Zeitschrift für Naturforschung C* (2007), 62, 526-536.

17. Ning, W.; Peng, X.; Ma, L.; Cui, L.; Lu, X.; Wang, J.; Tian, J.; Li, X.; Wang, W.; Zhang, L., Enhanced secondary metabolites production and antioxidant activity in postharvest *Lonicera japonica* Thunb. in response to UV radiation. *Innovative food science & emerging technologies* (2012), 13, 231-243.
18. Rai, N.; Agrawal, R.; Khan, A., Chemopreventive potential of *Centella asiatica* on B6F10 melanoma cell lines in experimental mice. *Pharmacologyonline* (2011), 1, 748-758.
19. Selaimia, A. Contribution à l'étude phytochimique de plantes médicinales appartenant à la famille des Fabaceae. Mohamed-Cherif Messaadia University-Souk Ahras, 2020.
20. Telli, A.; Esnault, M.-A.; Khelil, A. O. E. H., An ethnopharmacological survey of plants used in traditional diabetes treatment in south-eastern Algeria (Ouargla province). *Journal of arid environments* (2016), 127, 82-92.
21. Mahboub, N.; Slimani, N.; Hechifa, D.; Merad, K.; Khelil, A., Study of the effect of drying methods on biochemical determination of some spontaneous plants character medicinales in the Northen Algerian Sahara. *Advances in Environmental Biology* (2016), 10, 131-140.
22. Bellakhdar, J., *La Pharmacopée Marocaine Traditionnelle*. (1997).
23. El-Sebakhy, L. V. a. N. A., *Studies in natural products chemistry: Bioactive natural products*. Elsevier, Amsterdam. ed.; (2001); Vol. Vol. 25, (Part F).
24. Yalçın, F. N.; Piacente, S.; Perrone, A.; Capasso, A.; Duman, H.; Çalış, İ., Cycloartane glycosides from *Astragalus stereocalyx* Bornm. *Phytochemistry* (2012), 73, 119-126.
25. Pistelli, L.; Giachi, I.; Lepori, E.; Bertoli, A., Further saponins and flavonoids from *Astragalus verrucosus* Moris. *Pharmaceutical biology* (2003), 41, 568-572.
26. Li-Xian, C.; Xlao-Bing, H.; Yu-Qun, C., The structures of thirteen astrasieversianins from *Astragalus sieversianus*. *Phytochemistry* 1986, 25, 2389-2393.
27. Avunduk, S.; Mitaine-Offer, A.-C.; Alankuş-Çalışkan, Ö.; Miyamoto, T.; Senol, S. G.; Lacaille-Dubois, M.-A., Triterpene glycosides from the roots of *Astragalus flavescens*. *Journal of Natural products* 2008, 71, 141-145.
28. Semmar, N.; Jay, M.; Farman, M.; Chemli, R., Chemotaxonomic analysis of *Astragalus caprinus* (Fabaceae) based on the flavonic patterns. *Biochemical systematics and ecology* 2005, 33, 187-200.
29. Guzhva, N., Flavonoids and hydroxycinnamic acids from *Astragalus asper*. *Chemistry of natural compounds* 2010, 46, 303-304.
30. Y., H., *Atlas floristique de la region de Souf : Les plantes sahariennes connues dans le grand Erg-Oriental. Oued Souf, Algeria*. El-Walid editions ed.; (2007).
31. Guettaf, S., Abidli, N., Kariche, S., Bellebcir, L., & Bouriche, H., Phytochemical screening and antioxidant activity of aqueous extract of *Genista Saharæ*. *Der Pharmacia Lettre* (2016), 8, 50-60.
32. Meriane, D., Genta-Jouve, G., Kaabeche, M., Michel, S., & Boutefnouchet, S., Rapid identification of antioxidant compounds of *Genista saharæ* Coss. & Dur. by combination of DPPH scavenging assay and HPTLC-MS. *Molecules* (2014), 19(4), 4369-4379.
33. Bouchouka, E., Djilani, A., & Bekkouche, A., Antibacterial and antioxidant activities of three endemic plants from Algerian Sahara. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* (2012), 11(1), 61-65.

34. Kherraze MH, L. K., Kherfi Y, Benzaoui T, Berroussi S, Bouhanna M *Atlas floristique de la vallée de l'Oued Righ par écosystème.Touggourt, Algérie* Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides ed.; (2014).
35. Cheng, S.-S.; Huang, C.-G.; Chen, Y.-J.; Yu, J.-J.; Chen, W.-J.; Chang, S.-T., Chemical compositions and larvicidal activities of leaf essential oils from two eucalyptus species. *Bioresource technology* **2009**, *100*, 452-456.
36. Kostić, M.; Popović, Z.; Brkić, D.; Milanović, S.; Sivčev, I.; Stanković, S., Larvicidal and antifeedant activity of some plant-derived compounds to *Lymantria dispar* L.(Lepidoptera: Limantriidae). *Bioresource Technology* **2008**, *99*, 7897-7901.
37. Jassbi, A. R., Chemistry and biological activity of secondary metabolites in *Euphorbia* from Iran. *Phytochemistry* **2006**, *67*, 1977-1984.
38. Hernández, T.; Canales, M.; Avila, J.; Duran, A.; Caballero, J.; De Vivar, A. R.; Lira, R., Ethnobotany and antibacterial activity of some plants used in traditional medicine of Zapotitlán de las Salinas, Puebla (México). *Journal of ethnopharmacology* **2003**, *88*, 181-188.
39. Manga, H. M.; Brkic, D.; Marie, D.; Quetin-Leclercq, J., In vivo anti-inflammatory activity of *Alchornea cordifolia* (Schumach. & Thonn.) Müll. Arg.(Euphorbiaceae). *Journal of ethnopharmacology* **2004**, *92*, 209-214.
40. Kour, A., Plants exhibiting potential for cancer treatment. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res* **2014**, *27*, 23-53.
41. Dehliz A, A. F., Mlik R, Hammi H, Doumandji- Mitiche B, Gheriani S, Berrekbia M, Guermit K, Chergui S, Ethnobotanical study of some plants used in traditional medicine in the region of Oued Righ (Algerian Sahara). *J Med Plants Stud* (**2016**), *4(2)*, 204–211.
42. Smara O. Etude ethnobotanique et chimique d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. et Reut. univ. Annaba (Algérie), (2014).
43. Haba, H.; Lavaud, C.; Harkat, H.; Magid, A. A.; Marcourt, L.; Benkhaled, M., Diterpenoids and triterpenoids from *Euphorbia guyoniana*. *Phytochemistry* **2007**, *68*, 1255-1260.
44. Boudiar, T.; Hichem, L.; Khalfallah, A.; Kabouche, A.; Kabouche, Z.; Brouard, I.; Bermejo, J.; Bruneau, C., A new alkaloid and flavonoids from the aerial parts of *Euphorbia guyoniana*. *Natural product communications* **2010**, *5*, 1934578X1000500109.
45. Chehma, A., *Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien*. Éditions universitaires européennes: **2019**.
46. Ould El hadj MD, H.-M. M., Zabeirou H., Place of the spontaneous plants samples in the traditional pharmacopoeia of the area of Ouargla (Septentrional east Sahara). *Courrier du Savoir* (**2003**), *3*, 47-51.
47. Hadjadj, K., Daoudi, B. B., & Guerine, L., Importance thérapeutique de la plante *ephedra alata* subsp. *Alenda* dans la médecine traditionnelle pour la population de la région de Guettara (Djelfa, Algérie). *Lejeunia, Revue de Botanique*.2020).
48. Kubitzki, K.; Bayer, C., Flowering Plants. Dicotyledons: Malvales, Capparales, and Non-betalain Caryophyllales. The Families and Genera of Vascular Plants, vol. 5. In Springer-Verlag, Berlin: (2003).
48. Perveen, A.; Qaiser, M., Pollen flora of Pakistan XIV: Cistaceae. *Pakistan Journal of Botany* (**1998**), *30*, 3-6.
50. Sambamurty, A., *Taxonomy of angiosperms*. IK International Pvt Ltd: (2010).

51. Mandaville, J. P., *Flora of Eastern Saudi Arabia*. Routledge: (2013).
52. Zaitoun¹, S. T.; Vorwohl, G., Major pollen plant species in relation to honeybees' activity in the Jordanian desert area. (2003).
53. Hamza, A.; Gtari, M.; Mohamed, N., Micropropagation of *Helianthemum lippii* L. var *Sessiliflorum* (Cistaceae) an important pastoral plant of North African arid areas. *African Journal of Biotechnology* (2013), 12, 6468-6473.
54. Alsabri, S. G.; Zetrini, A.; Fitouri, S.; Hermann, A., Screening of analgesic and anti-inflammatory activities for two Libyan medicinal plants: *Helianthemum lippii* and *Launaea residifolia*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* (2012), 4, 4201-4205.
55. Alsabri, S. G.; Rmeli, N. B.; Zetrini, A. A.; Mohamed, S. B.; Meshri, M. I.; Aburas, K. M.; Bensaber, S. M.; Mrema, I. A.; Mosbah, A. A.; Allahresh, K. A., Phytochemical, anti-oxidant, anti-microbial, anti-inflammatory and anti-ulcer properties of *Helianthemum lippii*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* (2013), 2, 86-96.
56. Chouikh A, A. E., Adaika A, Chefrou A., Screening chimique d'une plante pastorale Saharienne *Heliathemum lippii* (famille Cistaceae) dans différents phases de la croissance (végétative; floraison; fructification) à Sahara d'Oued Souf (Est-sud Algérie). *ScienceLib* (2014), 6 (11), 1-12.
57. Gupta, M.; Palit, T.; Singh, N.; Bhargava, K., Pharmacological studies to isolate the active constituents from *Cyperus rotundus* possessing anti-inflammatory, anti-pyretic and analgesic activities. *The Indian journal of medical research* (1971), 59, 76-82.
58. Sharif Ali, S.; Kasoju, N.; Luthra, A.; Singh, A.; Sharanabasava, H.; Sahu, A.; Bora, U., Indian medicinal herbs as source of antioxidants. *Food Res Int* (2008), 41, 1-15.
59. Jirovetz, L.; Wobus, A.; Buchbauer, G.; Shafi, M.; Thampi, P., Comparative analysis of the essential oil and SPME-headspace aroma compounds of *Cyperus rotundus* L. roots/tubers from South-India using GC, GC-MS and olfactometry. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* (2004), 7, 100-106.
60. Kilani, S.; Abdelwahed, A.; Ammar, R. B.; Hayder, N.; Ghedira, K.; Chraief, I.; Hammami, M.; Chekir-Ghedira, L., Chemical composition, antibacterial and antimutagenic activities of essential oil from (Tunisian) *Cyperus rotundus*. *Journal of Essential Oil Research* (2005), 17, 695-700.
61. Boulos, L., Medicinal plants of North Africa. *Medicinal plants of North Africa*. (1983).
62. Alkhalifah, D., In-vitro antibacterial activity of ethanol extract of *Calligonum comosum* plant against four human pathogens in Saudi Arabia. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences* (2013), 3, 170-175.
63. Ozturk, Y. In *Hepatoprotective (antihepatotoxic) plants in Turkey*, Proceedings of the 9th Symposium on Plant Drugs, Eskisehir, Turkey, May, 1991, (1991); (1991); pp 16-19.
64. Türel, I.; Özbek, H.; Erten, R.; Öner, A. C.; Cengiz, N.; Yilmaz, O., Hepatoprotective and anti-inflammatory activities of *Plantago major* L. *Indian journal of pharmacology* (2009), 41, 120.
65. Núñez Guillén, M. E.; da Silva Emim, J. A.; Souccar, C.; Lapa, A. J., Analgesic and anti-inflammatory activities of the aqueous extract of *Plantago major* L. *International Journal of Pharmacognosy* (1997), 35, 99-104.

66. Samout, N.; Ettaya, A.; Bouzenna, H.; Ncib, S.; Elfeki, A.; Hfaiedh, N., Beneficial effects of *Plantago albicans* on high-fat diet-induced obesity in rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy* (2016), 84, 1768-1775.
67. Janković, T.; Zdunić, G.; Beara, I.; Balog, K.; Pljevljakušić, D.; Stešević, D.; Šavikin, K., Comparative study of some polyphenols in *Plantago* species. *Biochemical Systematics and Ecology* (2012), 42, 69-74.
68. Hadjadj, S.; Bayoussef, Z.; El Hadj-Khelil, A. O.; Beggat, H.; Bouhafis, Z.; Boukaka, Y.; Khaldi, I. A.; Mimouni, S.; Sayah, F.; Tey, M., Ethnobotanical study and phytochemical screening of six medicinal plants used in traditional medicine in the Northeastern Sahara of Algeria (area of Ouargla). *Journal of medicinal plants research* (2015), 9, 1049-1059.
69. Chemsia, A. E.; Derdouri, S.; Labbi, Z.; Acila, S.; Amara, D. G.; Chouikh, A.; Kherraz, K.; Allali, A.; Zellagui, A., Total phenolic and total flavonoid contents of different solvent extracts of *Bassia muricata* (L.) Asch. and evaluation of antibacterial and antioxidant activities. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* (2016), 8, 1317-1321.
70. El-Sayed, M., MOLLUSCICIDAL SAPONINS FROM *BASSIA MURICATA* (L.) MURR. *Zagazig Journal of Pharmaceutical Sciences* (1993), 2, 92-102.
71. El-Sayed, N.; Mogahed, M.; Haron, A.; Mabry, T., Flavonoids and other constituents from *Bassia muricata* and their insecticidal activities. *Revista Latinoamericana de Química* (1998), 26, 81-85.
72. Adouane, S. Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région méridionale des Aurès. Université Mohamed Khider-Biskra, (2016).
73. Mnafgui, K.; Hamden, K.; Ben Salah, H.; Kchaou, M.; Nasri, M.; Slama, S.; Derbali, F.; Allouche, N.; Elfeki, A., Inhibitory activities of *Zygophyllum album*: A natural weight-lowering plant on key enzymes in high-fat diet-fed rats. *Evidence-based complementary and alternative medicine* (2012), 2012.
74. Lavie, C. J.; Milani, R. V.; Ventura, H. O., Obesity and cardiovascular disease: risk factor, paradox, and impact of weight loss. *Journal of the American college of cardiology* (2009), 53, 1925-1932.
75. Al-Shehbaz, I. A., The tribes of Cruciferae (Brassicaceae) in the southeastern United States. *Journal of the Arnold Arboretum* (1984), 65, 343-373.
76. Salahuddin Md, H. R. H., Biplob A, Shariful Islam Md, Khaja Foyasal Md, Zani Tanvir R, Medicinal plants used by a Traditional Ayurvedic Practitioner at Asadnagar Village in Narsingdi District, Bangladesh. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* (2015), 4(2), 269-275.
77. Tackholm, V.; Boulos, L., Students' flora of Egypt. (1974).
78. Khurshid, U.; Ahmad, S.; Saleem, H.; Nawaz, H. A.; Zengin, G.; Locatelli, M.; Mahomoodally, M. F.; Abidin, S. A. Z.; Tousif, M. I.; Ahemad, N., Phytochemical composition and in vitro pharmacological investigations of *Neurada procumbens* L.(Neuradaceae): A multidirectional approach for industrial products. *Industrial Crops and Products* (2019), 142, 111861.
79. Xu, Q.-M.; Liu, Y.-L.; Li, X.-R.; Li, X.; Yang, S.-L., Three new fatty acids from the roots of *Boehmeria nivea* (L.) Gaudich and their antifungal activities. *Natural Product Research* (2011), 25, 640-647.
80. Thabet, A. A.; Youssef, F. S.; El-Shazly, M.; El-Beshbishy, H. A.; Singab, A. N. B., Validation of the antihyperglycaemic and hepatoprotective activity of the flavonoid rich

fraction of *Brachychiton rupestris* using in vivo experimental models and molecular modelling. *Food and Chemical Toxicology* (2018), 114, 302-310.

81. Cai, Y.; Luo, Q.; Sun, M.; Corke, H., Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life sciences* (2004), 74, 2157-2184.

82. Górnjak, I.; Bartoszewski, R.; Króliczewski, J., Comprehensive review of antimicrobial activities of plant flavonoids. *Phytochemistry Reviews* (2019), 18, 241-272.

83. Sharif, H.; Akash, M. S. H.; Rehman, K.; Irshad, K.; Imran, I., Pathophysiology of atherosclerosis: Association of risk factors and treatment strategies using plant-based bioactive compounds. *Journal of Food Biochemistry* (2020), 44, e13449.

84. Han, X.; Shen, T.; Lou, H., Dietary polyphenols and their biological significance. *International journal of molecular sciences* (2007), 8, 950-988.

85. Kmiecik, D.; Korczak, J.; Rudzińska, M.; Gramza-Michałowska, A.; Heś, M.; Kobus-Cisowska, J., Stabilisation of phytosterols by natural and synthetic antioxidants in high temperature conditions. *Food chemistry* (2015), 173, 966-971.

86. Kopylov, A. T.; Malsagova, K. A.; Stepanov, A. A.; Kaysheva, A. L., Diversity of Plant Sterols Metabolism: The Impact on Human Health, Sport, and Accumulation of Contaminating Sterols. *Nutrients* (2021), 13, 1623.

87. Jones, P. J.; Shamloo, M.; MacKay, D. S.; Rideout, T. C.; Myrie, S. B.; Plat, J.; Rouillet, J.-B.; Baer, D. J.; Calkins, K. L.; Davis, H. R., Progress and perspectives in plant sterol and plant stanol research. *Nutrition reviews* (2018), 76, 725-746.

88. Mouhajir, F.; Hudson, J.; Rejdali, M.; Towers, G., Multiple antiviral activities of endemic medicinal plants used by Berber peoples of Morocco. *Pharmaceutical biology* (2001), 39, 364-374.

89. Rebbas, K.; Bounar, R.; Gharzouli, R.; Ramdani, M.; Djellouli, Y.; Alatou, D., Plantes d'intérêt médicinale et écologique dans la région d'Ouanougha (M'sila, Algérie). *Phytothérapie* (2012), 10, 131-142.

90. Yaniv Z, D. N., *Medicinal and aromatic plants of the middle-east*. (2014); Vol. vol 2.

91. Hehmeyer, I.; Schönig, H., *Herbal medicine in Yemen: traditional knowledge and practice, and their value for today's world*. Brill: (2012).

92. Boudjelal, A.; Henchiri, C.; Sari, M.; Sarri, D.; Hendel, N.; Benkhalel, A.; Ruberto, G., Herbalists and wild medicinal plants in M'Sila (North Algeria): An ethnopharmacology survey. *Journal of ethnopharmacology* (2013), 148, 395-402.

93. Mahasneh, A. M., Screening of some indigenous Qatari medicinal plants for antimicrobial activity. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives* (2002), 16, 751-753.

94. Quezel, P.; Santa, S.; Schotter, O., Nouvelle flore de l'Algerie et des regions desertiques meridionales-v. 1-2. 1962.

95. Ozenda, P., Flore du Sahara. 3ème édition, complétée. *CNRS, Paris* 1991, 662.

96. Teyeb, H.; Zouari, S.; Douki, W.; Najjar, M. F.; Neffati, M., Phytochemical investigation of *Astragalus gombiformis* Pomel (Fabaceae). *Analytical Chemistry Letters* (2011), 1, 246-253.

97. Teyeb, H.; Zouari, S.; Douki, W.; Najjar, M. F.; Neffati, M., Variation in volatiles of *Astragalus gombiformis* Pomel. *Zeitschrift für Naturforschung C* (2011), 66, 1-6.
98. Teyeb, H.; Zouari, S.; Douki, W.; Najjar, M.; Neffati, M. In *Essential oils of leaves, flowers and fruits of Astragalus gombiformis* Pomel (Fabaceae), International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants-SIPAM2009 853, (2009); (2009); pp 263-268.
99. Montoro, P.; Teyeb, H.; Masullo, M.; Mari, A.; Douki, W.; Piacente, S., LC-ESI-MS quali-quantitative determination of phenolic constituents in different parts of wild and cultivated *Astragalus gombiformis*. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis* (2013), 72, 89-98.
100. Kúsz, N.; Orvos, P.; Csorba, A.; Tálosi, L.; Chaieb, M.; Hohmann, J.; Rédei, D., Jatrophone diterpenes from *Euphorbia guyoniana* are new potent inhibitors of atrial GIRK channels. *Tetrahedron* (2016), 72, 5724-5728.
101. Boudiar, T.; Hichem, L.; Khalfallah, A.; Kabouche, A.; Kabouche, Z.; Brouard, I.; Bermejo, J.; Bruneau, C., A new alkaloid and flavonoids from the aerial parts of *Euphorbia guyoniana*. *Natural product communications* (2010), 5, 1934578X1000500109.
102. Haba, H.; Lavaud, C.; Harkat, H.; Magid, A. A.; Marcourt, L.; Benkhaled, M., Diterpenoids and triterpenoids from *Euphorbia guyoniana*. *Phytochemistry* (2007), 68, 1255-1260.
103. Haba, H.; Marcourt, L.; Benkhaled, M.; Long, C., Minor ent-abietane diterpenoids from *Euphorbia guyoniana*. *Natural product communications* (2013), 8, 1934578X1300801105.
104. Elhadef, K.; Smaoui, S.; Hlima, H. B.; Ennouri, K.; Fourati, M.; Mtibaa, A. C.; Sellem, I.; Mellouli, L., Chemometric multivariate analyses of phenolics and biological activities for characterization and discrimination of Tunisian *Ephedra alata*. *European Food Research and Technology* (2020), 246, 1495-1513.
105. Atef, C.; Anouar, F.; El-Hadda, A.; Azzedine, C., Phytochemicals study, antioxidant and antimicrobial activities of *Helianthemum lippii* (L.) pers. in different stages of growth (somatic, flowering and fruiting). *World J Pharm Pharm Sci* (2015), 4, 338-49.
106. Djemam, N.; Lassed, S.; Gül, F.; Altun, M.; Monteiro, M.; Menezes-Pinto, D.; Benayache, S.; Benayache, F.; Zama, D.; Demirtas, I., Characterization of ethyl acetate and n-butanol extracts of *Cymbopogon schoenanthus* and *Helianthemum lippii* and their effect on the smooth muscle of the rat distal colon. *Journal of ethnopharmacology* (2020), 252, 112613.
107. Abdel-Razik, A. F.; Nassar, M. I.; El-Khrisy, E.-D. A.; Dawidar, A.-A. M.; Mabry, T. J., New prenylflavans from *Cyperus conglomeratus*. *Fitoterapia* (2005), 76, 762-764.
108. Al-Abraham, J. S.; Mohammed, A. E.; Elobeid, M. M., Assessment of in-vitro anti-fungal potential of ethanolic extract of *Calligonum comosum* against two fungal postharvest pathogens of fruits and vegetables in Saudi Arabia. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical* (2013).
109. Bannour, M.; Fellah, B.; Rocchetti, G.; Ashi-Smiti, S.; Lachenmeier, D. W.; Lucini, L.; Khadhri, A., Phenolic profiling and antioxidant capacity of *Calligonum azel* Maire, a Tunisian desert plant. *Food Research International* (2017), 101, 148-154.
110. Miara, M.; Hammou, M. A.; Aoul, S. H., Phytothérapie et taxonomie des plantes médicinales spontanées dans la région de Tiaret (Algérie). *Phytothérapie* (2013), 11, 206-218.
111. Ozenda, P., Flore du Sahara. 3ème édition, complétée. CNRS, Paris 1991, 662.

112. Azzi, A. Contribution a l'étude de plantes medicinales utilisees dans le traitement traditionnel du diabete sucre dans l'Ouest Algerien: enquete ethnopharmacologique ; Analyse pharmaco-toxicologique de Figuier (*Ficus carcia*) et de coloquinte (*Citrillus colocynthis*) chez le rat Wistar. Universite Abou Bekr Belkaid- Telemcen, (2013).
113. Mohammedi, Z., Resistance, pharmacology properties and nutritional value of a shrub from arid environments *Atriplex halimus*. *Res J Med Plant* (2016), 10, 10-8.
114. Adouane, S. Etude ethnobotanique des plantes medicinales dans la region meridionale des Aures. Universite Mohamed Khider- Biskra, faculte des Sciences, (2015).
115. Chehma, A.; Djebbar, M. R., Les espèces médicinales spontanées du Sahara septentrional algérien: distribution spatio-temporelle et étude ethnobotanique. *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie* (2008), 17, 36-45.
116. Bakari, S.; Hajlaoui, H.; Daoud, A.; Mighri, H.; ROSS-GARCIA, J. M.; Gharsallah, N.; Kadri, A., Phytochemicals, antioxidant and antimicrobial potentials and LC-MS analysis of hydroalcoholic extracts of leaves and flowers of *Erodium glaucophyllum* collected from Tunisian Sahara. *Food Science and Technology* (2018), 38, 310-317.
117. Gohar, A. A.; Lahloub, M. F.; Niwa, M., Antibacterial polyphenol from *Erodium glaucophyllum*. *Zeitschrift für Naturforschung C* (2003), 58, 670-674.
118. Selloum, L.; Bouriche, H.; Sebihi, L.; Boudoukha, C.; Tigrine, C.; Djellili, H.; Zaïdi, F., Inhibition of Neutrophil Pholasin Chemiluminescence by *Cleome arabica* Leaf Extract. *Pharmaceutical biology* (2004), 42, 534-541.
119. Ladhari, A.; Tufano, I.; DellaGreca, M., Influence of new effective allelochemicals on the distribution of *Cleome arabica* L. community in nature. *Natural product research* (2020), 34, 773-781.
120. Rasul, A.; Al-Shawi, A. A.; Malik, S. A.; Anwar, H.; Rasool, B.; Razzaq, A.; Aziz, N.; Kashif, S.; Kamran, S.; Sarfraz, I., *Neurada procumbens* promotes functions regain in a mouse model of mechanically induced sciatic nerve injury. *Pak J Pharm Sci* (2019), 32, 1761-6.
121. Hayat, M. M.; Uzair, M., GC-MS analysis and pharmacological potentials of *Neurada procumbens*. *Biomedical Research* (2020), 31, 1-9.
122. Chelalba, I.; Benchikha, N.; Begaa, S.; Messaoudi, M.; Debbeche, H.; Rebiai, A.; Youssef, F. S., Phytochemical composition and biological activity of *Neurada procumbens* L. growing in southern Algeria. *Journal of Food Processing and Preservation* (2020), 44, e14774.
123. Chen, H.; Islam, M.; Radhakrishnan, R.; Wahab, S.; Naji, M., Influence of aqueous extract from *Neurada procumbens* L. on blood pressure of rats. *Journal of ethnopharmacology* (2004), 90, 191-194.
124. Djeddi, S.; Karioti, A.; Yannakopoulou, E.; Papadopoulos, K.; Chatter, R.; Skaltsa, H., Analgesic and antioxidant activities of Algerian *Retama raetam* (Forssk.) Webb & Berthel extracts. *Records of Natural Products* (2013), 7, 169.
125. selaimia abdelmadjide, a. m., chouikh atef , zga nadia , besbes néji, phytochemical study, antioxidant and antimicrobial activities of flavonoids and diethyl ether extracts from leaves and seeds of medicinal plant of algeria flora: *retama monosperma* (L.) boiss. *international journal of sciences and research* (2020), 76, 1-4.
126. Bouredja, N.; Bouredja, M.; Mehdadi, Z., Study of the impact of the anthropological actions and the climate on the degradation of *Retama monosperma* (L.). Boiss growing in

natural conditions in the Algerian western coast. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)* (2015), 6, 236-245.

127. Khacheba, I.; Djeridane, A.; Yousfi, M., Twenty traditional Algerian plants used in diabetes therapy as strong inhibitors of α -amylase activity. *International Journal of Carbohydrate Chemistry* (2014), 2014.

128. Lograda, T.; Chaker, A.; Chalard, P.; Ramdani, M.; Chalchat, J.; Silini, H.; Figueredo, G., Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *Genista numidica* Spach. and *G. saharae* Coss et Dur. *Asian Journal of Plant Sciences* 2009, 8, 495-499.

129. Chouikh, A.; Alia, F.; Neffar, S.; Rebiai, A.; Adjal, E. H.; Chefrour, A., Evaluation of phenolic contents (quantitative and qualitative) and antioxidant activities in different physiological phases of *genista saharae* coss. & dur. growing in the sahara of algeria. *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula Biologie* (2018), 25.

130. Barek, S.; Rahmoun, N. M.; Aissaoui, M.; El Hacı, I. A.; Bensouici, C.; Choukchou-Braham, E. N., Phenolic contents, antioxidant, and antibacterial activities of the Algerian *Genista saharae* solvent extracts. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants* (2020), 26, 1-13.

131. Mekkiou, R.; Touahar, H.; Dijoux-Franca, M.-G.; Mariotte, A.-M.; Benayache, S.; Benayache, F., A new isoflavone from *Genista saharae* (Fabaceae). *Biochemical systematics and ecology* (2005), 635-638.

132. Lekmine, S.; Boussekine, S.; Kadi, K.; Martín-García, A. I.; Kheddouma, A.; Nagaz, K.; Bensouici, C., A comparative study on chemical profile and biological activities of aerial parts (stems, flowers, leaves, pods and seeds) of *Astragalus gombiformis*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* (2020), 27, 101668.

133. Maamria, L.; Long, C.; Haba, H.; Lavaud, C.; Cannac, A.; Benkhaled, M., Cycloartane glycosides from *Astragalus gombo*. *Phytochemistry Letters* (2015), 11, 286-291.

134. Teyeb, H.; Mabrouk, H.; Neffati, M.; Douki, W.; Najjar, M. F., Anticholinesterase activity of *Astragalus gombiformis* extracts. *Journal of Biologically Active Products from Nature* (2011), 1, 344-348.

135. Kemassi Abdellah , B. N., BOUAL Zakaria , MESBAHI Zakaria ,GHENABZIA ,Mouna , KAFI Mounira , BENBRAHIM Fouzi , HADJSEYD Aek , GHARIB Toufik , OULD EL HADJ-KHELIL Aminata et OULD ELHADJ Mohamed Didi Étude de la toxicité des extraits foliaires d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. et Reut. (Euphorbiaceae) chez *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididea). *PhytoChem & BioSub Journal* (2013), 7(1).

136. Kemassi, A.; Herouini, A.; Hadj, S.; Cherif, R.; Elhadj, M. O., Effet insecticide des extraits aqueux d'*Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae) récoltée dans Oued Sebseb (Sahara Algerien) sur le *Tribolium castaneum*. *Lebanese Science Journal* (2019), 20, 55-70.

137. Ahmed A. Ahmed , N. G., Ashraf A. El-Bassuony , Salah Rhouati , Mahmoud H. Gad , Shinji Ohtad and Toshifumi Hirata, Guyonianin A and B, Two Polyester Diterpenes from Algerian *Euphorbia guyoniana*. *Natural Product Communications* (2006), 1 (4).

138. Dehliz, A.; Lakhdari, W.; Acheuk, F.; Aoudjit, R.; Benlamoudi, W.; Mlik, R.; Hammi, H.; Chergui, S.; Guermit, K.; Matallah, S., *Euphorbia guyoniana* aqueous extract efficiency against tomato leaf miner in southern East Algeria. *Organic Agriculture* (2018), 8, 349-354.

139. Ziani, B. E.; Heleno, S. A.; Bachari, K.; Dias, M. I.; Alves, M. J.; Barros, L.; Ferreira, I. C., Phenolic compounds characterization by LC-DAD-ESI/MSn and bioactive properties of

Thymus algeriensis Boiss. & Reut. and Ephedra alata Decne. *Food Research International* (2019), 116, 312-319.

140. Ni, J.; Mahdavi, B.; Ghezi, S., Chemical composition, antimicrobial, hemolytic, and antiproliferative activity of essential oils from Ephedra intermedia Schrenk & Mey. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* (2019), 22, 1562-1570.

141. Chouikh, A., Phytochemical profile, antioxidant, analgesic and hypolipidaemic effects of ephedra alata decne. female cones extract. *Farmacologia* (2020), 68, 1011-1020.

142. Mighri, H.; Bennour, N.; Eljeni, H.; Neffati, M.; Akrou, A., Chromatography analysis of fatty acids, volatile compounds and alkaloids of Ephedra alata growing wild in Southern Tunisia and Evaluation of their Antioxidant Activity. *International journal of pharmacognosy and phytochemical research* (2017), 9, 1249-1259.

143. Jerbi, A.; Zehri, S.; Abdnnabi, R.; Gharsallah, N.; Kammoun, M., Essential oil composition, free-radical-scavenging and antibacterial effect from stems of Ephedra alata alenda in Tunisia. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* (2016), 19, 1503-1509.

144. Belyagoubi-Benhammou, N.; Belyagoubi, L.; Bekkara, F. A., Phenolic contents and antioxidant activities in vitro of some selected Algerian plants. *Journal of Medicinal Plants Research* (2014), 8, 1198-1207.

145. Feizbakhsh, A.; Naeemy, A., Chemical composition of the essential oil of Cyperus conglomeratus Rottb. From Iran. *E-Journal of Chemistry* 2011, 8, S293-S296.

146. Al-Hazmi, G. H.; Awaad, A. S.; Alothman, M. R.; Alqasoumi, S. I., Anticandidal activity of the extract and compounds isolated from Cyperus conglomeratus Rottb. *Saudi Pharmaceutical Journal* (2018), 26, 891-895.

147. Hisham, A.; Rameshkumar, K. B.; Sherwani, N.; Al-Saidi, S.; Al-Kindy, S., The composition and antimicrobial activities of Cyperus conglomeratus, Desmos chinensis var. lawii and Cyathocalyx zeylanicus essential oils. *Natural product communications* (2012), 7, 1934578X1200700531.

148. Al-Nuairi, A. G.; Mosa, K. A.; Mohammad, M. G.; El-Keblawy, A.; Soliman, S.; Alawadhi, H., Biosynthesis, characterization, and evaluation of the cytotoxic effects of biologically synthesized silver nanoparticles from cyperus conglomeratus root extracts on breast cancer cell line MCF-7. *Biological trace element research* (2020), 194, 560-569.

149. Zaki, A. A.; Ross, S. A.; El-Amier, Y. A.; Khan, I. A., New flavans and stilbenes from Cyperus conglomeratus. *Phytochemistry letters* (2018), 26, 159-163.

150. Al-abrahim, J. S.; Mohammed, A. E.; Elobeid, M. M., Assessment of in-vitro anti-fungal potential of ethanolic extract of Calligonum comosum against two fungal postharvest pathogens of fruits and vegetables in Saudi Arabia. (2014).

151. Atef, C.; Hemmami, H.; Rebiai, A., Comparison of ultra-sound and maceration extraction methods of phenolics contents and antioxidant activities of Saharian. *Mater. Environ. Sci* (2016), 7 (6), 2235-2239.

152. Chouikh, A.; Chemsas, A. E.; Aounallah, C.; Aounallah, I.; Fatma, A., Phytochemical study, nutritive value, antioxidant and anti-inflammatory activities of phenolic extracts from desert plant Calligonum comosum L'Hér. *Algerian journal of biosciences* (2020), 1, 68-75.

153. Chouikh, A.; Rebiai, A., The influence of extraction method on the composition and analgesic activity of Calligonum comosum phenolic extracts. *Ovidius University Annals of Chemistry* (2020), 31, 33-37.

154. Kiani, K.; Rudzitis-Auth, J.; Scheuer, C.; Movahedin, M.; Lamardi, S. N. S.; Ardakani, H. M.; Becker, V.; Moini, A.; Aflatoonian, R.; Ostad, S. N., Calligonum comosum (Escanbil) extract exerts anti-angiogenic, anti-proliferative and anti-inflammatory effects on endometriotic lesions. *Journal of ethnopharmacology* (2019), 239, 111918.
155. Al-Saadi, M.; FA, B.; AH, A. S., CYTOGENETIC EFFECTS OF Myrtus communis AND Plantago albicans INFUSIONS ON BEAN ROOT-TIP AND MICE BONE-MARROW CELLS. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences* (2005), 13, 733-740.
156. Shirley, K. P.; Windsor, L. J.; Eckert, G. J.; Gregory, R. L., In vitro effects of Plantago major extract, aucubin, and baicalein on Candida albicans biofilm formation, metabolic activity, and cell surface hydrophobicity. *Journal of Prosthodontics* (2017), 26, 508-515.
157. Hammami, S.; Nguir, A.; Saidana, D.; Mighri, Z., Chemical analysis and antimicrobial effects of essential oil from Limoniastrum guyonianum growing in Tunisia. *Journal of medicinal plants research* (2011), 5, 2540-2545.
158. Benkhaled, A.; Senator, A., Effects of aqueous leaf extract of Limoniastrum guyonianum pretreatment on nickel induced acute heamatotoxicity in male mice. *Glob Veterinaria* (2015), 15, 493-497.
159. Hadjadj, S.; Khadir, A.; Bensaci, S.; El Hadj, M. O.; El Hadj-Khelil, A. O., Comparison of phenolic content and antioxidant activity of methanolic and ethanolic extracts of Limoniastrum guyonianum. *International Journal of Biosciences* (2016), 9, 35-44.
160. Belfar, A.; Hadjadj, M.; Dakmouche, M.; Ghiaba, Z., Evaluation of antioxidants in ethanol extracts of Limoniastrum guyonianum (Zeïta) in Sahara of Algeria. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* (2015), 7, 41-47.
161. Naija, D. S.; Bouzidi, A.; Boussaada, O.; Helal, A. N.; Mahjoub, M. A.; Echafai, N.; Mighri, Z., The antioxidant and free-radical scavenging activities of Tamarix boveana and Suaeda fruticosa fractions and related active compound. *European Scientific Journal* (2014), 10.
162. Saidana, D.; Mahjoub, M.; Boussaada, O.; Chriaa, J.; Chéraif, I.; Daami, M.; Mighri, Z.; Helal, A., Chemical composition and antimicrobial activity of volatile compounds of Tamarix boveana (Tamaricaceae). *Microbiological research* (2008), 163, 445-455.
163. Bahramsoltani, R.; Kalkhorani, M.; Zaidi, S. M. A.; Farzaei, M. H.; Rahimi, R., The genus Tamarix: Traditional uses, phytochemistry, and pharmacology. *Journal of ethnopharmacology* (2020), 246, 112245.
164. Allaoui, M.; Cheriti, A.; Chebouat, E.; Dadamoussa, B.; Gherraf, N., Comparative study of the antioxidant activity and phenols and flavonoids contents of the ethyl acetate extracts from two saharan chenopodacea: Haloxylon scoparium AND Traganum nudatum. *Algerian Journal of Arid Environment "AJAE"* (2016), 6, 71-79.
165. Labeled, B.; Gherraf, N.; Hameurlaine, S.; Ladjel, S.; Zellagui, A., The antibacterial activity of water extracts of Traganum nudatum Del (Chenopodiaceae) growing in Algeria. *Der Pharmacia Lettre* (2010), 2, 142-145.
166. Daradka, H. M.; Aljohani, H. A.; Alotaib, M. K.; Khabour, O. F.; Eskandrani, A. A.; Alsharif, S. M.; Al-shdefat, R., Protective effects of Traganum nudatum against oxidative DNA damage in human lymphocytes. *International Medical Journal* (2020), 25(02).
167. Abd-ElGawad, A.; El Gendy, A. E.-N.; El-Amier, Y.; Gaara, A.; Omer, E.; Al-Rowaily, S.; Assaeed, A.; Al-Rashed, S.; Elshamy, A., Essential oil of Bassia muricata:

Chemical characterization, antioxidant activity, and allelopathic effect on the weed *Chenopodium murale*. *Saudi journal of biological sciences* (2020), 27, 1900-1906.

168. Mohammedi, H.; Idjeri-Mecherara, S.; Menaceur, F.; Hassani, A., The effect of solvents and extraction procedure on the recovery of phenolic compounds and the antioxidant capacity of Algerian *Bassia muricata* L. extracts. *Chemistry Journal of Moldova* (2019), 14, 79-89.

169. Messaoudi, Z. A.; Messaoudi, M.; Benreguieg, M.; Merah, M., Phytochemical screening of Algerian medicinal plants and their antimicrobial effects. *MYCOPATH* (2020), 16, 65-72.

170. Chikhi, I.; Allali, H.; Dib, M. E. A.; Medjdoub, H.; Tabti, B., Antidiabetic activity of aqueous leaf extract of *Atriplex halimus* L.(Chenopodiaceae) in streptozotocin-induced diabetic rats. *Asian Pacific journal of tropical disease* (2014), 4, 181-184.

171. Ounaissia, K.; Bennadja, S.; Aliane, L.; Djahoudi, A., Phytochemical screening and anti-bacterial activity of methanolic extracts of the aerial parts of *Atriplex halimus* L., from Biskra (Algeria). *International Journal of Agricultural and Natural Sciences* (2020), 13, 26-33.

172. Can, Z.; Yildiz, O.; Sahin, H.; Turumtay, E. A.; Silici, S.; Kolayli, S., An investigation of Turkish honeys: their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry* -2015), 180, 133-141.

173. Khacheba, I.; Boussoussa, H.; Djeridane, A.; Bekhaoua, A.; Bensayah, N.; Yousfi, M., α -Glucosidase inhibitory effect and antioxidant activity of the extracts of eighteen plant traditionally used in Algeria for diabetes. *Current Enzyme Inhibition* (2017), 13, 67-78.

174. Maiza, K.; Longeon, A.; Hammiche, V.; Guyot, M.; Benabdesselam-Maiza, F.; BEJAIA, A., Biological activities of plants collected in the Algerian Sahara. *Life Sciences Leaflets* (2014), 52, 52-56.

175. Tadrent, W.; Kabouche, A.; Touzani, R.; Kabouche, Z., Chemotypes investigation of essential oils of "Guertoufa" herbs. *J. Mater. Environ. Sci* (2014), 5, 1200-1205.

176. Amssayef, A.; Eddouks, M., Aqueous extract of *matricaria pubescens* exhibits antihypertensive activity in L-NAME-induced hypertensive rats through its vasorelaxant effect. *Cardiovascular & Hematological Agents in Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Cardiovascular & Hematological Agents)* (2019), 17, 135-143.

177. Cherif, H. S.; Ferrah, R.; Bennacer, A.; Tail, G.; Saidi, F., Traditional use of *Matricaria pubescens* (Desf.) Schultz in two regions of southern Algeria and contribution to study the antioxidant activity. *niscair-csir, india* (2017).

178. Benmeddour, T.; Laouer, H.; Akkal, S.; Flamini, G., Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of *Launaea lanifera* Pau grown in Algerian arid steppes. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* (2015), 5, 960-964.

179. Bouguerra, A.; Hadjadj, M.; Dekmouche, M.; Rahmani, Z.; Dendougui, H., Determination of phenolic content and antioxidant capacity of *Launaea resedifolia* from Algerian Sahara. *Journal of Applied Biology & Biotechnology Vol* (2019), 7, 63-69.

180. Moussaoui, F.; Zellagui, A.; Segueni, N.; Touil, A.; Rhouati, S., emFlavonoid Constituents from Algerian *Launaea resedifolia* (OK), and their Antimicrobial Activity. *Records of Natural Products* (2010), 4, 91-95.

181. Saleem, M.; Parveen, S.; Riaz, N.; Tahir, M. N.; Ashraf, M.; Afzal, I.; Ali, M. S.; Malik, A.; Jabbar, A., New bioactive natural products from *Launaea nudicaulis*. *Phytochemistry Letters* (2012), 5, 793-799.
182. Xiang, L.; Wang, Y.; Yi, X.; He, X., Anti-inflammatory steroidal glycosides from the berries of *Solanum nigrum* L.(European black nightshade). *Phytochemistry* (2018), 148, 87-96.
183. Wang, Y.; Xiang, L.; Yi, X.; He, X., Potential anti-inflammatory steroidal saponins from the berries of *Solanum nigrum* L.(European black nightshade). *Journal of agricultural and food chemistry* (2017), 65, 4262-4272.
184. Jainu, M.; Devi, C. S. S., Antiulcerogenic and ulcer healing effects of *Solanum nigrum* (L.) on experimental ulcer models: possible mechanism for the inhibition of acid formation. *Journal of ethnopharmacology* (2006), 104, 156-163.
185. Hameed, I. H.; Hamza, L. F.; Kamal, S. A., Analysis of bioactive chemical compounds of *Aspergillus niger* by using gas chromatography-mass spectrometry and fourier-transform infrared spectroscopy. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy* (2015), 7, 132-163.
186. Samout, N.; Bouzenna, H.; Ettaya, A.; Elfeki, A.; Hfaiedh, N., Antihypercholesterolemic effect of *Cleome arabica* L. on high cholesterol diet induced damage in rats. *EXCLI journal* (2015), 14, 791-800.
187. Atef, C.; Abdelkrim, R.; Mahdia, A.; Mounira, H.; El Hadda, A.; Fatma, A., Effects of extraction methods on total polyphenols, free radical scavenging and antibacterial activity of crude extracts of *Cleome arabica* L. growing in Oued Souf region. *ALGERIAN JOURNAL OF BIOSCEINCES* (2020), 1, 14-17.
188. El-Mergawi, R. A.; Ibrahim, G.; Al-Humaid, A., Screening for antifungal potential of plant extracts of fifteen plant species against four pathogenic fungi species. *Gesunde Pflanzen* (2018), 70, 217-224.

الجزء العملي

الفصل الثاني

مقدمة:

إن إختلاف الصنف النباتي ومن ثم العائلة النباتية يؤدي حتما إلى الإختلاف في الكثير من الخواص الفيزيائية والتركيب الكيميائي بينها؛ لذا واجه العلماء والباحثين إشكاليات كبرى في تحديد المحتوى الكيميائي لهذه النباتات خاصة التي عرفت من خلال الطب الشعبي التقليدي بخصائصها العلاجية، مما دفع بالتوجهات البحثية إلى إيجاد سبل بحث دقيقة، سريعة وغير مكلفة في تحديد هذه العناصر، وإيجاد بيانات أكثر وضوح وموضوعية حول خصائص هذه الأخيرة مهما اختلفت مصادرها وأصنافها، خاصة وأن الإختلاف في التركيب الكيميائي لا يتعلق فقط بالصنف النباتي ذاته إنما له علاقة مباشرة بظروف تخزينها ومواسم جنيها (مراحل النضج).

هذا ما جعل الطرق التحليلية التجريبية البسيطة بمفردها عاجزة عن وصف التركيب الكيميائي المتغير من صنف إلى آخر؛ ساهمت الطرق الطيفية (IR, UV-vis) و الطرق الكروماتوغرافية (HPLC) في السنوات الأخيرة في تطوير الكيمياء النباتية خاصة الكيمياء العضوية إذ اعتمدت في تحديد البنى الكيميائية لهذه المركبات بدقة عالية دون تخريبها وبكميات صغيرة جدا.

من خلال هذا الفصل سنتطرق إلى أهم الطرق الطيفية (IR, UV-vis) الطريقة الكروماتوغرافية ألا وهي الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC) لتحليل العينات النباتية المدروسة.

تم إنجاز الجزء التجريبي للأطروحة بمختبر البحث تشمين الموارد الصحراوية وتكنولوجيااتها (VTRS) بكلية التكنولوجيا، جامعة الشهيد حمه لخضر -الوادي-.

1.1.II. مطيافية الأشعة تحت الحمراء (IR):

وفقاً للدراسات التي انجزت في السنوات الأخيرة^[1, 2]، تأكد أن تقنية الأشعة تحت الحمراء من أهم الطرق الطيفية وأكثرها فائدة لتوصيف النباتات، وهي تقنية متعددة الإستخدامات تقوم بتحليل العينات في جميع الحالات الفيزيائية؛ حيث تظهر في الأخير على شكل أطياف وكل مجال يدل على مركب أو وظيفة كيميائية وتستخلص إستنتاجات حول التركيب الكيميائي للمكونات الرئيسية.

يؤدي إمتصاص الأشعة تحت الحمراء إلى إهتزاز الذرات المكونة للجزيء، ينتج عنها تغير في طول الروابط الكيميائية بين الذرات أو تغير في الزوايا بين هذه الروابط في الجزيء، يمكننا من هنا التعرف على نوعية الروابط والذرات الموجودة في الجزيء وذلك بمعرفة طاقة الإمتصاص أثناء تحليل طيف الأشعة تحت الحمراء^[3].

ترتبط الحركات الإهتزازية للجزيء بعدد الذرات المكونة له، حيث كلما كان عدد الذرات أكثر زادت صعوبة تحليل طيف الإمتصاص، وذلك نظراً لزيادة وتداخل عدد الإمتصاصات، يستوجب من هنا إتباع تحليل طيف الأشعة تحت الحمراء ببعض طرق التحليل الأخرى لمعرفة التركيب الجزيئي للمركبات الكيميائية^[4].

يتم تحليل طيف الأشعة تحت الحمراء من أجل فهم هياكل المركبات العضوية وغير العضوية^[5]، بحيث ينقسم تحليل طيفها إلى نوعين:

1.1.II. التحليل النوعي:

تعتمد هذه الطريقة بشكل كبير في الكشف عن التركيبة الكيميائية للمركبات العضوية المجهولة، وذلك للتعرف على المجموعات الوظيفية المكونة لها^[6]، يتم ذلك بمقارنة العدد الموجي لطيف الإمتصاص بأطياف مرجعية للمجموعات الوظيفية، من خلال دراسة الروابط الأساسية **(الجدول (1-II))**.

الجدول (1-II): تردد الإمتصاصات لأهم المجموعات الوظيفية العضوية [7].

الرابطة	الوظيفة	التردد (cm ⁻¹)	الإهتزاز
C-H	Alkanes	2960- 2850	تمدد (s) stretch
	Alkenes	1000 -675	منحني (s) bend
		3080-3020	تمدد (m) stretch
	Alkynes	3333 -3267	تمدد (s) stretch
		700-610	منحني (b) bend
	Aromatic Rings	3100-3000	تمدد (m) stretch
	Phenyl Ring Substitution Bands	675-870	منحني (s) bend
Phenyl Ring Substitution Overtones	1600-2000	(w) fingerprint region	
CH ₃ Umbrella Deformation	1380	(v) scissoring and bending	
C=C	Alkenes	1680-1640	تمدد (m.w) stretch
	Aromatic Rings	1600-1500	تمدد (w) stretch
C≡C	Alkynes	2260-2100	تمدد (w.sh) stretch
O=C	Aldehydes, Ketones. Carboxylic acids, Esters	1760-1670	تمدد (s) stretch
C-O	Alcohols, Ethers Carboxylic acids, Esters	1260-1000	تمدد (s) stretch
		3640-3160	تمدد (S.br) stretch
	Hydrogen-bonded - Alcohols. Phenols	3600-3200	تمدد (b) stretch
O-H	Carboxylic acids	3000-2500	تمدد (b) stretch
	Amines	3500-3300	تمدد (m) stretch
N-H	Amines	1650-1580	منحني (m) bend
		1340-1020	تمدد (m) stretch
C-N	Amines	1340-1020	تمدد (m) stretch
C≡ N	Nitriles	2260-2220	تمدد (v) stretch
NO ₂	Nitro Compounds	1660-1500	(s) asymmetrical stretch التمدد غير متناظر
		1390-1260	(s) symmetrical stretch التمدد المتناظر

2.1.II. التحليل الكمي:

يستند مبدأ التحليل الطيفي الكمي للأشعة تحت الحمراء على قانون بير لامبرت الذي يربط بين

الأشعة الحمراء الممتصة من قبل العينة وتركيزها، والذي يعطى نصه كالتالي:

$$A = \epsilon IC$$

حيث:

A: الإمتصاصية، ϵ : معامل الإمتصاص المولي ($L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$)، l: طول المسار (cm)،

C: تركيز العينة ($mol \cdot L^{-1}$)

2.II. الطريقة الطيفية UV-vis:

عرفت هذه الطرق سابقا بالطرق اللونية، حيث أعتمدت العين المجردة لتقدير تركيز مادة مجهولة، عن طريق مقارنة لون العينة مجهولة التركيز مع ألوان محاليل قياسية من نفس المادة، حاليا تستخدم أجهزة تسمى أجهزة الأشعة فوق البنفسجية والمرئية، وتعتمد هذه الطريقة على إمتصاص الأشعة فوق البنفسجية والمرئية بواسطة جزيئات المادة في المحلول [3]، حيث تتناسب شدة الإمتصاص طردا مع تركيز العينة إستنادا إلى قانون بير لامبيرت المعرف سابقا: $A = \epsilon \cdot l \cdot c$.

3.II. الكروماتوغرافيا HPLC:

يتم فصل وتنقية مكونات النباتات بشكل أساسي بإستخدام إحدى تقنيات الكروماتوغرافيا المختلفة: كروماتوغرافيا الورق (PC)، كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة (TLC)، كروماتوغرافيا الغاز السائل (GLC) والكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC)، ويعتمد إختيار التقنية إلى حد كبير على خصائص الذوبان وتقلبات المركبات المراد فصلها؛ وتستخدم PC بشكل خاص في المكونات النباتية القابلة للذوبان في الماء، وهي الكربوهيدرات، الأحماض الأمينية، قواعد الأحماض النووية، الأحماض العضوية والمركبات الفينولية؛ TLC هي الطريقة المفضلة لفصل جميع المكونات القابلة للذوبان في الدهون، المنشطات، الكاروتينات والكلوروفيل؛ على النقيض من ذلك، توجد التقنية الثالثة GLC تطبيقها الرئيسي مع المركبات المتطايرة، الأحماض الدهنية، المركبات الأحادية والثانوية، الهيدروكربونات ومركبات الكبريت؛ ومع ذلك، يمكن تعزيز تقلب مكونات النبات عن طريق تحويلها إلى إسترات و / أو إثيرات

ثلاثي ميثيل سيليل (Trimethylsilyl ethers) بحيث تكون هناك فئات قليلة غير مناسبة تمامًا لفصل GLC، بدلاً من ذلك، يمكن فصل المكونات الأقل تطايرًا بواسطة HPLC، وهي طريقة تجمع بين كفاءة العمود وسرعة التحليل، بالإضافة إلى ذلك، يمكن الإشارة إلى أن هناك تداخلًا كبيرًا في استخدام التقنيات المذكورة أعلاه وغالبًا ما يكون مزيج من PC ، TLC ، GLC و HPLC أو TLC و GLC هو أفضل نهج لفصل فئة معينة من مركب النبات [8].

تستخدم HPLC بشكل أساسي لتلك الفئات من المركبات غير المتطايرة، مثل التربينويدات العالية، الفينولات، القلويدات، الدهون والسكريات، تعمل بشكل أفضل مع المركبات التي يمكن إكتشافها في المناطق فوق البنفسجية أو المرئية من الطيف.

يمثل الطور الثابت في هذه التقنية بوليمر مسامي يتم وضعه في عمود ضيق من الفولاذ المقاوم للصدأ ويتم دفع الطور المتحرك السائل من خلاله تحت ضغط كبير، حيث الطور المتحرك عبارة عن خليط مذيب قابل للإمتزاج، ويكون إما ثابتاً أو يمكن تغييره باستمرار بنسبه، ومن خلال تضمين غرفة الخلط في الإعداد (شطف التدرج)، تتم مراقبة المركبات أثناء فصلها عن العمود بواسطة كاشف يتم قياسه عادةً في الأشعة فوق البنفسجية.

تعد HPLC أحدث تقنية كروماتوغرافية يتم اعتمادها لدى الباحثين الكيميائيين، بصرف النظر عن قيمة حساب الجهاز والمذيبات، فإنه يعد بأن يكون الطريقة الأكثر أهمية وتنوعًا في التحليل الكمي [8].

الجزء العملي

1.II. المواد الكيميائية والأجهزة المستعملة:

1.1.II. الأجهزة المستخدمة:

يوضح الجدول (2-II) الأجهزة المستخدمة خلال العمل.

الجدول (2-II): الأجهزة المستخدمة.

الشركة المصنعة	الجهاز
SKANEX HKOT-628 , CHINA	مطحنة كهربائية
(10-4 غرام) OHRUS	ميزان حساس
POERSONIC (Branso Ultrasonics 5510E-DTH, U.S.A.)	حوض الأمواج فوق الصوتية
(3000 دورة/دقيقة) EZ Swing 3K- MODEL800	جهاز الطرد المركزي
Nicolet iS5- Thermo Fisher Scientific, United states	جهاز المطيافية تحت الحمراء
UV-VIS/1800-SHIMADZU	جهاز طيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية
RP-HPLC-SHIMADZU	جهاز الكروماتوغرافيا السائلة عائله الأداء

2.1.II. المواد الكيميائية:

يوضح الجدول (3-II) مختلف المواد الكيميائية المستعملة خلال العمل.

الجدول (3-II): المواد الكيميائية المستعملة.

الشركة المصنعة	الكتلة المولية (g/mol)	النقاوة	الصيغة	المادة
VWR PROLABO	32.04	% 99	CH ₄ O	ميثانول
BIOCHEM CHEMOPHARMA	105.99	%99	Na ₂ CO ₃	كربونات الصوديوم
BIOCHEM CHEMOPHARMA	241.43	%97	AlCl ₃ , 6H ₂ O	محلول ثلاثي كلور الألمونيوم
Sigma-ALDRICH	1235.86	%81	(NH ₄) ₂ , MoOH	مولبيدات الألمونيوم

BIOCHEM CHEMOPHARMA	98.07	%96	H ₂ SO ₄	حمض الكبريت
BIOCHEM CHEMOPHARMA	141.96	%96	Na ₂ HPO ₄	فوسفات الصوديوم
VWR PROLABO			H ₂ O, P ₂ O ₅ , 13 WO ₃ , 5 MoO ₃ , 10H ₂ O	كاشف الفلولين

2.II. جمع وتحضير العينات:

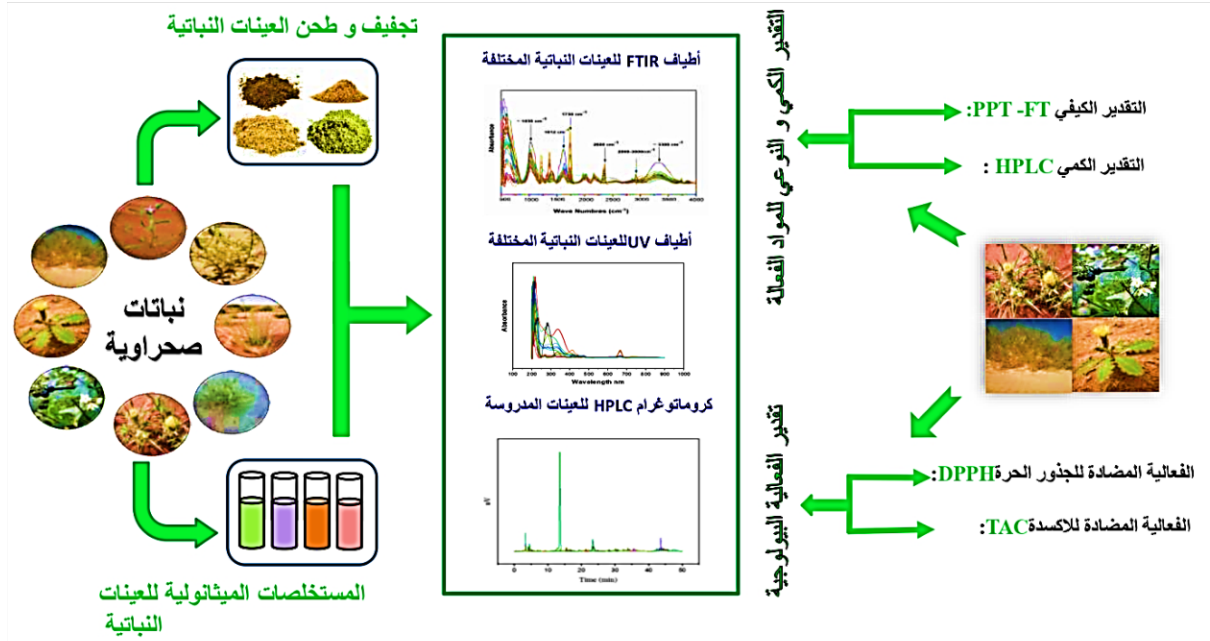
تم جمع الجزء الهوائي لتسعين عينة نباتية (34 نبتة تنتمي إلى 20 عائلة مختلفة) من منطقة الوادي جنوب شرق الجزائر (الإحداثيات الجغرافية الدقيقة للمنطقة، خطوط الطول والعرض 33.3713397، 6.8479682) وبعض المناطق المحيطة بها سنة 2019، حسب مواسم الجني (خلال فترة الإزهار و الإثمار) في الفترة الممتدة من شهر جانفي إلى غاية شهر جوان للأصناف النباتية المختلفة؛ شخّصت العينات النباتية اعتمادا على كتاب يوسف حليس (طبعة 2007) ^[9]، إضافة إلى السكان الأصليين بالمنطقة، يوضح الملحق (1-2) التسمية العلمية وصور العينات المدروسة.

1.2.II. التنظيف والتجفيف:

تم تنظيف الأجزاء الهوائية للعينات النباتية المدروسة وتنقيها من الشوائب وغسلها جيدا بالماء المقطر البارد للتخلص من الأتربة والعوالق، لتجفف هذه الأخيرة في غرفة مهواة بعيدا عن الرطوبة و أشعة الشمس وفي درجة الغرفة.

2.2.II. تخزين العينات:

طحنت جميع العينات على شكل مسحوق ناعم بواسطة مطحنة كهربائية، حفظت في علب زجاجية نظيفة، جافة وعاتمة اللون محكمة الإغلاق إلى حين إستخدامها، يوضح الشكل (1-II) مخطط مفصل لخطوات العمل المعتمدة في هذا الفصل.



الشكل (1-II). مخطط مفصل لخطوات عمل الفصل الثاني.

3.II. التحليل الطيفي بواسطة الأشعة تحت الحمراء:

تم تحليل مسحوق العينات النباتية بواسطة جهاز الأشعة تحت الحمراء مباشرة وبدون معالجة، حيث تم وضع العينات في موضع العينة في الجهاز، يضغط مسحوق العينة بواسطة الذراع، ليتم تسجيل وحفظ البيانات والمعطيات الطيفية مباشرة في ملف إكسل.

4.II. تقدير المحتوى الفينولي و المواد الفعالة:

1.4.II. تحضير المستخلصات النباتية:

- الإستخلاص بجهاز الأمواج فوق الصوتية:

من خلال الدراسات السابقة توجد العديد من طرق وآليات الإستخلاص حيث تم إعتقاد طريقة Rebiai^[10]، في دورق سعته 25 مل يتم رج 0.2 غ من كل عينة نباتية مع 2 مل ميثانول، ثم تم وضعها داخل حوض الأمواج فوق الصوتية (30 دقيقة، 45 درجة مئوية) والذي يسمح بانتشار الموجات الصوتية خلال المحلول والتي بدورها تساعد على تحلل وذوبان المواد الفعالة دون تأثرها.

- الفصل بجهاز الطرد المركزي:

للحصول على المستخلص الميثانولي تنقل العينات مباشرة إلى جهاز الطرد المركزي لفصل الطور الصلب عن الطور السائل لمدة 15 دقيقة بسرعة 3000 دورة في الدقيقة.

تحفظ جميع المستخلصات في أنابيب زجاجية عاتمة لمدة لا تتجاوز 72 ساعة عند حرارة (ما بين -4 إلى +4 م °).

2.4.II. الطريقة الطيفية UV-vis:

تم تسجيل البيانات الطيفية لجميع المستخلصات النباتية الممددة في الميثانول (2.5 غ/ل) مباشرة وبدون معالجة بواسطة جهاز طيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية في ملف إكسل.

1.2.4.II. تقدير كمية عديد الفينول للعينات:

قدرت الفينولات للعينات النباتية وفقا لطريقة Beretta ^[11] بمساعدة كاشف Folin Ciocalteu، يتكون هذا الكاشف من حمض فوسفوتنغستينيك ($H_3P_{12}O_{40}$) وحمض فوسفوموليبيديك ($H_3PMO_{12}O_{40}$)، الذي يرجع بواسطة الفينولات إلى أكاسيد التنغستن (W_8O_{23}) والموليبيدين (Mo_8O_3) ذات اللون الأزرق.

تقدر المركبات الفينولية كليا بواسطة جهاز طيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية، وباستعمال حمض الغاليك كمركب مرجعي عند الطول الموجي $\lambda_{max}=760$ nm.

- طريقة العمل:

يتم تحضير عدة تراكيز ممددة لكل مستخلص نباتي، نأخذ 100 ميكرو لتر من كل مستخلص يضاف لها 0.5 مل من كاشف الفولين الممدد (10 %)، نضيف للمزيج 2 مل من كربونات الصوديوم (20% Na_2CO_3)، يرج المزيج جيدا ويترك في الظلام مدة 30 دقيقة.

بعد انقضاء المدة الزمنية تقرأ الإمتصاصية بواسطة جهاز UV-vis عند الطول الموجي الاعظمي

$$\lambda_{\max}=760 \text{ nm}$$

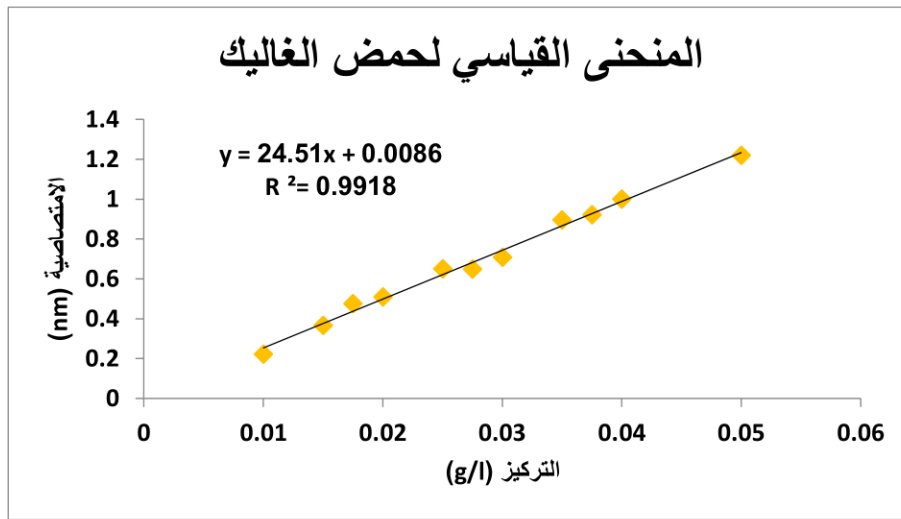
- تحضير المحلول القياسي لحمض الغاليك ورسم المنحنى:

يتم ذلك عمليا بتحضير محاليل ممددة لحمض الغاليك بتركيز مختلفة محصورة بين (0.01-

0.05 غ/ل)، بنفس الطريقة تتم قراءة الامتصاصية الضوئية للحمض عند الطول الموجي $\lambda_{\max}=760$ nm.

نرسم المنحنى القياسي لحمض الغاليك والذي يوضح العلاقة بين تغير الامتصاصية (nm) بدلالة

التركيز (غ/ل) كما هو موضح في الشكل (2-II).



الشكل (2-II): المنحنى القياسي لحمض الغاليك.

2.2.4.II. تقدير كمية الفلافونويدات:

يعتمد في تقدير كمية الفلافونويدات على قدرة تكوين المعقد الأصفر بين ثلاثي كلور الألمنيوم

(AlCl₃) مع مجموعة الهيدروكسيل (OH) الموجودة على الحلقات البنزينية للفلافونويدات، حيث يشكل

معقدا ثابتا بين مجموعة الكربونيل وهيدروكسي الموقع 5 و3، كما يشكل معقدات غير ثابتة مع مجموعتي اورثوهيدروكسي، ذو معامل امتصاص عال يمتص عند طول الموجة $\lambda_{max}=420\text{ nm}$.

يتم تقدير كمية الفلافونويدات وفقا لطريقة Lianda^[12]، وبالإستعانة بالكريستين كمركب مرجعي

عند طول موجي $\lambda_{max}=420\text{ nm}$.

- طريقة العمل:

يمزج 1 مل من المستخلص الميثانولي المخفف للعينات مع 1 مل من محلول ثلاثي كلوريد

الألمونيوم (2%)، يرج المزيج قليلا ثم يترك في الظلام 30 دقيقة.

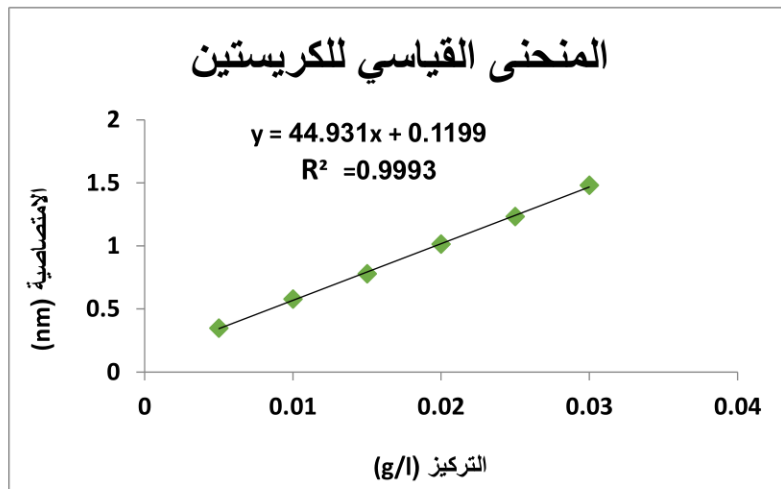
تتم قراءة الإمتصاصية بواسطة جهاز UV-vis عند طول موجي $\lambda_{max}=420\text{ nm}$.

- تحضير المحلول القياسي للكريستين ورسم المنحنى:

بنفس طريقة العمل نقوم بتحضير المركب المرجعي بتراكيز مختلفة محصورة بين (0.03-0.005

غ/ل)، للحصول على الشكل (3-II) والذي يوضح منحنى الإمتصاصية الضوئية بدلالة تركيز المحلول

القياسي، ومن ثم حساب المكافئ الغرامي لكل مع من 1 غ كريستين.



الشكل (3-II): المنحنى القياسي للكريستين.

II. 3.4. طريقة الكروماتوغرافيا HPLC:

يتم تقدير أهم المركبات الفينولية وأكثرها إنتشارا بواسطة الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء وفقا

للشروط الموضحة في الجدول (4-II).

تتم تقدير كمية هذه المركبات بالإستعانة بالمنحنيات القياسية لتراكيز مختلفة.

الجدول (4-II): الشروط التجريبية لفصل المركبات الفينولية بواسطة جهاز (HPLC).

العامل	الشروط
النظام	الطور المعكوس RP-HPLC
العمود	(25 cm x 46 nm) C18
حجم المحقن	20µl
معدل التدفق	1 ml/min
طول الموجة	$\lambda = 268 \text{ nm}$
الزمن	50 min
درجة الحرارة	25 °C
الطور المتحرك	(A) أسيتونتريل (acetonitrile)
	(B) حمض الخل (0.2%acetic acid) H ₂ O

الجدول (5-II): تغيرات نسبة الطور المتحرك بدلالة الزمن.

الزمن (min)	نسبة (A)	نسبة (B)
0.00	10	90
2.00	10	90
6.00	14	86
16.00	17	83
23.00	19	81
28.00	23	77
30.00	10	60
50.00	10	90

يتم تحضير مستخلصات العينات النباتية بتركيز 5غ/ل وحقنها في الجهاز.

يعتمد تقدير الفينولات والفلافونويدات بطريقة الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء بالإستناد إلى

المنحنيات القياسية للمركبات المرجعية في ظل نفس الشروط.

4.4.II. تقدير الفعالية المضادة للأكسدة للمستخلصات:

1.4.4.II. تقدير إجمالي الفعالية المضادة للأكسدة:

- طريقة العمل:

يتم تقدير إجمالي الفعالية المضادة للأكسدة وفقا لطريقة Prieto^[13] مع بعض التعديلات، حيث

نأخذ 0.2 مل من المستخلصات النباتية المختلفة الممددة (0.1 - 2.5 غ/ل) نضيف إليها 2 مل من

الكاشف المحضر كما يلي:

- مولبيدات الأمونيوم بتركيز 4 ملي مولاري.
- فوسفات الصوديوم بتركيز 28 ملي مولاري.
- حمض الكبريت 0.6 مولاري.

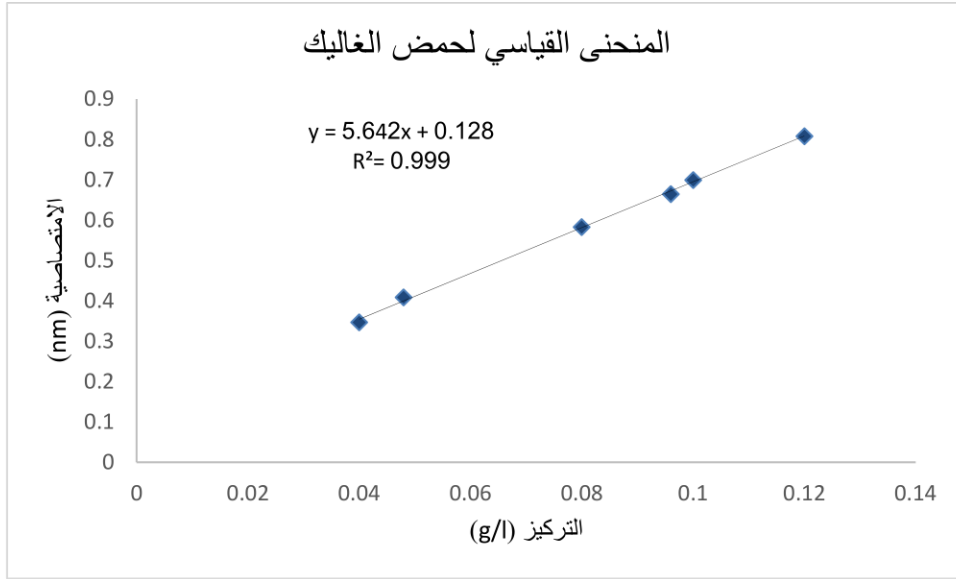
يتم وضع المزيج في حمام مائي حرارته 95°م لمدة 90 دقيقة، بعد انقضاء المدة الزمنية يتغير لون

المستخلصات الى اللون الأخضر يترك المحلول ليبرد في درجة حرارة الغرفة، لتتم بعدها قراءة

الامتصاصية بجهاز UV-vis عند طول الموجة $\lambda_{max} = 695 \text{ nm}$.

- تحضير المحلول القياسي ورسم المنحنى:

بنفس طريقة العمل، تم إستعمال حمض الغاليك كمركب قياسي وبتراكيز مختلفة محصورة بين (0.04-0.12 غ/ل)، تم رسم المنحنى القياسي الذي يبين تغير الإمتصاصية بدلالة التركيز حيث يوضح الشكل (4-II) المنحنى القياسي لحمض الغاليك.



الشكل (4-II): المنحنى القياسي لحمض الغاليك.

2.4.4.II. اختبار DPPH (Diphenylpicrylhydrazyl):

من أجل تقدير الفعل الأسر للجزيئات المضادة للأكسدة لمختلف المستخلصات النباتية تم إستعمال اختبار DPPH، والذي يعتبر من أكثر الطرق إستعمالاً في تقدير التأثير الإزاحي للجزيئات المضادة للأكسدة.

يعتمد هذا الإختبار على تثبيط الجذر $DPPH^*$ (ثنائي فينيل بكريلهايدرازيل) المستقر نسبياً، ذو اللون البنفسجي حيث يتفاعل هذا الأخير مع جزيئة مضادة للجذور الحرة ويتحول إلى DPPH-H ذو اللون الأصفر؛ يتبع هذا نقصان في الإمتصاصية عند طول الموجة الأعظمي $\lambda_{max} = 517 \text{ nm}$.

- طريقة العمل:

قمنا بتحضير تراكيز مختلفة (5 - 0.1 غ/ل) من المستخلصات النباتية المختلفة.

نأخذ 1 مل من كل مستخلص ونضيف لها 1 مل من محلول DPPH نرج الخليط ونتركه في الظلام لمدة 30 دقيقة، لتقرأ الإمتصاصية الضوئية بواسطة الجهاز عند الطول الموجي الأعظمي - 515 nm بعد إنقضاء المدة؛ قياس تغير اللون البنفسجي للمزيج مع الزمن يسمح بالحصول على IC_{50} [14]، نجري نفس العملية لحمض الأسكوربيك وذلك لمقارنة المستخلصات بالمركبات المضادة للجذور الحرة وللأكسدة.

تحسب النسبة المئوية للتثبيط (I%) بالعلاقة التالية:

$$I\% = \left(\frac{A_0 - A_I}{A_0} \right) \times 100$$

حيث أن:

A_0 : الإمتصاصية الضوئية للمحلول الجذري في غياب المستخلص.

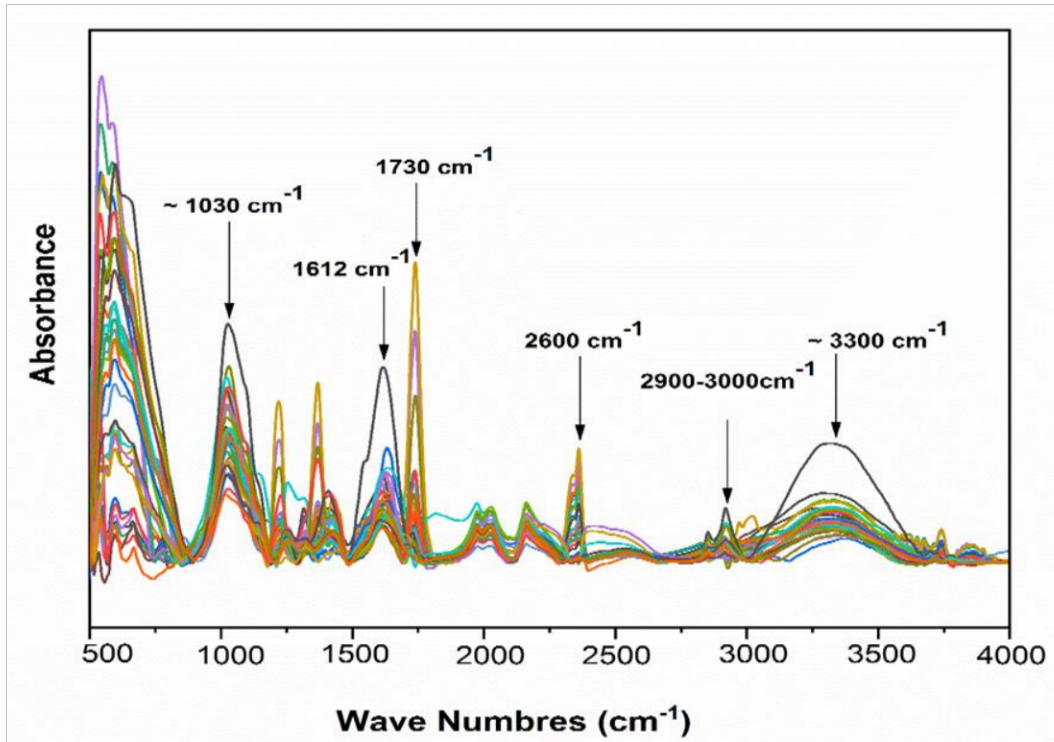
A_I : الإمتصاصية الضوئية للمحلول الجذري في وجود المستخلص.

5.II. النتائج و المناقشة:

1.5.II. التحليل للأشعة تحت الحمراء للعينات المدروسة:

بعد التحليل الطيفي للعينات النباتية بجهاز FTIR، حيث تم الحصول على المنحنيات الطيفية

للعينات النباتية المختلفة الموضحة في الشكل (5-II).



الشكل (5-II). أطياف FTIR للعينات النباتية المختلفة.

إعتامادا على تحليل البيانات الطيفية للعينات المدروسة لوحظ أن هناك تشابه كبير بين مختلف

الأطياف، مع بعض الإختلافات الطيفية في قيمة الإمتصاصية الموافقة لكل عدد موجي، حيث تميز هذا

التحليل بعدة مناطق مهمة منها: الأحماض الدهنية O - H (~3300 سم⁻¹)، المجموعات الوظيفية:

الأميد (C = O amide I و N - H amide II) مجموعات البروتين والبيبتيد (1315-1375 سم⁻¹)،

نطاق السكريات (900–1200 سم⁻¹)؛ يوضح **الجدول (6-II)** بالتفصيل عن أبرز المجموعات الوظيفية المكونة للعينات المدروسة.

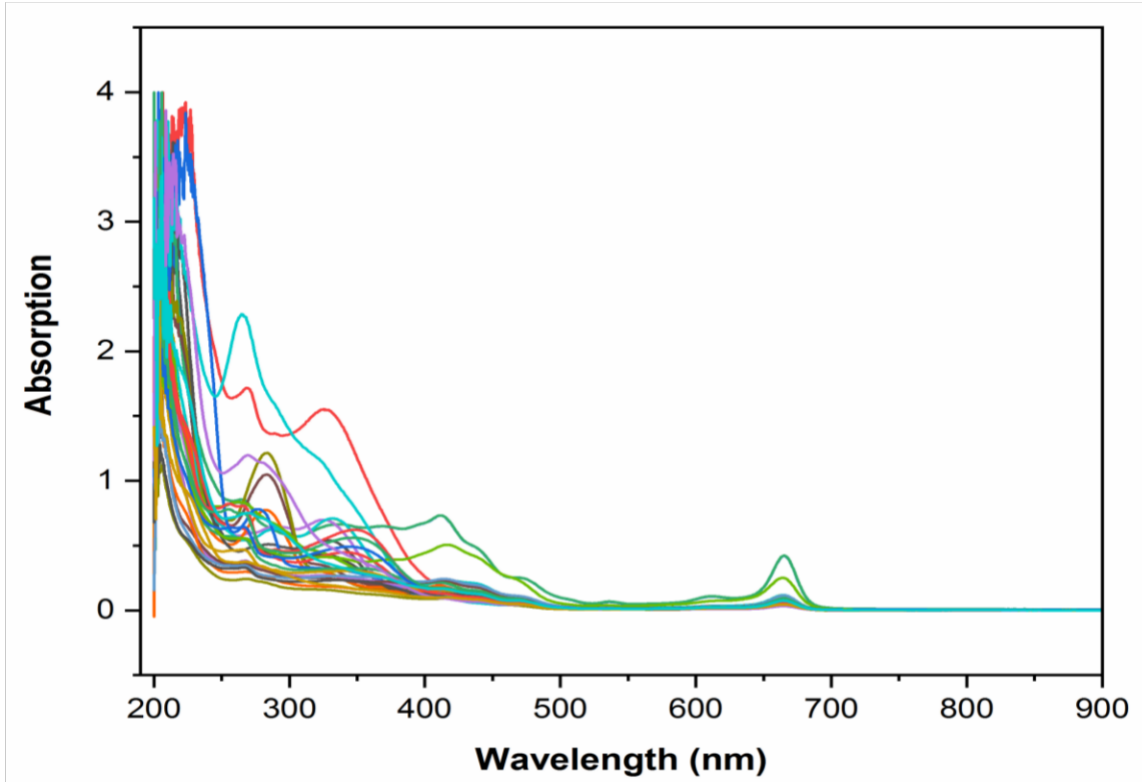
الجدول (6-II): أبرز المجموعات الوظيفية للعينات المدروسة.

التردد (cm ⁻¹)	المجموعة الوظيفية	المرجع
4000–3500	O–H stretching vibration of hydroxyl groups, water vapor, amine N-H stretching	[15]
2900–2850	Methyl (-CH ₃) and methylene (-CH ₂) symmetric and asymmetric stretching vibration	[16]
~2340	Stretching of N-H bonds in proteins, which is known as the amide A band, stretching of hydroxyl groups	[15]
~1730	C=O carbonyl stretching of esters	[17]
~1600	C–C stretching in aromatic structures, N–H deformation and C–N stretching	[18]
~1400	Stretching of bonds in CH ₃ in lipids and aromatic compounds, bending of bonds in CH ₃ in lipids and proteins	[15]
1375–1315	O-H bending polysaccharide, Amide III	[19,15]
1250–1030	Phosphodiester groups of nucleic acids and phospholipids and to the C-O absorption of glycogen and other carbohydrates.	[20,21]
1000–500	Vibration and bending vibration of alcohols containing hydroxyl groups and benzene rings.	[17]

II. 2.5. تقدير المحتوى الفينولي و المواد الفعالة:

II.1.2.5. الطريقة الطيفية UV-vis:

أظهرت المستخلصات الميثانولية لمختلف العينات النباتية المدروسة نطاقات إمتصاص للأشعة فوق البنفسجية والمرئية في المنطقة ما بين 200 و 800 نانومتر، ترجع هذه الإمتصاصات إلى وجود حوامل صبغية مختلفة، تتجلى عادة في وجود مكونات عطرية مثل: الفينولات، الفلافونويدات، مضادات الأكسدة، وكذلك الأنظمة المترافقة المختلفة [22]، يوضح **الشكل (6-II)** طيف الإمتصاص للعديد من العينات النباتية المدروسة.



الشكل (6-II). أطيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية للعينات المدروسة.

2.2.5.II. تقدير كمية عديد الفينول والفلافونويدات للعينات النباتية المدروسة:

تم تقدير المحتوى الكلي لعديد الفينول للعينات المدروسة بالاستعانة بالمنحنيات القياسية، حيث دونت

نتائج الإختبارات في الجدول (7-II).

نلاحظ من خلال نتائج تقدير المركبات الفينولية والفلافونويدات الموجودة في المستخلص الميثانولي

للعينات النباتية المدروسة، أن هناك تباين ملحوظ في كمية المركبات الفينولية والفلافونويدات في مختلف

العينات، حيث تراوح مقدارها بين (2,844 مغ/غ) و (48,935 مغ/غ) بالنسبة لإختبار عديد الفينول أما

بالنسبة لإختبار الفلافونويدات فتراوحت مقدارها بين (0,001 مغ/غ) و (6,389 مغ/غ).

حيث بلغت كمية المركبات الفينولية أعلى قيمة لها في العينة 30:85 (48,935 مغ/غ) وتقاربت إلى حد كبير بين العينتين: 30:84 و 10:30 فكانت النتيجة على التوالي 48,854 مغ/غ و 48,813 مغ/غ.

وبمقارنة نتائج تقدير المركبات الفينولية ونتائج تقدير الفلافونويدات نستنتج أن العينات النباتية المدروسة تحتوي على كمية معتبرة من الفينولات والفلافونويدات.

II. 3.5. طريقة الكروماتوغرافيا HPLC:

تم حقن مزيج من المحاليل القياسية في جهاز HPLC، فتحصلنا على أزمنة مكوث مختلفة للمركبات الفينولية، إستنادا إلى المنحنى القياسي تم تسجيل أزمنة المكوث للمركبات القياسية والموضحة في الجدول (8-II).

الجدول (8-II). زمن المكوث لكل مركب فينولي.

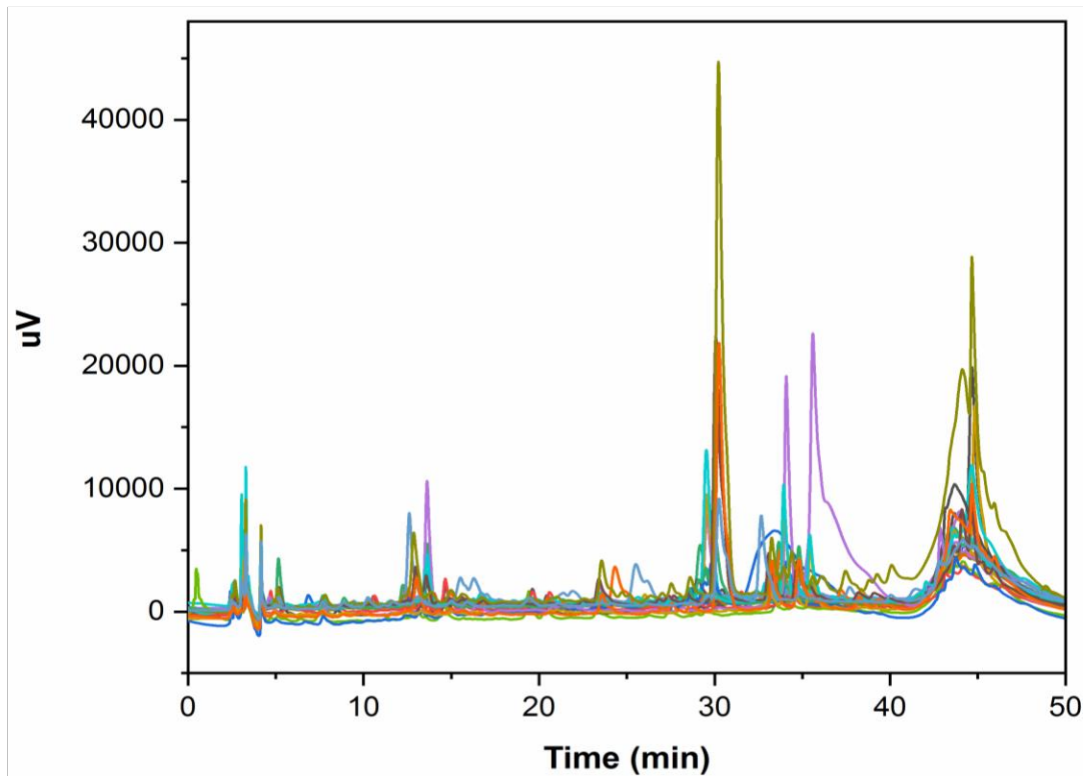
المركبات الفينولية	الرمز	زمن الخروج (min) Tr
حمض الغاليك	GA	5.29
حمض الكلورجينيك	CLA	13.392
حمض الفانيليك	VA	15.531
حمض الكافيك	CA	16.277
الفانيلين	VAN	21.46
كومارين	P-CA	23.817
روتين	RUT	28.37
النارجين	NAR	34.788
الكريستين	QR	45.047

1.3.5.II. التحليل النوعي:

من خلال المنحنيات الكروماتوغرافية المتحصل عليها للمستخلصات النباتية المدروسة تبين وجود كمية معتبرة من المركبات الفينولية والفلافونويدات في جميع العينات وذلك لظهور قمم موافقة لنفس زمن المكوث لكل مركب فينولي؛ إلا أن تواجد هذه المركبات إختلف بين العينات المدروسة، حيث أظهرت النتائج أن النباتات المدروسة تحتوي على العديد من الأحماض الفينولية.

2.3.5.II. التحليل الكمي:

قدم كروماتوغرام HPLC أداة ممتازة للتنميط الفعال لمعظم المكونات الكيميائية السائدة في العينات المدروسة كما هو موضح في الشكل (7-II)، بعد التعرف على أنواع الفينولات الموجودة في كل عينة تم حساب قيمتها بإستعمال المنحنيات القياسية، قدرت كمية الشاهد مقابل كل 1 غ من العينة وبالتركيز على الأحماض التسعة الشواهد المتوفرة لدينا لتلخص في الجدول (9-II).



الشكل (7-II): كروماتوغرام HPLC للعينات المدروسة.

4.5.II . تقدير الفعالية المضادة للأكسدة للمستخلصات:**1.4.5.II . تقدير إجمالي الفعالية المضادة للأكسدة:**

قدرت الفعالية المضادة للأكسدة للعينات المدروسة بالإستناد إلى المنحى القياسي لحمض الغاليك، حيث تراوحت قدرة هذه المستخلصات للفعالية المضادة للأكسدة ما بين 172-3,013 مغ/غ فكانت أكبر كمية للعينة 34 تليها العينتين 22 و 13 بتركيز 145 - 134.88 مغ/غ، تقدير إجمالي الفعالية المضادة للأكسدة لجميع العينات المدروسة موضحة في **الجدول (7-II)**.

2.4.5.II . اختبار (Diphenylpicrylhydrazyl) DPPH:

يوضح **الجدول (10-II)** نتائج اختبار DPPH لمختلف العينات النباتية المدروسة **الملحق (6)**، عند مقارنة القدرة التثبيطية للجذور الحرة من خلال اختبار DPPH للعينات النباتية المدروسة مع الشاهد، وجد أن العينات (18:52، 1:1، 2:4، 9:25، 23:66، 26:73، 27:75، 28:79، 33:89) ذات فعالية ضعيفة جدا لتثبيط الجذور الحرة و متقاربة مع قدرة تثبيط الجذور الحرة للشاهد، حيث تراوحت هذه الفعالية (3.426 - 4.737 مغ/مل)، تليها العينات (1:2، 3:7، 3:8، 3:9، 4:11، 6:16، 6:19، 8:24، 10:28، 13:39، 16:46، 17:49، 18:51، 18:53، 19:54، 20:57، 21:58، 21:59، 21:60، 21:61، 22:62، 22:63، 23:64، 24:67، 25:70، 26:71، 27:74، 28:77، 28:77، 29:80، 29:82، 31:86، 22:88، 34:90) والتي لها فعالية جيدة نسبيا بالمقارنة مع الشاهد، قدرت بحوالي (1.809 - 2.786 مغ/مل)، بينما باقي العينات المدروسة تميزت بفعالية عالية جدا ، باعتبار العينة 25:69 ذات أكبر قدرة تثبيطية حيث قدرت بـ 0.017 مغ/مل.

بمقارنة القدرة التثبيطية للجذور الحرة للعينات النباتية المدروسة مع المركب القياسي حمض الأسكوربيك نجد أن العينات المدروسة تقريبا كلها ذات فعالية معتبرة.

عموما يمكن اعتبار العينات المدروسة ذات فعالية مضادة للأكسدة من حسنة إلى جيدة إعتماذا الى

الإختبارين اللذين تم اعتمادهما في هذه الدراسة (إختبار DPPH وإختبار فوسفوموليبيدات).

خلاصة الفصل:

في محاولة لتثمين الثروة النباتية المتواجدة في ولاية الوادي من جملة النباتات المستعملة في الطب الشعبي، إرتأينا في هذا الفصل تحديد هوية المركبات الكيميائية، التقدير الكمي لعدد الفينول والفلافونويدات، تقدير بعض الأحماض الفينولية والفلافونويدية إضافة إلى تقدير كمية المواد الفعالة والقدرة المضادة للأكسدة، بتطبيق بعض طرق التحليل الطيفية (FTIR) والمرئية (UV-vis) والكروماتوغرافية السائلة عالية الأداء (HPLC).

أعطى الفحص الفيتوكيميائي لجميع العينات النباتية المدروسة نتائج مهمة أثبتت تواجد المركبات الفعالة وخاصة الأساسية منها تتواجد تقريبا في جميع العينات المدروسة وبنسب معتبرة. من هنا وجب علينا تثمين هذه النتائج وذلك ببناء نماذج إحصائية تصنيفية إعتمادا على بيانات التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء، الأشعة فوق البنفسجية والمرئية كذا التحليل الكروماتوغرافي وهو ما سوف نتطرق إليه في الفصل الثالث.

الجدول (7-II). المحتوى الكلي للفينول و الفلافونويد، تقدير الفعالية المضادة للأكسدة.

Sample code	TPC (mg GAE/g)	TFC (mg QE/g)	PPM (mg GAE/g)	Sample code	TPC (mg GAE/g)	TFC (mg QE/g)	PPM (mg GAE/g)
01:01	3,293	1,626	42.715	16:46	4,292	0,001	5.494
01:02	4,129	1,014	14.533	16:47	3,089	1,014	25.700
01:03	4,272	1,381	44.310	16:48	4,027	1,693	1.595
02:04	12,799	1,581	49.805	17:49	2,966	1,113	3.190
02:05	14,941	1,637	38.461	17:50	4,517	1,136	18.078
02:06	13,615	2,750	37.398	18:51	4,598	0,402	18.787
03:07	3,905	1,003	12.938	18:52	12,207	0,825	7.621
03:08	2,844	0,480	26.763	18:53	4,394	0,001	7.444
03:09	4,619	0,468	2.126	19:54	15,716	6,389	56.008
04:10	2,456	1,526	41.474	19:55	9,147	4,119	36.511
04:11	3,803	2,917	34.562	19:56	11,514	3,328	46.437
04:12	3,089	0,914	15.242	20:57	5,945	1,192	18.433
05:13	14,268	2,015	134.881	21:58	7,087	0,569	17.192
05:14	16,328	1,737	130.095	21:59	9,188	1,336	66.111
05:15	9,963	1,492	34.562	21:60	6,026	0,791	16.129

06:16	5,700	3,974	21.623	22:61	10,636	0,591	23.218
06:17	5,985	2,204	72.492	22: 62	5,292	2,594	19.496
06:18	5,659	4,185	68.415	22:63	8,719	0,613	12.938
07:19	17,307	1,503	60.085	23:64	4,353	1,281	23.750
07:20	4,823	0,335	50.159	23:65	3,497	0,724	58.844
07:21	12,472	0,858	103.863	23:66	5,781	1,381	24.282
08:22	48,650	1,648	145.693	24:67	3,762	0,190	11.875
08:23	42,652	0,424	73.378	25:68	9,984	5,209	106.876
08:24	23,917	1,348	46.260	25:69	9,412	4,341	76.036
09:25	41,061	2,294	87.025	25:70	8,739	6,200	33.321
09:26	34,900	0,925	89.152	26:71	5,455	0,958	77.632
09:27	44,121	0,702	45.373	26:72	4,823	0,758	69.478
10:28	31,922	0,224	96.242	26:73	9,249	2,939	2.126
10:29	41,632	0,023	80.290	27:74	4,884	2,783	47.678
10:30	48,813	1,503	121.942	27:75	4,374	1,526	56.008
11:31	42,489	3,629	68.769	27:76	4,170	1,247	91.634
11:32	42,693	0,980	62.034	28:77	8,943	0,346	25.522
11:33	44,529	2,071	62.211	28:78	8,821	2,739	60.439
12:34	10,759	0,847	57.603	28:79	6,536	0,535	6.203

12:35	9,963	0,652	64.870	29:80	9,657	0,535	12.761
12:36	11,820	0,268	20.737	29:81	11,718	0,034	14.711
13:37	15,247	0,446	93.583	29:82	9,310	0,146	7.444
13:38	11,860	0,351	51.754	30:83	42,530	0,847	96.596
13:39	19,102	1,002	43.601	30:84	48,854	1,092	113.612
14:40	17,552	2,783	54.413	30:85	48,935	0,947	126.550
14:41	15,369	3,985	49.805	31:86	6,801	1,225	18.078
14:42	48,731	4,252	3.013	31:87	8,556	1,359	104.041
15:43	10,494	0,190	79.758	32:88	8,923	0,068	44.133
15:44	6,801	0,373	10.634	33:89	3,741	0,947	42.006
15:45	12,228	0,869	12.229	34:90	22,264	0,090	172.279

الجدول (9-II): تركيز الأحماض الفينولية السائدة في العينات المدروسة.

Sample code	Gallic Acid (µg/g)	Chlorogenic Acid (µg/g)	Vanilic Acid (µg/g)	Caffiec Acid (µg/g)	Vanilin (µg/g)	p-Comaric Acid (µg/g)	Rutin (µg/g)	Naringin (µg/g)	Quercetin (µg/g)	Total (mg/g)
01:01	49,322	210,182	41,354	3,552	33,562	187,393	1059,366	74,514	1464,591	3,124
01:02	40,036	113,815	31,034	2,669	ND	80,158	578,496	15,512	699,330	1,561
01:03	19,597	76,049	0,873	23,484	ND	137,024	691,416	19,052	9477,205	10,445
02:04	55,218	422,008	172,033	24,290	54,689	4346,100	38,751	4143,516	976,813	10,233
02:05	131,728	536,109	439,664	83,020	295,252	15258,875	136,420	1217,916	498,334	18,597
02:05	109,095	218,398	142,806	15,378	87,589	4204,481	40,868	6531,875	284,675	11,635
03:07	103,253	80,822	30,512	7,682	ND	41,350	ND	468,115	ND	0,732
03:08	40,723	66,448	26,138	14,096	13,182	5,746	13,474	522,101	2219,692	2,922
03:09	111,490	ND	5,028	17,800	ND	ND	27,708	25,842	6327,502	6,515
04:10	121,958	375,232	223,677	157,631	ND	75,531	137,564	455,772	1936,811	3,484
04:11	112,412	ND	5,990	ND	11,868	9,258	22,740	38,340	683,631	0,884
04:12	112,438	42,511	ND	3,500	ND	52,983	97,882	177,811	1932,871	2,420
05:13	ND	134642,751	321,684	626,270	412,058	14014,507	713,879	552,887	408,506	151,693
05:14	ND	98744,122	364,587	723,869	253,945	16903,643	266,138	1442,056	527,524	119,226
05:15	ND	79503,596	415,124	560,138	321,717	9345,142	101,265	1468,249	240,319	91,956
06:16	ND	103,928	421,055	662,315	ND	230,540	173,984	4302,905	1930,936	7,826
06:17	59,461	10,413	22,008	38,674	ND	15,905	ND	995,511	2257,283	3,399

06:18	ND	319,086	439,642	856,893	ND	18,365	347,385	1607,431	2285,235	5,874
07:19	160,451	68,498	33,892	193,624	ND	21,594	75,433	830,394	2529,371	3,913
07:20	106,062	57,863	ND	97,692	ND	14,438	72,165	1403,303	ND	1,752
07:21	203,039	44,126	ND	129,232	7,226	ND	110,766	106,321	1322,623	1,923
08:22	158,892	134,678	22,115	ND	8,149	24,209	71,873	ND	1082,247	1,502
08:23	DN	1059,515	18,532	72,940	8,719	180,733	52,224	ND	ND	1,393
08:24	304,409	815,084	215,778	ND	33,365	15,400	93,484	ND	ND	1,478
09:25	724,102	138,565	ND	ND	425,189	41,673	42,752	390,474	1843,105	3,606
09:26	73,334	99,312	0,280	ND	ND	18,592	32,433	119,366	2592,062	2,935
09:27	901,143	1249,038	ND	0,188	ND	35,478	286,946	505,919	2393,852	5,373
10:28	16,726	220,051	20,324	ND	22,674	34,702	16,949	5160,999	958,892	6,451
10:29	79,033	542,239	36,922	ND	ND	45,528	18,050	19,062	1543,603	2,284
10:30	18,046	42,317	ND	3,985	ND	41,156	0,000	2309,345	1102,486	3,517
11:31	366,182	739,312	ND	ND	ND	53,739	66,941	976,201	1382,370	3,585
11:32	557,828	95,380	27,942	39,550	ND	0,000	63,971	2044,058	ND	2,829
11:33	978,545	380,983	30,785	ND	ND	0,000	908,066	5107,033	ND	7,405
12:34	65,204	1715,430	ND	ND	ND	150,690	19,699	28,866	ND	1,980
12:35	ND	35,966	3,491	ND	ND	29,603	25,370	72,223	3319,036	3,486
12:36	57,190	553,252	ND	61,249	ND	50,656	26,606	54,626	3494,967	4,299
13:37	94,976	21,343	51,683	10,437	0,000	31,526	629,754	150,710	798,775	1,789

13:38	245,354	9,887	95,106	ND	14,271	20,075	181,779	240,301	2172,440	2,979
13:39	216,119	37,711	70,707	3,366	ND	15,670	468,057	76,774	0,000	0,888
14:40	112,141	ND	29,049	ND	ND	ND	107,924	12,436	566,477	0,828
14:41	202,231	ND	150,290	0,000	53,969	ND	807,227	1832,437	1243,422	4,290
14:42	219,217	ND	211,611	161,899	76,817	12,959	207,867	81,604	754,370	1,726
15:43	ND	1192,735	18,845	22,197	ND	243,002	250,128	87,167	ND	1,814
15:44	121,311	74,664	35,758	ND	ND	5,318	302,914	71,531	548,345	1,160
15:45	ND	ND	57,818	ND	ND	57,190	340,634	16,626	195,130	0,667
16:46	51,151	38,800	3,310	ND	ND	69,692	32,703	123,464	795,791	1,115
16:47	136,523	103,817	5,323	ND	ND	4,348	152,374	166,324	ND	0,569
16:48	ND	139,201	17,681	6,062	ND	ND	9,821	129,181	559,610	0,862
17:49	ND	21,851	ND	ND	6,808	18,984	265,613	1085,846	1012,856	2,412
17:50	39,213	95,490	ND	ND	ND	18,584	208,371	41,488	1055,948	1,459
29:80	ND	67,556	26,824	27,076	30,419	ND	47,925	400,361	218,150	0,818
29:81	44,187	62,829	ND	9,645	18,038	4,986	25,881	270,963	ND	0,437
29:82	ND	77,720	11,190	7,109	35,201	108,552	35,198	373,776	1687,368	2,336
18:51	ND	461,740	47,027	ND	ND	288,975	166,757	954,002	161,708	2,080
18:52	ND	123,489	116,118	ND	33,443	410,239	391,494	1175,417	1093,032	3,343
18:53	ND	706,060	30,917	ND	ND	169,019	141,039	1199,009	611,926	2,858
19:54	ND	275,430	26,393	ND	15,140	12,551	26,244	90,645	2472,899	2,919

19:55	3,661	220,743	2277,954	ND	73,789	53,488	2312,059	33,830	ND	4,976
19:56	ND	326,656	1411,460	ND	41,446	75,127	1432,057	48,485	ND	3,335
20:57	5,673	56,709	1085,038	ND	41,402	36,808	1087,095	78,404	315,942	2,707
24:67	0,000	18,472	3,276	ND	7,599	ND	214,618	87,001	2165,494	2,496
32:88	30,160	108,535	15,148	ND	ND	ND	142,631	79,292	1833,809	2,210
21:58	266,941	22,802	29,479	ND	14,315	ND	223,422	134,775	1879,501	2,571
21:59	ND	221,906	10,517	ND	1585,827	79,640	363,132	20,517	1050,818	3,332
21:60	ND	207,127	8,974	9,838	940,597	84,853	230,443	48,764	ND	1,531
28:77	ND	200,166	507,580	ND	ND	72,064	772,065	45,193	2358,879	3,956
28:78	54,670	62,765	8,624	ND	97,149	ND	93,988	30,951	536,639	0,885
28:79	11,609	ND	88,698	ND	ND	140,442	29,434	31,106	9158,605	9,460
22:61	1174,028	755,015	8,163	15,271	ND	72,993	ND	12,911	215,682	2,254
22:62	34,491	884,939	8,587	ND	5,488	380,649	63,971	63,306	403,416	1,845
22:63	8,943	53,958	85,554	177,875	82,993	ND	128,944	127,014	2283,882	2,949
23:64	ND	44,154	ND	127,269	ND	145,570	22,094	86,671	ND	0,426
23:65	ND	26,070	46,778	129,191	ND	ND	49,908	60,509	ND	0,312
24:66	ND	33,963	ND	36,797	332,968	ND	158,734	97,177	156,129	0,816
25:68	ND	16,229	82,505	43,996	106,886	ND	172,669	291,666	2301,697	3,016
25:69	187,868	41,366	105,601	ND	595,476	ND	161,214	289,065	ND	1,381
25:70	38,302	559,354	35,493	ND	0,000	10,191	41,543	125,311	ND	0,810

26:71	33,723	262,488	ND	25,449	5,182	ND	119,542	127,334	ND	0,574
26:72	ND	23,033	ND	2,750	ND	17,133	21,504	108,561	ND	0,173
26:73	ND	ND	20,139	ND	ND	58,301	78,894	152,278	1662,656	1,972
27:74	ND	ND	30,173	ND	54,536	ND	ND	160,111	2137,970	2,383
27:75	ND	21,186	47,854	ND	75,931	ND	ND	105,124	2881,352	3,131
27:76	230,475	3236,437	ND	675,020	ND	598,594	773,387	201,146	1402,151	7,117
30:83	491,063	2381,537	ND	58,906	ND	1265,469	5097,641	1800,857	2759,011	13,854
30:84	298,798	580,475	ND	706,930	ND	271,963	350,654	118,118	1885,376	4,212
30:85	211,364	113,058	3,682	ND	49,744	10,728	122,762	551,226	2437,802	3,500
31:86	57,102	261,445	9,291	47,822	76,311	39,733	267,773	861,830	2018,820	3,640
31:76	79,227	294,724	18,692	ND	8,400	ND	92,830	150,999	1119,996	1,765
33:89	37,852	21,777	9,813	ND	401,015	79,479	ND	84,432	708,753	1,343
34:90	88,700	199,086	111,969	34,485	49,320	18,260	36,178	12,075	1561,541	2,112

الجدول (10-II). نتائج اختبار DPPH لمختلف العينات النباتية المدروسة.

Sample code	Equation	R ²	IC ₅₀ (mg / mL)	Sample code	Equation	R ²	IC ₅₀ (mg / mL)
01:01	$y = 4,1552x + 36,079$	0.8376	3.3502	16:46	$y = 10.555x + 38.431$	0.6454	1.0960
01:02	$y = 4,597x + 37,743$	0.7957	2.6663	16:47	$y = 13.416x + 47.634$	0.9207	0.0753
01:03	$y = 11.502x + 40.14$	0.9735	0.8572	16:48	$y = 16.25x + 35.454$	0.9115	0.8951
02:04	$y = 15.309x + 0.8269$	0.9086	3.2120	17:49	$y = 7.8771x + 33.5$	0.7471	2.0946
02:05	$y = 12.645x + 48.551$	0.4653	0.1145	17:50	$y = 16.966x + 37.095$	0.9663	0.9663
02:06	$y = 5.867x + 65.638$	0.9866	0.7241	18:51	$y = 8.0531x + 32.898$	0.4959	2.1236
03:07	$y = 11.459x + 30.334$	0.7583	1.7162	18:52	$y = 4.7283x + 27.599$	0.8307	4.7376
03:08	$y = 24.666x + 14.904$	0.7121	1.4228	18:53	$y = 10.071x + 33.6$	0.9712	1.6284
03:09	$y = 21.283x + 24.647$	0.8872	1.1912	19:54	$y = 12.048x + 33.915$	0.554	1.3350
04:10	$y = 34.028x + 25.241$	0.9566	0.7276	19:55	$y = 19.934x + 40.69$	0.5695	0.4670
04:11	$y = 4.5978x + 16.868$	0.5996	1.9641	19:56	$y = 40.768x + 41.793$	0.8262	0.2011
04:12	$y = 1.7925x + 29.32$	0.7078	11.5369	20:57	$y = 13.599x + 20.764$	0.9884	2.1498
05:13	$y = 38.081x + 38.529$	0.9368	0.3093	21:58	$y = 20.555x + 27.424$	0.6054	1.0983
05:14	$y = 17.732x + 32.366$	0.9244	0.9944	21:59	$y = 29.033x + 14.19$	0.9672	1.7875
05:15	$y = 27.965x + 34.649$	0.9942	0.5489	21:60	$y = 7.1699x + 34.796$	0.7237	2.1205

06:16	$y = 10.986x + 33.012$	0.7472	1.5463	22:61	$y = 9.7057x + 39.11$	0.9071	1.1220
06:17	$y = 21.893x + 10.375$	0.875	1.8099	22: 62	$y = 13.346x + 32.208$	0.9601	1.3331
06:18	$y = 48.076x + 15.161$	0.7236	0.7246	22:63	$y = 10.617x + 32.355$	0.9652	1.6619
07:19	$y = 21.057x + 22.883$	0.9876	1.2877	23:64	$y = 8.3513x + 32.382$	0.5045	2.1096
07:20	$y = 15.034x + 40.387$	0.9924	0.6394	23:65	$y = 19.624x + 33.853$	0.9542	0.8228
07:21	$y = 50.633x - 0.6279$	0.9698	0.9998	23:66	$y = 8.1919x + 10.71$	0.9345	4.7962
08:22	$y = 5.234x + 47.691$	0.762	0.4411	24:67	$y = 16.817x + 28.825$	0.6493	1.2591
08:23	$y = 19.097x + 33.26$	0.9252	0.8765	25:68	$y = 22.264x + 31.876$	0.9777	0.8144
08:24	$y = 25.737x + 9.4251$	0.9525	1.5765	25:69	$y = 7.259x + 49.876$	0.8281	0.0170
09:25	$y = 12.118x + 23.784$	0.667	3.3502	25:70	$y = 12.69x + 14.633$	0.9841	2.7869
09:26	$y = 74.589x + 17.505$	0.7276	0.4356	26:71	$y = 18.831x + 23.979$	0.6594	1.3818
09:27	$y = 70.655x + 6.6178$	0.9891	0.6140	26:72	$y = 15.321x + 43.897$	0.9648	0.3983
10:28	$y = 25.388x + 18.824$	0.7196	1.2279	26:73	$y = 11.217x + 28.963$	0.7152	3.3502
10:29				27:74	$y = 23.764x + 23.83$	0.9591	1.1012
10:30	$y = 84.911x + 6.8511$	0.9844	0.5081	27:75	$y = 12.789x + 9.0148$	0.9942	3.2047
11:31				27:76	$y = 39.571x + 47.821$	0.9446	0.0550
11:32				28:77	$y = 31.58x + 6.6289$	0.9939	1.3733
11:33				28:78	$y = 11.189x + 22.872$	0.7882	2.4245
12:34	$y = 22.113x + 38.578$	0.7878	0.7228	28:79	$y = 8.7431x + 20.045$	0.6174	3.4261

12:35	$y = 56.973x + 27.374$	0.6479	0.8265	29:80	$y = 4.8729x + 43.062$	0.7773	1.4237
12:36	$y = 49.654x + 38.947$	0.9648	0.2226	29:81	$y = 4.2895x + 49.488$	0.9014	0.1193
13:37	$y = 56.432x + 13.817$	0.8824	0.6411	29:82	$y = 7.2896x + 39.875$	0.977	1.3889
13:38	$y = 37.028x + 21.099$	0.5831	0.7805	30:83			
13:39	$y = 29.847x + 18.413$	0.5963	1.0582	30:84			
14:40	$y = 62.735x + 33.357$	0.5242	0.2652	30:85			
14:41	$y = 4,1552x + 36,079$	0.6391	0.8782	31:86	$y = 9.9082x + 27.704$	0.6953	2.2502
14:42	$y = 9.6071x + 48.975$	0.6164	0.1066	31:87	$y = 37x + 19.577$	0.9362	0.8222
15:43				32:88	$y = 19.834x + 8.6936$	0.966	2.0826
15:44	$y = 24.084x + 34.211$	0.8947	0.6555	33:89	$y = 8.6287x + 23.646$	0.7228	3.0542
15:45	$y = 19.414x + 34.988$	0.9345	0.7732	34:90	$y = 12.807x + 28.956$	0.612	1.6431

المراجع:

باللغة العربية

[3] المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني، (2010). طرق التحليل الطيفي تخصص مختبرات كيميائية، المملكة العربية السعودية. ص: 15، 30-31.

[4] د. عبد المنعم محمد السيد الاعسر، (2000). التحليل الطيفي للأنظمة الكيميائية والبيوكيميائية. الطبعة الثانية، الدار العربية للنشر والتوزيع، دار السلام، القاهرة.

[5] الدكتور عبد العليم سليمان أبو المجد، (2011). التحليل الطيفي باستخدام الأشعة تحت الحمراء، الأكاديمية الحديثة للكتاب الجامعي.

[9] يوسف حليس، الموسوعة النباتية لمنطة سوف، مطبعة الوليد، الوادي، ص 1- 252، 2007.

اللغة الأجنبية

1. Lopes, J.; Sousa, C., Hyperspectral Analysis for Plant Characterization and Discrimination. *Comprehensive Analytical Chemistry* **2018**, *80*, 281-289.

2. Skolik, P.; McAinsh, M. R.; Martin, F. L., Biospectroscopy for plant and crop science. In *Comprehensive analytical chemistry*, Elsevier: 2018; Vol. 80, pp 15-49.

6. Coates, J. P., The interpretation of infrared spectra: Published reference sources. *Applied spectroscopy reviews* **1996**, *31*, 179-192.

7. Images and frequencies obtained from: <http://wwwchem.csustan.edu/tutoriais/infrared.htm> . (accessed 01/05/ 2011).

8. Harborne, A., *Phytochemical methods a guide to modern techniques of plant analysis*. springer science & business media: 1998.

10. Rebiai, A.; Lanez, T.; Belfar, M. L., Determination of caffeic acid and gallic acid in Algerian bee pollen by an HPLC method. *PhytoChem & BioSub Journal*, **2014**, *8.3*, 190-197.

11. Beretta, G.; Granata, P.; Ferrero, M.; Orioli, M.; Facino, R. M., Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica Chimica Acta* **2005**, *533*, 185-191.

12. Lianda, R. L.; Sant'Ana, L. D. O.; Echevarria, A.; Castro, R. N., Antioxidant activity and phenolic composition of Brazilian honeys and their extracts. *Journal of the Brazilian Chemical Society* **2012**, *23*, 618-627.

13. Prieto, P.; Pineda, M.; Aguilar, M., Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical biochemistry* **1999**, *269*, 337-341.

14. Rebiai, A.; Lanez, T., Chemical composition and antioxidant activity of Apis mellifera bee pollen from northwest Algeria. *Journal of Fundamental and Applied Sciences* **2012**, *4*, 163-155

15. Lee, B.-J.; Kim, H.-Y.; Lim, S. R.; Huang, L.; Choi, H.-K., Discrimination and prediction of cultivation age and parts of *Panax ginseng* by Fourier-transform infrared spectroscopy combined with multivariate statistical analysis. *PloS one* **2** ,12 ,017e0186664.
16. Rohaeti, E.; Rafi, M.; Syafitri, U. D.; Heryanto, R., Fourier transform infrared spectroscopy combined with chemometrics for discrimination of *Curcuma longa*, *Curcuma xanthorrhiza* and *Zingiber cassumunar*. *Spectrochimica Acta Part A :Molecular and Biomolecular Spectroscopy* **2015**, *137*, 1244-1249.
17. Anjos, O.; Santos, A. J.; Dias, T.; Estevinho, L. M., Application of FTIR-ATR spectroscopy on the bee pollen characterization. *Journal of Apicultural Research* **2017**, *56*, 210-218.
18. Zeghoud ,S.; Rebiai, A.; Hemmami, H.; Ben Seghir, B.; Elboughdiri, N.; Ghareba, S.; Ghernaout, D.; Abbas, N., ATR–FTIR Spectroscopy, HPLC Chromatography, and Multivariate Analysis for Controlling Bee Pollen Quality in Some Algerian Regions. *ACS omega* **2021**, *6*, 484887.-78
19. Ami, D.; Mereghetti, P.; Doglia, S. M., Multivariate analysis for Fourier transform infrared spectra of complex biological systems and processes. *Multivariate analysis in management, engineering and the sciences* **2013**, 189-220.
21. Petrakis, E .A.; Polissiou, M. G., Assessing saffron (*Crocus sativus* L.) adulteration with plant-derived adulterants by diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy coupled with chemometrics. *Talanta* **2017**, *162*, 558-566.
22. Jagadeesh, D.; Kanny, K.; Prashantha, K., A review on research and development of green composites from plant protein-based polymers. *Polymer Composites* **2017**, *38*, 1504-1518.

الفصل الثالث

المقدمة:

يعد التصنيف، التمييز ومراقبة الجودة طريقة مهمة لضمان فعالية النباتات الطبية المختلفة وتركيز المواد الكيميائية فيها؛ ومع ذلك فإن التركيب الكيميائي لهذه النباتات معقد ونادرًا ما يتم تحديد المكونات النشطة لها، كثيرا ما تعتمد كمية هذه المكونات على التباين داخل الأنواع والظروف البيئية وفترة الحصاد ووقت التخزين وطريقة المعالجة للنباتات [1، 2].

على مدى العقود القليلة الماضية شكلت مراقبة الجودة، تصنيف وتمييز النباتات مشكلة كبيرة، حيث تم إتخاذ العديد من الإجراءات ليس فقط لزيادة وتعزيز جودة النباتات ولكن أيضًا لتطوير طرق وأساليب تحليلية فعالة وموثوقة للتحقق من جودتها؛ في الوقت الحاضر يتم إختبار العديد من النباتات الطبيعية بإستخدام القياس الكيمومتري مقترنا بطرق التحليل الطيفي والكروماتوغرافي المختلفة [3].

من أجل بناء نماذج لتحديد وتمييز النباتات تم إستخدام مجموعة متنوعة من التقنيات التحليلية [4]، بما في ذلك تقنيات الكروماتوغرافيا (HPLC)، وكروماتوغرافيا الغاز (GC)، والتحليل الطيفي (UV-Vis، FTIR، NMR و MS) [5-11].

مع ظهور تكنولوجيا الحاسوب وتطورات التقنيات التحليلية نمت القياسات الكيمومترية بقوة، وأصبحت طرق القياس الكيمومتري أداة رائدة بين الباحثين لتقدم نتائج بحث أسرع وأوقات تطوير منتج أقصر [4، 5، 17]. يهدف هذا الفصل إلى تطبيق التحليل الكيمومتري إستنادا إلى بيانات التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء (IR) والأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-vis)، التحليل الكروماتوغرافي (HPLC)، من أجل بناء نموذج إحصائي تصنيفي قائم على تصنيف العينات النباتية الصحراوية المدروسة لمنطقة الوادي (جنوب شرق الجزائر).

1.III. التحليل الكيمومتري (التحليل الإحصائي متعدد المتغيرات):

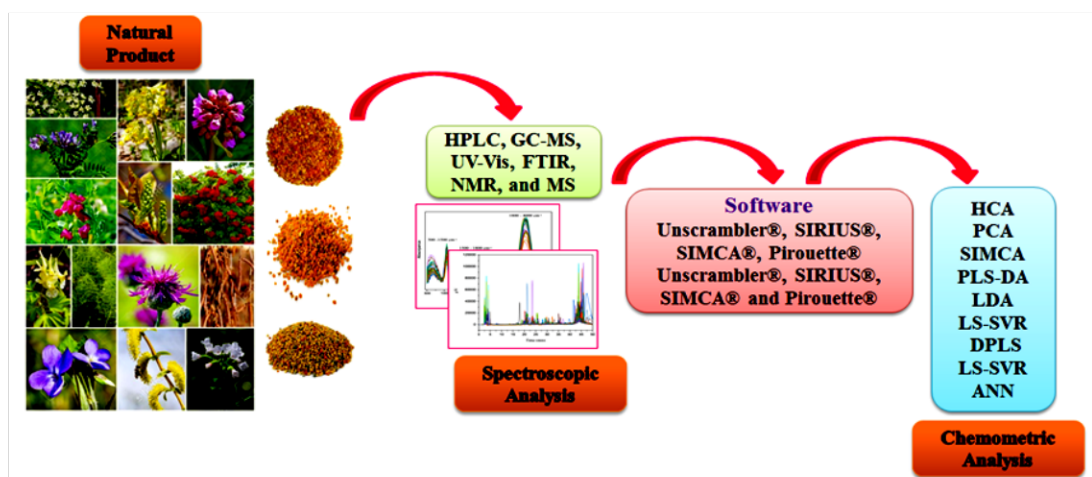
مرت ثلاثون عامًا منذ أن أصبحت القياسات الكيمومترية على شكلها الحالي لكن لم يتم التوصل إلى الإستغلال الأمثل لتطبيقاتها بعد [12]؛ في وجود عدد كبير من العينات يزداد حجم بيانات الإخراج (النتائج) بشكل كبير ويجعل عمل الخبير أو المختص مملًا للغاية ويستغرق وقتًا طويلًا، لذلك تم تطوير الأساليب المتقدمة للقياس الكيمومتري لتقييم مجموعة البيانات الكبيرة والمعقدة، حيث توفر طرق التحليل الإحصائي نتائج سريعة، دقيقة وموثوقة [13]؛ تُستخدم طرق التحليل الإحصائي بإستخدام البيانات الطيفية بشكل شائع في المجالات التحليلية والبيئية والأغذية الزراعية وقد تم التحقق منها كأداة فعالة وسريعة وأكثر دقة من المقارنات البصرية التقليدية [14].

القياس الكيمومتري هو تخصص كيميائي يستخدم الرياضيات والإحصاء والمنطق: (1) تصميم أو إختيار الشروط التجريبية المثلى، (2) توفير أقصى قدر من المعلومات الكيميائية القابلة للتطبيق من خلال تحليل البيانات الكيميائية، (3) إكتساب معرفة بالنظام الكيميائي [15].

صنفت أهداف التحليل الكيمومتري حسب الدراسة إلى: التحديد /التوصيف، التمييز /التصنيف، مراقبة الجودة /قمع الغش، إلخ.

2.III. تقنيات و أساليب دراسة نموذج إحصائي :

عرف التحليل الإحصائي (القياس الكيمومتري) بتقنيات التعرف على الأنماط غير الخاضعة للرقابة (Unsupervised pattern recognition)، وتقنيات التعرف على الأنماط الخاضعة للإشراف [5] (Supervised pattern recognition) (الشكل (1-III)).



الشكل (III-1). مخطط يوضح مناهج التحقيق المتضمنة فحص المنتجات الطبيعية.

III.2.1. التعرف على الأنماط غير الخاضعة للإشراف:

يمكن استخدام تقنيات التعرف على الأنماط غير الخاضعة للإشراف للتقييم الأولي لمحتوى معلومات مصفوفة البيانات، حيث تعتبر المعالجة المسبقة للبيانات مهمة لمنع تأثيرات المتغيرات المختلفة [16]، هذه التقنية لها طرق عديدة منها:

تحليل المكونات الرئيسية (PCA): هو أحد أشهر أساليب القياس الإحصائي أو الكيمومتری [17]، والتي تهدف إلى تقليل و تلخيص الأبعاد من مجموعة بيانات بها العديد من المتغيرات المترابطة و تحويلها إلى مجموعة صغيرة من المتغيرات المستقلة والتي تستحوذ على نسبة كبيرة من المعلومات الخاصة بالبيانات الأصلية [12].

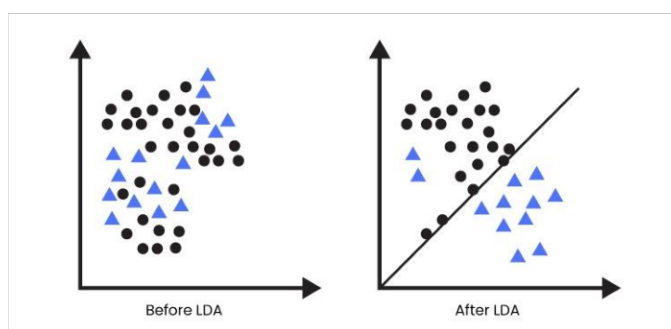
تحليل الكتلة الهرمية (HCA): وهي تقنية تجريبية تستخدم لتجميع العينات وفقاً لأنواع قياسات التشابه المستخدمة، حيث يتم ترتيب العينات ذات توقعات الطيف المتطابقة في نفس العنقود [13]، تعتمد هذه التقنية أيضاً على أن مبدأ التشابه يتناسب عكساً مع المسافة بين العينات، لذلك تحسب هذه طريقة المسافة (أو الارتباط) بين جميع العينات عن طريق مقياس معين مثل: المسافة الإقليدية (Euclidean)، مسافة مانهاتن (Manhattan) وما إلى ذلك...، كما يجب استخدام خوارزميات تجميع مختلفة لتجميع

العينات بناءً على المعيار الذي تم النظر فيه لتحديد المسافة بين مجموعتين (قاعدة الربط): واحد (Nearest neighbor)، كامل (Farthest neighbor)، أو وصلات متوسطة (Mean connections)، طريقة النقطة الوسطى (Centroid method)، طريقة وارد (Ward method)، ... إلخ [16].

2.2.III. التعرف على الأنماط الخاضعة للإشراف:

تستخدم تقنيات التعرف على الأنماط الخاضعة للإشراف معلومات فئة مجموعة العينات (صنف) لتحديد عينات جديدة غير معروفة في إحدى المجموعات المحددة بناءً على نمط القياس الخاص بها [16]، كما يمكن تمييز تقنيات التعرف على الأنماط الخاضعة للإشراف من خلال الأساليب التمييزية والنمذجة الطباقية [17]، هناك بعض الأساليب التمييزية منها:

التحليل التمييزي الخطي (LDA) (Linear Discriminant Analysis): هي عملية تهدف إلى تحسين التمايز بين مجموعات العينات المعروفة من خلال إنشاء ميزة رياضية، حيث تكثف أبعاد مجموعات البيانات المعقدة عن طريق تقليل عدد كبير من المتغيرات الأصلية (الشكل 2-III) بدون أو مع الحد الأدنى من فقدان أصل العينات (المعرفة من الأصل) إلى عدد قليل من الأبعاد المركبة الجديدة (تسمى الخصائص المتعارف عليها) [13].



الشكل (2-III). تصنيف الكائنات المختلفة قبل وبعد تنفيذ LDA.

تحليل المربعات التمييزية الجزئية الصغرى (PLS-DA): هي تقنية تعتمد على توقع عضوية المجموعة لعينات غير معروفة، بإستخدام قيمة المربعات الجزئية الصغرى لعينات غير معروفة والمتغيرات المستقلة للمصفوفة "X" والمتغيرات الفئوية "Y" للعينة المحددة مسبقاً لإنشاء نموذج تدريب.

في PLS-DA يتم إنشاء نسخة مصفوفة مماثلة تتكون هذه المصفوفة من أعمدة مساوية للفئات الحالية، حيث قيم الملاحظة 1 للفئات التي تنتمي إليها و 0 للبقية، حيث تحتوي مصفوفة X الأولية على مجموعة البيانات التي تمت معالجتها مسبقاً [13].

المربعات الجزئية الصغرى (PLS): هي تقنية تركز على الكشف والفصل بين الفئات ذات الصلة بالتصنيف [18]، كما تعتمد طريقة إسقاط متعددة المتغيرات لنمذجة العلاقة بين المتغيرات التابعة (Y) والمتغيرات المستقلة (X)، مبدؤها العثور على المكونات في مصفوفة الإدخال (X) التي تصف قدر الإمكان المتغيرات ذات الصلة في متغيرات الإدخال وفي نفس الوقت يكون لها أقصى ارتباط مع القيمة المستهدفة في Y مع إعطاء وزن أقل للمتغيرات العشوائية [16].

خوارزمية الجار الأقرب k-Nearest Neighbor (KNN): تتمحور هذه التقنية حول المسافة بين الكائن المجهول وكل من كائنات مجموعة التدريب، تُستخدم المسافة الإقليدية بشكل شائع ولكن تُفضل الأساليب القائمة على الارتباط للمتغيرات شديدة الارتباط، حيث يتم إختيار أقل مسافة لتعيين أحسن فصل [16].

توفر هذه الطريقة بعض المزايا مقارنة بالتعرف على الأنماط الأخرى المنظمة، مثل سهولة الإستخدم بسبب المعادلات الرياضية البسيطة، عدم وجود متطلبات تطبيع وما إلى ذلك، ومع هذا فإن KNN لها عيب مماثل لـ LDA ولا تسفر عن نتائج جيدة عندما تكون المسافات بين العينات كبيرة [13].

النمذجة المستقلة اللينة لتشبيه الفئات (SIMCA): هي الطريقة الأكثر إستخدامًا لنمذجة الفئات، يتم تصميم كل فئة على حدة بإستخدام PCA حيث يمكن تحديد عدد مختلف من المكونات الرئيسية، يحدد التحقق المتقاطع (Cross-validation) عدد المكونات الرئيسية لكل فئة في مجموعة التدريب؛ وبالتالي يتم الإحتفاظ بعدد كافٍ من المكونات الرئيسية لتغطية غالبية التباين داخل كل فئة، مع الحفاظ على نسبة إشارة إلى ضوضاء عالية (High signal-to - noise ratio) دون تضمين ما يسمى بالمكونات الرئيسية الثانوية أو المشحونة بالضوضاء في نموذج الصنف، حيث تحدد SIMCA المسافة بين المجموعات والنمذجة والتمييز [16].

يوفر النموذج أفضل نتيجة عندما يكون الإختلاف بين الفئات أكبر بكثير من الإختلافات داخل الفئة، كما أنه يقدم نتائج بيانية وبالتالي فإن الحساب بسيط للغاية؛ تتضمن مخططات التحميل (The plots of loading) والنتائج التي تم الحصول عليها بعد تحليل PCA معلومات عن القيم المتطرفة وتجميع العينات، إلا أن العيب الرئيسي في SIMCA هو أنه إذا كانت الفروق في الفئة صغيرة فإنها تنتج نتائج سيئة [13].

3.III. معاملات التحليل الإحصائي :

وهي مجموعة من العوامل والمؤشرات التي تستخدم لإختبار صحة وجودة النموذج الإحصائي وتقييم العلاقة بين العناصر المدروسة، فهي عبارة عن مؤشرات حقيقية للحكم عن دقة التحليل وطبيعة الإرتباط بين العناصر المدروسة؛ ومن أهم هذه المعاملات نذكر:

- معامل الإرتباط (R) Coefficient of correlation:

وهو معامل يحدد قوة العلاقة بين المتغير التابع والمتغيرات المستقلة المستخدمة، يأخذ قيم محصورة بين (0، 1)، حيث يعبر عن دقة وجودة النموذج كلما اقتربت قيمته من 1، بينما يكون النموذج سيئاً كلما اقتربت قيمته من 0.

- معامل التحديد (R^2): Coefficient of Determination

عبارة عن معامل إحصائي يفسر التباين الواقع بين المتغيرات التابعة والمتغيرات المستقلة داخل النموذج الإحصائي المدروس، تتحصر قيم R^2 بين (0، 1) ، فكلما كانت قيمته قريبة من 1 كانت نقاط العينات قريبة من خط المربعات الصغرى للنموذج، أما إذا كانت قيمته قريبة من 0 تكون نقاط السحابة أكثر تشتت وهو ما يدل عن سوء النموذج.

يتغير هذا المعامل بمجرد تغير أو زيادة عدد المتغيرات المستقلة في النموذج دون الأخذ بالإعتبار ما إذا كانت المتغيرات المستقلة (X) المضافة مؤثرة أو غير مؤثرة على المتغيرات التابعة (Y).

- معامل Stone-Geissercx (Q^2):

إذا كانت قيمة هذا المعامل أكبر من 0 فإن النموذج له قدرة تنبؤية عالية، أما إذا كانت أقل من 0 فقدرة النموذج التنبؤية ضعيفة [19].

- معامل Root Mean Square Error of leave-one-out Cross- (RMSECV)

:Validation

لتحديد قيم هذا المعامل يتم إستبعاد كل عينة على حدة ويتم حساب نموذج الإنحدار مع جميع العينات المتبقية وإستخدامها للتنبؤ بهذه العينة، تتمثل فوائد هذا المعامل في قدرته على إكتشاف القيم المتطرفة وقدرته على تقديم تقديرات شبه منحازة لخطأ التنبؤ [20].

4.III. البرمجيات والحسابات:

بالنسبة للقياسات الكيمومترية هناك العديد من حزم البرامج التي تمت تجربتها لتنفيذ عمليات حسابية معقدة للبيانات.

لكل برنامج ملامح ومزايا خاصة به مثل: [®]Unscrambler ، [®]SIRIUS ، [®]SIMCA ، و [®]Pirouette والتي تتضمن مناهج التحليل المتعددة الشائعة مثل: PCA ، PCR ، PLS و SIMCA ولكن هناك قدرة محدودة لكتابة هذه البرامج الخاصة.

على العكس من ذلك لتعزيز كتابة الأنماط الخاصة فإن [®]MaTlab ، [®]MiniTab و [®]Grams [21] تعد برامج مفيدة بشكل خاص لتحليل النمط الكمي بدلاً من إستكشاف مصفوفة البيانات بإستخدام تقنيات مختلفة للتعرف على الأنماط [22].

5.III. التصنيف والتوثيق الكيمومتري:

عند إكتشاف العلاقات الرياضية بين المتغيرات الوصفية والنوعية تم إستخدام مصطلحات التصنيف والمصادقة بشكل متكرر.

أصبحت هذه الإجراءات أكثر أهمية في علم النبات، حيث تحتاج صناعة الأغذية الزراعية إلى تطوير إجراءات المراقبة عبر الإنترنت لتفعيل أداء النموذج وكذلك حماية وضمان سمعة المنتج [23].

يعتمد تحديد الإختلافات الفيزيائية والكيميائية والكيمياء الحيوية المحتملة بين العينات على التصنيف والمصادقة، لكن بين هذين الإجراءين هناك إختلافات جوهرية [24].

هناك أيضاً مجموعة من التطبيقات في الدراسات للتصنيف الآلي ومصادقة المنتج للتحقق من فعالية تكلفة التحليل الطيفي الى جانب القياسات الإحصائية لهذا الغرض [16، 25، 26].

عدد الأعمال التي درست مصادقة النباتات والمنتجات الطبيعية على أساس التحليل الطيفي والقياسات الكيميائية أقل ندرة مقارنة بالتصنيف والتمييز.

يتم استخدام التصنيف، والتمييز والتوثيق أيضاً كمرادفات، حيث تحدد المصادقة ما إذا كان الكيان هو حقاً ما تم الإعلان عنه، تتضمن هذه الطريقة تمييزاً مختلفاً للأنماط حيث يسمى تصنيف فئة واحدة [24]، كما يتم استخدامها أيضاً لتحديد ما إذا كانت عينة أو كائن جديد ينتمي إلى فئة محددة مسبقاً [26].

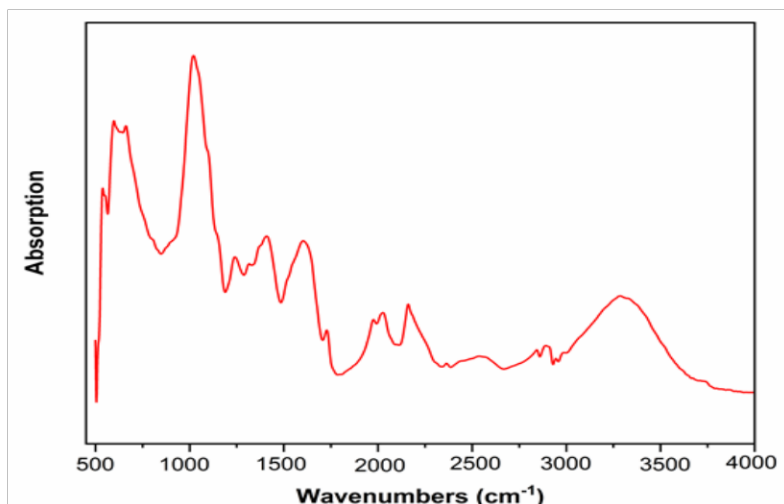
تم إجراء العديد من الدراسات حول مراقبة جودة الشاي الأخضر، تمثل القدرة المضادة للأكسدة لمستخلصات الشاي الأخضر معيار أساسي للجودة، حيث تُستخدم نماذج الإنحدار المختلفة لتقدير إجمالي القدرة المضادة للأكسدة في البصمات الكروماتوغرافية لمستخلصات الشاي الأخضر [27-29].

6.III. المعالجة المسبقة للأطياف:

غالباً ما تحتوي الأطياف على مكونات غير مرغوب فيها (ما يسمى بالضوضاء) أو تختلف بشكل ملحوظ فيما بينها، مما قد يقلل من أداء البرنامج للنماذج المقترحة، لذلك تُستخدم تقنيات التحويل الطيفي لحذف البيانات غير ذات الصلة، والتي لا يمكن معالجتها باستخدام طرق التعرف على الأنماط الكيميائية [30].

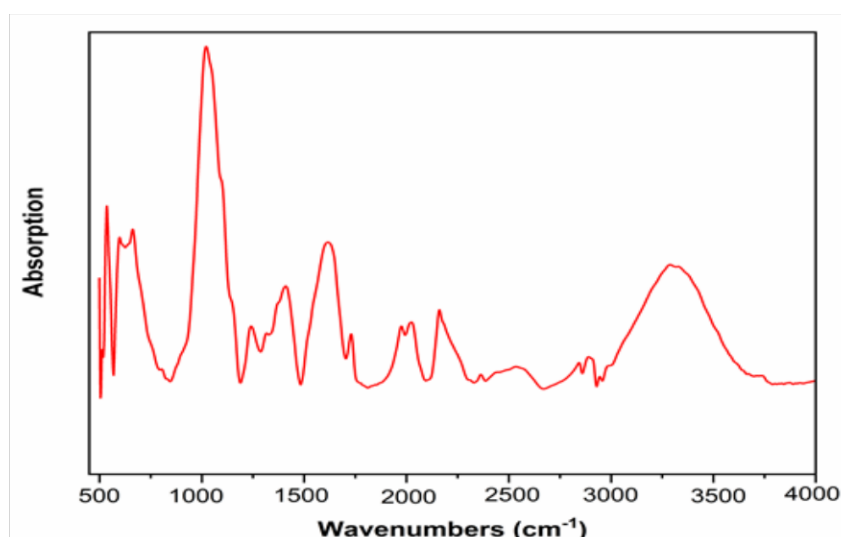
تم تطوير العديد من طرق المعالجة الطيفية المسبقة (Standard Normal Variate)، توضح الشكل (3-III) طيف نبات الرتم، يوضح الشكل (4-III) طيف العينة بعد تطبيق طرق المعالجة.

يمكن تصنيف تقنيات المعالجة المسبقة على أنها تصحيح التشبث (الإننتار)، تصحيح خط الأساس، تحسين الإشارة وترشيح ضوضاء الإشارة الإحصائية، حيث يمكن استخدام أكثر من أداة واحدة في أي ترتيب و في وقت واحد، ولكن يجب تنفيذ تقنيات تصحيح الإننتار (Scatter correction) قبل التمييز [31].



الشكل (3-III). طيف الأشعة تحت الحمراء لنبات الرتم.

يضمن هذا البروتوكول إمكانية تفسير النتائج من حيث متوسط التباين^[32]، بعد إدخال تقنية المعالجة المسبقة؛ هناك طريقتان تستخدمان كثيراً لتقليل التباين بين الأطياف: تنظيم المتغير العادي (SNV) والتوحيد القياسي، حيث يمكن الحصول على SNV بطرح الطيف من متوسط الطيف الأصلي عند كل طول موجي وقسمة هذه النتيجة على الانحراف المعياري للطيف، بينما يُقسَم الطيف مباشرةً على الانحراف المعياري للطيف عند أي طول موجي في التوحيد القياسي^[33].



الشكل (4-III). المعالجة المسبقة لطيف FTIR لنبات الرتم.

7.III. أدوات القياس الكيمومتری الشائعة المستخدمة إلى جانب التحليل الكیمیائی:

هذا الإبداع في استخدام الآلة قادر على إنتاج كميات هائلة من الإختلافات بين العينات انطلاقاً من تسجيل البيانات، مما يمكننا من التأثير بشكل كبير على مراقبة، تمييز و تصنيف النباتات، هناك العديد من تقنيات القياس الكيمومتری المستخدمة على نطاق واسع في توثيق المنتجات الطبيعية و النباتات، مثل تحليل المكونات الرئيسية (PCA)، وتحليل الكتلة الهرمية (HCA)، والتحليل التمييزي الخطي (LDA)، والشبكات العصبية الاصطناعية (ANN)، و k-Nearest Neighbor (kNN)، كذلك تحليل تمييز المربعات الجزئية الصغرى (PLS-DA)، و المربعات الصغرى الجزئية (PLS)، أيضاً النمذجة المستقلة الناعمة لتشبيه الفئة (SIMCA) إلى جانب طرق التحليل الكیمیائی المختلفة.

1.7.III. كروماتوغرافيا السائل عالية الأداء (HPLC) :

وهي الطريقة التحليلية الأكثر استخداماً لدراسة البنية التركيبية النباتية، حيث تم استخدام HPLC بالإقتران مع التحليل الإحصائي متعدد المتغيرات لتصنيف العديد من الأعشاب والنباتات وثيقة الصلة وتمييزها [34].

تستخدم هذه الطريقة على نطاق واسع في دراسة المستقلبات الثانوية النباتية، على الرغم من أن هذه المستقلبات متشابهة بشكل عام في المصادر النباتية الشائعة، إلا أنها غير مستقرة وتتأثر بسهولة بعدة ظروف مثل: درجة الحرارة والتربة وما إلى ذلك، لتحديد أوجه التشابه والإختلاف بين النباتات المختلفة أو العينات المختلفة لنبات معين من مصادر مختلفة يجب إنشاء نموذج إحصائي، نتيجة لذلك تم استخدام معامل الارتباط كمعيار في التحليل الإحصائي لحل هذه المشكلة في العديد من التجارب وأستخدم على نطاق واسع في مراقبة جودة الأعشاب [35، 36-40].

يمكن إستخدام مخطط الكروماتوغرام بأكمله كملف تعريف كيميائي، أو يمكن إستخدام منطقة تمييز كروماتوغرافي، تم تلخيص العديد من الدراسات السابقة لتطبيق التحليل الكيمومتري الى جانب التحليل الكروماتوغرافي في **الجدول (1-III)**.

✓ التمييز التصنيفي:

لتصنيف عينات العسل المختلفة إعتماًداً على الملامح التحليلية، تم إستخدام البصمات الكروماتوغرافية عند 270 و 360 نانومتر إلى جانب مختلف طرق التحليل الإحصائي PCA و PLS و PLS-DA و SIMCA؛ أظهرت نتائج مختلف الأساليب التحليلية التي تم إستخدامها في هذه أنه يمكن تصنيف عينات العسل إنطلاقاً من مصادره الزهرية، من هنا يمكن اعتبار هذه الأساليب مشجعة وواعدة لتتبع العسل من مصادر نباتية أحادية الأزهار أو متعددة الأزهار [41].

في دراسة أخرى تم إختبار HCA و PCA و LDA لقدرتها على التمييز بين بذور النباتات المختلفة لـ *Peganum sp.*، حيث كانت نتائج LDA متوافقة مع HCA و PCA [42].

✓ تقييم الجودة:

يمكن وصف طريقة تحليل البصمة أو ما يسمى بالكروماتوغرافيا على أنها سمة مميزة تعكس التركيبات الكيميائية للتقييم ومراقبة الجودة للعينة التي تم تحليلها ويمكن أن تلعب أيضاً دوراً مهماً في التمييز بينها أو تصنيفها بسبب تعقيدات العناصر أو المواد المكونة لها [43].

تم إستخدام بيانات تحليل HPLC لتحديد الفلافونويدات السطحية لأصناف الريحان المختلفة (الإفرازات أو الفلافونويدات السطحية التي تستخدم عادةً في دراسات التصنيف الكيميائي، والتي يتم إنتاجها على الأوراق السطحية والسيقان والأزهار) [44، 45].

تم استخدام بصمات HPLC إلى جانب تحليل البيانات PCA و k-NN و LDA باستخدام مصفوفة بيانات منفصلة ومصفوفات بيانات مجمعة لإختبار إجراءات إتساق *Atractylis chinensis*، أشارت نتائج الـ PCA من مصفوفات البيانات المجمعة إلا أنه وفقاً لطرق المعالجة تم التمييز بين العينات، حيث تم تجميع PCA بشكل معقول وفقاً لأصلها الجغرافي وتصنيفها باستخدام k-NN و LDA^[46]. من أجل تقييم جودة ومقارنة مكونات لحاء وغصين القرفة تم تطوير تحليل بصمات HPLC، حيث سمحت PCA و PLS-DA بتمييز جيد للعينات، حيث كان مركب السينامالديهيد (Cinnamaldehyde) هو العامل الواسم والأكثر وفرة^[47].

✓ الأصول الجغرافية:

يعد تحديد منشأ المنتجات الطبيعية خطوة مهمة في تحديد هويتها وأصالتها، تم استخدام HPLC بنجاح كمعيار تمييزي للدراسة الكمية لمجموع الأحماض الأمينية لعينات الأفيون (*Opium*) المختلفة التي تم الحصول عليها من ثلاث ولايات هندية، من أجل التمييز بين العينات، تم تطبيق التحليلات التمييزية المتعددة (MDA)^[48].

تم تحليل عينات *Ganoderma lucidum* من أصول جغرافية مختلفة بواسطة HPLC لتصنيف العينات وفقاً لمقاطعة المنشأ، حيث تم استخدام تقنيات HCA، PCA، PLS-DA و SIMCA، جمعت العينات المختلفة في فئة واحدة، لذلك لم تعطي مختلف الطرق المستخدمة فصلاً جيداً^[37]. لتحديد أصل *Thymus ssp.* تم استخدام مركبات الفلافونويد المشتقة من HPLC، حيث تم تصنيف العينات بناءً على مركبات الفلافونويد المختلفة والبنية المورفولوجية والموقع الجغرافي^[49].

لتمييز الأصل الجغرافي لـ *Rhizoma coptidis* تم تطبيق تحليل التشابه (SA)، PCA و HCA، حددت مخططات PCA المكونات ذات أعلى قيمة تشخيصية لتحديد الأنواع الأصلية من الأنواع الفرعية المختلفة^[38].

7.III. التحليل الطيفي:

1.7.III. مطيافية الأشعة تحت الحمراء:

تم إستكشاف القدرة الجيدة لإستخدام مطيافية الأشعة تحت الحمراء (ATR-FTIR)، وتحويل فورييه رامان (FT-Raman)، والتحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء المتوسطة (MIR) والأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) إلى جانب التحليل الإحصائي في مراقبة الجودة أو التمييز أو تصنيف العديد من الأعشاب [51، 50، 8].

تم إستخدام التحليل الطيفي الفعال للأشعة تحت الحمراء للتمييز بين أنواع النباتات / الأنماط الكيميائية المختلفة والتنبؤ بمحتوى المواد النباتية المهمة، خاصة في حبوب لقاح النحل، الشاي والطماطم ونباتات أخرى؛ حيث أثبتت طريقة التحليل الطيفي NIR قدرة ممتازة على التعرف السريع على أنواع النباتات المختلفة، والتنبؤ بالمكونات النشطة الرئيسية، وكذلك ضمان دقتها وصلاحياتها بالتزامن مع تقنيات التحليل الكيمومتری [22، 52، 51، 53].

تم تلخيص العديد من الدراسات السابقة في **الجدول (2-III)** من خلال تقنيات القياس الإحصائي متعدد المتغيرات الى جانب تقنية التحليل للأشعة تحت الحمراء.

✓ التمييز التصنيفي:

التمييز بين القهوة منزوعة وغير منزوعة الكافيين على أساس التحليل الإحصائي مع التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء تم التحقيق في متغير كامن واحد فقط، حيث صنف نموذج الإنحدار PLS-DA جميع عينات القهوة بشكل صحيح وفقاً لدرجة التحميص [54].

أتاح تحليل طيف الأشعة تحت الحمراء الحصول على صورة موثوقة للمكونات في عينات حبوب اللقاح المختلفة، قدم تحليل متعدد المتغيرات (PCA، HCA) تمايز حسب العائلة والجنس لمعظم العينات من الأصل النباتي [55].

تم دمج القياسات الإحصائية مع بيانات FTIR لتمييز دنج (عبر) النحل الماليزي غير اللاسع (Stingless bee propolis)، تم استخدام PCA و HCA كأداتين للتعرف على أنماط طيف FTIR، تم توزيع عينات عكبر النحل غير اللاسع إلى ثلاث مجموعات منفصلة بناءً على نسب الإيثانول، شدة الذروة ومنطقة البصمة [56].

✓ تقييم الجودة:

ترتبط جودة المنتجات الطبيعية والنباتات إرتباطاً وثيقاً بمكوناتها الكيميائية وتركيزها، والتي يمكن أن تختلف فيما بينها من حيث التغيرات المناخية أو الزراعية، وقت الحصاد، الطريقة وظروف التخزين، يمكن أن تؤثر هذه الاختلافات في التركيز على جودة النباتات عند تحليلها الطيفي، على الرغم من أن الاختلافات الطيفية بين الأطياف يمكن أن تفرق بين مكوناتها، أين قدمت الـ PCA، SA و HCA تحديد وتمييز طيف النباتات بشكل فعال [47، 57].

تم استخدام FTIR الى جانب القياس الكيمومتری (PCA، OPLS-DA) لإنشاء نموذج مصادقة سريع وكشف الغش لعشبة المريمية (Sage)، حيث قدمت OPLS-DA قياس كفاءة 0.978 و 0.952 وقياس تنبؤ 0.975 و 0.936 [58].

تم التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء القريبة لـ 154 عينة من حبوب لقاح النحل البرازيلية المرتبطة مع إنحدار PLS، حيث قدمت النماذج نتائج جيدة للقياس الكمي بسهولة وفعالية من حيث التكلفة [59]. بالنسبة للكرم (Turmeric)، تم تحليل 30 عينة بواسطة FT-IR متبوعة بتحليل المكون الرئيسي (PCA) وتحليل المجموعات الهرمية (HCA) لتحديد الاختلافات والتشابهات بين العينات التي تم جمعها حيث لم تستطع FT-IR التفريق بين نفس الأنواع [3].

لقد تم استخدام مطيافية FTIR جنباً إلى جنب مع التحليل الإحصائي متعدد المتغيرات من أجل تحديد البندق (*Hazelnuts*) الأصلي، حيث سمحت طرق التصنيف متعددة المتغيرات وبالتحديد PCA، LDA و PLS-DA بالتمييز الجيد بين المجموعات [60].

✓ الأصول الجغرافية:

أستخدم التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء القريبة، للتمييز بين جذور حشيشة الملاك (*Angelica*) الصينية والكورية، أين استخدمت SIMCA كعلامة للتمييز الفعال بين عينتين مختلفتين جغرافياً لإنشاء نموذج معايرة للتصنيف [61].

تمت دراسة أربعة أنواع من الثوم الأحمر (*Allium sativum L.*) المزروعة في مختلف الأراضي الإيطالية من خلال التحليل التمييزي للمربعات الصغرى (PLS-DA) مقترنا بمطيافية فورييه لتحويل الأشعة تحت الحمراء (ATR-FTIR)، حيث تم الحصول على أفضل النتائج باستخدام طريقة O-PLS، والتي أعطت معدل تصنيف إجمالي قدر بـ 95% [62].

تم تحليل عينات الخروب (*Carob*) باستخدام مطيافية فورييه لتحويل الأشعة تحت الحمراء (FTIR) من سبعة بلدان متوسطة مختلفة، إحصائياً تمت معالجة البيانات باستخدام تقنيات متعددة المتغيرات بما في ذلك PCA، CA، PLS و OPLS-DA، حققت PLS أفضل نموذج تصنيف [54].

2.7.III. مطيافية الأشعة فوق البنفسجية و المرئية:

عادةً ما يرجع إمتصاص الأشعة فوق البنفسجية والمرئية إلى الحاملات اللونية الكروموفور (*Chromophore*) والأكسوكرومات (*Auxochromes*)، حيث تُنسب العديد من البيانات المستقرة والفعالة إلى الكروموفورات التي يتم إمتصاصها بشكل كبير نسبياً، والتي تمثل بشكل أساسي الأنظمة المترافقة أو العطرية التي تحدث في عدة فئات من المستقلبات مثل مركبات الفلافونويد؛ عادة لا تحتوي التربينويدات (الصابونين،

الترايبتيريبيويدات والمونوترينين) على هذه الكروموفورات، لذلك ليس لها إمتصاصية عند الأشعة فوق البنفسجية و المرئية، وجد عدد قليل من تطبيقات الأشعة فوق البنفسجية و المرئية مقترنة مع تحليل متعدد المتغيرات حيث يوضح **الجدول (III-3)** الدراسات السابقة في هذا الموضوع.

✓ التمييز التصنيفي:

بالنسبة لعينات الفاكهة (*kiwi and pomelo*) تم استخدام تحليل البصمة HPLC والتحليل الطيفي UV-Vis مقترنة بالطرق الإستكشافية متعددة المتغيرات لتمييز العينات، كانت التصنيفات التي تم الحصول عليها مستقلة عن التقنيات التحليلية، بحيث أشارت إلى أنه عند دمجها مع طرق القياس الإحصائي المناسبة تقدم نتائج جيدة [63].

✓ تقييم الجودة:

لتحديد المستخلصات المائية للقهوة البرازيلية المحمصة والمطحونة من حيث التركيبية (تحتوي على كافيين /منزوع الكافيين) وظروف الحفظ، تم استخدام تقنيات طيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية إلى جانب تقنيات القياس الكيمومتری، اعتماد على طريقتين: SIMCA و LDA مع إختيار خوارزمية الإسقاط المتتالية للأطوال الموجية (SPA)، حققت SPA-LDA أفضل النتائج حيث صنفت جميع عينات الدراسة بشكل صحيح، تشير هذه النتائج إلى أن تحليل الطيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية ونمذجة SPA-LDA تقدم بديلاً واعدًا لعينات القهوة لتحديد حالة الحفظ وتركيبها [64].

✓ الأصول الجغرافية:

لتحديد أصول عينات البروبوليس الأرجنتيني، تم إجراء مخططات طيفية للأشعة فوق البنفسجية في نطاق 420-190 نانومتر، متبوعاً بتحليل المكونات الرئيسية، المجموعات الهرمية، التمييز الخطي، حيث أظهرت النتائج أنه يمكن تمييز البروبوليس الأرجنتيني [8].

الجدول (1-III). تطبيقات HPLC إلى جانب التحليل الكيمومتری لتصنيف المنتجات الطبيعية.

المرجع	طرق التحليل	الأساليب الإحصائية	هدف الدراسة	سنة الدراسة	العينة المدروسة	الرقم
[65]	HPLC	OPLS-DA PCA	الأصل الجغرافي	2016	الزعفران (<i>Saffron</i>)	1
[66]	HPLC (GC-MS) HPLC- (DAD	PCA LDA BP-ANN LS-SVM	تمييزية تصنيفية	2012	الكرم (<i>Rhizoma</i>) (<i>Curcumae</i>)	2
[67]	HPLC	PCA HCA SIMCA BP- ANN	تمييزية تصنيفية	2012	Epimedium wushanense /epimedium koreanum	3
[68]	LC-LTQ- Orbitrap	HCA	مراقبة جودة	2011	Xin-Ke-Shu (XKS) (Herbal mixture)	4
[69]	HPLC	PLS-DA	مراقبة جودة / تمييزية تصنيفية	2011	القرفة (<i>Cinnamon</i>)	5
[70]	HPLC – MS	PCA PLS O-PLS	مراقبة جودة	2011	قنبيل (<i>Mallotus species</i>)	6
[71]	UPLC-ESI- MS MS	PCA PCA-DA	تمييز تصنيفي	2011	<i>Labisia pumila</i>	7
[72]	HPLC- DAD	PCA HCA PLS-DA	مراقبة جودة	2011	قشر اليوسفي المجفف <i>Citri reticulatae</i> pericarpium (PCR)	8
[73]	HPLC	HCA PCA SA DA	تمييزية تصنيفية	2011	نباتات طبية	9
[74]	HPLC- DAD	PCA	الأصل الجغرافي	2011	<i>Pueraria lobata</i>	10
[75]	UHPLC- ESI-MS	PCA PLS-DA	مراقبة جودة	2010	<i>Panax notoginseng</i>	11
[39]	HPLC	SA	مراقبة جودة	2010	Yiqing preparations, <i>Coptis chinensis</i> ; <i>Rheum officinale</i> ; <i>Scutellaria</i> <i>baicalensis</i>	12
[76]	HPLC- DAD- ELSD	PCA	مراقبة جودة	2010	<i>Polygala japonica</i>	13
[77]	HPLC	PCA HCA LDA	تمييزية تصنيفية	2010	<i>Peganum sp</i>	14
[78]	HPLC- ELSD HPTLC	ANNs k-NN	مراقبة جودة	2009	<i>Chaihu</i> (<i>Bupleuri Radix</i>)	15
[79]	RP-HPLC	COW PCA SVM RF	مراقبة جودة/ أصل جغرافي	2009	الشاي الأخضر Green tea	16

[80]	HPLC	PCA PLS	مراقبة جودة	2009	Mallotus species	17
[38]	UPLC- PAD	SA HCA PCA	أصل جغرافي	2009	Rhizoma Coptidischine-nsis	18
[81]	HPLC- DAD	HCA	تمييزية تصنيفية	2009	Aconitum kusnezoffii Rchb (AKR)	19
[82]	HPLC	PCR COW PLS	تمييزية تصنيفية	2009	Mallotus	20
[46]	HPLC ICP-AES	PCA k-NNs LDA	مراقبة جودة	2008	Atractylis chinensis	21
[29]	HPLC	MLR PCR PLS O-PLS	مراقبة جودة	2008	Green tea	22
[83]	HPLC	PCA HCA SIMCA	مراقبة جودة	2008	Genus Bauhinia	23
[84]	HPLC- DAD	PCA	تمييزية تصنيفية	2008	الزعتر <i>Thymus</i>	24
[28]	HPLC	PRM PLS	مراقبة جودة	2007	Green tea	25
[85]	HPLC	HCA PCA SA DA	مراقبة جودة	2007	Huoxiang Zhengqi Tincture	26
[86]	HPLC	PCA PLS-LDA	مراقبة جودة	2007	Pericarpium Citri Reticulatae	27
[27]	HPLC	PLS COW PCA UVE-PLS	مراقبة جودة	2005	Green tea	28
[49]	RP-HPLC	HCA	مراقبة جودة/ أصل جغرافي	2005	Isatis indigotica	29
[35]	HPLC- DAD	PCA	تمييزية تصنيفية	2005	Angelica sinensis (Chinese Angelica AC)	30
[48]	HPLC	MDA	تمييزية تصنيفية	2005	Indian opium	31
[87]	HPLC LC-UV	PCA	تمييزية تصنيفية	2005	Willow (<i>Salix sp.</i>)	34
[45]	HPLC	PCA	تمييزية تصنيفية	2004	Species of <i>Ocimum</i>	35

الجدول (2-III). تطبيقات FTIR-ATR إلى جانب التحليل الكيمومتری لمراقبة المنتجات الطبيعية.

المرجع	طرق التحليل	الأساليب الإحصائية	هدف الدراسة	سنة الدراسة	العينة المدروسة	الرقم
[88]	FTIR	PCA HCA	تمييزية تصنيفية	2020	<i>Ephedra alata</i>	1
[55]	FTIR-ATR	PCA LDA	تمييزية تصنيفية	2020	Bee pollen	2

		PLS				
[62]	FTIR-ATR	PLS-DA SO-PLS	أصل جغرافي	2020	Red garlic (<i>Allium sativum</i> L.)	3
[58]	FTIR	PCA OPLS-DA	مراقبة جودة	2019	<i>Salvia</i> L. (sage)	4
[9]	FTIR-ATR	PLS-DA RF	تمييزية تصنيفية	2019	<i>Paris polyphylla</i> <i>Smith</i> var. <i>yunnanensis</i>	5
[89]	FTIR	HCA PCA	تمييزية تصنيفية	2019	Bee Pollen	6
[90]	FTIR	PCA HCA	تمييزية تصنيفية	2019	Propolis	7
[91]	NIR/IR UV ICP-OES ICP-MS	PCA LDA	تمييزية تصنيفية	2019	Garcinia	8
[92]	NIR	PCA KNN SIMCA PLS-DA SVM-DA	تمييزية تصنيفية	2019	<i>Trichosanthes</i> <i>kirilowii</i>	9
[10]	FT-MIR	PCA PLS-DA RF HCA	أصل جغرافي	2018	Rhizomes Leaves of <i>Paris yunnanensis</i>	10
[93]	FTIR	PCA HCA	أصل جغرافي	2018	Bee pollen	11
[54]	FTIR	PCA HCA PLA OPLS-DA	أصل جغرافي	2018	Carobs	12
[59]	NIR	PLSR	مراقبة جودة	2017	Bee pollen	13
[94]	FTIR	PLS PLS-DA SiPLS	مراقبة جودة	2017	<i>Crocus sativus</i> L	14
[3]	UV FTIR ¹ H-NMR	PCA HCA	مراقبة جودة	2017	Turmeric (<i>Curcuma</i> <i>longa</i>)	15
[60]	FTIR	PCA LDA PLS-DA	مراقبة جودة	2017	Hazelnuts	16
[95]	FTIR	HCA	تمييزية تصنيفية	2017	Termitomyc-es Pellets	17
[96]	FTIR	PCA	تمييزية تصنيفية	2017	Kidney cells	18
[97]	FTIR	PCA PLS-DA	تمييزية تصنيفية	2017	Citrus fruits	19
[98]	FTIR	PLSR PLS VIP	تمييزية تصنيفية	2017	<i>Panax ginseng</i>	20
[99]	FTIR	PCA LDA	تمييزية تصنيفية	2016	Loblolly pine	21
[100]	X-ray fluorescence,	PCA HCA PLS-DA	أصل جغرافي	2016	Artichoke	22

	NIR spectroscopy					
[101]	NIR	PCA	أصل جغرافي	2016	Cedar	23
[102]	FTIR-ATR HPAEC- IPAD	PLS	مراقبة جودة	2015	Honey	24
[103]	FTIR	PCA CVA	تمييزية تصنيفية	2015	Curcuma	25
[52]	NIR Vis	PLS LS-SVM ICA	تمييزية تصنيفية	2015	Tomato	26
[104]	NIR	SVM ANN PLS-DA	تمييزية تصنيفية	2015	Grapevine	27
[105]	ATR-FTIR	HCA PCA	أصل جغرافي	2015	Honey	28
[106]	VIS/NIR	HCA PCA LDA PLS-DA	مراقبة جودة	2014	Corn salad	29
[107]	NIR	PLS DA	تمييزية تصنيفية	2014	Tea	30
[108]	FTIR-NIR	PCA PLS-DA	تمييزية تصنيفية	2012	Olive Olea europaea leaves	31
[109]	FTIR	PLS PCR	مراقبة جودة	2011	<i>Nigella sativa</i>	32
[110]	NIR	PLS-DA SIMCA DA	أصل جغرافي	2011	Eleutherococcus senticosus	33
[111]	FTIR	PCA HCA LDA	تمييزية تصنيفية	2008	Fragaria ananassa	34
[33]	VIS/NIR spectral	ANN	تمييزية تصنيفية	2008	Tea	35
[37]	NIR	PCA DPLS DA	أصل جغرافي	2008	Ganoderma lucidum	36
[112]	NIR	LS-SVR PLS	مراقبة جودة	2007	Tobacco	37
[113]	VIS/NIR spectral	PCA PLS-DA	تمييزية تصنيفية	2007	Pine nuts	38
[114]	FTIR	PCA SIMCA	مراقبة جودة	2004	Herbal Medicines	39
[115]	FTIR	PCA	تمييزية تصنيفية	2004	Flowering plants	40

الجدول (3-III). تطبيقات UV-vis إلى جانب القياس الإحصائي لتمييز المنتجات الطبيعية.

المرجع	طرق التحليل	الأساليب الإحصائية	هدف الدراسة	سنة الدراسة	العينة المدروسة	الرقم
[116]	UV-Vis	HCA	تمييزية تصنيفية	2019	Bee-Pollen	1
[8]	UV-Vis	PCA HCA LDA	أصل جغرافي/ تمييزية تصنيفية	2018	Propolis	2
[11]	UV-Vis FTIR HPLC	HCA PCA SIMCA PLS-DA	تمييزية تصنيفية/ مراقبة جودة	2018	Green Tea	3
[117]	UV-Vis	PCA	تمييزية تصنيفية	2016	Lettuce	4
[118]	UV-Vis	PCA HCA SIMCA	مراقبة جودة/ تمييزية تصنيفية	2013	Thyme	5
[63]	UV-Vis	PCA CA LDA	تمييزية تصنيفية	2012	kiwi - pomelo	6
[64]	UV-Vis	PCA SIMCA LDA	مراقبة جودة	2010	Coffee	7
[119]	UV-Vis	PCA ANN PLS	مراقبة جودة	2007	Iranian tea (leaves/caffeine and theobromine)	8
[120]	UV-vis	PLS-DA	مراقبة جودة	2006	Peganum harmala seeds/ alkaloids)	9
[121]	UV-vis	PCA	تمييزية تصنيفية	2005	<i>Plantago</i> ssp., <i>P.</i> <i>altissima</i> , <i>P.</i> <i>argentea</i> , <i>P.</i> <i>coronopus</i> , <i>P.</i> <i>holosteum</i> subsp. <i>depauperata</i> , <i>scopulorum</i> , <i>P.</i> <i>lagopus</i> , <i>P.</i> <i>maritima</i> (leaves, stems, flowers/polypheno) <i>Plantago</i> L.	10

الدراسة الإحصائية

1.III. المواد والطرق:

1.1.III. المواد:

مسحوق 90 عينة نباتية المجمعة من مختلف مناطق ولاية الوادي إضافة إلى مستخلصاتها الميثانولية المحضرة سابقا في الفصل الثاني.

2.1.III. الطرق:

1.2.1.III. الطرق التحليلية:

تمثلت الطرق التحليلية المستعملة في هذا الفصل في التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء والتحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية والمرئية وكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء.

2.2.1.III. البرامج والطرق الإحصائية:

البرامج الإحصائية المستخدمة في تحليل البيانات هي:

– برنامج Orange Data Mining (Orange3-3.13.0-

Python36 Pro 2018. University of Ljubljana, Slovenia).

– برنامج Human-Computer Interaction) MKS Umetrics AB SIMCA 14.1

.(Laboratory, University of Maryland, College Park, MD, USA

يستخدم تحليل البيانات متعدد المتغيرات الرياضيات والإحصاء لإستخراج معلومات مفيدة من البيانات

الناجمة عن طرق التحليل الكيميائي المختلفة.

إن الطرق الإحصائية المستخدمة في هذا الفصل تحليل المكونات الرئيسية (PCA) وهي عبارة عن تقنية تحليل بيانات متعددة المتغيرات تعمل جنباً إلى جنب مع تحليل الكتلة الهرمي (HCA) والمربعات الصغرى الجزئية (PLS) والتحليل الجزئي للمربعات الصغرى (PLS-DA) من خلال تلخيص وتقليل البيانات.

III.3.2.1.3. شروط تحقيق أفضل نموذج إحصائي:

في الدراسات الإحصائية يتم تطوير نموذج كمي للتنبؤ بخاصية ذات أهمية (y) مثل محتوى الفلافونويد الكلي، والنشاط المضاد للأكسدة وما إلى ذلك من عدد من المتغيرات التنبؤية (x_1, x_2) المعتمدة على الكروماتوغرام أو نقاط المسح الطيفي.

في الدراسة الحالية ومن أجل تحقيق أفضل نموذج إحصائي (تجميع)، إعتدنا على النقاط التالية:

✓ أقل إنتشار للعينات (العينات الشاذة).

✓ مجموعات بارزة وواضحة وأقل تداخل فيما بينها.

✓ معامل الارتباط R^2 قريب من الواحد.

من أجل تقدير خطأ التنبؤ أي جذر متوسط الخطأ التربيعي للتحقق المتبادل (RMSECV)، تُظهر

إحصائيات النموذج تطور RMSECV كدالة لعدد المكونات، حيث يتم إختيار العدد الأمثل لمكونات النموذج

باعتباره الحد الأدنى الأول لمنحنى RMSECV (0-100%).

تم اختيار الطرق الإحصائية التالية:

يختلف التعرف على الأنماط غير الخاضع للإشراف عن تحليل البيانات الاستكشافية في أن الهدف

من الأساليب هو إكتشاف أوجه التشابه، استخدمنا الطرق:

تحليل المكون الرئيسي (PCA): هو الأسلوب الإحصائي الأساسي والأكثر تطبيقاً، غير الخاضع للرقابة، حيث يمكن إعتبارها الطريقة الأم لتحليل البيانات الإستكشافية متعددة المتغيرات نظراً لقدراتها القوية للغاية في الحد من البيانات وعرضها.

أيضاً نظراً لقوة PCA غير العادية، تظل الأداة الأساسية للتحقيقات الأولية لدراسة البيانات والتجميع والقيم المتطرفة. أحد الجوانب المهمة لتحليل البيانات الكيميائية هو إمكانية إكتشاف القيم المتطرفة. الانحراف هو عينة منحرفة تؤثر على النموذج بشكل غير صحيح. يمكن أن يكون السبب واحداً من عدة أسباب، مثل إعداد عينة خاطئ أو معالجة خاطئة للعينة.

تحليل الكتلة الهرمي (HCA) حيث تعتمد على إنشاء المجموعات متفرعة الهياكل، والتي تسمى بالتجميع الشجري أو العنقودي (Dendrograms)، تسمح بتصوير المجموعات والإرتباطات فيما بينها، حيث يستخدم التحليل العنقودي الهرمي إستراتيجيتين رئيسيتين لمقارنة العينات: الإستراتيجية التجميعية: تبدأ بالمجموعات الفردية الخاصة وتندمج مع المجموعات الأخرى أثناء الانتقال إلى الأعلى في التسلسل الهرمي، بينما تبدأ الإستراتيجية الإنقسامية: بجميع العينات في مجموعة واحدة، والتي تنقسم أثناء الانتقال إلى أسفل التسلسل الهرمي، من أجل تحديد متى يجب دمج أو تقسيم المجموعات، يلزم قياس (عدم) التشابه بين العينات بالإضافة إلى معيار الإرتباط الذي يحدد التشابه من عدمه بين المجموعات.

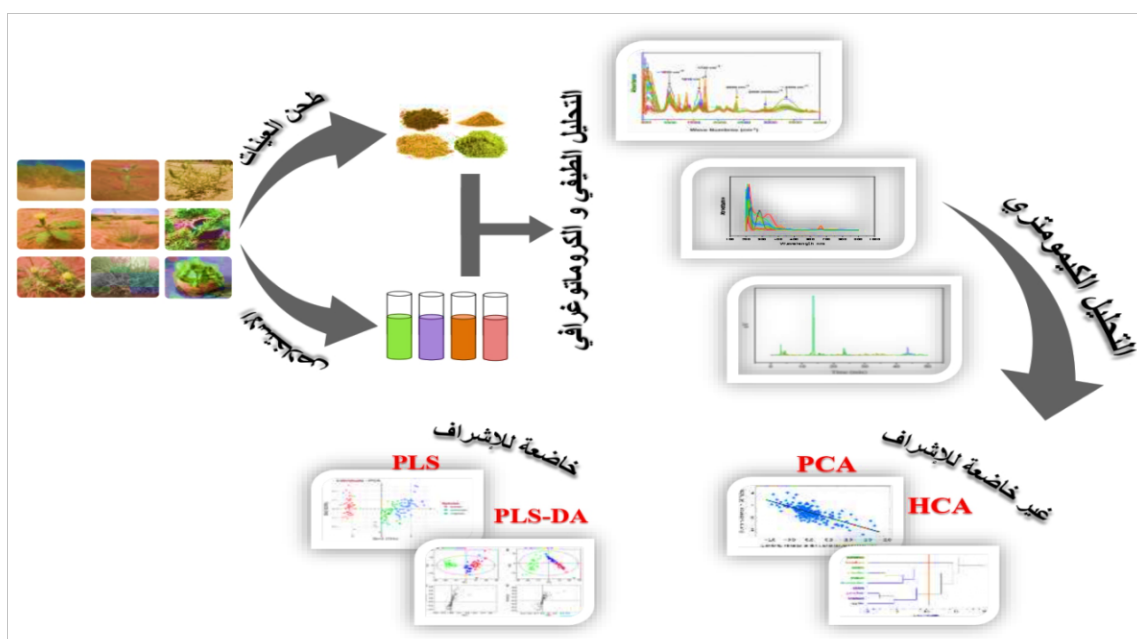
إنحدار المربعات الصغرى الجزئي (PLS): والذي يعتمد أساساً على مفهوم PCA، ومع ذلك فإن المتغيرات الكامنة في البيانات الطيفية يتم تحديدها بطريقة لا يتم فيها سوى إستخلاص المعلومات اللازمة للنتبؤ بالبيانات الفيزيائية / الكيميائية، الغرض من إنحدار PLS هو بناء نموذج إنحدار خطي يتيح التنبؤ بالخاصية المرغوبة من إشارة مُقاسة متعددة المتغيرات، حيث يعمل PLS بشكل مشابه تماماً لـ PCA، ولكن نطاقه هو تراجع النتيجة في اتجاه معين، وبالتالي يطلق عليها طريقة خاضعة للإشراف، بينما يمكن مقارنة

PCA بالتسوق (في البيانات) بدون قائمة التسوق (على سبيل المثال يتم إجراء تحليل البيانات دون استخدام معرفة مسبقة)، يشبه إنحدار PLS التسوق بقائمة تسوق محددة.

3.1.III. تصميم النماذج الإحصائية :

تم تسجيل البيانات الطيفية لمختلف مساحيق العينات النباتية (تحليل الأشعة تحت الحمراء) والمستخلصات الميثانولية (تحليل الأشعة فوق البنفسجية والمرئية وكروماتوغرافيا HPLC).

صمم النموذج الإحصائي إستناداً إلى البيانات الطيفية المسجلة من مختلف التحليلات الكيميائية، حيث يوضح الشكل (5-III) الشكل العام للنموذج الإحصائي المقترح.



الشكل (5-III). المخطط العام للنموذج الإحصائي المقترح.

4.1.III. المعالجة المسبقة للبيانات الطيفية FTIR و HPLC و UV-vis:

تمت معالجة جميع مصفوفات البيانات الطيفية مسبقاً باستخدام خيار إفتراضي في برنامج SIMCA قبل الدراسة. بالإضافة إلى ذلك طبقت على البيانات الطيفية من FTIR و HPLC و UV-vis لطريقة SNV للمعالجة المسبقة و التي تركز على كل طيف وتقيسه لتقليل تأثيرات التشتت الطيفي.

2.III. النتائج و المناقشة :

1.2.III. تحليل الأشعة تحت الحمراء الى جانب التحليل الكيمومتري:

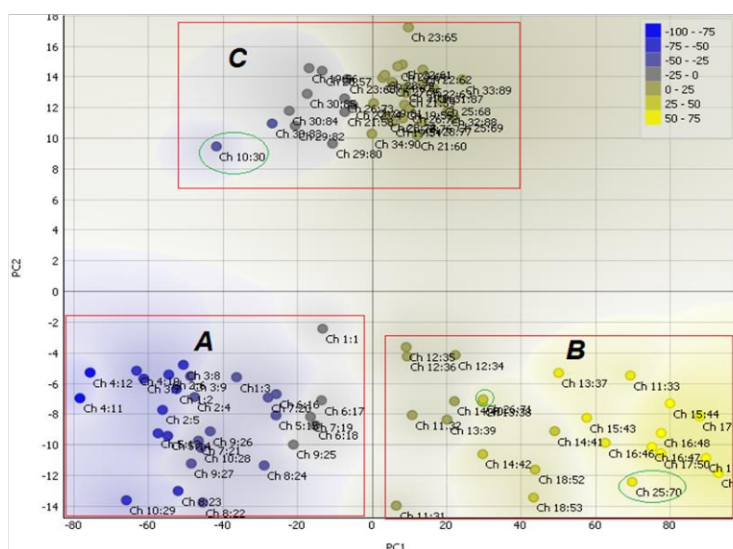
1.1.2.III. تحليل المكون الرئيسي (PCA):

سمحت لنا PCA بتصور مجموعة البيانات فيما يتعلق بالعديد من المكونات الرئيسية، مع إحتساب أعلى نسبة ممكنة من تباين المجموعة، بعد تطبيق PCA يتم تقليل المجموعة الأولية من المتغيرات إلى عدد من المتغيرات المخفية للمكونات الرئيسية (PC).

يكشف المخطط النقطي أن التأثير الأكبر على تباين الأطياف المسجلة للعينات النباتية التي تم تحليلها كان مرتبطاً بأول مكونين رئيسيين، يقدم الشكل (III-6) مخطط التبعثر للمكونات الرئيسية PC1 مقابل PC2؛ أعطت نتائج PCA لجميع العينات للمكونين الرئيسيين الأول والثاني PC1 و PC2 نسبة 98.7 % من تباين مصفوفة البيانات (PC1 = 92.6% و PC2 = 6.1%)، حيث تم تصنيف العينات النباتية المدروسة بوضوح إلى ثلاث مجموعات.

المجموعة C1 (1:1، 2:1، 3:1، 4:2، 5:2، 6:2، 7:3، 8:3، 9:3، 10:4، 11:4، 12:4، 13:5، 14:5، 15:5، 16:6، 17:6، 18:6، 19:7، 20:7، 21:7، 22:7، 23:8، 24:8، 25:9، 26:9، 27:9، 28:10، 29:10)، المجموعة C2 (11:31، 11:32، 11:33، 12:34، 12:35، 12:36، 13:37، 13:38، 13:39، 14:40، 14:41، 14:42، 15:43، 15:44، 15:45، 16:46، 16:47، 16:48، 17:49، 17:50، 18:51، 18:52، 18:53)، والمجموعة C3 (19:54، 19:55، 19:56، 20:57، 21:58، 21:59، 21:60، 22:61، 22:62، 22:63، 23:64، 23:65، 23:66، 24:67، 25:68، 25:69، 26:72، 26:72، 26:73، 27:74، 27:75، 27:76، 29:80، 29:81، 29:82، 30:83، 30:84، 30:85، 31:86، 31:87)

32:88، 33:89، 34:90)، مع تسجيل بعض العينات الشاذة مثل: العينة (10:30) تنتمي للمجموعة C1 تم الكشف عنها في المجموعة C3، أين تم إكتشاف العينة (25:70) التي تنتمي إلى المجموعة C3 في المجموعة C2، علاوة على ذلك لوحظت أيضاً العينات (28:77، 28:78، 28:79) التي تنتمي إلى المجموعة C2 في المجموعة C3، كان تجميع PCA للعينات التي تم تحليلها ناتجاً عن مدى تشابه وإختلاف التركيبة الكيميائية لمختلف العينات المدروسة والمتمثلة في إمتصاصات مختلف الوظائف الكيميائية لطيف الأشعة تحت الحمراء (كما توضح نطاقات الأشعة تحت الحمراء في الشكل (5-II) و الجدول (4-II)، حيث يمكن تحديد الإختلافات في شدة وموقع الإهتزاز).

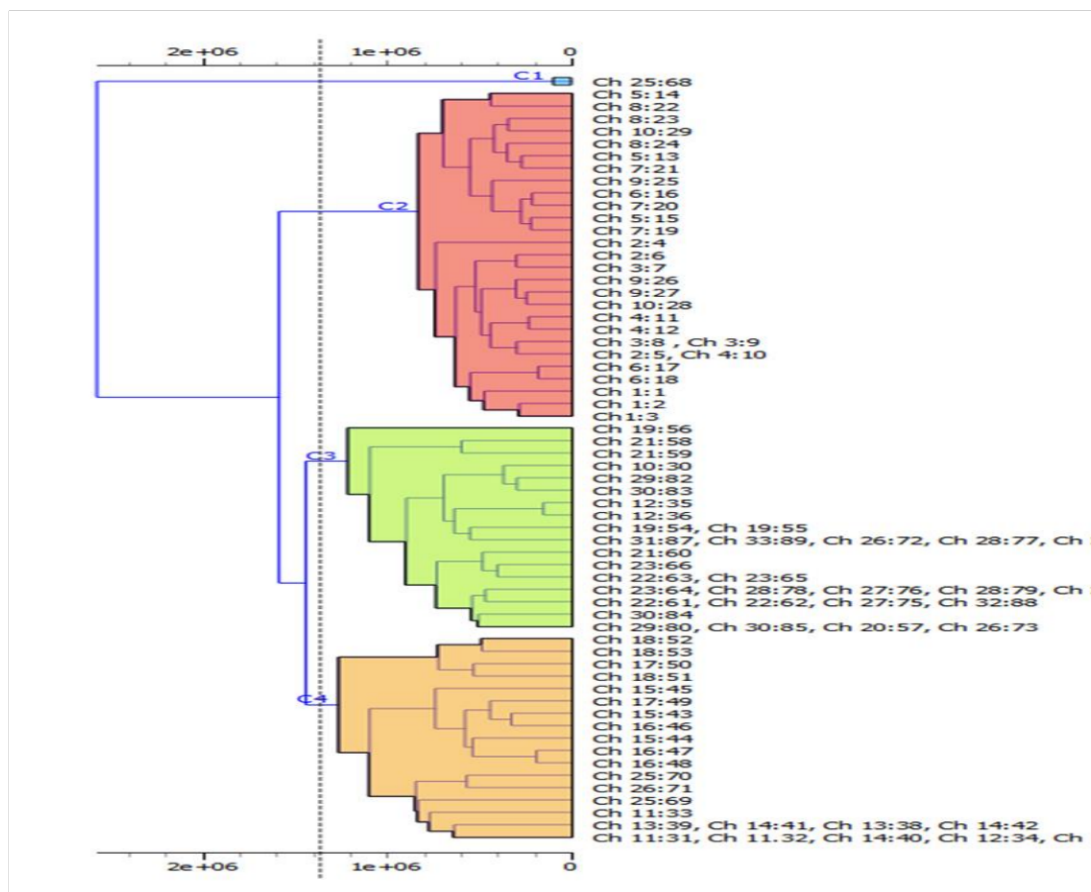


الشكل (6-III). مخطط نقاط التبعثر لـ PCA باستخدام مصفوفة بيانات FTIR (500-4000 سم⁻¹).

2.1.2.III. التحليل العنقودي الهرمي (HCA):

تم إجراء HCA لتصنيف العينات بناءً على أوجه التشابه في خواصها الفيزيائية والكيميائية، تظهر النتائج في الشكل (7-III) التي تم الحصول عليها على شكل مخطط شجري العنقودي، حيث يصور المخطط المعروض نمط التجميع لمجموعة البيانات المتحصل عليها من تحليل عينات الدراسة، حيث تم تجميع جميع العينات في ثلاث مجموعات إضافة إلى عينة شاذة بمستوى تشابه 55.9%، تم تمثيل المجموعة C1 في عينة واحدة (25:68) كحالة شذوذ، المجموعة C2 في العينات (1:1 إلى 10:29)،

المجموعة C3 في العينات (19:54، 34:90، 10:30، 12:35، 12:36) باستثناء العينات (25:69)،
بينما تم تمثيل المجموعة C4 في العينات (11:31 إلى 18:53) بالإضافة إلى
العينات (25:69، 25:70، 26:71).



الشكل (III-7). مخطط تحليل الكتلة الهرمية باستخدام مصفوفة بيانات FTIR (500-4000 سم⁻¹).

كانت هذه النتائج متوافقة إلى حد ما مع النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام PCA، مع وجود بعض الحالات الشاذة لبعض العينات، أظهرت النتائج المستخرجة من PCA و HCA المستندة إلى إهتزاز المجموعات الوظيفية المعروضة في العينات عن تكتل واضح لعينات النبات وفقاً لعائلة النباتات، مما يشير إلى وجود تشابه في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمختلف العائلات النباتية المدروسة، يمكن تحديد الاختلافات الواضحة للعينات في الإهتزاز من حيث شدتها وموقعها، مع هذا فإن هناك حاجة إلى ترسيم أكثر دقة لهذه النتائج.

على الرغم من أن النتائج التي تم الحصول عليها من PCA كشفت عن تجميع واضح للعينات على أساس تركيبها الكيميائي، والذي أظهر تشابه في تكوين عينات النباتات من خلال نتائج HCA، إلا أنه لا تزال هناك حاجة إلى التحقق من هذه النتائج.

نتيجة لذلك كان من الضروري التعامل مع المشكلة بتقنية PLS التي تستخدم المكون الرئيسي لكل

فئة لتأكيد التصنيف الذي حصلت عليه PCA و HCA.

3.1.2.III. المربعات الجزئية الصغرى (PLS):

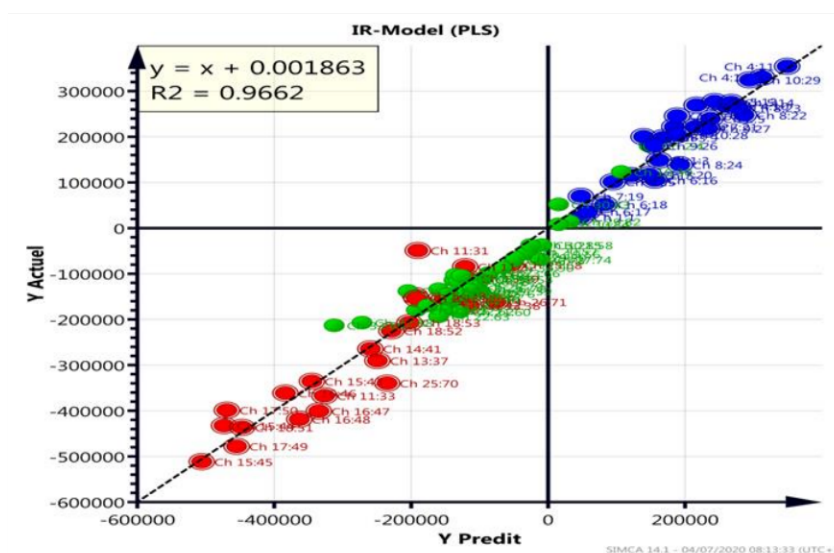
تم بناء نموذج PLS بعد إزالة القيم المتطرفة باستخدام طريقة المتغير المعياري الأساسي (SNV)

في النطاق الطيفي الكامل لـ FTIR (500-4000 سم⁻¹)، كما هو موضح في الشكل (8-III) النتائج

التي تم الحصول عليها حيث كانت مزايا النموذج أنه الأفضل في جميع الحالات تقريباً، تم وصف جودة

النموذج من خلال تحديد معاملات نماذج المعايرة ($R^2 = 0.9662$)، كانت هذه النتائج متطابقة مع تلك

التي تم الحصول عليها من خلال التصنيف المقدم من قبل تقنيتي الـ PCA و HCA سابقاً.



الشكل (8-III). مخطط PLS لتوزيع العينات المدروسة.

تم استخدام التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء بكفاءة للتمييز بين الأنواع والأنماط الكيميائية المختلفة للنباتات والتنبؤ بمحتوى المواد النباتية، خاصة في الشاي والأعشاب الأخرى. طريقة التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء بالإشتراك مع القياسات الكيميائية أظهرت قدرة ممتازة على التعرف السريع على أنواع النباتات المختلفة، والتنبؤ بمكوناتها النشطة.

تم تحليل عينات من نبات *Ephedra alata* التونسية بواسطة FTIR لتمييزها بواسطة الطرق الإحصائية، أين قدمت HCA و PCA فصلا واضحا للعينات المدروسة^[88].

تم تحليل 75 عينة من أوراق الزيتون لخمس أصناف تونسية مزروعة في نفس المنطقة الجغرافية، تم التمييز بين الأصناف التونسية الخمسة من خلال التحليل الإحصائي تحليل المكونات الرئيسية (PCA)، بناءً على البيانات الطيفية FT-MIR المقدمة من أوراق الزيتون، تم الحصول على تصنيف صحيح (100%) للأصناف التونسية الخمسة بطريقة التحليل المربعات التمييزية الجزئية الصغرى (PLS-DA)^[108].

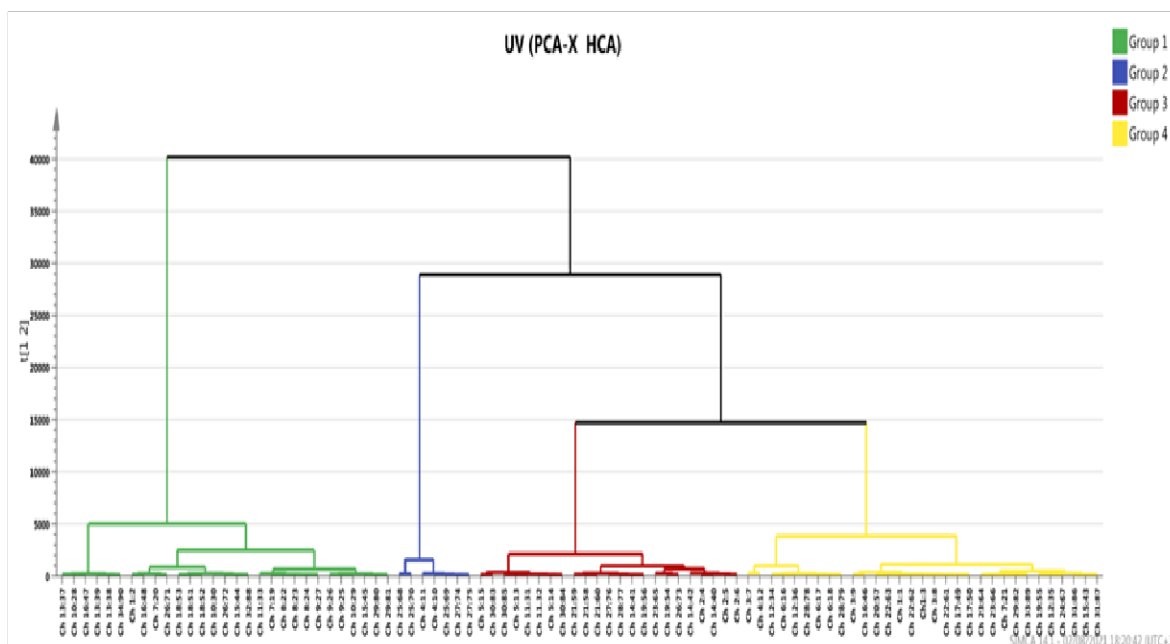
2.2.III. التحليل الطيفي UV-vis الى جانب التحليل الكيمومتری:

ترتبط نطاقات إمتصاص الأشعة فوق البنفسجية والمرئية للعينات المقدمة بوجود مركبات الكروموفورم، وعادة ما يتجلى ذلك في وجود مكونات عطرية مثل: الفينولات والفلافونويد والأنظمة المترافقة، وقد تم استخدام هذه المركبات مؤخرًا كواسمات لتصنيف العينات النباتية. بالنسبة لعينات النباتات المدروسة تم تسجيل طيف الأشعة فوق البنفسجية لمستخلص كل عينة، حيث تم إجراء PCA، HCA و PLS لـ 90 عينة إستنادا إلى طيف الأشعة فوق البنفسجية.

1.2.2.III. تحليل المجموعات الهرمية (HCA):

إنطلاقا من البيانات الطيفية لـ UV-vis إتضح إمتلاك النباتات الصحراوية المختلفة التي تمت دراستها على تراكيز وأنواع مختلفة من مكونات الفينول والفلافونويد، إعتد هذا جزئيا على ثراءها بمكونات الفينول خاصة والفلافونويد والأحماض الفينولية؛ بناء على هذا أصبح من المهم جدا تحقيق تصنيف لهذه

النباتات المرتبطة ببعضها من خلال التركيب الكيميائي، حيث أوضح تصنيف الـ HCA الشكل (9-III) تقسيم البيانات الطيفية للعينات المدروسة إلى أربع مجموعات واضحة ومتناسقة فيما بينها.

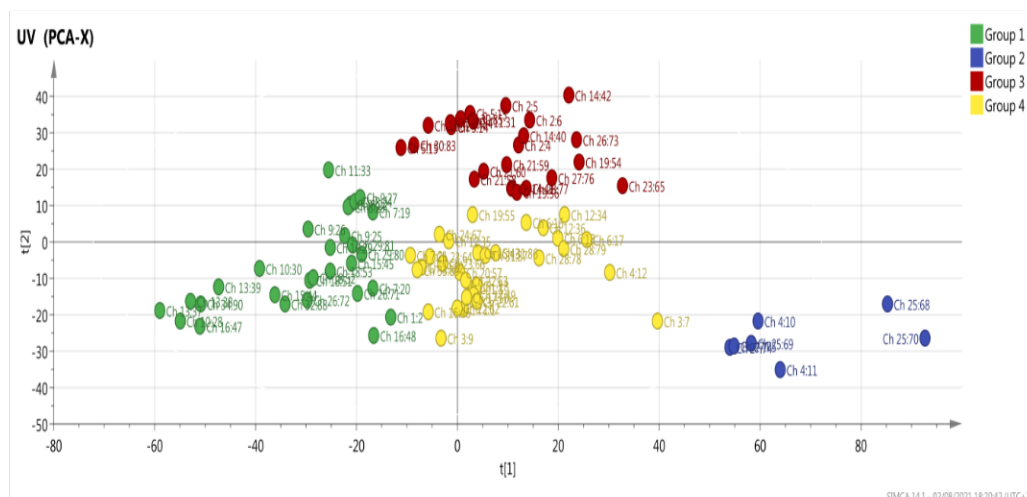


الشكل (9-III). مخطط HCA لمنطقة الأطياف UV-vis (200 - 800 نانومتر) للنباتات الطبية.

2.2.2.III. تحليل المكون الرئيسي (PCA):

عادةً ما يتم استخدام أول مكونين لإنشاء مخطط PCA لأنهما أكثر المكونات تشابهاً في البيانات، تم إجراء PCA على أطياف UV-Vis لتحقيق التصنيف المحتمل لجميع العينات، حيث تعرضت مصفوفات بيانات المتغيرات البالغ عددها (90 كائناً \times 1403) إلى طريقة PCA، من خلال رسم أول مكونين رئيسيين، والذي يعرف باسم مخطط PCA، يمكننا هذا المخطط من الحصول على مجموعات من الأنماط المتشابهة للعينات المختبرة.

يوضح الشكل (10-III) مخطط نقاط PCA باستخدام أول مكونين رئيسيين يمثلان بنسبة 87 %، مع PC1 حوالي 84 % و PC2 حوالي 3 %. من مخطط PCA، حيث ميزت أربع مجموعات منفصلة، واضحة ومتراصة معاً، أكدت الـ PCA نتائج HCA والتي أعطت نتائج جيدة.

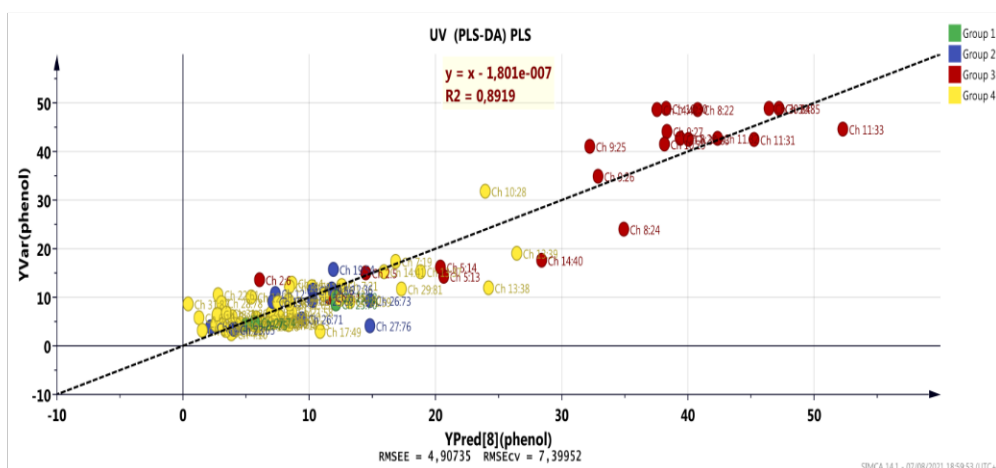


الشكل (III-10). مخطط نقاط التبعثر PCA باستخدام مصفوفة بيانات UV-vis لعينات النباتية الطبية.

أوضحت النتائج التي تم الحصول عليها من تقنيات التعرف على الأنماط غير الخاضعة للرقابة (PCA و HCA) تمايز العينات في مجموعات تمييزية وفقاً لمحتواها من مكونات الفينول والفلافونويد، والتي تعكس الاختلاف الملحوظ بين تكوين العينات المختلفة، لهذا إستوجب تحقيق فصل أكثر دقة بين العينات النباتية، حيث تم إعتداد تحليل المربعات الجزئية الصغرى (PLS) كتقنية التعرف على الأنماط الخاضعة للإشراف لتأكيد النتائج التي تم الحصول عليها من التقنيات غير الخاضعة للإشراف.

III.3.2.2. تحليل المربعات الجزئية الصغرى (PLS) :

كانت نتائج نموذج تقنية PLS موضحة في الشكل (III-11)؛ حيث تم تطبيق أطياف الأشعة فوق البنفسجية المرئية لـ 90 عينة باستخدام نموذج التحقق المتقاطع الكامل، كان R^2 للعينات المتوقعة والمرجعية 0.848 و 0.891 على التوالي، تم التعامل مع R^2 (0.891) ليكون تنبؤاً ممتازاً، هذه القيمة العالية لـ R^2 والقريبة من 1 تؤكد أن نموذج PLS مناسب للتمييز بين محتوى مكونات الفينول والفلافونويد للعينات النباتية المختلفة، علاوة على ذلك كانت قيمة متوسط الخطأ التربيعي (RMSECV) منخفضة بدرجة كافية لكل من العينات المتوقعة والمرجعية بقيم 7.39 و 4.9 على التوالي، توضح هذه القيم المنخفضة أن نموذج PLS قدم نتيجة جيدة لغرض هذا التصنيف.



الشكل (III-11). مخطط المربعات الجزئية الصغرى (PLS) المشتقة من أطياف الأشعة فوق البنفسجية

المرئية للنباتات الطبية.

بشكل عام يرجع إمتصاص الأشعة فوق البنفسجية بشكل أساسي على الأنظمة المترافقة أو العطرية تظهر في العديد من المركبات مثل مركبات الفلافونويد، الكومارين، البوليفينول والتربينويدات، معظم البيانات الموثوقة والمفيدة هي بسبب إمتصاص الأشعة بقوة نسبياً.

من أجل مصادقة عينات الشاي الأخضر وتمييزها، خضعت بيانات الأشعة فوق البنفسجية المرئية لـ 38 عينة من الشاي لتحليلات متعددة المتغيرات باستخدام تقنيات التعرف غير الخاضعة للإشراف التي HCA و PCA، تم إنشاء نموذج للتحقق من صحتها من خلال تطبيق تقنيات التعرف الخاضع للإشراف مثل SIMCA و PLS-DA، قام HCA و PCA إستناداً إلى بيانات الأشعة فوق البنفسجية بتوزيع العينات المختبرة بنجاح في مجموعات واضحة، أين أكدت SIMCA و PLS-DA أيضاً هذه النتائج^[11].

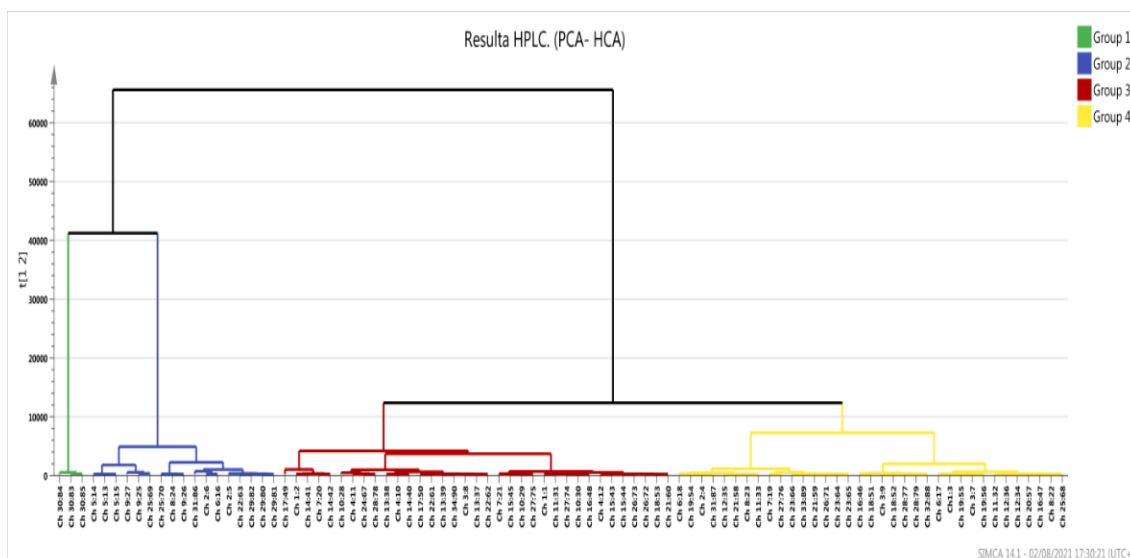
3.2.III. طريقة HPLC للتحليل الكمي:

تم إجراء HCA و PCA لتحليل البيانات المأخوذة من مخططات كروماتوغرام HPLC للعينات النباتية المدروسة؛ تم إنشاء مصفوفة بيانات مكونة من (90 صفاً و 6003 عمود) وإدخالها للبرنامج، حيث تم تحديد مخططات التشتت من خلال العلاقة المتبادلة بين كل مكون رئيسي لتصوير مصفوفة البيانات،

كان الغرض من هذا التحليل هو تحديد المعلومات الأساسية من البيانات الأصلية متعددة المتغيرات عن طريق تحويل وتقليل أبعاد مصفوفة البيانات الأصلية للعينات والمتغيرات إلى منتج مصفوفتين، ويتم تقديم المعلومات حول العينات في شكل درجات، بينما تركز عمليات التجميع على المتغيرات التي لها أكبر تأثير على الاختلاف بين مجموعات العينات.

1.3.2.III. تحليل الكتلة الهرمية (HCA):

يوضح تحليل الكتلة الهرمية التباين الملحوظ في مكونات العينات النباتية، حيث صنفت جميع العينات بوضوح في 4 مجموعات مختلفة. في هذه الحالة تم تقديم الارتباط (Linkage) بين المجموعات وتم حساب مقياس جيب التمام (Cosine)؛ تظهر نتائج HCA في الشكل (12-III).

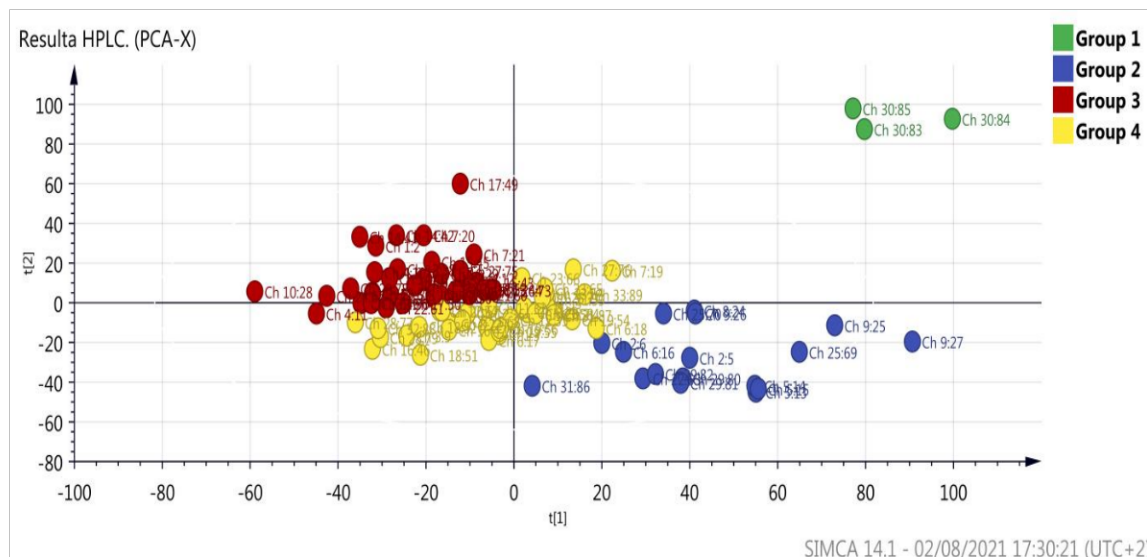


الشكل (12-III). تحليل الكتلة الهرمية إستنادا إلى بيانات HPLC لمختلف العينات المدروسة.

2.3.2.III. تحليل المكون الرئيسي (PCA):

كانت نتائج مخططات التبعثر PCA على أساس الإختلافات في كروماتوغرام HPLC للعينات المدروسة والموضحة في الشكل (13-III)، حيث أظهرت نقاط التشتت أنه يمكن تصنيف العينات إلى أربع مجموعات واضحة، تمثل 90% نسبة التباين لأول مكونين رئيسيين PC1 بنسبة 70% و PC2 بنسبة

20 % على التوالي؛ كانت نتيجة PCA في إتفاق جيد مع HCA والتي أظهرت المحتويات الرئيسية وتوزيع إختلافات المكونات الرئيسية إلى حد ما في 4 مجموعات متناسقة ومتراطة فيما بينها.

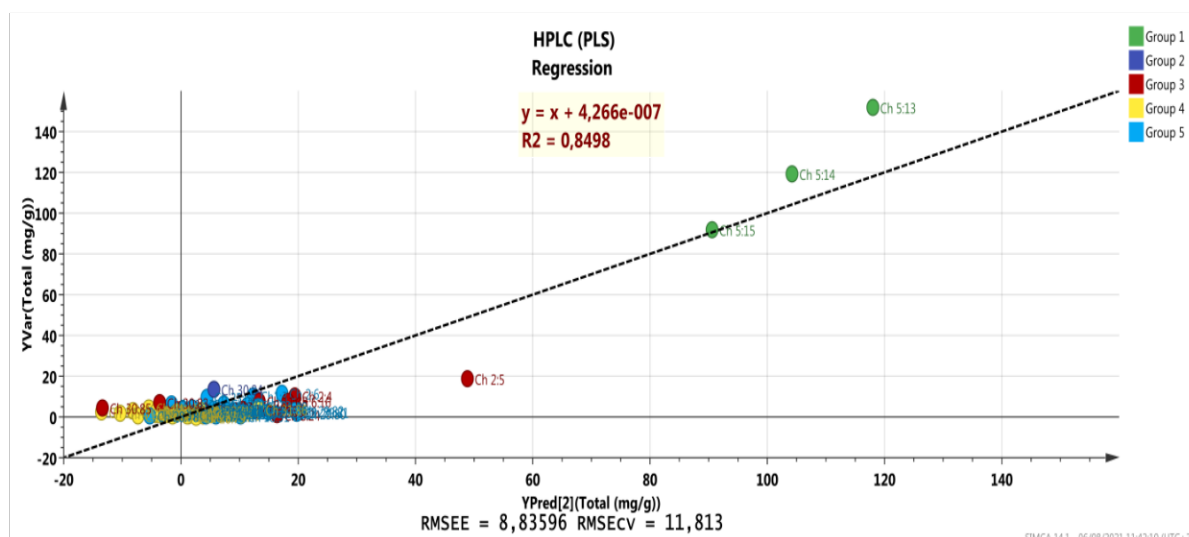


الشكل (III-13). مخطط الـ PCA مقترنا ببيانات HPLC للعينات المدروسة.

أوضحت النتائج التي تم الحصول عليها من تقنيات التعرف على الأنماط غير الخاضعة للإشراف (PCA و HCA) تمايز العينات المدروسة إلى مجموعات مصنفة وفقاً لمركباتها الكيميائية، لتحقيق أدق للنتائج المتحصل عليها تم تطبيق تقنية PLS.

III.3.2.3. تحليل المربعات الجزئية الصغرى (PLS) :

أعطت نتائج PLS إلى جانب بيانات كروماتوغرام HPLC أداة تصنيف قوية للعينات النباتية والموضحة في الشكل (III-14)، حيث لوحظ توافق بين جميع المكونات الرئيسية وتحليل الكتلة الهرمية، بينما أظهر نموذج المربعات الجزئية الصغرى مجموعات مترابطة فيما بينها، لتحديد معادلة الإنحدار تم تقديم معامل التحديد (R^2)، في الواقع تم فحص قيم R^2 مقابل $RMSE_{cv}$ لكل نموذج، وتم إختيار قيمة $RMSEE$ منخفضة وأعلى قيمة R^2 ، تم تقديم معاملات الإنحدار الخطي التي تم الحصول عليها لأفضل النتائج لنموذج PLS والمتمثلة في: $R^2 = 0.849$ ، $RMSEE = 8.83$ ، و $RMSE_{cv} = 11.81$.



الشكل (III-14). مخطط PLS الى جانب بيانات HPLC للعينات.

الكروماتوغرافيا سائلة عالية الأداء من بين التقنيات التحليلية الأكثر اعتماداً، تستخدم لتحليل المنتجات النباتية إلى جانب تقنيات التحليل متعدد المتغيرات، حيث تم استخدامها في التحديد الكيميائي وتمييز العديد من النباتات المتشابهة، على الرغم من أن المكونات الكيميائية لهذه الأخيرة عادة ما تكون متشابهة في حالة المصادر النباتية الشائعة، فهي غير مستقرة و تتأثر بسهولة بالظروف مثل الطقس والتربة إلخ؛ يجب إدخال قاعدة بيانات من أجل تقييم تشابه واختلاف للعينات؛ ومن ثم تم استخدام معامل الارتباط كمقياس كيميائي لحل هذه المشكلة في العديد من الدراسات.

تم استخدام HPLC لفصل نوعين مرتبطين ارتباطاً وثيقاً من Pericarpium Citri بمساعدة طريقة PLS-DA، اين كانت مركبات هسبريدين (hesperidin)، تانجريتين (tangeretin) ونوبليتتين (nobiletin) كمؤشرات حيوية محتملة للتصنيف^[86].

تم تحليل بذور مختلفة من Peganum sp بواسطة جهاز HPLC-DAD، ثم تم تقديمها إلى HCA، PCA و LDA لكشف قدرتها على التمييز بين بذور الأنواع المختلفة، وكانت نتائج LDA متسقة مع HCA و PCA^[77].

خلاصة الفصل:

يعد التحليل الطيفي و الكروماتوجرافي تقنية تحليل قابلة للقياس الكمي شاملة وفعالة لتقييم جودة، تصنيف أو تمييز المنتجات الطبية والطبيعية للنباتات، في هذا الفصل، تم إسناد بيانات التحليل الطيفي (UV-vis، FTIR) والكروماتوجرافي (HPLC) لـ 90 عينة من النباتات الصحراوية إلى طرق القياس الكيميائي بما في ذلك PCA و HCA و PLS، حيث أظهرت النتائج أن الطريقة التحليلية التي تم وضعها في هذه الدراسة يمكن أن تكون أداة بسيطة وفعالة، والتي توفر أيضا معلومات نوعية وكمية شاملة لتصنيف النباتات الصحراوية وتمييزها، وستكون أيضًا مرجعًا قيمًا لمزيد من الدراسة والتطوير للنباتات الطبية ومنتجاتها الغذائية والصيدلانية.

المراجع:

- [1] Agelet, L.E. Single seed discriminative applications using near infrared technologies. Iowa State University, **2011**.
- [2] Donno, D.; Boggia, R.; Zunin, P.; Cerutti, A.K.; Guido, M.; Mellano, M.G.; Prgomet, Z.; Beccaro, G.L., Phytochemical fingerprint and chemometrics for natural food preparation pattern recognition: an innovative technique in food supplement quality control. *J Journal of food science technology*, **2016**, *53*, (2), 1071-1083.
- [3] Prabu, S.L.; SuriyaPrakash, T.; Dinesh, K.; Suresh, K.; Ragavendran, T., Nutraceuticals: A review. *J Elixir Pharmacy*, **2012**, *46*, (2012), 8372-8377.
- [4] Donno, D.; Beccaro, G.L.; Mellano, M.G.; Cerutti, A.K.; Bounous, G., 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* **2013**, *86*, 79 - 89.
- [5] Canterino, S.; Donno, D.; Mellano, M.G.; Beccaro, G.L.; Bounous, G., Nutritional and sensory survey of Citrus sinensis (L.) cultivars grown at the most Northern limit of the Mediterranean latitude. *J Journal of Food Quality*, **2012**, *35*, (2), 108-118.
- [6] Rohman, A.; Nugroho, A.; Lukitaningsih, E.; Sudjadi, Application of vibrational spectroscopy in combination with chemometrics techniques for authentication of herbal medicine. *J Applied Spectroscopy Reviews*, **2014**, *49*, (8), 603-613.
- [7] Razmovski-Naumovski, V.; Tongkao-on, W.; Kimble, B.; Qiao, V.L.; Beilun, L.; Li, K.M.; Roufogalis, B.; Depo, Y.; Meicun, Y.; Li, G.Q.J.W.S.; Technology, Multiple chromatographic and chemometric methods for quality standardisation of Chinese herbal medicines. *J World Science Technology*, **2010**, *12*, (1), 99-106.
- [8] Chun, M.-H.; Kim, E.K.; Yu, S.M.; Oh, M.S.; Moon, K.-Y.; Jung, J.H.; Hong, J., GC/MS combined with chemometrics methods for quality control of Schizonepeta tenuifolia Briq: Determination of essential oils. *J Microchemical Journal*, **2011**, *97*, (2), 274-281.
- [9] Gad, H.A.; Bouzabata, A., Application of chemometrics in quality control of Turmeric (Curcuma longa) based on Ultra-violet, Fourier transform-infrared and 1H NMR spectroscopy. *J Food chemistry*, **2017**, *237*, 857-864.
- [10] Bansal, A.; Chhabra, V.; Rawal, R.K.; Sharma, S., Chemometrics: a new scenario in herbal drug standardization. *J Journal of pharmaceutical analysis*, **2014**, *4*, (4), 223-233.
- [11] Huang, Y.; Wu, Z.; Su, R.; Ruan, G.; Du, F.; Li, G., Current application of chemometrics in traditional Chinese herbal medicine research. *J Journal of Chromatography B*, **2016**, *1026*, 27-35.
- [12] Makky, M.; Soni, P., In situ quality assessment of intact oil palm fresh fruit bunches using rapid portable non-contact and non-destructive approach. *J Journal of Food Engineering*, **2014**, *120*, 248-259.
- [13] Shao, Y.; Xie, C.; Jiang, L.; Shi, J.; Zhu, J.; He, Y., Discrimination of tomatoes bred by spaceflight mutagenesis using visible/near infrared spectroscopy and chemometrics. *J Spectrochimica Acta Part A: Molecular Biomolecular Spectroscopy*, **2015**, *140*, 431-436.

- [14] Xiang, Z.; Wang, X.q.; Cai, X.j.; Zeng, S., Metabolomics study on quality control and discrimination of three Curcuma species based on gas chromatograph–mass spectrometry. *J Phytochemical Analysis*, **2011**, *22*, (5), 411-418.
- [15] Yi, T.; Zhu, L.; Peng, W.-L.; He, X.-C.; Chen, H.-L.; Li, J.; Yu, T.; Liang, Z.-T.; Zhao, Z.-Z.; Chen, H.-B., Comparison of ten major constituents in seven types of processed tea using HPLC-DAD-MS followed by principal component and hierarchical cluster analysis. *J LWT-Food Science Technology*, **2015**, *62*, (1), 194-201.
- [16] Maldonado, L.; Marcinkevicius, K.; Borelli, R.; Gennari, G.; Salomón, V.; Isla, M.I.; Vera, N.; Borelli, V., Differentiation of argentine propolis from different species of bees and geographical origins by UV spectroscopy and chemometric analysis. *J Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, **2020**, *19*, (3), 185-191.
- [17] Wu, X.-M.; Zhang, Q.-Z.; Wang, Y.-Z., Traceability the provenience of cultivated Paris polyphylla Smith var. yunnanensis using ATR-FTIR spectroscopy combined with chemometrics. *J Spectrochimica Acta Part A: Molecular Biomolecular Spectroscopy*, **2019**, *212*, 132-145.
- [18] Tzouros, N.; Arvanitoyannis, I., Agricultural produces: synopsis of employed quality control methods for the authentication of foods and application of chemometrics for the classification of foods according to their variety or geographical origin. *J Critical Reviews in Food Science Nutrition*, **2001**, *41*, (4), 287-319.
- [19] Chin, W. W. (2009). How to Write Up and Report PLS Analyses. Handbook of Partial Least Squares, 655–690. doi:10.1007/978-3-540-32827-8_29
- [20] Ren, H., & Zhou, G. (2012). Estimating senesced biomass of desert steppe in Inner Mongolia using field spectrometric data. *Agricultural and Forest Meteorology*, *161*, 66–71. doi:10.1016/j.agrformet.2012.03.010
- [21] Ramos, V.; Muge, F. In *International Conference on Theory and Practice of Digital Libraries*; Springer, **2000**, pp 319-323.
- [22] Symonds, P.; Paap, A.; Alameh, K.; Rowe, J.; Miller, C., A real-time plant discrimination system utilising discrete reflectance spectroscopy. *J Computers Electronics in Agriculture*, **2015**, *117*, 57-69.
- [23] Berrueta, L.A.; Alonso-Salces, R.M.; Héberger, K., Supervised pattern recognition in food analysis. *J Journal of chromatography A*, **2007**, *1158*, (1-2), 196-214.
- [24] Kowalkowski, T.; Zbytniewski, R.; Szpejna, J.; Buszewski, B., Application of chemometrics in river water classification. *J Water research*, **2006**, *40*, (4), 744-752.
- [25] Haghtalab, S.; Xanthopoulos, P.; Madani, K., A robust unsupervised consensus control chart pattern recognition framework. *J Expert Systems with Applications*, **2015**, *42*, (19), 6767-6776.
- [26] Basati, Z.; Jamshidi, B.; Rasekh, M.; Abbaspour-Gilandeh, Y., Detection of sunn pest-damaged wheat samples using visible/near-infrared spectroscopy based on pattern recognition. *J Spectrochimica Acta Part A: Molecular Biomolecular Spectroscopy*, **2018**, *203*, 308-314.
- [27] Mir-Marqués, A.; Elvira-Sáez, C.; Cervera, M.L.; Garrigues, S.; de la Guardia, M., Authentication of protected designation of origin artichokes by spectroscopy methods. *J Food Control*, **2016**, *59*, 74-81.

- [28] Wang, Y.; Dong, W.; Kouba, A., Fast discrimination of bamboo species using VIS/NIR spectroscopy. *J Journal of Applied Spectroscopy*, **2016**, *83*, (5), 826-831.
- [29] Rubert, J.; Lacina, O.; Zachariasova, M.; Hajslova, J., Saffron authentication based on liquid chromatography high resolution tandem mass spectrometry and multivariate data analysis. *J Food Chemistry*, **2016**, *204*, 201-209.
- [30] Atlabachew, M.; Combrinck, S.; Sandasi, M.; Chen, W.; Viljoen, A., Rapid differentiation of Khat (*Catha edulis* Vahl. Endl.) using single point and imaging vibrational spectroscopy. *J Vibrational Spectroscopy*, **2015**, *81*, 96-105.
- [31] Lu, G.-H.; Chan, K.; Liang, Y.-Z.; Leung, K.; Chan, C.-L.; Jiang, Z.-H.; Zhao, Z.-Z., Development of high-performance liquid chromatographic fingerprints for distinguishing Chinese Angelica from related umbelliferae herbs. *J Journal of Chromatography A*, **2005**, *1073*, (1-2), 383-392.
- [32] Vieira, R.F.; Grayer, R.J.; Paton, A.J., Chemical profiling of *Ocimum americanum* using external flavonoids. **2003**, *63*, (5), 555-567.
- [33] Grayer, R.J.; Vieira, R.F.; Price, A.M.; Kite, G.C.; Simon, J.E.; Paton, A.J., Characterization of cultivars within species of *Ocimum* by exudate flavonoid profiles. *J Biochemical Systematics Ecology*, **2004**, *32*, (10), 901-913.
- [34] TAMMA, N.E.; REBIAI, A.; BENCHIKHA, N.; HIMA, A., A comparative study of the antioxidant and antimicrobial properties of the phenolic extracts from palm pollen growing in Oued Souf (Algeria). *Analele Universității din Oradea, Fascicula Biologie*, **2020**, *27*, (2), 154-161.
- [35] Moros, J.; Garrigues, S.; de la Guardia, M., Vibrational spectroscopy provides a green tool for multi-component analysis. *J TrAC Trends in Analytical Chemistry*, **2010**, *29*, (7), 578-591.
- [36] Hadia, H.; Bachir Ben, S.; Abdelkrim, R.; Abdelhamid, K.; Zeghoud, S., Comparative Study on Polyphenols Content and Antioxidant Activity of Three Sweet Peppers Varieties (*Capsicum annum* L.). *Current Chemical Biology*, **2020**, *14*, 1-12.
- [37] Hemmami, H.; Seghir, B.B.; Ali, M.B.; Rebiai, A.; Zeghoud, S.; Brahmia, F., Phenolic profile and antioxidant activity of bee pollen extracts from different regions of Algeria. *J Ovidius University Annals of Chemistry*, **2020**, *31*, (1), 93-98.
- [38] Yi, L.-z.; Yuan, D.-l.; Liang, Y.-z.; Xie, P.-s.; Zhao, Y., Fingerprinting alterations of secondary metabolites of tangerine peels during growth by HPLC-DAD and chemometric methods. *J Analytica chimica acta*, **2009**, *649*, (1), 43-51.
- [39] Chen, Y.; Xie, M.-Y.; Yan, Y.; Zhu, S.-B.; Nie, S.-P.; Li, C.; Wang, Y.-X.; Gong, X.-F., Discrimination of *Ganoderma lucidum* according to geographical origin with near infrared diffuse reflectance spectroscopy and pattern recognition techniques. *J Analytica chimica acta*, **2008**, *618*, (2), 121-130.
- [40] Kong, W.-J.; Zhao, Y.-L.; Xiao, X.-H.; Jin, C.; Li, Z.-L., Quantitative and chemical fingerprint analysis for quality control of *Rhizoma Coptidis chinensis* based on UPLC-PAD combined with chemometrics methods. *J Phytomedicine*, **2009**, *16*, (10), 950-959.
- [41] Li, Y.; Wu, T.; Zhu, J.; Wan, L.; Yu, Q.; Li, X.; Cheng, Z.; Guo, C., Combinative method using HPLC fingerprint and quantitative analyses for quality consistency evaluation of

an herbal medicinal preparation produced by different manufacturers. *J Journal of pharmaceutical biomedical analysis*, **2010**, *52*, (4), 597-602.

[42] Zhou, J.; Yao, L.; Li, Y.; Chen, L.; Wu, L.; Zhao, J., Floral classification of honey using liquid chromatography–diode array detection–tandem mass spectrometry and chemometric analysis. *J Food chemistry*, **2014**, *145*, 941-949.

[43] Tian, R.-t.; Xie, P.-s.; Liu, H.-p., Evaluation of traditional Chinese herbal medicine: Chaihu (Bupleuri Radix) by both high-performance liquid chromatographic and high-performance thin-layer chromatographic fingerprint and chemometric analysis. *J Journal of Chromatography A*, **2009**, *1216*, (11), 2150-2155.

[44] Misaki, M.; Kim, Y.; Bandettini, P.A.; Kriegeskorte, N., Comparison of multivariate classifiers and response normalizations for pattern-information fMRI. *J Neuroimage*, **2010**, *53*, (1), 103-118.

[45] Bona, E.; Marquetti, I.; Link, J.V.; Makimori, G.Y.F.; da Costa Arca, V.; Lemes, A.L.G.; Ferreira, J.M.G.; dos Santos Scholz, M.B.; Valderrama, P.; Poppi, R.J., Support vector machines in tandem with infrared spectroscopy for geographical classification of green arabica coffee. *J LWT-Food Science Technology*, **2017**, *76*, 330-336.

[46] Vieira, R.F.; Grayer, R.J.; Paton, A.J., Chemical profiling of *Ocimum americanum* using external flavonoids. *J Phytochemistry*, **2003**, *63*, (5), 555-567.

[47] Tistaert, C.; Dejaegher, B.; Chataigné, G.; Van Minh, C.; Quetin-Leclercq, J.; Vander Heyden, Y., Dissimilar chromatographic systems to indicate and identify antioxidants from *Mallotus* species. *J Talanta*, **2011**, *83*, (4), 1198-1208.

[48] Wang, H.-w.; Liu, Y.-q., Evaluation of trace and toxic element concentrations in *Paris polyphylla* from China with empirical and chemometric approaches. *J Food chemistry*, **2010**, *121*, (3), 887-892.

[49] Chua, L.S.; Latiff, N.A.; Lee, S.Y.; Lee, C.T.; Sarmidi, M.R.; Aziz, R.A., Flavonoids and phenolic acids from *Labisia pumila* (Kacip Fatimah). *J Food chemistry*, **2011**, *127*, (3), 1186-1192.

[50] Charlton, A.J.; Farrington, W.H.; Brereton, P., Application of ¹H NMR and multivariate statistics for screening complex mixtures: quality control and authenticity of instant coffee. *J Journal of agricultural food chemistry*, **2002**, *50*, (11), 3098-3103.

[51] Wen, H.; Kang, S.; Song, Y.; Song, Y.; Sung, S.H.; Park, S., Differentiation of cultivation sources of *Ganoderma lucidum* by NMR-based metabolomics approach. *J Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical Biochemical Techniques*, **2010**, *21*, (1), 73-79.

[52] Van Nederkassel, A.; Daszykowski, M.; Massart, D.; Vander Heyden, Y., Prediction of total green tea antioxidant capacity from chromatograms by multivariate modeling. *J Journal of Chromatography A*, **2005**, *1096*, (1-2), 177-186.

[53] Bailey, N.J.; Wang, Y.; Sampson, J.; Davis, W.; Whitcombe, I.; Hylands, P.J.; Croft, S.L.; Holmes, E., Prediction of anti-plasmodial activity of *Artemisia annua* extracts: application of ¹H NMR spectroscopy and chemometrics. *J Journal of pharmaceutical biomedical analysis*, **2004**, *35*, (1), 117-126.

[54] Choi, Y.H.; Sertic, S.; Kim, H.K.; Wilson, E.G.; Michopoulos, F.; Lefeber, A.W.; Erkelens, C.; Prat Kricun, S.D.; Verpoorte, R., Classification of *Ilex* species based on

metabolomic fingerprinting using nuclear magnetic resonance and multivariate data analysis. *J Journal of Agricultural Food Chemistry*, **2005**, *53*, (4), 1237-1245.

[55] Dharmaraj, S.; Jamaludin, A.S.; Razak, H.M.; Valliappan, R.; Ahmad, N.A.; Harn, G.L.; Ismail, Z., The classification of *Phyllanthus niruri* Linn. according to location by infrared spectroscopy. *J Vibrational Spectroscopy*, **2006**, *41*, (1), 68-72.

[56] Christou, C.; Agapiou, A.; Kokkinofa, R., Use of FTIR spectroscopy and chemometrics for the classification of carobs origin. *J Journal of advanced research*, **2018**, *10*, 1-8.

[57] Gutiérrez, S.; Tardaguila, J.; Fernández-Novales, J.; Diago, M.P., Support vector machine and artificial neural network models for the classification of grapevine varieties using a portable NIR spectrophotometer. *J PloS one*, **2015**, *10*, (11), e0143197.

[58] Liu, D.; Li, Y.-G.; Xu, H.; Sun, S.-Q.; Wang, Z.-T., Differentiation of the root of cultivated ginseng, mountain cultivated ginseng and mountain wild ginseng using FT-IR and two-dimensional correlation IR spectroscopy. *J Journal of Molecular Structure*, **2008**, *883*, 228-235.

[59] Guo, S.; Duan, J.-a.; Tang, Y.; Su, S.; Shang, E.; Ni, S.; Qian, D., High-performance liquid chromatography—Two wavelength detection of triterpenoid acids from the fruits of *Ziziphus jujuba* containing various cultivars in different regions and classification using chemometric analysis. *J Journal of Pharmaceutical Biomedical Analysis*, **2009**, *49*, (5), 1296-1302.

[60] Costa, M.C.A.; Morgano, M.A.; Ferreira, M.M.C.; Milani, R.F., Analysis of bee pollen constituents from different Brazilian regions: Quantification by NIR spectroscopy and PLS regression. *J Lwt*, **2017**, *80*, 76-83.

[61] Petrakis, E.A.; Polissiou, M.G., Assessing saffron (*Crocus sativus* L.) adulteration with plant-derived adulterants by diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy coupled with chemometrics. *J Talanta*, **2017**, *162*, 558-566.

[62] Manfredi, M.; Robotti, E.; Quasso, F.; Mazzucco, E.; Calabrese, G.; Marengo, E., Fast classification of hazelnut cultivars through portable infrared spectroscopy and chemometrics. *J Spectrochimica Acta Part A: Molecular Biomolecular Spectroscopy*, **2018**, *189*, 427-435.

[63] Biancolillo, A.; Marini, F.; D'Archivio, A.A., Geographical discrimination of red garlic (*Allium sativum* L.) using fast and non-invasive Attenuated Total Reflectance-Fourier Transformed Infrared (ATR-FTIR) spectroscopy combined with chemometrics. *J Journal of Food Composition Analysis*, **2020**, *86*, 103351.

[64] Mao, J.; Xu, J., Discrimination of herbal medicines by molecular spectroscopy and chemical pattern recognition. *J Spectrochimica Acta Part A: Molecular Biomolecular Spectroscopy*, **2006**, *65*, (2), 497-500.

[65] Ballabio, D.; Todeschini, R., Multivariate classification for qualitative analysis. *Infrared Spectroscopy for Food Quality Analysis and Control*, **2009**, *2*, 83-104.

[66] Sârbu, C.; Naşcu-Briciu, R.D.; Kot-Wasik, A.; Gorinstein, S.; Wasik, A.; Namieśnik, J., Classification and fingerprinting of kiwi and pomelo fruits by multivariate analysis of chromatographic and spectroscopic data. *J Food Chemistry*, **2012**, *130*, (4), 994-1002.

[67] Souto, U.T.C.P.; Pontes, M.J.C.; Silva, E.C.; Galvão, R.K.H.; Araújo, M.C.U.; Sanches, F.A.C.; Cunha, F.A.S.; Oliveira, M.S.R., UV-Vis spectrometric classification of coffees by SPA-LDA. *J Food Chemistry*, **2010**, *119*, (1), 368-371.

- [68] De-Melo, A.A.M.; Estevinho, L.M.; Moreira, M.M.; Delerue-Matos, C.; de Freitas, A.d.S.; Barth, O.M.; de Almeida-Muradian, L.B., A multivariate approach based on physicochemical parameters and biological potential for the botanical and geographical discrimination of Brazilian bee pollen. *Food Bioscience*, **2018**, *25*, 91-110.
- [69] Ni, Y.; Mei, M.; Kokot, S., One-and two-dimensional gas chromatography–mass spectrometry and high performance liquid chromatography–diode-array detector fingerprints of complex substances: A comparison of classification performance of similar, complex *Rhizoma Curcumae* samples with the aid of chemometrics. *J Analytica chimica acta*, **2012**, *712*, 37-44.
- [70] Toh, D.-F.; New, L.-S.; Koh, H.-L.; Chan, E.C.-Y., Ultra-high performance liquid chromatography/time-of-flight mass spectrometry (UHPLC/TOFMS) for time-dependent profiling of raw and steamed *Panax notoginseng*. *J Journal of pharmaceutical biomedical analysis*, **2010**, *52*, (1), 43-50.
- [71] Zeng, Z.-D.; Liang, Y.-Z.; Chau, F.-T.; Chen, S.; Daniel, M.K.-W.; Chan, C.-O., Mass spectral profiling: an effective tool for quality control of herbal medicines. *J Analytica chimica acta*, **2007**, *604*, (2), 89-98.
- [72] Wang, L.; Wang, X.; Kong, L.J.B.S.; Ecology, Automatic authentication and distinction of *Epimedium koreanum* and *Epimedium wushanense* with HPLC fingerprint analysis assisted by pattern recognition techniques. *J Biochemical Systematics Ecology*, **2012**, *40*, 138-145.
- [73] Ding, Y.; Wu, E.Q.; Liang, C.; Chen, J.; Tran, M.N.; Hong, C.H.; Jang, Y.; Park, K.L.; Bae, K.; Kim, Y.H., Discrimination of cinnamon bark and cinnamon twig samples sourced from various countries using HPLC-based fingerprint analysis. *J Food chemistry*, **2011**, *127*, (2), 755-760.
- [74] Tistaert, C.; Thierry, L.; Szandrach, A.; Dejaegher, B.; Fan, G.; Frédéricich, M.; Vander Heyden, Y., Quality control of *Citri reticulatae* pericarpium: Exploratory analysis and discrimination. *J Analytica chimica acta*, **2011**, *705*, (1-2), 111-122.
- [75] Hoai, N.N.; Dejaegher, B.; Tistaert, C.; Hong, V.N.T.; Rivière, C.; Chataigné, G.; Van, K.P.; Van, M.C.; Quetin-Leclercq, J.; Vander Heyden, Y., Development of HPLC fingerprints for *Mallotus* species extracts and evaluation of the peaks responsible for their antioxidant activity. *J Journal of Pharmaceutical Biomedical Analysis*, **2009**, *50*, (5), 753-763.
- [76] Jing, D.; Deguang, W.; Linfang, H.; Shilin, C.; Minjian, Q., Application of chemometrics in quality evaluation of medicinal plants. *J Journal of Medicinal Plants Research*, **2011**, *5*, (17), 4001-4008.
- [77] Zhao, C.; Chan, H.y.; Yuan, D.; Liang, Y.; Lau, T.y.; Chau, F.T., Rapid simultaneous determination of major isoflavones of *Pueraria lobata* and discriminative analysis of its geographical origins by principal component analysis. *J Phytochemical Analysis*, **2011**, *22*, (6), 503-508.
- [78] Peng, L.; Wang, Y.; Zhu, H.; Chen, Q., Fingerprint profile of active components for *Artemisia selengensis* Turcz by HPLC–PAD combined with chemometrics. *J Food Chemistry*, **2011**, *125*, (3), 1064-1071.
- [79] Hong-Lan, W.; Wei-Feng, Y.; Dan-Ni, Z.; Yu-Zhu, H., Chemical fingerprinting by HPLC-DAD-ELSD and principal component analysis of *Polygala japonica* from different locations in China. *J Chinese Journal of Natural Medicines*, **2010**, *8*, (5), 343-348.

- [80] Ni, Y.; Peng, Y.; Kokot, S., Fingerprinting of complex mixtures with the use of high performance liquid chromatography, inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy and chemometrics. *J Analytica chimica acta*, **2008**, *616*, (1), 19-27.
- [81] Cheng, X.m.; Zhao, T.; Yang, T.; Wang, C.h.; Bligh, S.A.; Wang, Z.t., HPLC fingerprints combined with principal component analysis, hierarchical cluster analysis and linear discriminant analysis for the classification and differentiation of *Peganum sp.* indigenous to China. *J Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical Biochemical Techniques*, **2010**, *21*, (3), 279-289.
- [82] Zheng, L.; Watson, D.; Johnston, B.; Clark, R.L.; Edrada-Ebel, R.; Elseheri, W., A chemometric study of chromatograms of tea extracts by correlation optimization warping in conjunction with PCA, support vector machines and random forest data modeling. *J Analytica Chimica Acta*, **2009**, *642*, (1-2), 257-265.
- [83] Zhao, Y.-y.; Zhang, Y.; Lin, R.-c.; Sun, W.-j., An expeditious HPLC method to distinguish *Aconitum kusnezoffii* from related species. *J Fitoterapia*, **2009**, *80*, (6), 333-338.
- [84] Reddy, M.K.; Ghosh, P.; Rasool, S.; Sarin, R.; Sashidhar, R., Source identification of Indian opium based on chromatographic fingerprinting of amino acids. *J Journal of Chromatography A*, **2005**, *1088*, (1-2), 158-168.
- [85] Tistaert, C.; Dejaegher, B.; Hoai, N.N.; Chataigné, G.; Rivière, C.; Hong, V.N.T.; Van, M.C.; Quetin-Leclercq, J.; Vander Heyden, Y., Potential antioxidant compounds in *Mallotus* species fingerprints. Part I: Indication, using linear multivariate calibration techniques. *J Analytica chimica acta*, **2009**, *649*, (1), 24-32.
- [86] Soares, P.K.; Scarminio, I.S., Multivariate chromatographic fingerprint preparation and authentication of plant material from the genus *Bauhinia*. *J Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical Biochemical Techniques*, **2008**, *19*, (1), 78-85.
- [87] Ni, Y.; Zhang, L.; Churchill, J.; Kokot, S., Application of high performance liquid chromatography for the profiling of complex chemical mixtures with the aid of chemometrics. *J Talanta*, **2007**, *72*, (4), 1533-1539.
- [88] Le Gall, G.; Colquhoun, I.J.; Defernez, M., Metabolite profiling using ¹H NMR spectroscopy for quality assessment of green tea, *Camellia sinensis* (L.). *J Journal of Agricultural Food Chemistry*, **2004**, *52*, (4), 692-700.
- [89] Isopescu, R.D.; Spulber, R.; Josceanu, A.M.; Mihaiescu, D.E.; Popa, O., Romanian bee pollen classification and property modelling. *J Journal of Apicultural Research*, **2020**, *59*, (4), 1-9.
- [90] Ribeiro, J.S.; Salva, T.J.; FERREIRA, M.M., Chemometric studies for quality control of processed Brazilian coffees using drifts. *J Journal of Food Quality*, **2010**, *33*, (2), 212-227.
- [91] Choi, Y.H.; Kim, H.K.; Hazekamp, A.; Erkelens, C.; Lefeber, A.W.; Verpoorte, R., Metabolomic Differentiation of *Cannabis sativa* Cultivars Using ¹H NMR Spectroscopy and Principal Component Analysis. *J Journal of natural products*, **2004**, *67*, (6), 953-957.
- [92] Castiglioni, S.; Astolfi, P.; Conti, C.; Monaci, E.; Stefano, M.; Carloni, P., Morphological, physicochemical and FTIR spectroscopic properties of bee pollen loads from different botanical origin. *J Molecules*, **2019**, *24*, (21), 3974.
- [93] Nord, L.I.; Kenne, L.; Jacobsson, S.P., Multivariate analysis of ¹H NMR spectra for saponins from *Quillaja saponaria* Molina. *J Analytica Chimica Acta*, **2001**, *446*, (1-2), 197-207.

- [94] Galvin-King, P.; Haughey, S.A.; Montgomery, H.; Elliott, C.T., The Rapid Detection of Sage Adulteration Using Fourier Transform Infra-Red (FTIR) Spectroscopy and Chemometrics. *J Journal of AOAC International*, **2019**, *102*, (2), 354-362.
- [95] Jamila, N.; Khan, N.; Hwang, I.M.; Nho, E.Y.; Choi, J.Y.; Atlas, A.; Khan, S.N.; Amin, F.; Javed, F.; Kim, K.S., Application of Phytochemical and Elemental Profiling, Chemometric Multivariate Analyses, and Biological Activities for Characterization and Discrimination of Fruits of Four Garcinia Species. *J Analytical Letters*, **2020**, *53*, (1), 122-139.
- [96] D'Souza, R.A.; Kamat, N.M., Potential of FTIR spectroscopy in chemical characterization of Termitomyces Pellets. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, **2017**, *5*, (4), 80-84.
- [97] Mata-Miranda, M.M.; Vazquez-Zapien, G.J.; Rojas-Lopez, M.; Sanchez-Monroy, V.; Perez-Ishiwara, D.G.; Delgado-Macuil, R.J., Morphological, molecular and FTIR spectroscopic analysis during the differentiation of kidney cells from pluripotent stem cells. *J Biological research*, **2017**, *50*, 14.
- [98] Zin, N.B.M.; Azemin, A.; Rodi, M.M.M.; Rashid, Z.M.; Mohd, K.S., Application of FTIR fingerprints coupled with chemometric for comparison of stingless bee propolis from different extraction methods. *J Malaysian Journal of Fundamental Applied Sciences*, **2019**, *15*, (2-1), 350-355.
- [99] Song, S.Y.; Kim, C.H.; Im, S.J.; Kim, I.-J., Discrimination of citrus fruits using FT-IR fingerprinting by quantitative prediction of bioactive compounds. *J Food science biotechnology*, **2018**, *27*, (2), 367-374.
- [100] Abd, A.M.; Abd, S.M., Modelling the strength of lightweight foamed concrete using support vector machine (SVM). *J Case studies in construction materials*, **2017**, *6*, 8-15.
- [101] Acquah, G.E.; Via, B.K.; Billor, N.; Fasina, O.O.; Eckhardt, L.G., Identifying plant part composition of forest logging residue using infrared spectral data and linear discriminant analysis. *J Sensors*, **2016**, *16*, (9), 1375.
- [102] Nisgoski, S.; Schardosin, F.Z.; Batista, F.R.R.; de Muñiz, G.I.B.; Carneiro, M.E., Potential use of NIR spectroscopy to identify Cryptomeria japonica varieties from southern Brazil. *J Wood Science Technology*, **2016**, *50*, (1), 71-80.
- [103] Anjos, O.; Campos, M.G.; Ruiz, P.C.; Antunes, P., Application of FTIR-ATR spectroscopy to the quantification of sugar in honey. *J Food chemistry*, **2015**, *169*, 218-223.
- [104] Xu, L.; Sun, W.; Wu, C.; Ma, Y.; Chao, Z., Discrimination of Trichosanthis fructus from different geographical origins using near infrared spectroscopy coupled with chemometric techniques. *J Molecules*, **2019**, *24*, (8), 1550.
- [105] Rohaeti, E.; Rafi, M.; Syafitri, U.D.; Heryanto, R., Fourier transform infrared spectroscopy combined with chemometrics for discrimination of Curcuma longa, Curcuma xanthorrhiza and Zingiber cassumunar. *J Spectrochimica Acta Part A: Molecular Biomolecular Spectroscopy*, **2015**, *137*, 1244-1249.
- [106] Gok, S.; Severcan, M.; Goormaghtigh, E.; Kandemir, I.; Severcan, F., Differentiation of Anatolian honey samples from different botanical origins by ATR-FTIR spectroscopy using multivariate analysis. *J Food chemistry*, **2015**, *170*, 234-240.

- [107] Giovenzana, V.; Beghi, R.; Buratti, S.; Civelli, R.; Guidetti, R., Monitoring of fresh-cut *Valerianella locusta* Laterr. shelf life by electronic nose and VIS–NIR spectroscopy. *J Talanta*, **2014**, *120*, 368-375.
- [108] Chen, Y.; Deng, J.; Wang, Y.; Liu, B.; Ding, J.; Mao, X.; Zhang, J.; Hu, H.; Li, J., Study on discrimination of white tea and albino tea based on near-infrared spectroscopy and chemometrics. *J Journal of the Science of Food Agriculture*, **2014**, *94*, (5), 1026-1033.
- [109] Aouidi, F.; Dupuy, N.; Artaud, J.; Roussos, S.; Msallem, M.; Perraud-Gaime, I.; Hamdi, M., Discrimination of five Tunisian cultivars by Mid InfraRed spectroscopy combined with chemometric analyses of olive *Olea europaea* leaves. *J Food chemistry*, **2012**, *131*, (1), 360-366.
- [110] Nurrulhidayah, A.; Che Man, Y.; Al-Kahtani, H.; Rohman, A., Application of FTIR spectroscopy coupled with chemometrics for authentication of *Nigella sativa* seed oil. *J Spectroscopy*, **2011**, *25*, (5), 243-250.
- [111] Lucio-Gutiérrez, J.R.; Coello, J.; Maspocho, S., Application of near infrared spectral fingerprinting and pattern recognition techniques for fast identification of *Eleutherococcus senticosus*. *J Food research international*, **2011**, *44*, (2), 557-565.
- [112] Kim, S.W.; Min, S.R.; Kim, J.; Park, S.K.; Kim, T.I.; Liu, J.R., Rapid discrimination of commercial strawberry cultivars using Fourier transform infrared spectroscopy data combined by multivariate analysis. *J Plant Biotechnology Reports*, **2009**, *3*, (1), 87-93.
- [113] Li, Y.; Shao, X.; Cai, W., A consensus least squares support vector regression (LS-SVR) for analysis of near-infrared spectra of plant samples. *J Talanta*, **2007**, *72*, (1), 217-222.
- [114] Loewe, V.; Navarro-Cerrillo, R.M.; García-Olmo, J.; Riccioli, C.; Sánchez-Cuesta, R., Discriminant analysis of Mediterranean pine nuts (*Pinus pinea* L.) from Chilean plantations by near infrared spectroscopy (NIRS). *J Food Control*, **2017**, *73*, 634-643.
- [115] Sim, C.O.; Hamdan, M.R.; Ismail, Z.; Ahmad, M.N., Assessment of herbal medicines by chemometrics–assisted interpretation of FTIR spectra. *J Analytica Chimica Acta*, **2004**, *1*, 14.
- [116] Kim, S.W.; Ban, S.; Chung, H.; Cho, S.; Chung, H.-J.; Choi, P.; Yoo, O.-J.; Liu, J.R., Taxonomic discrimination of flowering plants by multivariate analysis of Fourier transform infrared spectroscopy data. *J Plant cell reports*, **2004**, *23*, (4), 246-250.
- [117] Elhadeif, K.; Smaoui, S.; Ben Hlima, H.; Ennouri, K.; Fourati, M.; Chakchouk Mtibaa, A.; Sellem, I.; Mellouli, L., Chemometric multivariate analyses of phenolics and biological activities for characterization and discrimination of Tunisian *Ephedra alata*. *J EUROPEAN FOOD RESEARCH TECHNOLOGY*, **2020**, *246*, 1495–1513.
- [118] Adaškevičiūtė, V.; Kaškonienė, V.; Kaškonas, P.; Barčauskaitė, K.; Maruška, A., Comparison of physicochemical properties of bee pollen with other bee products. *J Biomolecules*, **2019**, *9*, (12), 819.
- [119] de Oliveira Moura, L.; de Carvalho Lopes, D.; Neto, A.J.S.; Ferraz, L.d.C.L.; de Almeida Carlos, L.; Martins, L.M., Evaluation of techniques for automatic classification of lettuce based on spectral reflectance. *J Food Analytical Methods*, **2016**, *9*, (6), 1799-1806.
- [120] Gad, H.A.; El-Ahmady, S.H.; Abou-Shoer, M.I.; Al-Azizi, M.M., A modern approach to the authentication and quality assessment of thyme using UV spectroscopy and chemometric analysis. *J Phytochemical Analysis*, **2013**, *24*, (6), 520-526.

[121] Khanchi, A.R.; Mahani, M.K.; Hajihosseini, M.; Maragheh, M.G.; Chaloosi, M.; Bani, F., Simultaneous spectrophotometric determination of caffeine and theobromine in Iranian tea by artificial neural networks and its comparison with PLS. *J Food Chemistry*, **2007**, *103*, (3), 1062-1068.

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة:

بغية تثمين هذه النباتات قدرت كمية الفينولات والفلافونويدات وكذا فاعليتها المضادة للأكسدة وأهم المركبات الكيميائية فيها.

حللت العينات النباتية باستخدام مطيافية الأشعة تحت الحمراء، حيث أظهرت تركيبة متنوعة للوظائف الكيميائية فيها؛ تم تقدير كمية الفينولات أيضا بمساعدة كاشف الفولين (طريقة Singleton) Rossi، و قدرت كمية الفلافونويدات بإستعمال طريقة (Woisky and salatino) وبتقدير الفاعلية المضادة للأكسدة، خلصت الدراسة إلى وجود ترابط واضح بين كمية الفينولات والفلافونويدات والفاعلية المضادة للأكسدة للعينات المدروسة، وبعد تحليل العينات عن طريق الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء، أسفر هذا التحليل على ثراء العينات النباتية المدروسة بالمركبات الفينولية كما و نوعا.











يعد تحديد وتمييز هذه المصادر وثيقة الصلة مهمة حاسمة لضمان جودة المواد الخام، من هنا تم تطوير طريقة تحليلية سهلة ودقيقة لتصنيف النباتات المدروسة المختلفة بإستخدام مطياف فورييه لتحويل الأشعة تحت الحمراء (FTIR)، الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-vis) والكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC) إلى جانب التحليل الكيمومتري (PCA، HCA) لتحديد الإختلافات ومدى التشابه بينهما، تم التحقق من صحة النتائج المقدمة بطريقة (PLS، PLS-DA)، حيث وزعت HCA و PCA بنجاح العينات المختبرة إلى مجموعات منفصلة وواضحة، تم تأكيد هذه النتائج أيضا من خلال تحليل PLS و PLS-DA؛ في ضوء هذه النتائج تبين أنه يمكن إستخدام طريقة التحليل الكيميائي إلى جانب التحليل الكيمومتري لتحديد وتمييز الأنواع النباتية وثيقة الصلة.









من هنا يمكننا أن نستنتج أنه يمكننا إعتقاد طرق التحليل الكيميائي بمساعدة طرق التحليل الكيمومتري لتصنيف النباتات من أصول مختلفة، كطريقة فعالة ومحددة وسريعة وغير مدمرة وغير ملوثة.




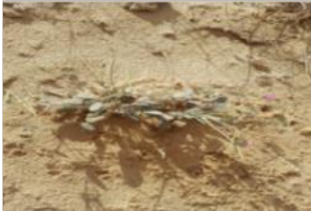




ختاماً نوصي بإجراء المزيد من البحوث للكشف عن المزيد من المركبات التي لم نتمكن من تعريفها خلال هاته الدراسة، والمزيد من البحوث الطبية والبيولوجية والصيدلانية المتخصصة، لتثمين النباتات الطبية في الصحراء الجزائرية، وكيفية إستغلالها في العلاج والوقاية من مختلف الأمراض، بالإضافة إلى بحث المهتمين بوضع قواعد بيانات تسهل طريقة التمييز بين الأنواع النباتية المختلفة والمماثلة، إضافة إلى مراقبة جودة هذه النباتات ودرجة سميتها.

الملاحق

الملحق (1): صور النباتات الصحراوية المدروسة

Family: Fabaceae			
			
Astragalus gysensis Del	Retama Retam Web b	Lotus halophylus Boiss	Genista saharae Cosson et Dur.
			
		Astragalus cruciatus Link	Astragalus gombiformis Bomel.
Family: Ephedraceae	Family: Euphorbiaceae	Family: Cyperaceae	Family: Cistaceae
			
Ephedra alata DC.	Euphorbia guyoniana Bois et Reut.	Cyperus conglomerates	Heliathemum lipii (L.) Pers

Family: Plantaginaceae	Family: Polygonaceae	Family: Tamaricaceae	Family: Plumbaginaceae
 <p data-bbox="293 592 584 647">Plantago albicans L.</p>	 <p data-bbox="741 592 1111 639">Calligonum comosum L'her.</p>	 <p data-bbox="1272 592 1525 639">Tamarix boveana</p>	 <p data-bbox="1659 592 2092 639">Limoniastrum guyonianum Dur.</p>
Family: Chenopodiaceae			
 <p data-bbox="248 1230 595 1278">Traganum nudatum Del.</p>	 <p data-bbox="786 1230 1066 1278">Bassia muricata (L.)</p>	 <p data-bbox="1290 1230 1559 1278">Atriplex halimus L.</p>	 <p data-bbox="1749 1230 2018 1278">Salsola foetida (sel).</p>

Family: Zygophyllaceae	Family: Capparidaceae	Family: Rosaceae	Family: Geraniaceae
 <p data-bbox="280 592 573 624">Zygophyllum album L</p>	 <p data-bbox="831 592 1037 624">Cleome arabica L</p>	 <p data-bbox="1256 584 1532 616">Neurada procumbens L</p>	 <p data-bbox="1709 584 2074 616">Erodium glaucophyllum L'Her.</p>
Family: Asteraceae			
 <p data-bbox="311 1002 560 1034">Brocchia cinerea Vis.</p>	 <p data-bbox="730 1002 1115 1034">Launaea glomerata (Coss.) Hook.</p>	 <p data-bbox="1294 1002 1509 1034">Atractylis fhava L</p>	 <p data-bbox="1765 1002 2018 1034">Matricaria pubescens</p>



Launaea resedifolia O. K.



Onopordon macracanthum schousb

Family: Brassicaceae

Family: Solanaceae

Family: Poaceae



Malcolmia aegyptiaca Spr.





Mathiola livida DC.



Solanum nigrum L.



Cutandia Dichotoma

Family: Boraginaceae	Family: Caryophyllaceae	
 <p data-bbox="257 619 611 651">Moltkia ciliata (Forsk.) Maire.</p>	 <p data-bbox="801 632 1025 660">Silene villosa forsk.</p>	

الملاحق

الملحق (2): أهم المعلومات للنباتات الصحراوية المدروسة.

الاختصار	الاسم الشائع	الاسم العلمي	العائلة	الاسم العلمي	مكان الجني	شهر الجني
1:01	الدليلية	<i>Astragalus gysensis</i> Del.	القرنية (الفولية)	Fabaceae	ضبيعي	مارس
1:02					ضبيعي	مارس
1:03					بن قشة	مارس
2:04	رتم	<i>Retama Retam</i> Web b.			طريفايوي	مارس
2:05					تغزوت	مارس
2:06					تغزوت	مارس
3:07	ضعيفة	<i>Lotus halophylus</i> Boiss.			بن قشة	مارس
3:08					ضبيعي	مارس
3:09					ضبيعي	مارس
4:10	العقيفة	<i>Astragalus cruciatus</i> Link.			بن قشة	مارس
4:11					بن قشة	مارس
4:12					قمار	مارس
5:13	مرخ	<i>Genista saharae</i> Cosson et Dur.			تغزوت	مارس
5:14					تغزوت	مارس
5:15					قمار	مارس
6:16	فول الابل	<i>Astragalus gombiformis</i> Bomel.			طريفايوي	مارس
6:17					تغزوت	مارس
6:18					تغزوت	مارس
7:19	اللبن	<i>Eurphorbia guyoniana</i> Bois et Reut.	اللبنية	Euphorbiaceae	طريفايوي	مارس
7:20					قمار	مارس
7:21					قمار	مارس
8:22	العنقدة	<i>Ephedra alata</i> DC.	الافيدرية	Ephedraceae	بن قشة	مارس
8:23					بن قشة	مارس
8:24					بن قشة	مارس

الملاحق

9:25	سمهري	<i>Heliathemum lipii (L.) Pers.</i>	السستية	Cistaceae	طريفاي	مارس
9:26					قمار	مارس
9:27					تغزوت	مارس
10:28	سعد	<i>Cyperus conglomeratus</i>	السعدية	Cyperaceae	تغزوت	افريل
10:29					تغزوت	افريل
10:30					قمار	افريل
11:31	أرطا	<i>Calligonum comosum L'her.</i>	الحماضية	Polygonaceae	تغزوت	افريل
11:32					تغزوت	افريل
11:33					قمار	افريل
12:34	إنم	<i>Plantago albicans L.</i>	الحملية	Plantaginaceae	قمار	افريل
12:35					قمار	افريل
12:36					قمار	افريل
13:37	زيتة	<i>Limoniastrum guyonianum Dur.</i>	الرصاصية	Plumbaginaceae	بن قشة	مارس
13:38					بن قشة	مارس
13:39					بن قشة	مارس
14:40	طرفة	<i>Tamarix boveana</i>	الطرفية	Tamricaceae	طالب العربي	افريل
14:41					قمار	افريل
14:42					قمار	افريل
15:43	ضمران	<i>Traganum nudatum Del.</i>	المرامية	Chenopodiaceae	طالب العربي	افريل
15:44					قمار	ماي
15:45					قمار	ماي
16:46	غبيثا	<i>Bassia muricata (L.)</i>			قمار	ماي
16:47					تغزوت	ماي
16:48					رقبية	ماي

الملاحق

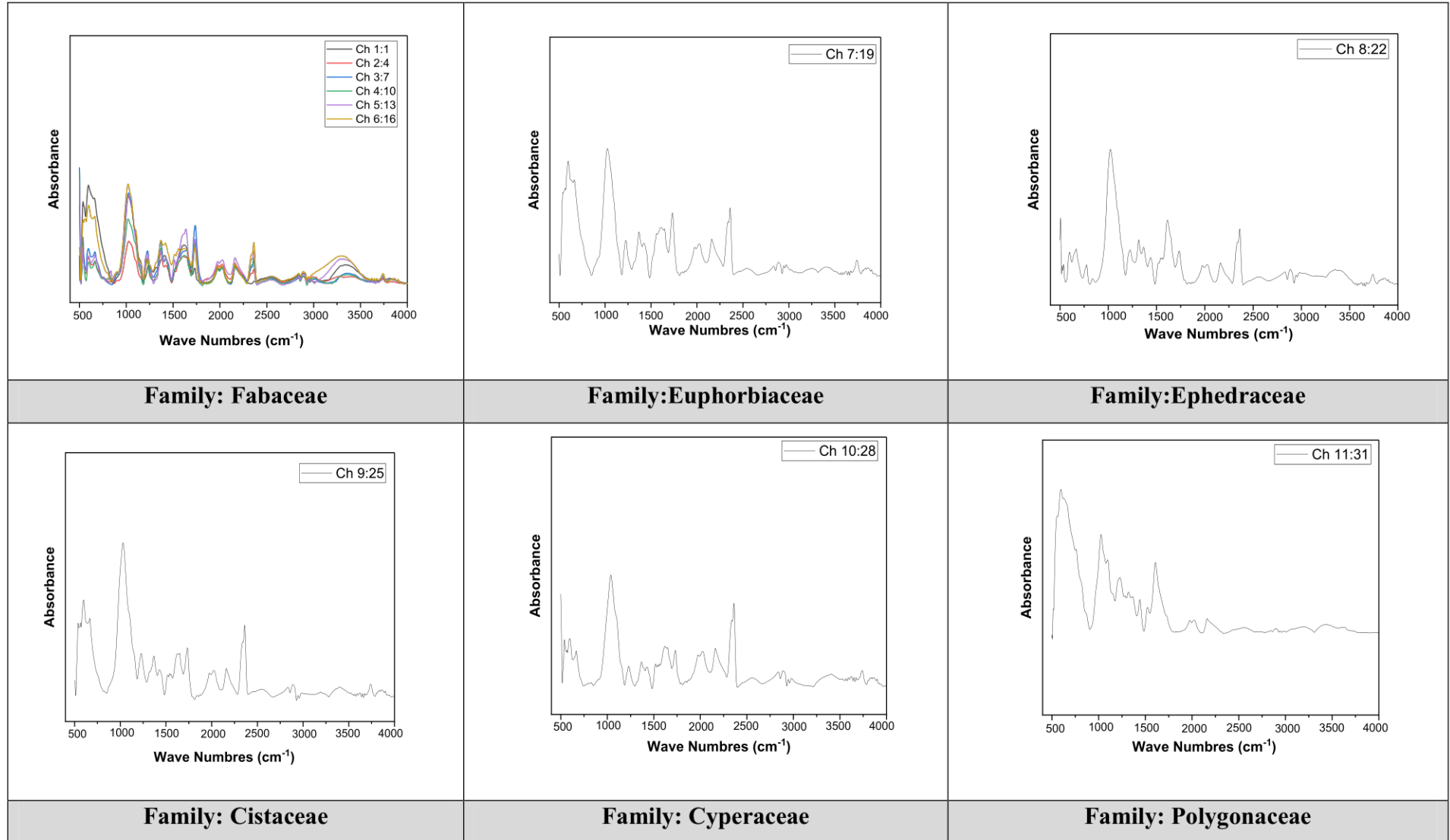
17:49	قطف	<i>Atriplex halimus L.</i>			طالب العربي	افريل
17:50					طالب العربي	افريل
29:80	قضام	<i>Salsola foetida (sel).</i>			قمار	ماي
29:81					قمار	ماي
29:82					قمار	ماي
18:51	بوقريبة	<i>Zygophyllum album L.</i>	الطرابية	Zygophyllaceae	قمار	ماي
18:52					قمار	ماي
18:53					قمار	ماي
19:54	شبيحة الابل	<i>Brocchia cinerea Vis.</i>			بن قشة	مارس
19:55					بن قشة	مارس
19:56					بن قشة	مارس
20:57	كريشت الارنب	<i>Launaea glomerata (Coss.) Hook.</i>	المركبة	Asteraceae	طالب العربي	مارس
24:67	لبان عزايذ	<i>Atractylis fhava L.</i>			دميثة	افريل
32:88	خرشف	<i>Onopordon macracanthum schousb.</i>			قمار	ماي
21:58	قرطوفة	<i>Matricaria pubescens (desf) Schultz.</i>			غمرة الشمالية	افريل
21:59					غمرة الشمالية	افريل
21-60					غمرة الشمالية	افريل
28:77	عصيد	<i>Launaea resedifolia O. K.</i>			تغزوت	افريل
28:78					تغزوت	افريل
28:79					قمار	افريل
22-61	الحلمة				البوراجينية	Boraginaceae	قمار	افريل

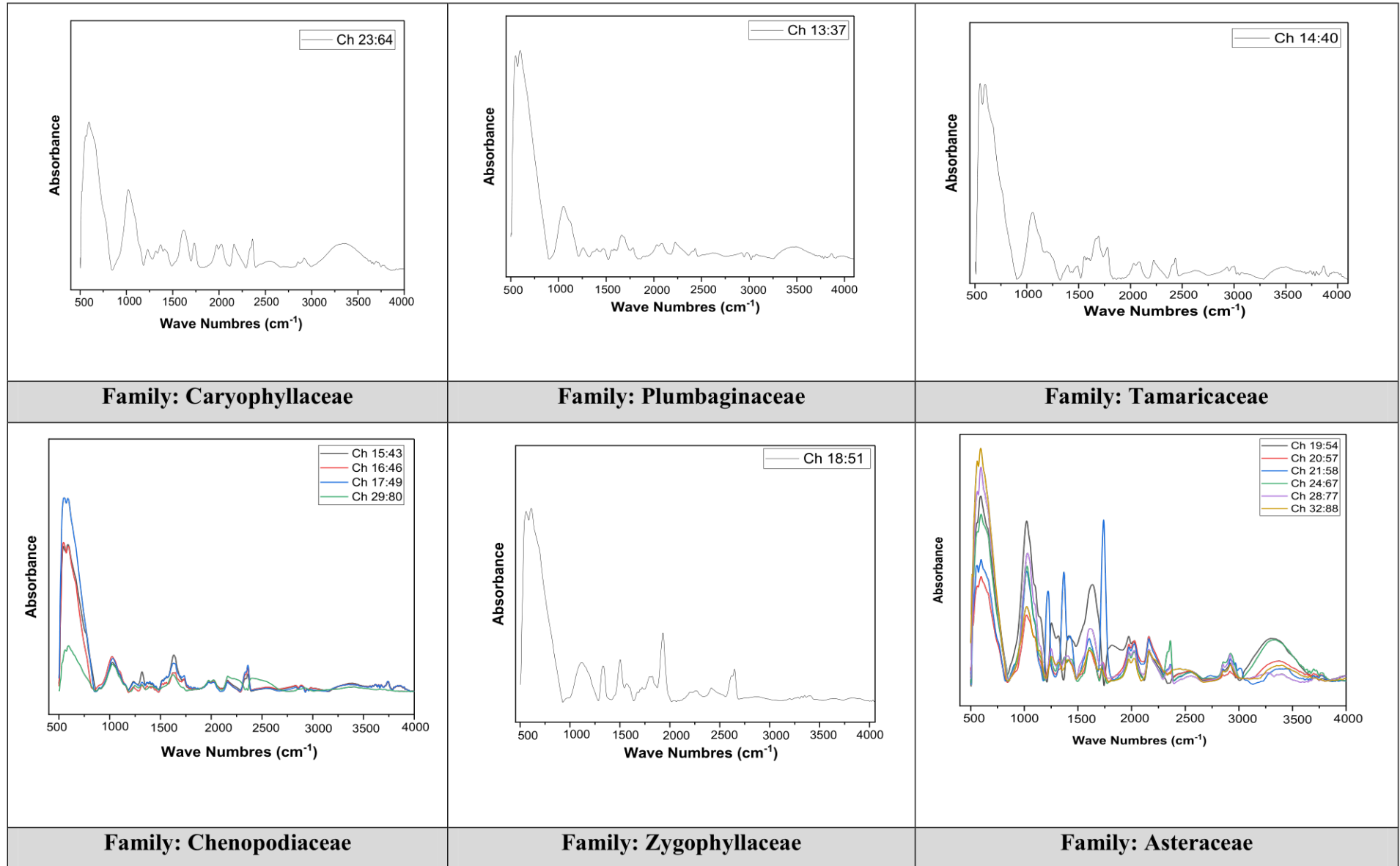
الملاحق

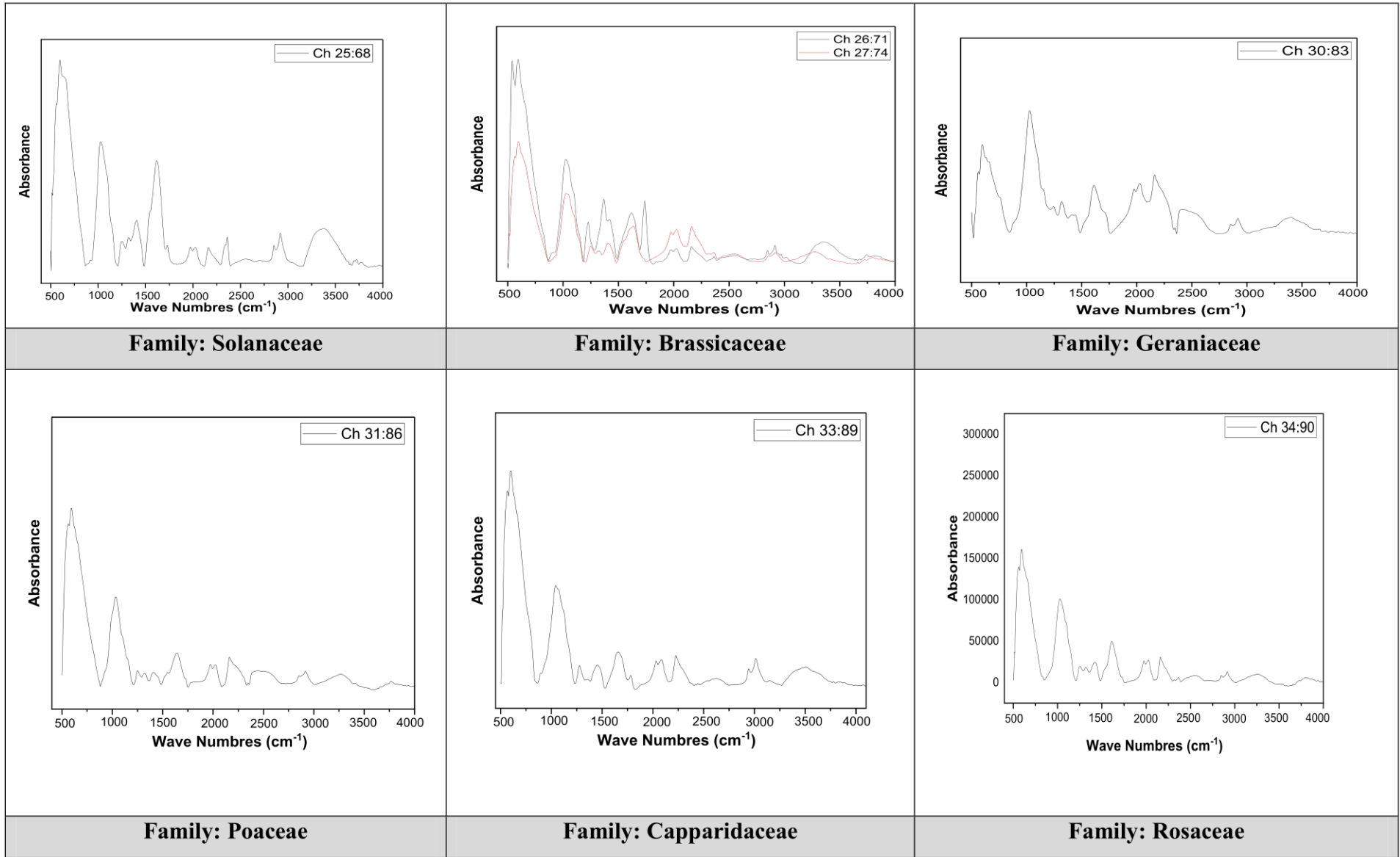
22-62		<i>Moltkia ciliata (Forsk.) Maire.</i>			قمار	افريل
22-63					قمار	افريل
23-64					قمار	افريل
23-65	مديهنية	<i>Silene villosa forsk.</i>	القرنفلية	Caryophyllaceae	قمار	افريل
23-66					قمار	افريل
25:68					رقبية	ماي
25:69	عنب الذيب	<i>Solanum nigrum L.</i>	الباذنجانية	Solanaceae	رقبية	ماي
25:70					قمار	ماي
26:71					قمار	ماي
26:72	حارة	<i>Malcolmia aegyptiaca Spr.</i>			قمار	ماي
26:73					قمار	ماي
27:74			الصليبية	Brassicaceae	تغزوت	ماي
27:75	شقارة	<i>Mathiola livida DC.</i>			تغزوت	ماي
27:76					قمار	ماي
30:83					دميثة	ماي
30:84	تمير	<i>Erodium glaucophyllum L'Her.</i>	الجارونية	Geraniaceae	دميثة	ماي
30:85					قمار	ماي
31:86		<i>Cutandia Dichotoma (forsk.) Trab.</i>	النجلية	Poaceae	تغزوت	مارس
31:87	لمص				قمار	مارس
33:89	نتين	<i>Cleome arabica L.</i>	القبارية	Capparidaceae	دميثة	ماي
34:90	سعدان	<i>Neurada procumbens L.</i>	الوردية	Rosaceae	دميثة	مارس

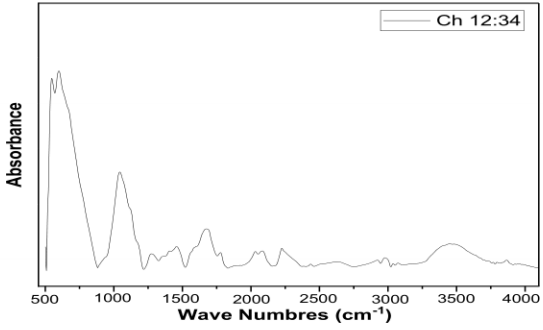
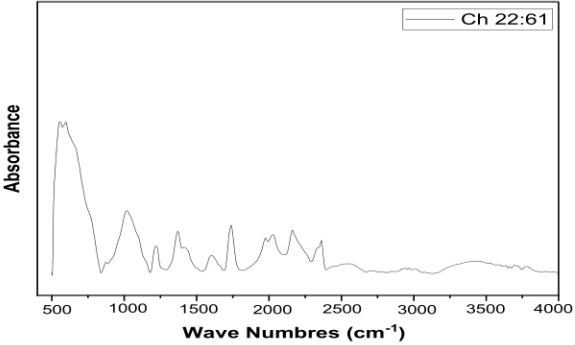
الملاحق

الملحق (3): طيف الأشعة تحت الحمراء لمختلف العائلات النباتية المدروسة.



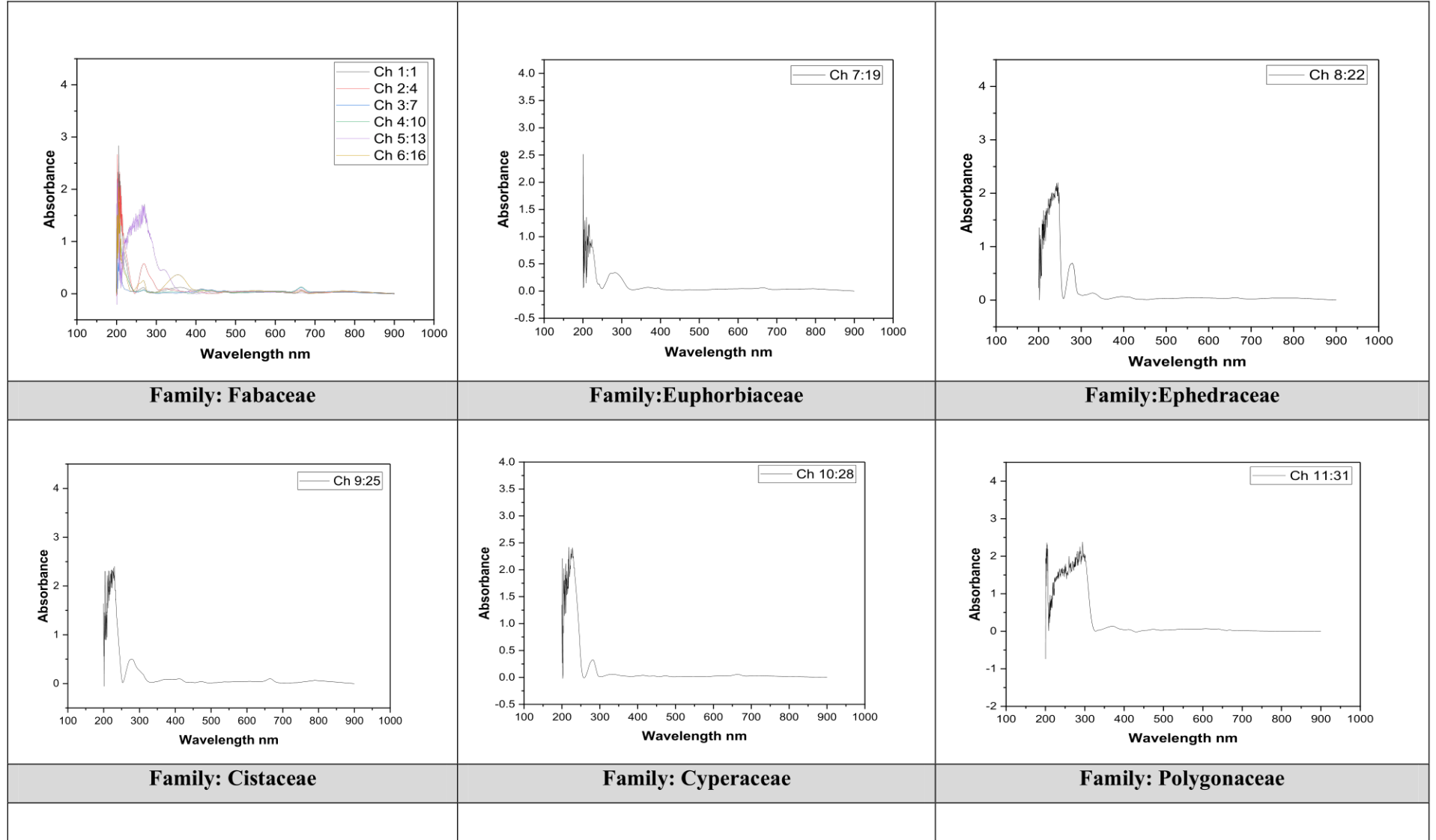


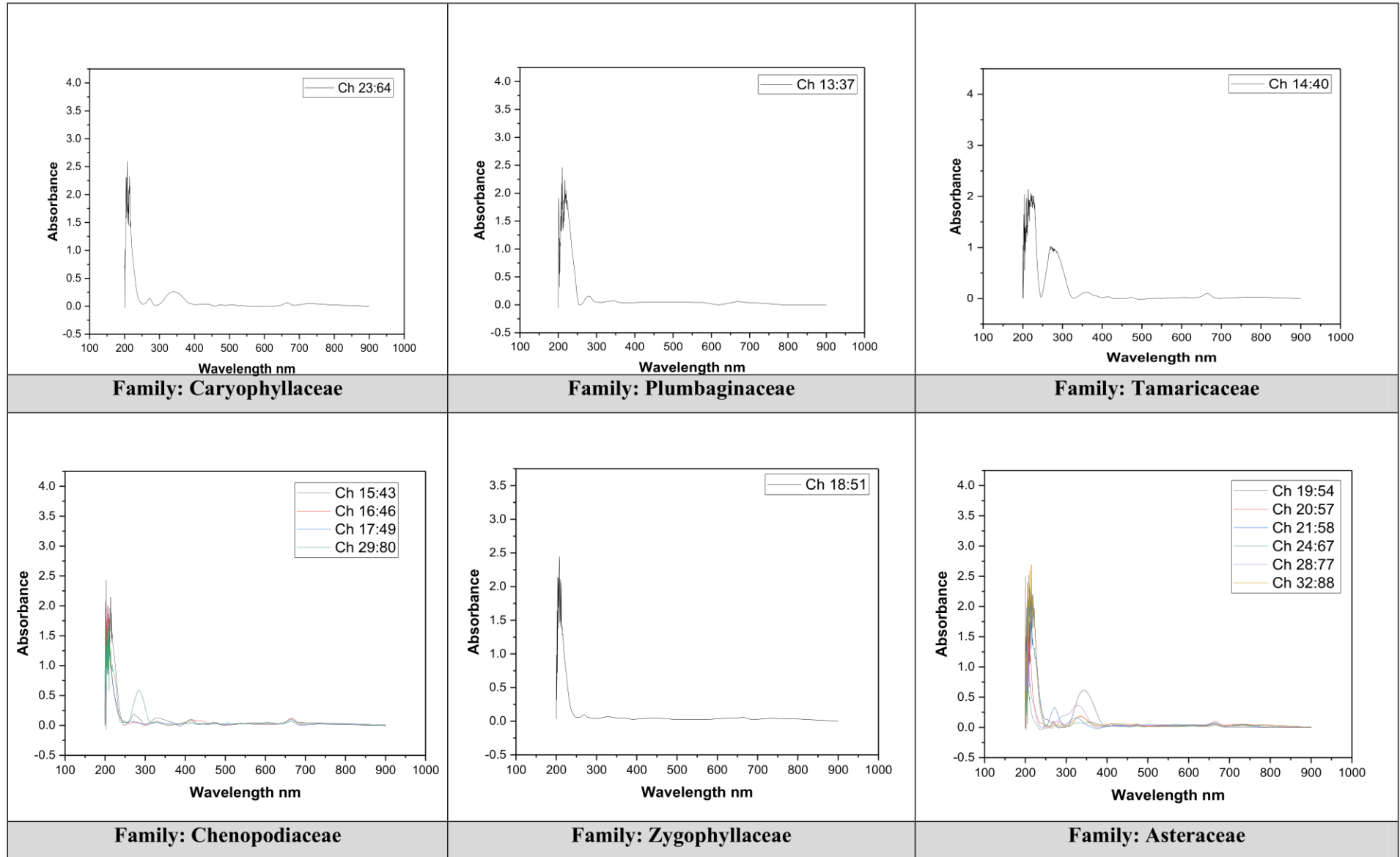


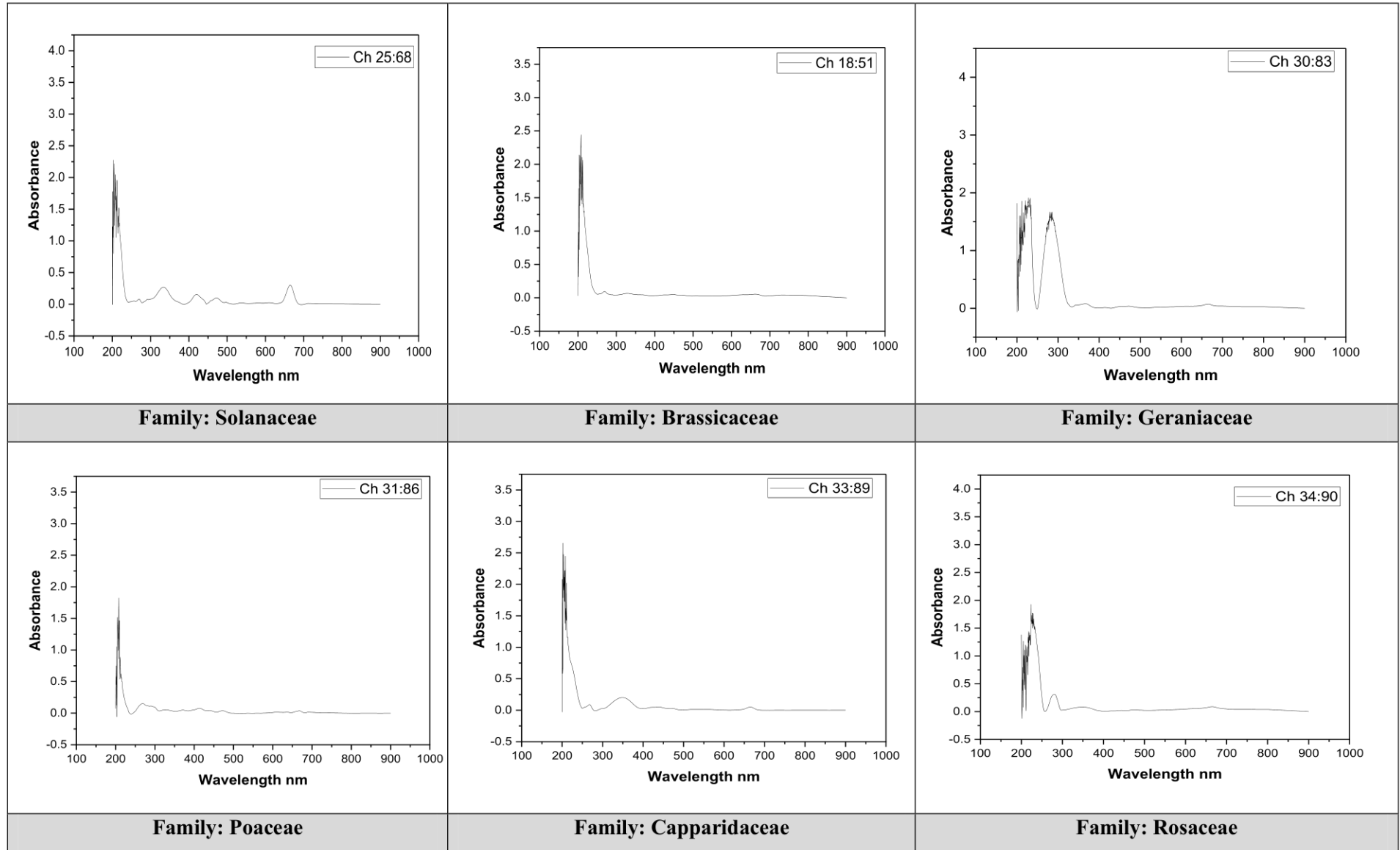
 <p>Ch 12:34</p>	 <p>Ch 22:61</p>	
<p>Family: Plantaginaceae</p>	<p>Family: Boraginaceae</p>	

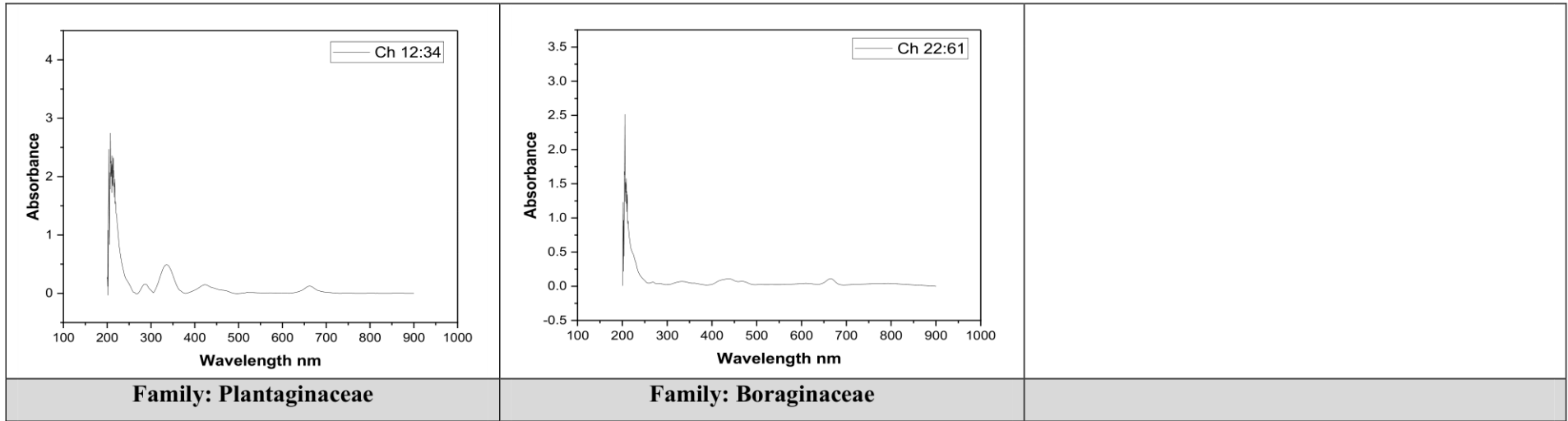
الملاحق

الملحق (4): طيف الأشعة فوق البنفسجية و المرئية لمختلف العائلات النباتية المدروسة.



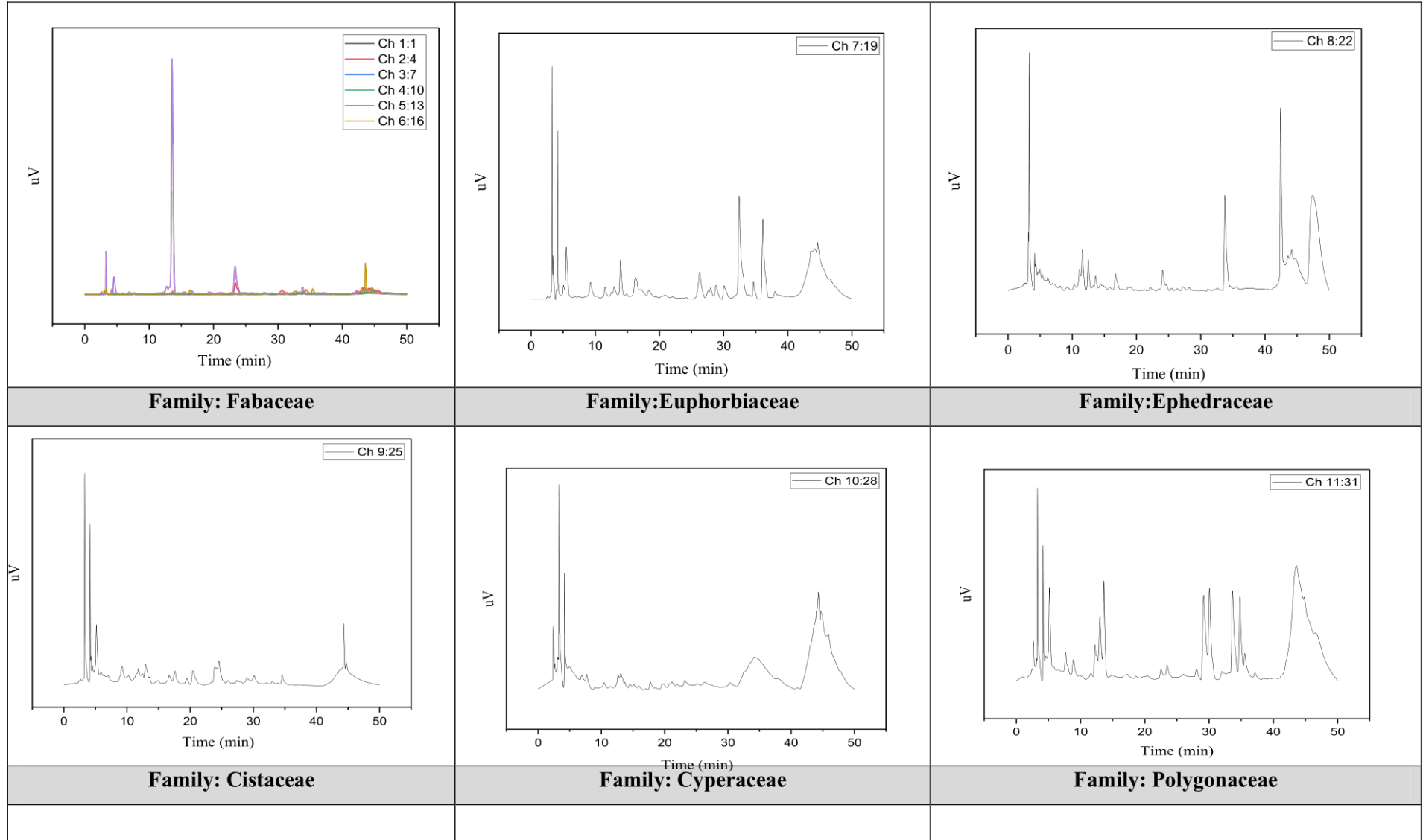




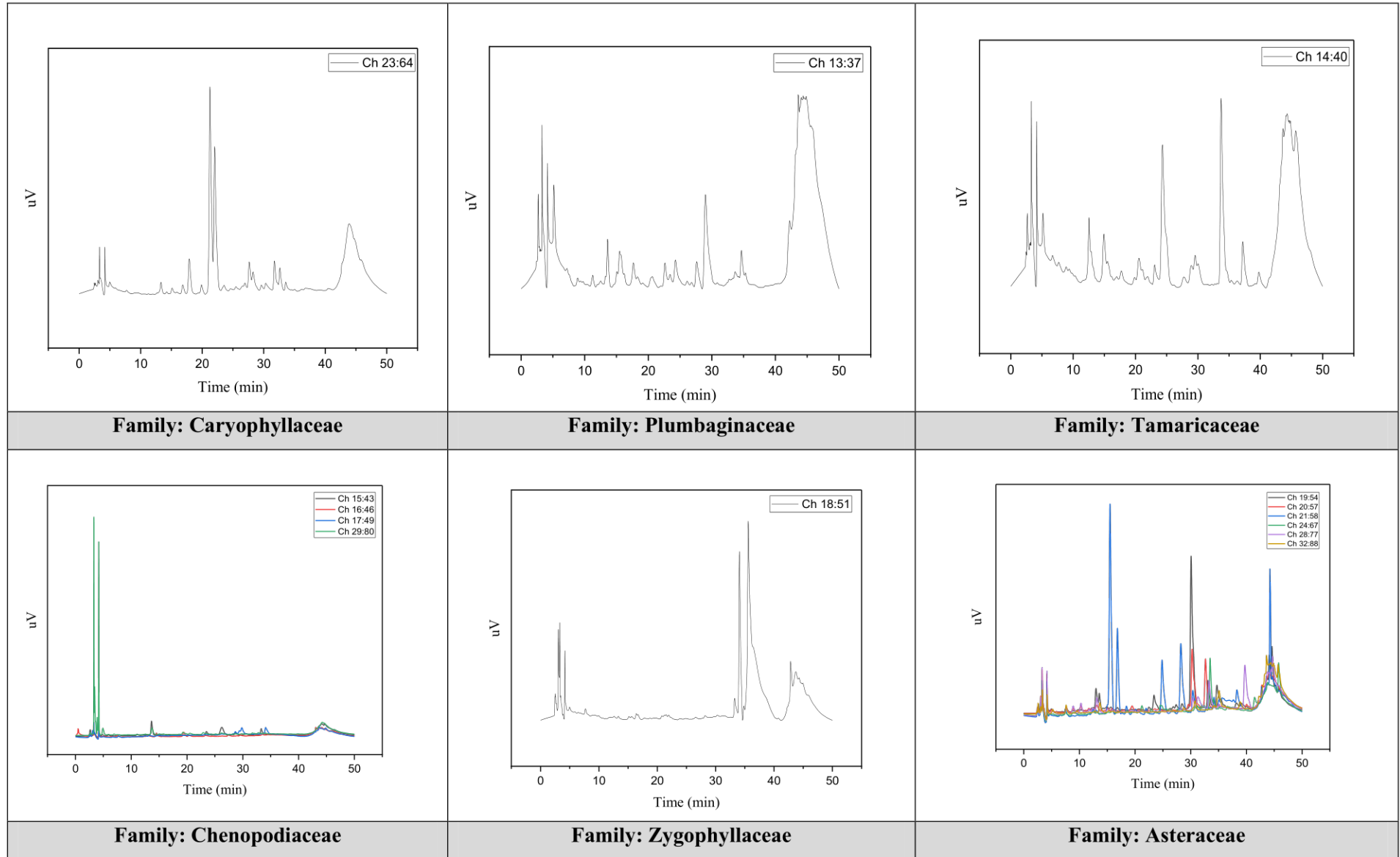


الملاحق

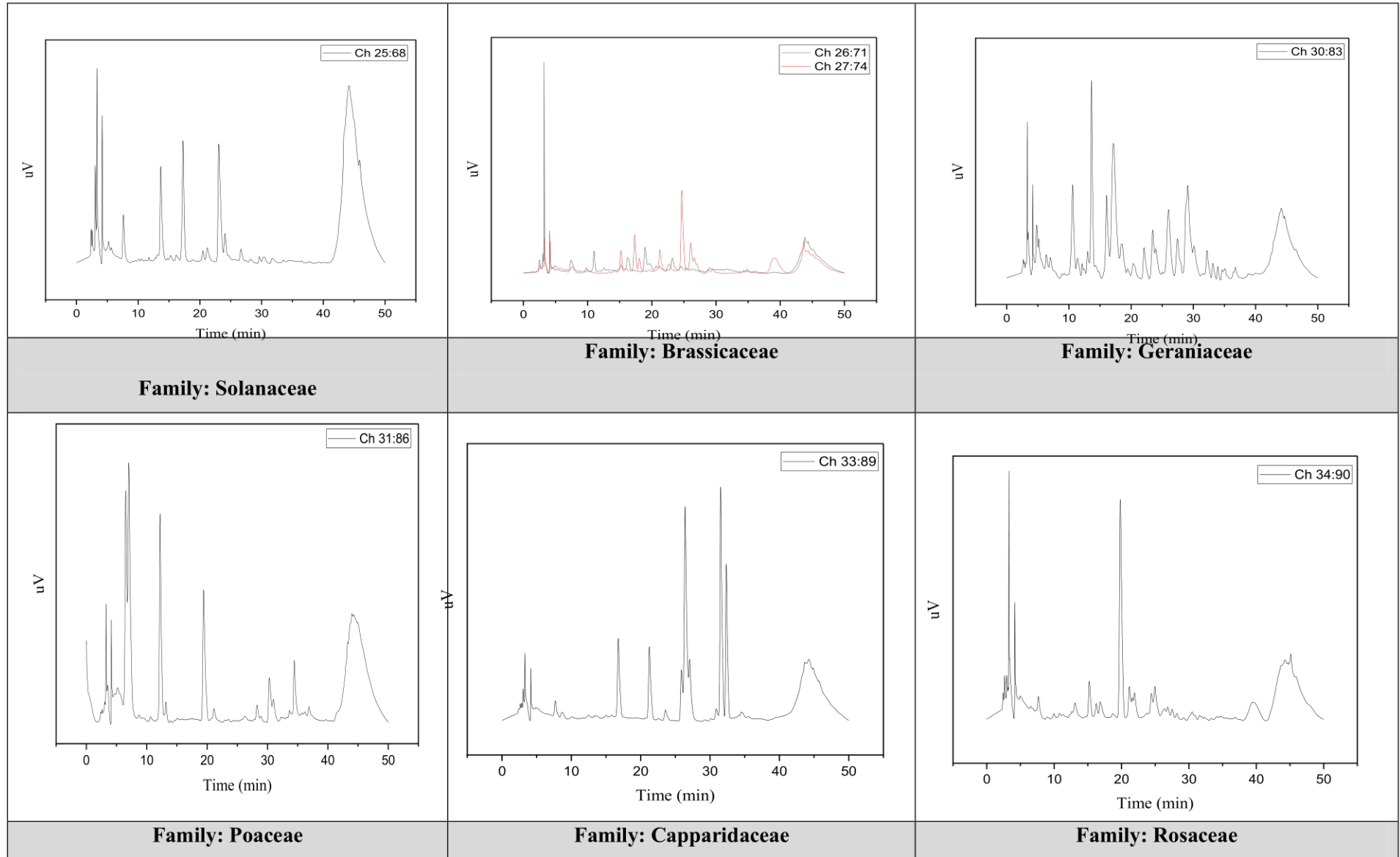
الملحق (5): كروماتوغرام HPLC لمختلف العينات النباتية المدروسة.



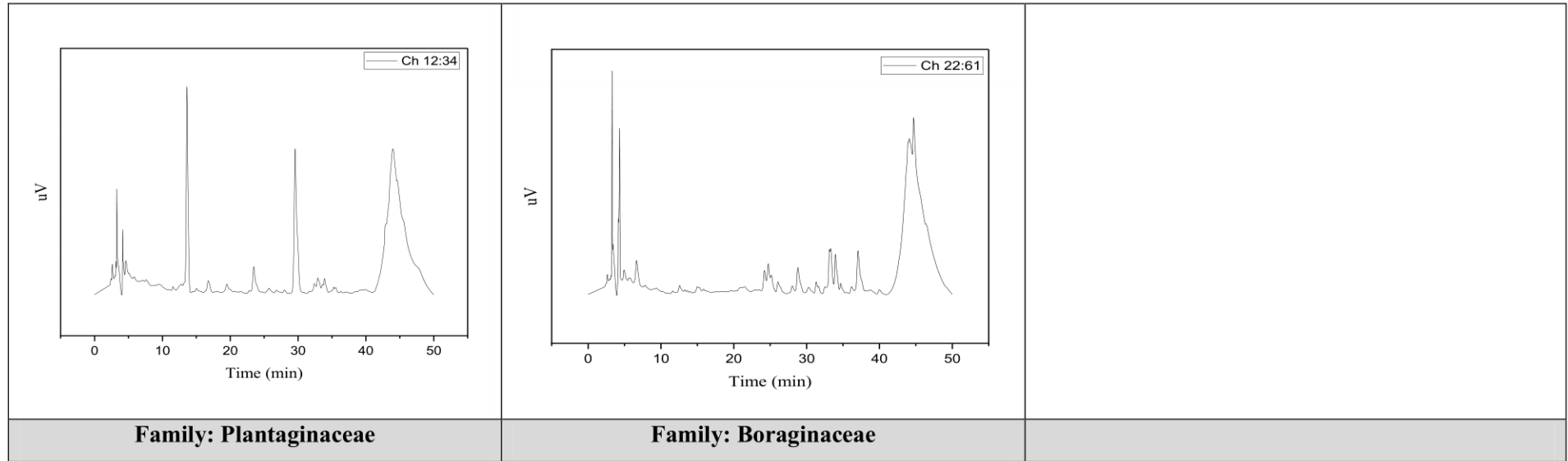
الملاحق



الملاحق

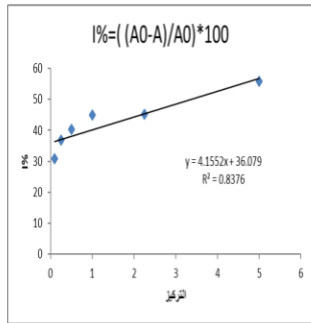


الملاحق

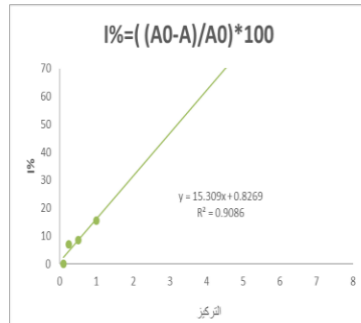


الملحق (6): نتائج اختبارات DPPH.

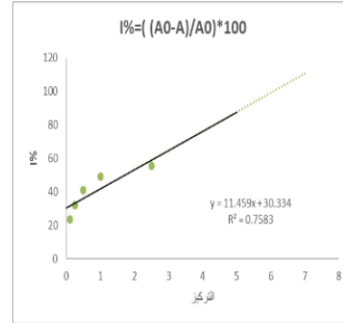
Family: Fabaceae



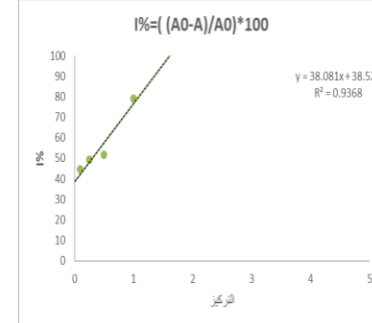
Astragalus gysensis Del



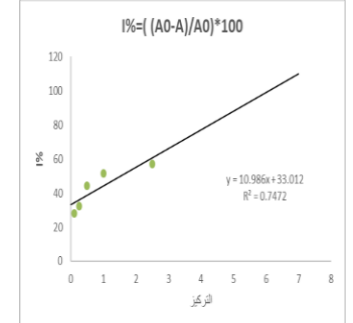
Retama Retam Web b



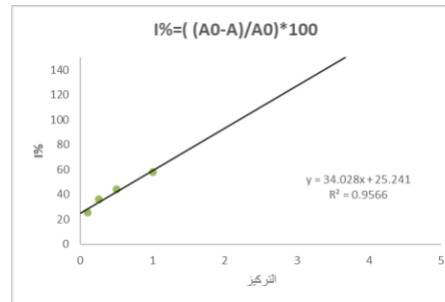
Lotus halophylus Boiss



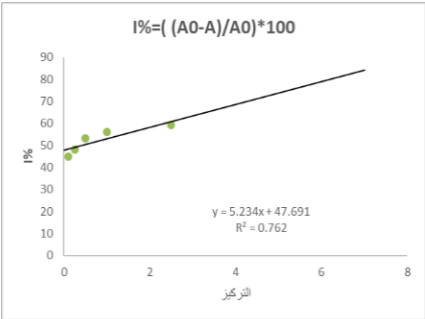
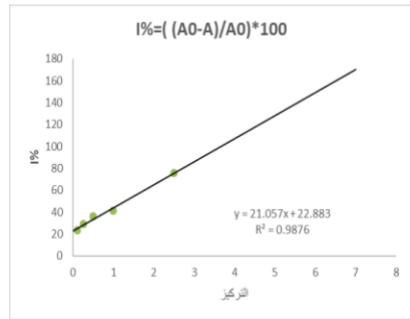
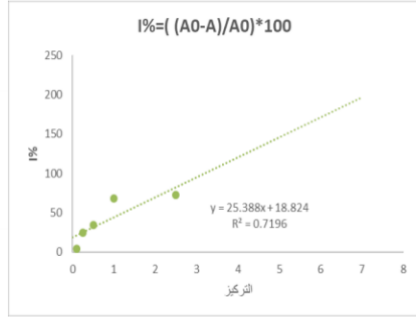
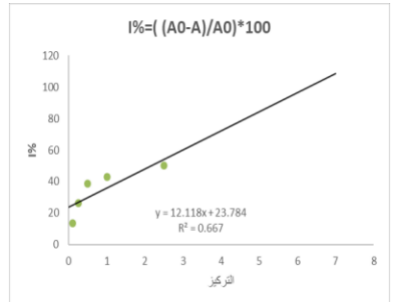
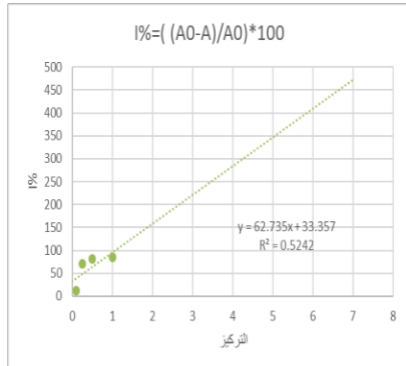
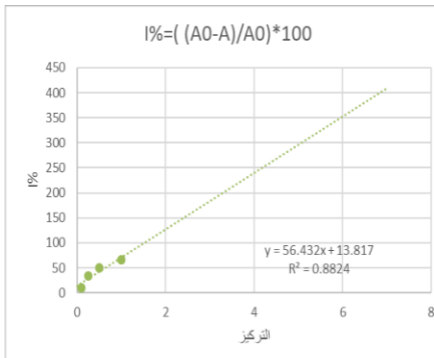
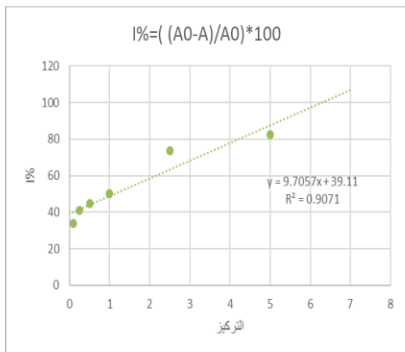
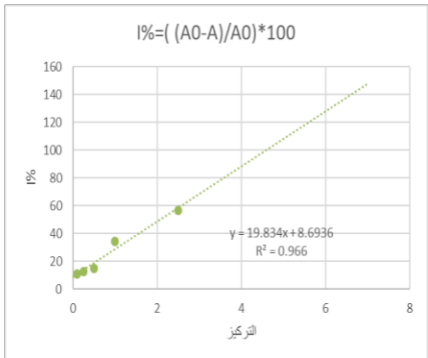
Genista saharae Cosson et Dur.



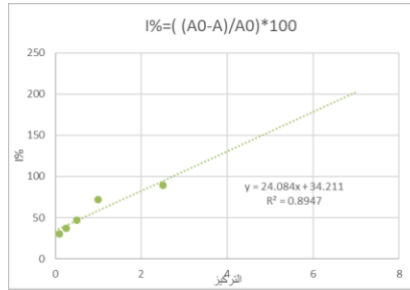
Astragalus gombiformis Bomel.



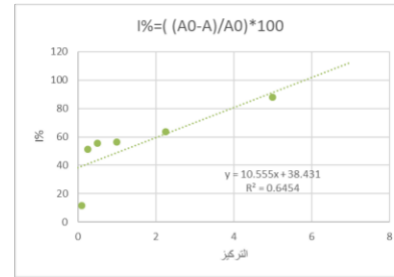
Astragalus cruciatus Link

Family: Ephedraceae	Family: Euphorbiaceae	Family: Cyperaceae	Family: Cistaceae
 <p>$I\% = (A_0 - A) / A_0 * 100$</p> <p>$y = 5.234x + 47.691$ $R^2 = 0.762$</p> <p>Ephedra alata DC</p>	 <p>$I\% = (A_0 - A) / A_0 * 100$</p> <p>$y = 21.057x + 22.883$ $R^2 = 0.9876$</p> <p>Eurphorbia guyoniana Bois et Reut.</p>	 <p>$I\% = (A_0 - A) / A_0 * 100$</p> <p>$y = 25.388x + 18.824$ $R^2 = 0.7196$</p> <p>Cyperus conglomerates</p>	 <p>$I\% = (A_0 - A) / A_0 * 100$</p> <p>$y = 12.118x + 23.784$ $R^2 = 0.667$</p> <p>Heliathemum lipii (L.) Pers</p>
Family: Tamaricaceae	Family: Plumbaginaceae	Family: Boraginaceae	Family: Capparidaceae
 <p>$I\% = (A_0 - A) / A_0 * 100$</p> <p>$y = 62.735x + 33.357$ $R^2 = 0.5242$</p> <p>Tamarix boveana</p>	 <p>$I\% = (A_0 - A) / A_0 * 100$</p> <p>$y = 56.432x + 13.817$ $R^2 = 0.8824$</p> <p>Limoniastrum guyonianum Dur.</p>	 <p>$I\% = (A_0 - A) / A_0 * 100$</p> <p>$y = 9.7057x + 39.11$ $R^2 = 0.9071$</p> <p>Moltkia ciliata (Forsk.) Maire.</p>	 <p>$I\% = (A_0 - A) / A_0 * 100$</p> <p>$y = 19.834x + 8.6936$ $R^2 = 0.966$</p> <p>Cleome arabica L.</p>

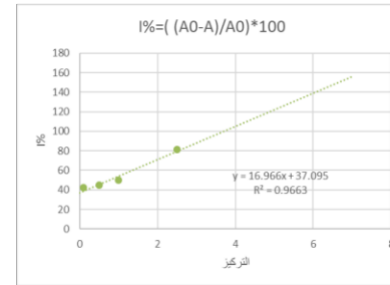
Family: Chenopodiaceae



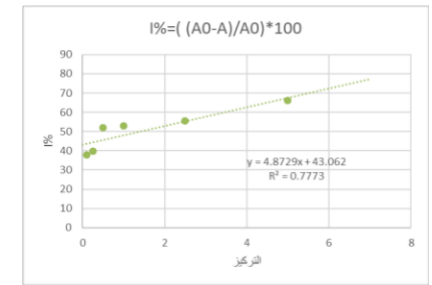
Traganum nudatum Del.



Bassia muricata (L.)



Atriplex halimus L.



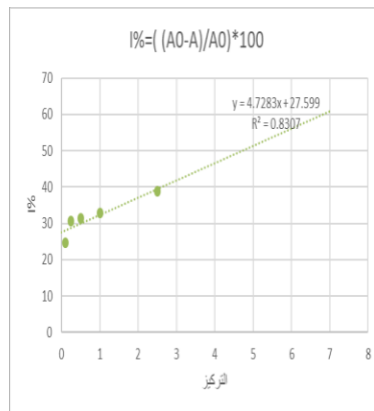
Salsola foetida

Family: Zygophyllaceae

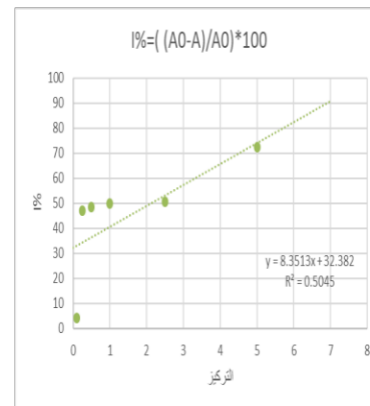
Family: Caryophyllaceae

Family: Rosaceae

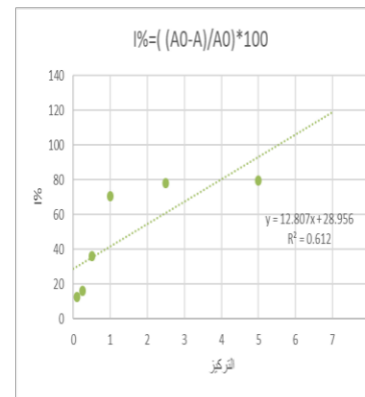
Family: Plantaginaceae



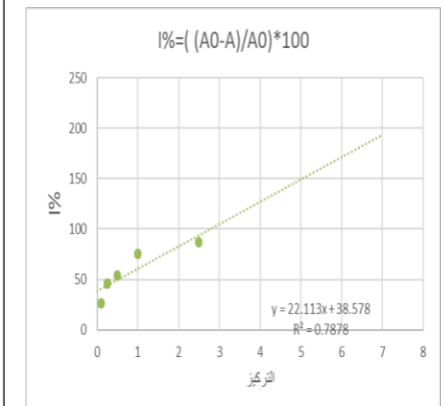
Zygophyllum album L.



Silene villosa forsk.

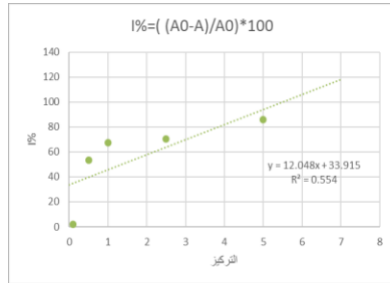


Neurada procumbens L.

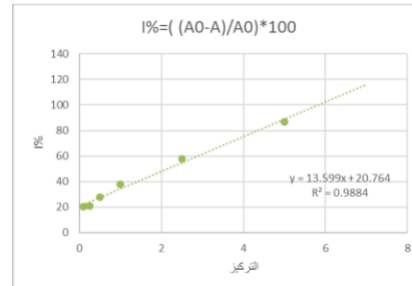


Plantago albicans L.

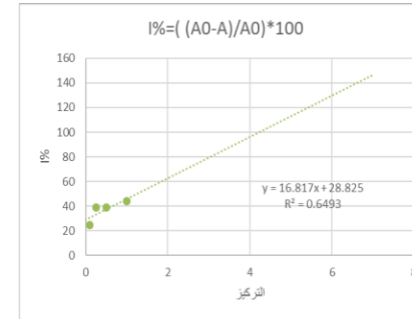
Family: Asteraceae



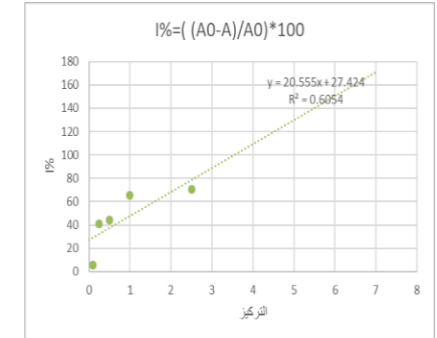
Brocchia cinerea Vis.



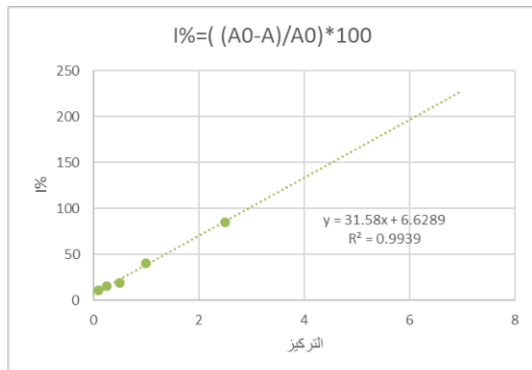
Launaea glomerata (Coss.) Hook.



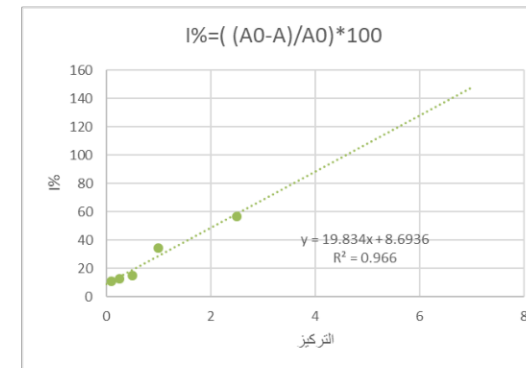
Atractylis fhava L.



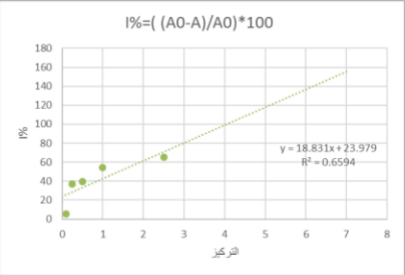
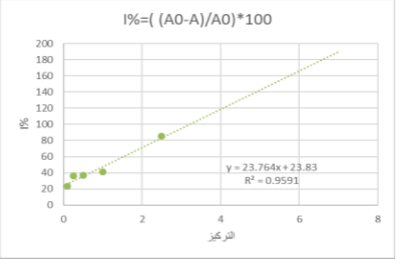
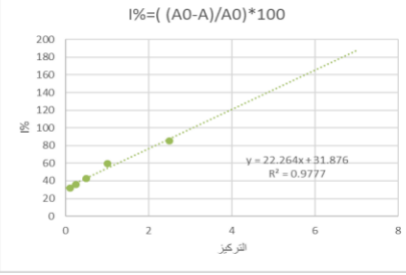
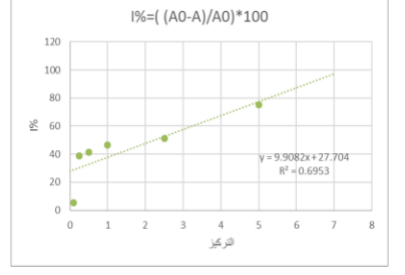
Matricaria pubescens



Launaea resedifolia O. K.




Onopordon macracanthum schousb

Family: Brassicaceae	Family: Solanaceae	Family: Poaceae	
<p data-bbox="353 336 506 357">$I\% = (A_0 - A) / A_0 * 100$</p>  <p data-bbox="271 619 584 651">Malcolmia aegyptiaca Spr.</p>	<p data-bbox="837 336 990 357">$I\% = (A_0 - A) / A_0 * 100$</p>  <p data-bbox="799 619 1032 651">Mathiola livida DC.</p>	<p data-bbox="1314 336 1467 357">$I\% = (A_0 - A) / A_0 * 100$</p>  <p data-bbox="1290 619 1523 651">Solanum nigrum L.</p>	<p data-bbox="1800 336 1953 357">$I\% = (A_0 - A) / A_0 * 100$</p>  <p data-bbox="1666 619 2078 651">Cutandia Dichotoma (forsk.) Trab.</p>

النشر العلمي

Using FTIR spectroscopy and chemometrics for classifying of algerian medicinal plant species

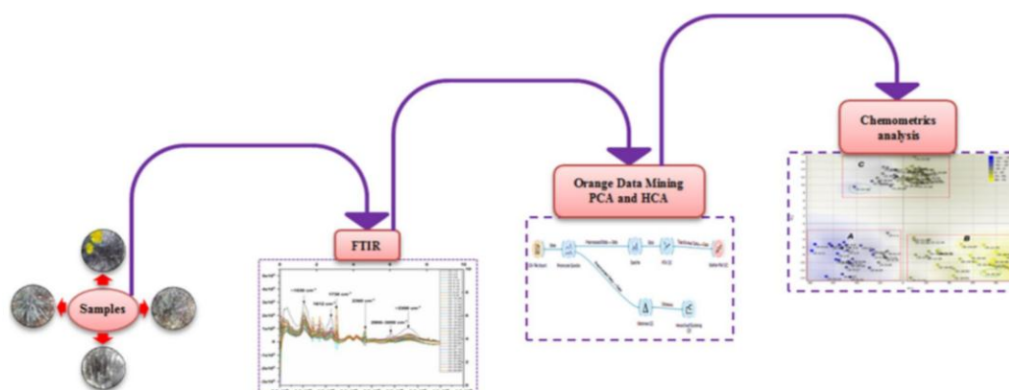
Soumeia Zeghoud¹ · Hadia Hemmami¹ · Abdelkrim Rebiai¹  · Bachir Ben Seghir²

Received: 30 May 2020 / Revised: 20 September 2021 / Accepted: 1 October 2021
© Society for Plant Research 2021

Abstract

Medicinal plants are globally valuable sources of herbal products, which could vary significantly in contents. The classification, identification and discrimination of these closely-related plants is a crucial task to ensure the quality of the raw materials. In this research, an easy and accurate analytical method for classifying different plants was developed using Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy coupled with chemometrics analysis. Ninety samples of Algerian plants (region of El-Oued) were collected and analyzed using FTIR spectroscopy ($4000\text{--}500\text{ cm}^{-1}$), principal component analysis (PCA), and hierarchical clustering (HCA) analysis to determine the differences and similarities between them. Based on FTIR data, the HCA and PCA distributed successfully the samples tested in separate and clear informational groups. Onto light of these results, the developed method could be used for the identification and discrimination of closely-related plant species.

Graphic abstract



Keywords Algerian plants · Classification · FTIR · Chemometrics analysis · PCA · HCA

✉ Abdelkrim Rebiai
rebiai-abdelkrim@univ-eloued.dz

¹ Laboratory Valorization and Technology of Saharan Resources (VTRS), University of El Oued, P.O. Box 789, 39000 El Oued, Algeria

² Laboratory of Industrial Analysis and Materials Engineering (LAIGM), University 8 May 1945, P.O. Box 401, 24000 Guelma, Algeria

Introduction

Herbal medicines are the most ancient methods of health care (Bunaciu et al. 2011). Since prehistoric times, when ideas such as synthetically manufactured medicines and modern medicine were not known/available to human society, the plant kingdom (Thabet et al. 2018) and Homo

sapiens coexisted (Simion et al. 2019). Herbal medicine plays a major role in modern human life, having significant effects on disease treatment and being gradually accepted in many countries by people (Zou et al. 2007; Gad and Bouzabata 2017).

Algeria is well known for its medicinal plant resources. There is a great variety of flora related to Algeria's large size and climatic diversity between the North, where the climate is the Mediterranean, Atlas mountains in the middle, and the Sahara in the South (Hamza et al. 2019).

Medicinal plants are tools for traditional medicines and produce many modern medicines indirectly (Hosseinzadeh et al. 2015). Plants are rich in bioactive compounds (Jamila et al. 2019), and the main classes of herbal compounds are flavonoids, polyphenols, glycosides, tannins, diterpenoids, resins, alkaloids, and many more (Simion et al. 2019). Herbal medicines are considered slightly toxic and mild compared to pharmaceutical drugs (Dibong et al. 2011). To analytical chemists, a pharmacognostic study of medicinal herbs remains difficult as herbs are a complex mixture process (Hamdan et al. 2004).

As an instrumental research process (Fan et al. 2013) and classification of medicinal plants, many analytical techniques such as spectroscopy [ultraviolet-visible (UV-Vis), Fourier transform infrared (FTIR), nuclear magnetic resonance (NMR), and mass spectrometry (MS)] and chromatography [thin-layer chromatography (TLC), high-performance liquid chromatography (HPLC), and gas chromatography (GC)] were used (Rohaeti et al. 2015). FTIR is one of the most effective analytical techniques (Bunaciu et al. 2011). It is a fast, simple, high-resolution analytical method (Kim et al. 2004) tool for determining the functional groups in a sample, producing a spectrum between 4000 and 500 cm^{-1} by stretching and bending molecular vibration (Basyirah et al. 2019). Although herbs contain a wide variety of chemical constituents, due to the variation in species and content of chemical components, their IR spectra were found to be different (Lu et al. 2008).

Discrimination in the FTIR spectra by visual inspection is not simple because the structure of the FTIR spectra is very complex (Rohaeti et al. 2015). Nowadays, multivariate chemometrics analysis has been widely used in conjunction with FTIR spectroscopy (Nurrulhidayah et al. 2011) evolving computer technology (Hamdan et al. 2004). Recent studies suggest that in conjunction with chemometrics methods, FTIR spectroscopy can provide a viable alternative analytical approach for rapid and environmentally-friendly research (Kachel et al. 2019; Matwijczuk et al. 2019; Oniszczuk et al. 2019; Sadowska et al. 2019).

Because of the aforesaid, the main objective of this study is to explore the ability of FTIR spectroscopy as efficient available techniques for the classification and authentication of the plants collected from different geographical origins.

According to the infrared spectra, the samples were classified by applying the PCA, HCA analyses.

Materials and methods

Sample collection

Initially, 90 samples from 34 plants belonging to 20 different families were collected from March to May 2018 from Oued Souf region (South-east of Algerian Sahara). Their detailed information is listed in Table 1. The identification of plants was carried out with the help of Dr. Youssef Helles book (ISBN: 978-9961-933-05-3) (Hallis 2007). The surface soil was removed. Then, the samples were dried at room temperature. After that, each sample was pulverized with an electric grinder, successively. The powders for each sample were stored in airtight cans and stored at room temperature to protect them from light until further analysis.

FTIR spectral data pre-treatment

In this study, all samples were analyzed by FTIR spectroscopy without chemical treatment. Baseline correction (pre-process spectra) pretreatment was applied to remove scatter effects from spectra by centering and scaling each spectrum. Pre-treatment of spectral data is a major step preceding chemometrics analysis to reduce the effect of light dispersion, the variance of baseline, systematic noise. The FTIR data sets (1818 \times 90 datasets) from Shimadzu IR solution software for FTIR data from normalized and smoothing were saved in file .CSV and copied manually to Microsoft Excel 2007 as two data sets (rows: samples; and columns: wave number) for extracting their numerical values from spectra files. Then, All FTIR spectral data were subjected to unsupervised pattern recognition by PCA and HCA which are conducted by Orange3-3.13.0-Python36 Pro 2018 (University of Ljubljana, Slovenia).

Chemometrics analysis

PCA is one of the multivariate data analysis techniques that support a complementary role with HCA by both summing up data and minimizing data. These are quantitative methods that are used to examine interrelations between numerous factors and describe them in terms of their causes (Oniszczuk et al. 2019).

Principal component analysis (PCA)

PCA is an exploratory approach that decreases the data matrix dimension and compresses the details into a few new variables called key components, linear combinations of the

Table 1 Code of the samples

Sample code	Species	Applications in folk medicine	Family
1:1	<i>Astragalus gysensis Del</i>	Headache	Fabaceae (Leguminose)
1:2	<i>Astragalus gysensis Del</i>		
1:3	<i>Astragalus gysensis Del</i>		
2:4	<i>Retama Retam Webb</i>	Analgesic, antiseptic and anti-inflammatory	
2:5	<i>Retama Retam Webb</i>		
2:6	<i>Retama Retam Webb</i>		
3:7	<i>Lotus halophylus Boiss</i>	Pain reliever	
3:8	<i>Lotus halophylus Boiss</i>		
3:9	<i>Lotus halophylus Boiss</i>		
4:10	<i>Astragalus cruciatus Link</i>	Against stomach ulcer, hypertension, diabetes and bites of scorpion	
4:11	<i>Astragalus cruciatus Link</i>		
4:12	<i>Astragalus cruciatus Link</i>		
5:13	<i>Genistasaharae Cosson et Dur</i>	Cold, respiratory system problems	
5:14	<i>Genistasaharae Cosson et Dur</i>		
5:15	<i>Genistasaharae Cosson et Dur</i>		
6:16	<i>Astragalus gombiformis Bomel</i>	Scorpion stings and snake bites	
6:17	<i>Astragalus gombiformis Bomel</i>		
6:18	<i>Astragalus gombiformis Bomel</i>		
7:19	<i>Eurphorbia guyoniana Bois and Reut</i>	Against snake bites	Euphorbiaceae
7:20	<i>Eurphorbia guyoniana Bois and Reut</i>		
7:21	<i>Eurphorbia guyoniana Bois and Reut</i>		
8:22	<i>Ephedra alata DC</i>	Cold, influenza, respiratory problems, hypertension	Ephedraceae
8:23	<i>Ephedra alata DC</i>		
8:24	<i>Ephedra alata DC</i>		
9:25	<i>Helianthemum lipii (L.) Pers</i>	Treat skin lesions	Cistaceae
9:26	<i>Helianthemum lipii (L.) Pers</i>		
9:27	<i>Helianthemum lipii (L.) Pers</i>		
10:28	<i>Cyperus conglomeratus</i>	Antiemetic	Cyperaceae
10:29	<i>Cyperus conglomeratus</i>		
10:30	<i>Cyperus conglomeratus</i>		
11:31	<i>Calligonum comosum L'her</i>	Scorpion stings and snake bites	Polygonaceae
11:32	<i>Calligonum comosum L'her</i>		
11:33	<i>Calligonum comosum L'her</i>		
12:34	<i>Plantago albicans L</i>	Diabetes	Plantaginaceae
12:35	<i>Plantago albicans L</i>		
12:36	<i>Plantago albicans L</i>		
13:37	<i>Limoniastrumguyonianum Dur</i>	Scorpion stings and snake bites, constipation, anemia	Plumbaginaceae
13:38	<i>Limoniastrumguyonianum Dur</i>		
13:39	<i>Limoniastrumguyonianum Dur</i>		
14:40	<i>Tamarix boveana</i>	Antiseptic, burn, illnesses of the kidney, diarrhea, anemia	Tamaricaceae
14:41	<i>Tamarix boveana</i>		
14:42	<i>Tamarix boveana</i>		
15:43	<i>Traganumnudatum Del</i>	Rheumatism, skin diseases, against diarrhea	Chenopodiaceae
15:44	<i>Traganumnudatum Del</i>		
15:45	<i>Traganumnudatum Del</i>		
16:46	<i>Bassia muricata (L.)</i>	Analgesic, antiseptic and anti-inflammatory	
16:47	<i>Bassia muricata (L.)</i>		
16:48	<i>Bassia muricata (L.)</i>		
17:49	<i>Atriplex halimus L</i>	Anti-inflammatory	
17:50	<i>Atriplex halimus L</i>		

Table 1 (continued)

Sample code	Species	Applications in folk medicine	Family
18:51	<i>Zygophyllum album</i> L	Diabetes, purgative and laxative, indigestion, diuretic	Zygophyllaceae
18:52	<i>Zygophyllum album</i> L		
18:53	<i>Zygophyllum album</i> L		
19:54	<i>Brocchia cinerea</i> Vis	Diabetes	Asteraceae
19:55	<i>Brocchia cinerea</i> Vis		
19:56	<i>Brocchia cinerea</i> Vis		
20:57	<i>Launaea glomerata</i> (Coss.) Hook		
21:58	<i>Matricaria pubescens</i> (desf) Schultz	Scorpion stings and snake bites, diuretic	
21:59	<i>Matricaria pubescens</i> (desf) Schultz		
21:60	<i>Matricaria pubescens</i> (desf) Schultz		
22:61	<i>Moltkia ciliata</i> (Forsk.) Maire		Boraginaceae
22:62	<i>Moltkia ciliata</i> (Forsk.) Maire		
22:63	<i>Moltkia ciliata</i> (Forsk.) Maire		
23:64	<i>Silene villosa</i> forsk		Caryophyllaceae
23:65	<i>Silene villosa</i> forsk		
23:66	<i>Silene villosa</i> forsk		
24:67	<i>Atractylis flava</i> L	Diabetes	Asteraceae
25:68	<i>Solanum nigrum</i> L	Effective in diuretic, chronic enlargement of liver, dysentery and piles	Solanaceae
25:69	<i>Solanum nigrum</i> L		
25:70	<i>Solanum nigrum</i> L		
26:71	<i>Malcolmia aegyptiaca</i> Spr		Brassicaceae
26:72	<i>Malcolmia aegyptiaca</i> Spr		
26:73	<i>Malcolmia aegyptiaca</i> Spr		
27:74	<i>Matthiola livida</i> DC		
27:75	<i>Matthiola livida</i> DC		
27:76	<i>Matthiola livida</i> DC		
28:77	<i>Launaeare sedifolia</i> O. K	Diuretic	Asteraceae
28:78	<i>Launaeare sedifolia</i> O. K		
28:79	<i>Launaeare sedifolia</i> O. K		
29:80	<i>Salsola foetida</i> (sel)		Chenopodiaceae
29:81	<i>Salsola foetida</i> (sel)		
29:82	<i>Salsola foetida</i> (sel)		
30:83	<i>Erodium glaucophyllum</i> L'Her	Diarrhea, cold, influenza and problems of respiratory system	Geraniaceae
30:84	<i>Erodium glaucophyllum</i> L'Her		
30:85	<i>Erodium glaucophyllum</i> L'Her		
31:86	<i>Cutandia Dichotoma</i> (forsk.) Trab	Oxytotic and astringent	Poaceae
31:87	<i>Cutandia Dichotoma</i> (forsk.) Trab.		
32:88	<i>Onopordon macracanthum</i> schousb.		Asteraceae
33:89	<i>Cleome arabica</i> L	Rheumatism, diuretic	Capparidaceae
34:90	<i>Neurada procumbens</i> L	Analgesic, antiseptic and anti-inflammatory	Rosaceae

original variables (Luna et al. 2013). The first main component, PC1, represented the maximum combined variance. The second one, PC2, was orthogonal with the first, covering as much of the residual variation as possible, and so on, until the full variance was taken into account. The interrelating the PCs and analyzing sample trends, groupings, similarities, and differences (Xu et al. 2019).

Hierarchical cluster analysis (HCA)

The objective of HCA would be to find the perfect clustering of multivariate observations in the same sense that the clusters are different from each other even if the cluster (2021). Using the average cluster building linkage process, HCA was used to organize the samples into groups (Roshan

et al. 2013) and the Euclidean method measured the distance between clusters (Mohamad Asri et al. 2018) as a calculation of similarity.

Results and discussion

Discrimination by FTIR spectral analysis

Discrimination by FTIR spectral analysis of the characteristic peaks of all samples appeared in the infrared spectroscopy is shown in Fig. 1. Chemically interesting FTIR regions, called spectrum, were established including: fatty acid dominated by O–H (3300 cm^{-1}); amide dominated by C=O amide I and N–H amide II protein and peptide groups ($1375\text{--}1315\text{ cm}^{-1}$); combined area ($1250\text{--}1030\text{ cm}^{-1}$);

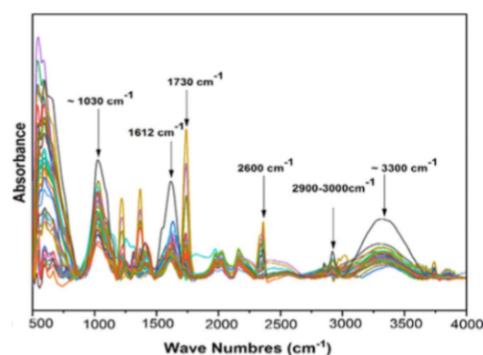


Fig. 1 FTIR spectra for the different samples

polysaccharide range ($1200\text{--}900\text{ cm}^{-1}$); and true fingerprinting (600 cm^{-1}). Detailed FTIR assignments of the characteristic infrared bands across species of samples are given in Table 2.

Principal component analysis (PCA)

PCA allowed us to visualize a given dataset with respect to several main components, while accounting for possibly the highest possible percentage of the set's variance. After applying the PCA, the initial set of variables is reduced to a number of hidden variables of principal components (PC). The score plot reveals that the greatest impact on the variance of the analyzed spectra registered for our plants samples was related to the first two principal components. Figure 2 present the score plot for the principal components PC1 vs. PC2. The results for all samples and the first two principal components PC1 and PC2, which jointly accounted for 98.7 % of the data matrix variance (PC1 = 92.6 % and PC2 = 6.1 %). Plants samples were clearly classified into three groups (Fig. 2). Group C 1 (1:1, 1:2, 1:3, 2:4, 2:5, 2:6, 3:7, 3:8, 3:9, 4:10, 4:11, 4:12, 5:13, 5:14, 5:15, 6:16, 6:17, 6:18, 7:19, 7:20, 7:21, 8:22, 8:23, 8:24, 9:25, 9:26, 9:27, 10:28, 10:29), Group C 2 (11:31, 11:32, 11:33, 12:34, 12:35, 12:36, 13:37, 13:38, 13:39, 14:40, 14:41, 14:42, 15:43, 15:44, 15:45, 16:46, 16:47, 16:48, 17:49, 17:50, 18:51, 18:52, 18:53), and Group C 3 (19:54, 19:55, 19:56, 20:57, 21:58, 21:59, 21:60, 22:61, 22:62, 22:63, 23:64, 23:65, 23:66, 24:67, 25:68, 25:69, 26:72, 26:72, 26:73, 27:74, 27:75, 27:76, 29:80, 29:81, 29:82, 30:83, 30:84, 30:85, 31:86, 31:87, 32:88, 33:89, 34:90). Only the sample (10:30) belonging to the Group C 1 was detected in the Group C 3 as well. Another sample (25:70) belonging to the Group C 3 was also detected in the Group C 2. Further, the samples

Table 2 Assignment of Infrared absorption bands for the studied samples

Frequency (cm^{-1})	Band assignment	References
4000–3500	O–H stretching vibration of hydroxyl groups, water vapor, amine N–H stretching	Lee et al. (2017)
2900–2850	Methyl ($-\text{CH}_3$) and methylene ($-\text{CH}_2$) symmetric and asymmetric stretching vibration	Rohaeti et al. (2015)
~ 2340	Stretching of N–H bonds in proteins, which is known as the amide A band, stretching of hydroxyl groups	Lee et al. (2017)
~ 1730	C=O carbonyl stretching of esters	Fan et al. (2013)
~ 1600	C–C stretching in aromatic structures, N–H deformation and C–N stretching	Anjos et al. (2017)
~ 1400	Stretching of bonds in CH_3 in lipids and aromatic compounds, bending of bonds in CH_3 in lipids and proteins	Lee et al. (2017)
1375–1315	O–H bending polysaccharide, Amide III	Lee et al. (2017) and Zeghoud et al. (2021)
1250–1030	Phosphodiester groups of nucleic acids and phospholipids and to the C–O absorption of glycogen and other carbohydrates.	Ami et al. (2013) and Petrakis and Petrakis and Polissiou (2017)
1000–500	Vibration and bending vibration of alcohols containing hydroxyl groups and benzene rings.	Fan et al. (2013)

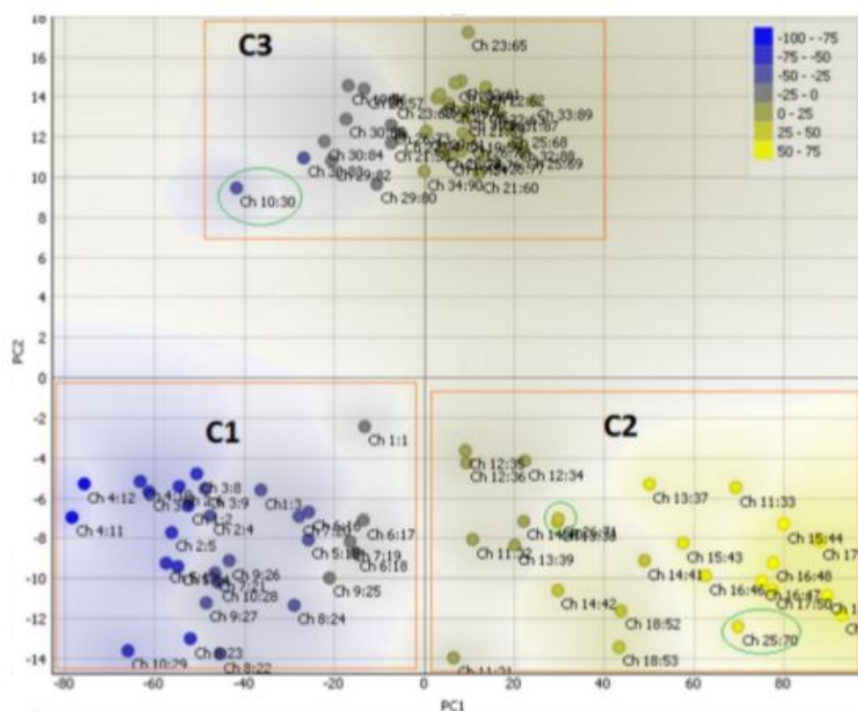


Fig. 2 PCA score plot using the FTIR data matrix (500–4000 cm^{-1})

(28:77, 28:78, 28:79) belonging to the Group C 2 were also observed in the Group C 3. The above grouping of the analysed plants may be due to the physicochemical properties of the respective plants samples' content (also demonstrated by the shift of the relevant infrared bands, Fig. 2; Table 2). Where differences in the intensity and location can be identified of vibration.

Hierarchical cluster analysis (HCA)

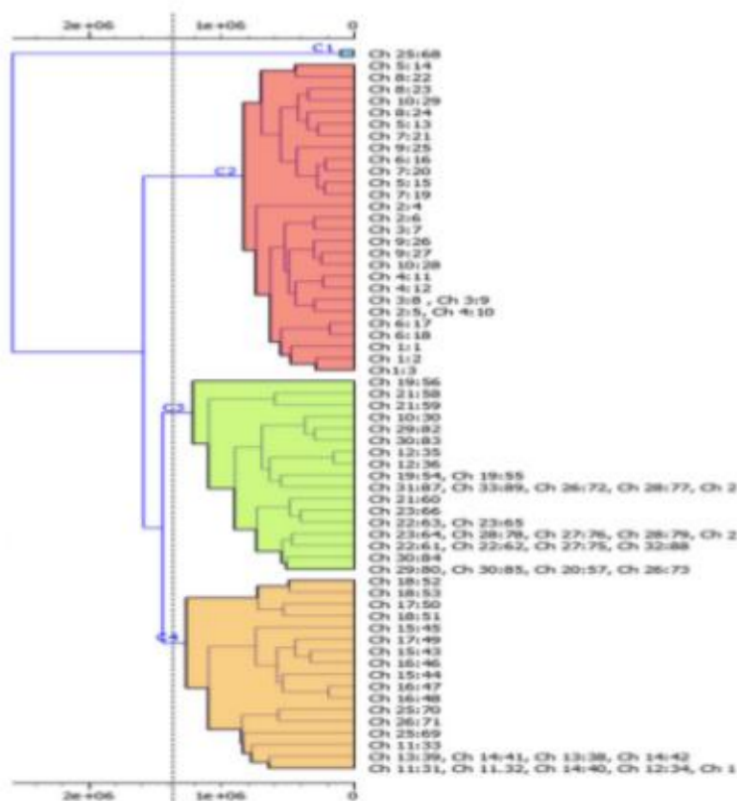
HCA dendrogram was performed to classify samples based on the similarities of their physicochemical properties. The results obtained are shown in Fig. 3 which depicts the clustering pattern of the data set containing 18 samples in the Leguminose family, 3 samples in the Euphorbiaceae family, 3 samples in the Ephedraceae family, 3 samples in the Cistaceae family, 3 samples in the Cyperaceae family, 3 samples in the Polygonaceae family, 3 samples in the Plantaginaceae family, 3 samples in the Plumbaginaceae family, 3 samples in the Tamricaceae family, 11 samples in the Chenopodiaceae family, 3 samples in the Zygophyllaceae family, 12

samples in the Asteraceae family, 3 samples in the Boraginaceae family, 3 samples in the Caryophyllaceae family, 3 samples in the Solanaceae family, 6 samples in the Brassicaceae family, 3 samples in the Geraniaceae family, 2 samples in the Poaceae family, 1 sample in the Cappariaceae family, and 1 sample in the Rosaceae family.

All samples were aggregated into four clusters with a similarity level of 55.9%. Cluster C 1 is represented in a single sample (25:68) as an anomaly., Cluster C 2 is represented in the samples (1:1 into 10:29), Cluster C 3 is represented in the samples (19:54 into 34:90, and 10:30, 12:35, 12:36) except the specimens (25:69, 25:70, 26:71), whereas Cluster C 4 is represented in the samples (11:31 into 18:53) in addition to the samples (25:69, 25:70, 26:71).

These results were coherent to some extent with the results obtained using PCA, with the presence of some anomalies of some samples. The findings from PCA and HCA based on vibration of functional groups presented in the samples revealed obvious clustering of the plant samples according to the origin of the plant (family), which indicated differences in the sample's physicochemical properties.

Fig. 3 A clustering dendrogram using the FTIR data matrix (500–4000 cm^{-1})



The clear differences of vibration in terms of their intensity and position could be identified, even though a more precise demarcation was required to be achieved between the samples.

Conclusions

From this research, the samples studied from the different geographical origins and varieties have varied and complicated chemical mixtures according to the FTIR analyses.

Relative intensities and shapes of the absorption peaks, and general information on chemical composition and structural differences can be obtained for the ninety samples taken from the plants belonging to different families. Further, the PCA, HCA chemometrics tools applied in this study produced good exploratory and predictive results. It can be concluded that FTIR combined with chemometrics can be used to classify plants from different family origins the similarity in their chemical composition, as an effective,

specific, fast, non-destructive, non-polluting method. This research provides a promising method for discriminating similar herbs.

Acknowledgements We gratefully acknowledge the many collaborators who have provided samples and/or measurements described in this work. We specifically recognize Djamilia Berra and Ali Tliba.

References

- Ami D, Mereghetti P, Maria S (2013) Multivariate analysis for Fourier Transform infrared spectra of complex biological systems and processes. *Multivar Anal Manag Eng Sci*. <https://doi.org/10.5772/53850>
- Anjos O, Santos AJA, Dias T, Estevinho LM (2017) Application of FTIR-ATR spectroscopy on the bee pollen characterization. *J Apic Res* 8839:1–9. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1289657>
- Asri MNM, Mat Desa WNS, Ismail D (2018) Combined Principal Component Analysis (PCA) and Hierarchical Cluster Analysis (HCA): an efficient chemometric approach in aged gel inks discrimination. *Aust J Forensic Sci* 0618:1–22. <https://doi.org/10.1080/00450618.2018.1466913>

- Basyrah N, Azemin A, Muslim M et al (2019) Application of FTIR fingerprints coupled with chemometric for comparison of stingless bee propolis from different extraction methods. *Anim Feed Sci Technol* 5:350–355. <https://doi.org/10.1111/mjfas.v15n2-1.1553>
- Bunaciu AA, Aboul-Enein HY, Fleschin S (2011) Recent applications of fourier transform infrared spectrophotometry in herbal medicine analysis. *Appl Spectrosc Rev* 46:251–260. <https://doi.org/10.1080/05704928.2011.565532>
- Dibong SD, Mpondo Mpondo E, Ngoye A et al (2011) Ethnobotanique et phytomédecine des plantes médicinales de Douala, Cameroun. *J Appl Biosci* 37:2496–2507
- Fan Q, Chen C, Lin Y et al (2013) Fourier Transform Infrared (FT-IR) spectroscopy for discrimination of *Rhizoma gastrodiae* (Tianma) from different producing areas. *J Mol Struct* 1051:66–71. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2013.07.039>
- Gad HA, Bouzabata A (2017) Application of chemometrics in quality control of turmeric (*Curcuma longa*) based on Ultra-violet, Fourier transform-infrared and 1H-NMR spectroscopy. *Food Chem* 237:857–864. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.022>
- Hallis Y (2007) Desert plants spread in the Great Eastern Erg region, Arabic Ed. Al-Walid Press, El-Oued, p 252
- Hamdan MR, Ismail Z, Ahmad MN (2004) Assessment of herbal medicines by chemometrics—assisted interpretation of FTIR spectra. *J Anal Chim Acta* 1:14
- Hamza N, Berke B, Umar A et al (2019) A review of Algerian medicinal plants used in the treatment of diabetes. *J Ethnopharmacol* 238:111841. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.111841>
- Hosseinzadeh S, Jafarikukhdan A, Hosseini A, Armand R (2015) The application of medicinal plants in traditional and modern medicine: a review of *Thymus vulgaris*. *Int J Clin Med* 06:635–642. <https://doi.org/10.4236/ijcm.2015.69084>
- Jamila N, Khan N, Hwang IM et al (2019) Application of phytochemical and elemental profiling, chemometric multivariate analyses, and biological activities for characterization and discrimination of fruits of four *Garcinia* species. *Anal Lett* 0:1–18. <https://doi.org/10.1080/00032719.2019.1640244>
- Kachel M, Matwijczuk A, Niemczynowicz A et al (2019) Influence of fertilisation type on the quality of virgin rapeseed oil. *Ital J Food Sci* 31:593–616. <https://doi.org/10.14674/IJFS-1433>
- Kim SW, Ban SH, Chung H et al (2004) Taxonomic discrimination of flowering plants by multivariate analysis of Fourier transform infrared spectroscopy data. *Plant Cell Rep* 23:246–250. <https://doi.org/10.1007/s00299-004-0811-1>
- Lee B, Kim H, Lim SR et al (2017) Discrimination and prediction of cultivation age and parts of *Panax ginseng* by Fourier-transform infrared spectroscopy combined with multivariate statistical analysis. *PLoS One* 12(10):1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186664>
- Lu G, Zhou Q, Sun S, Qin et al (2008) Differentiation of Asian ginseng, American ginseng and Notoginseng by Fourier transform infrared spectroscopy combined with two-dimensional correlation infrared spectroscopy. *J Mol Struct* 883–884:91–98. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2007.12.008>
- Luna AS, Da Silva AP, Pinho JSA et al (2013) Rapid characterization of transgenic and non-transgenic soybean oils by chemometric methods using NIR spectroscopy. *Spectrochim Acta Part A Mol Biomol Spectrosc* 100:115–119. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2012.02.085>
- Matwijczuk A, Oniszczuk T, Matwijczuk A et al (2019) Use of FTIR spectroscopy and chemometrics with respect to storage conditions of Moldavian Dragonhead Oil. *Sustain* 11(22):6414. <https://doi.org/10.3390/su11226414>
- Nurrulhidayah AF, Che Man YB, Al-Kahtani HA, Rohman A (2011) Application of FTIR spectroscopy coupled with chemometrics for authentication of *Nigella sativa* seed oil. *Spectroscopy* 25:243–250. <https://doi.org/10.3233/SPE-2011-0509>
- Oniszczuk T, Matwijczuk A, Matwijczuk A et al (2019) Impact of storage temperature and time on Moldavian dragonhead oil—spectroscopic and chemometric analysis. *Open Chem* 17:609–620. <https://doi.org/10.1515/chem-2019-0080>
- Petrakis EA, Polissiou MG (2017) Assessing saffron (*Crocus sativus* L.) adulteration with plant-derived adulterants by diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy coupled with chemometrics. *Talanta* 162:558–566. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.10.072>
- Rohaeti E, Rafi M, Dyah U, Heryanto R (2015) Fourier transform infrared spectroscopy combined with chemometrics for discrimination of *Curcuma longa*, *Curcuma xanthorrhiza* and *Zingiber cassumunar*. *Spectrochim Acta Part A Mol Biomol Spectrosc* 137:1244–1249. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.08.139>
- Roshan ARA, Gad HA, El-Ahmady SH et al (2013) Authentication of monofloral yemeni sidr honey using ultraviolet spectroscopy and chemometric analysis. *J Agric Food Chem* 61:7722–7729. <https://doi.org/10.1021/jf402280y>
- Sadowska U, Matwijczuk A, Drózd T et al (2019) Spectroscopic examination and chemometric analysis of essential oils obtained from peppermint. *Processes* 7:1–16. <https://doi.org/10.3390/pr7070466>
- Simion IM, Casoni D, Sârbu C (2019) Classification of Romanian medicinal plant extracts according to the therapeutic effects using thin layer chromatography and robust chemometrics. *J Pharm Biomed Anal* 163:137–143. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2018.09.047>
- Thabet AA, Youssef FS, El-shazly M, B AN (2018) GC–MS and GC-FID analyses of the volatile constituents of *Brachychiton rупестris* and *Brachychiton discolor*, their biological activities and their differentiation using multivariate data analysis. *Nat Prod Res* 34:590–594. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1490908>
- Xu L, Sun W, Wu C et al (2019) Discrimination of *Trichosanthis fructus* from different geographical origins using near infrared spectroscopy coupled with chemometric techniques. *Molecules* 24(8):1550. <https://doi.org/10.3390/molecules24081550>
- Zeghoud S, Rebiai A, Hemmami H et al (2021) ATR-FTIR spectroscopy, HPLC chromatography, and multivariate analysis for controlling bee pollen quality in some Algerian regions. *ACS Omega* 7:4878–4887. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c05816>
- Zou H, Bin, Yang GS, Qin ZR (2007) Progress in quality control of herbal medicine with IR fingerprint spectra. *Anal Lett* 38:1457–1475. <https://doi.org/10.1081/AL-200062153>

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Abstract

The efficiencies of plants medicines depend on the amount of active components in them, which could vary significantly in contents. Therefore, Identification of biologically active substances this a very important issue. This study aimed to adopt a simple method for classification of the herbal medicines samples obtained from El Oued (South- East Algerian). 90 samples were analyzed by FTIR, UV spectroscopy, and HPLC chromatography. Methanol extracts of these samples were evaluated for flavonoids, phenolic compounds, and antioxidant capacity. Caffeic acid, chlorogenic acid, vanillic acid, p-coumaric acid, gallic acid, quercetin, rutin, vanillin, and naringin were identified as main phenolic compounds in extracts by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) analysis.

The principal component analysis (PCA), hierarchical clustering analysis (HCA), and partial least squares (PLS) were utilized to assess the differences and similarities between collected samples. Based on FTIR, UV, and HPLC data, the HCA and PCA distributed successfully the samples tested in separate and clear informational groups depending on their total chemical compounds content. These findings are also confirmed by PLS analysis.

Keywords: UV-Visible spectroscopy; FTIR; HPLC; Multivariate data analysis; chemometrics.

المخلص

تعتمد كفاءة الأدوية النباتية على كمية المكونات النشطة فيها، والتي يمكن أن تختلف اختلافاً كبيراً في محتوياتها؛ لذلك، يعد تحديد المواد النشطة بيولوجياً مسألة مهمة للغاية؛ هدفت هذه الدراسة إلى اعتماد طريقة بسيطة لتصنيف عينات الأدوية العشبية المأخوذة من منطقة الواد (جنوب شرق الجزائر)؛ تم تحليل 90 عينة بواسطة التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء والتحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية والمرئية وكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء، تم تقييم مقتطفات الميثانول من هذه العينات لمركبات الفلافونويد والمركبات الفينولية والقدرة المضادة للأكسدة؛ تم تحديد حمض الكافيك، حمض الكلوروجينيك، حمض الفانيليك، حمض الكوماريك، حمض الغاليك، الكيرستين، الروتين، الفانيلين، والنارينجين كمركبات فينولية رئيسية في المستخلصات عن طريق تحليل HPLC.

تم استخدام تحليل المكون الرئيسي (PCA)، تحليل المجموعات الهرمية (HCA)، والمربعات الصغرى الجزئية (PLS) لتقييم الاختلافات والتشابهات بين العينات التي تم جمعها. استناداً إلى بيانات FTIR و UV-vis و HPLC، وزعت HCA و PCA بنجاح العينات المختبرة في مجموعات منفصلة وواضحة اعتماداً على الوظائف الكيميائية وإجمالي محتوى المركبات الكيميائية. تم التحقق من هذه النتائج من خلال تحليل PLS.

الكلمات المفتاحية: التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية والمرئية ؛ FTIR ؛ HPLC ؛ تحليل البيانات متعدد المتغيرات ؛

القياسات الكيميائية