الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمه لخضر-الوادي-
كلية العلوم الدقيقة
قسم الكيمياء

مذكرة تخرج مقدمة لنيل شهادة
ماستر أكاديمي في الكيمياء

مجال: علوم المادة

تخصص: كيمياء عضوية

من اعداد الطالبات:

خولة نجيمه

ماريه شريط

تحت عنوان:

استخلاص وتشخيص الكركومين من نبات الكركم واستغلاله في بعض التطبيقات

نوقشت يوم: 2026/06//06

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

بلقاسم تركي	أستاذ تعليم عالي	رئيسا
عبد الحميد خلف	أستاذ تعليم عالي	مناقشا
محمد عادل مصباحي	أستاذ محاضر ب	مشرفـا

الموسم الجامعي: 2026/2025

اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ

الاهداء

"وآخر دعواهم أنِ الحمدُ لله ربّ العالمين"

الى جنود الخفاء الذين لن توفي حقهم الحروف

الى طبيبة الروح **ايمان**

الى القريب مني في كل تحركاتي لكنه في الوجود بعيد **بلقاسم**

الى بوصلة ارشدتني فكانت خير مرشد لي في صحراء خوفي **مروة**

الى من كان يجسد لي الأمان **عمر**

الى زهرة في حياتي واجمل ابتسامة **سوسن**

الى من تزهوا لي به الأيام **يعقوب**

الى روح وسمعي وكل جوارحي **وليد**

الى من اختارهم الله دربا جميلا في حياتي **سهام منار سليمة مروة**

الى رفيقة كانت هبة من الله **ماريه**

الى تلك الأيام التي جعلتني نفسي

و النهاية لا تليق الا بالأبطال والدي الذين لن يستطيع كتاب في العالم ان يعطيهما حقهما فشكرا لكما

امي جسدت لي الصبر

و **ابي** التوكل على الله رغم ما يحمله القلب من كدمات

الى **جدتي وجدي** الحبيبين اطال الله في عمرهما ورزقهما الجنة

فالحمد لله

خولة

الإهداء

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(وَمَا تَوْفِيقِي إِلَّا بِاللهِ عَلَيْهِ تَوَكَّلْتُ وَإِلَيْهِ أُنِيبُ)

أهدي هذا النجاح لنفسي أولاً ثم إلى كل من سعى معي لإتمام هذه المسيرة .

إلى من لا ينفصل اسمي عن اسمه ذلك الرجل العظيم إلى من علمني أن الدنيا كفاح وسلاحها العلم والمعرفة، وإلى من غرس في روحي مكارم الأخلاق

"والدي الغالي"

إلى من جعل الله الجنة تحت أقدامها، إلى من كان دعاؤها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي، قدوتي ومعلمتي الأولى وصديقة أيامي

"والدتي الحنونة"

إلى الشموع التي تنير لي الطريق وانتظروا هذه اللحظة كثيرًا ليفخروا بي كما أفخر بهم وبوجودهم

"أخواتي وإخوتي وزوجاتهم "

إلى من اخترتها فما خاب الإختيار صديقتي غالية **"خولة "**

إلى من كانوا معي في لحظات الضعف قبل القوة، شاركوني الحلم خطوة بخطوة، إلى رفيقات الدرب وصديقات العمر **" آية، نور الهدى، يسرى، سندس، أسماء "**

شكراً لدعمكم ومحبتكم الدائمة

ولله الشكر كله ان وفقني لهذه اللحظة، لم تكن الرحلة قصيرة ولم تكن الأمور يسيرة، ولكن بحول الله ها أنا قد وصلت لمشارف التخرج فالحمد لله رب العالمين.

ماريه

الشكر والعرفان

قال الله تعالى: **{وَلَقَدْ آتَيْنَا دَاوُودَ وَسُلَيْمَانَ عِلْمًا وَقَالَا الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي فَضَّلَنَا عَلَى كَثِيرٍ مِّنْ عِبَادِهِ الْمُؤْمِنِينَ}** (15 النمل)

الحمد والشكر لله الذي أعطانا من فضله ورحمته ويسر لنا أمورنا ونور دروبنا لإنجاز هذا العمل المتواضع، سائلين الله أن يوفقنا ويسدد خطانا ويبسط لنا خيرات العلم ويوفقنا فيما تبقى منه راجين من الله مزيدا من النجاح والتوفيق .

نتوجه بجزيل الشكر وعظيم الامتنان إلى المؤطر الدكتور **"مصباحي محمد عادل "**على ما قدمه لنا من دعم وتوجيه طيلة فترة إنجاز هذا العمل .

كما نشكر أعضاء لجنة المناقشة الأساتذة من رئيسا **" تركي بلقاسم "**ومناقشا **"خلف عبد الحميد "**

كما لا يفوتنا أن نعبر عن خالص امتناننا لمسؤول المخبر الأستاذ **"علي طلبية "**ومخبريات المخابر البيولوجية على ما قدموه لنا من تسهيلات وحرص دائم على توفير الظروف الملائمة لإتمام هذا العمل .

وأخيرا نتقدم بالشكر إلى جميع الأساتذة الأفاضل الذين رافقونا خلال سنوات دراستنا، وتركوا في نفوسنا أثرا طيبا بعلمهم وخلقهم، فلكم منا كل الاحترام والتقدير.

الملخص :

تضمنت هذه الدراسة استخلاص مركب الكركومين من جذمور نبات الكركم المنتج محليا باستعمال طريقة الاستخلاص سوكسلي وطريقة الامواج فوق الصوتية، حيث تم استخدام الإيثانول كمذيب للحصول على المستخلص الخام الغني الكركومينويدات.

كما تم تشخيص الكركومين باستعمال تقنيات الفصل الكروماتوغرافيا CCM تقنيات طيفية IR وUV-VIS .كما تمت دراسة الفعالية المضادة للبكتيريا بطريقة الاغار . اما اختبار فعالية المضادة للأكسدة، فقد تم تقييمها باستعمال اختبار •DPPH.

أظهرت النتائج أن الكركومين المسخلص يمتلك خصائص بيولوجية مهمة تجعله مرشحًا واعدًا للاستعمال في المجالات الصيدلانية والغذائية، خاصة كمضاد للأكسدة ومضاد للبكتيريا.

تم تقدير مردود الاستخلاص للمستخلصات المتحصل عليها، حيث بلغت اعلى نسبة مردود مستخلص الكركومين المحلي (17.01%)، مما يدل على كفاءة طريقة الاستخلاص المعتمدة.

ومن جهة أخرى أظهرت النتائج قدرة عالية للكركومين المحلي على تثبيط الجذور الحرة، وبلغت نسبة التثبيط (3.03 mg/ml) للمستخلص المحلي فكانت نسبة التثبيط (6.07 mg/ml) للمستخلص المستورد مما يعكس النشاط المضاد للأكسدة الجيد للمستخلص المحلي . وأيضا أظهر مستخلص الكركومين فعالية تثبيط متفاوتة باختلاف السلالات البكتيرية المستعملة .

الكلمات المفتاحية:

الكركومين، الكركم المحلي، النشاط المضاد للأكسدة، الفعالية المضادة للبكتيريا.

Abstract:

This study involved the extraction of curcumin from the rhizomes of locally produced turmeric using both Soxhlet extraction and ultrasonic-assisted extraction methods. Ethanol was employed as the extraction solvent to obtain a crude extract rich in curcuminoids.

Curcumin was characterized using Thin-Layer Chromatography (TLC) as well as spectroscopic techniques, including Infrared Spectroscopy (IR) and Ultraviolet–Visible Spectroscopy (UV–Vis). The antibacterial activity was evaluated using the agar diffusion method, while the antioxidant activity was assessed by the DPPH• radical scavenging assay.

The results demonstrated that the extracted curcumin possesses significant biological properties, making it a promising candidate for pharmaceutical and food applications, particularly as an antioxidant and antibacterial agent.

The extraction yield of the obtained extracts was determined, with the highest yield recorded for the local curcumin extract (17.01%), indicating the efficiency of the extraction method employed.

Furthermore, the results revealed a high free-radical scavenging capacity for the local curcumin extract. The IC_{50} value of the local extract was 3.03 mg/mL, whereas the imported extract exhibited an IC_{50} value of 7.06 mg/mL, reflecting the superior antioxidant activity of the local extract.

In addition, the curcumin extract showed varying inhibitory effects depending on the bacterial strains tested, confirming its antibacterial potential.

Keywords: Curcumin, Local Turmeric, Antioxidant Activity, Antibacterial Activity.

فهرس المحتويات

الاهداء I
الاهداء II
الشكر والعرفان III
فهرس المحتويات..... VI
فهرس الجداول..... IX
فهرس الأشكال X
فهرس الصور XI
قائمة الرموز والاختصارات..... XII
المقدمة العامة : .....

المراجع: .....

الجزء النظري

الفصل الأول: مركب الكركومين

المقدمة: 1
1.التركيب الكيميائي للكركومين: 1
2.الخصائص الفيزيائية والكيميائية للكركومين : 2
2-1 الحساسية للpH : 2
2-2 الذوبانية: 2
2-3 توصيل الكركومين: 3
3. الثبات الكيميائي للكركومين والعوامل المؤثرة عليه : 3
4. استخدامات الكركومين : 3
5. مصادر الكركومين: 5
5-1 تصنيع الكركيمين : 5
5-2 المصادر الطبيعية: 5
المراجع: 7

الفصل الثاني: نبات الكركم

مقدمة: 10
1. تاريخ الكركم : 10
2. التصنيف النباتي للكركم: 11

3.وصف المورفولوجي لنبات الكركم : 12
4.التركيب الغذائي والطاقوي : 13
5. المكونات الرئيسية في الكركم: 13
المراجع: 15

الفصل الثالث: استخلاص وتشخيص الكركومين

تمهيد: 16
1.طرق الاستخلاص: 16
1-1 الطرق التقليدية: 17
1-2 الطرق الحديثة: 18
2.طرق التشخيص: 21
3. الطرق الطيفية: 22
4. تقنيات الكروماتوغرافيا : 23
5. التطبيقات البيولوجية : 24
5-1 الفعالية المضادة للأكسدة : 24
5-2 الفعالية المضادة للبكتيريا: 26
المراجع: 29

الجزء التطبيقي

الفصل الرابع: المواد والطرق

مقدمة: 33
1.المواد والأجهزة: 33
2.طرق اخذ العينات وترميزها: 33
2-1 الكركم المحلي: 33
2-2 الكركم المستورد : 34
3.مخطط العمل التطبيقي: 35
4.طرق الاستخلاص: 36
4-1 الاستخلاص بتركيب سوكسلي (Soxhlet): 36
4-2 الاستخلاص بالأمواج فوق الصوتية: 36
4-3 جهاز مبخر الدوراني: 37
4-4 تنقية المستخلصين: 38
5.حساب المردود: 38
6.التشخيص: 38

1-6 كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة (CCM): 38
2-6 مطيافية الأشعة تحت الحمراء(IR): 39
3-6 مطيافية الاشعة المرئية والفوق بنفسجية (UV-Vis): 39
7.التطبيقات البيولوجية: 40
1-7 اختبار الفعالية المضادة للأكسدة: 40
2-7 اختبار الفاعلية المضادة للبكتيريا: 41
المراجع : 44

الفصل الخامس: النتائج والمناقشة

1. النتائج: 46
1-1 المردود: 46
2-1 طرق الاستخلاص: 47
1-2-1 كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة: 47
2-2-1 مطيافية الاشعة تحت الحمراء (IR): 47
3-2-1 مطيافية الاشعة المرئية والفوق بنفسجية (UV-Vis): 48
3-1 التطبيقات البيولوجية: 50
1-3-1 نتائج الفعالية المضادة للأكسدة: 50
2. النتائج والمناقشة: 51
1-2 مناقشة نتائج الفعالية المضادة للبكتيريا: 52
2-2 مقارنة نتائج البكتيريا: 56
المراجع : 57

الخاتمة: 59

فهرس الجداول

الجدول (1) : الأسماء المحلية لـ *Curcuma longa* 10

الجدول (2): التصنيف النباتي للكركم..... 11

الجدول (3) : القيم الغذائية والطاقوية للكركم..... 13

الجدول (4): جدول المواد 33

الجدول (5): جدول الاجهزة 33

الجدول (6): المعطيات الخاصة بموقع وتاريخ جمع عينة الكركم المحلي المدروسة 33

الجدول (7): يوضح أنواع البكتيريا المدروسة 42

الجدول (8): يوضح تصنيف حساسية البكتيريا اعتمادا على قطر التثبيط..... 43

الجدول (9): قيم المردود للمستخلص ALG 46

الجدول (10) : قيم المردود للمستخلص IND..... 46

الجدول (11): مقارنة الفعالية للعينات 51

الجدول (12): اقطار تثبيط البكتيريا للمستخلص ALG 52

الجدول (13): اقطار تثبيط البكتيريا للمستخلص IND..... 54

فهرس الأشكال

الشكل (1): الاشكال الايونية للكركومين 2

الشكل (2): التغير اللوني للكركومين حسب الpH 2

الشكل (3): تفاعل تصنيع الكركومين..... 5

الشكل (4): البنية الكيميائية للمكونات النباتية الرئيسية لمستخلص الكركم. 14

الشكل (5): تركيب سوكسلي(Soxhlet)..... 18

الشكل (6) :جهاز الأمواج فوق الصوتية 19

الشكل (7): جهاز الاستخلاص بالميكروويف 20

الشكل (8): جهاز الاستخلاص بواسطة ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج..... 21

الشكل (9): آلية تثبيط الجذور الحرة..... 25

الشكل (10) : الكركم المحلي قبل وبعد والطحن..... 34

الشكل (11): الكركم المستورد قبل وبعد الطحن..... 34

الشكل (12) : يمثل مخطط العمل التجريبي..... 35

الشكل (13) : منحنى القياسي لتثبيط الجذور الحرة 41

الشكل (14) : طيف الاشعة تحت الحمراء لعينات الكركومين..... 48

الشكل (15) : طيف الاشعة المرئية والفوق بنفسجية..... 49

الشكل (16): منحنى مضادات الاكسدة لمستخلص ALG 50

الشكل (17): منحنى مضادات الاكسدة لمستخلص IND 50

فهرس الصور

الصورة (1): الكركم 6

الصورة (2) : مصادر الكركومين 12

الصورة (3): زهرة الكركم..... 12

الصورة (4): قطر منطقة التثبيط للبكتيريا..... 26

الصورة (5): صورة للفحص المجهري لـ Escherichia coli 27

الصورة (6): صورة للفحص المجهري لـStaphylococcus aureus 27

الصورة (7): صورة للفحص المجهري لـBacillus subtilis 28

الصورة (8): صورة للفحص المجهري لـ*Pseudomonas aeruginosa* 28

الصورة (9): تركيب سوكسلي للاستخلاص..... 36

الصورة (10): جهاز الأمواج فوق الصوتية والمستخلص..... 37

الصورة (11): جهاز المبخر الدوراني. 37

الصورة (12): ترسب الكركومين 38

الصورة (13): جهاز مطيافية الاشعة المرئية والفوق بنفسجية (UV-Vis)..... 40

الصورة (14): توضح اختبار النشاط المضاد للبكتيريا 43

الصورة (15) :مقارنة العينات باستخدام (CCM)..... 47

الصورة (16): نتائج دراسة الفعالية المضادة للبكتيريا لعدة تراكيز من ALG 52

الصورة (17): نتائج دراسة الفعالية المضادة للبكتيريا لعدة تراكيز من IND 54

قائمة الرموز والاختصارات

الرمز	العربية
M	المولاري
pH	درجة الحموضة
nm	نانومتر
R%	المردود
UV-Vis	مطيافية الاشعة المرئية
IC_{50}	التركيز اللازم للقضاء على 50 % من الجذور الحرة
AA	حمض الاسكوربيك
DPPH	-2،2ثنائي فينيل-1-بيكريل هيدرازيل
ACC	رقم التعريف لسلالة البكتيريا
CCM	كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة
IR	مطيافية الاشعة الحمراء
I%	النسبة المئوية لتثبيط
ALG	المستخلص المحلي
IND	المستخلص المستورد

المقدمة العامة

المقدمة العامة :

يعد نبات الكركم (Curcuma longa) من أهم النباتات الطبية التي حظيت باهتمام واسع عبر التاريخ، نظرا لخصائصه العلاجية المتعددة واستعمالاته المتنوعة في الطب التقليدي والصناعات الغذائية والدوائية. فقد استخدم منذ القدم لعلاج العديد من الحالات المرضية، مثل الالتهابات والآلام، كما يتميز بخصائصه المضادة للبكتيريا والفطريات [1]، إضافة إلى فعاليته الكبيرة كمضاد للأكسدة، مما جعله يحظى بمكانة مميزة في العديد من الثقافات، خاصة في البلدان الأسيوية[2].

وفي هذا السياق، ركزت هذه الدراسة على الكركم المحلي المزروع في الجزائر، باعتباره موردا طبيعيا يمكن تثمينه واستغلاله في مجالات متعددة. ويعد تقييم جودة الكركومين المستخلص وفعاليته الحيوية خطوة أساسية لتحديد مدى إمكانية اعتماده كمصدر طبيعي فعّال، خاصة في ظل التوجه المتزايد نحو المنتجات الطبيعية البديلة للمركبات الكيميائية.

ينتمي الكركم إلى الفصيلة الزنجبيلية(Zingiberaceae) ، ويعتبر النوع Curcuma longa الأكثر انتشارا واستعمالا في التطبيقات الطبية والغذائية. ورغم الأهمية الاقتصادية والعلاجية الكبيرة لهذا النبات، فإن زراعته في الجزائر لا تزال محدودة نسبيا [3]، الأمر الذي يستدعي الاهتمام بتثمين الكركم المزروع محليا من خلال دراسة خصائصه الكيميائية والحيوية، بهدف تقليل الاعتماد على المنتجات المستوردة وتشجيع استغلال الموارد الطبيعية المحلية[4, 5] .

استخدمت عدة تقنيات لعزل المركبات الفعالة من النباتات، ومن بينها طريقة الاستخلاص باستخدام جهاز سوكسليت (Soxhlet) وطريقة الاستخلاص بواسطة جهاز موجات فوق الصوتية وهي من أكثر الطرق شيوعا في استخلاص الكركومين من الكركم[6]. وقد تم خلال هذا العمل دراسة تأثير تغير الموقع الزراعي للعينة على مردودها وخصائصها [7].

يتميز الكركومين بتركيب كيميائي غني بالروابط غير المشبعة [8]، مما يمنحه قدرة عالية على التفاعل مع الجذور الحرة والحد من الإجهاد التأكسدي. وتعد الفعالية المضادة للأكسدة من أبرز خصائصه الحيوية، إذ يعمل على تثبيط الجذور الحرة وتعزيز نشاط الأنظمة الدفاعية المضادة للأكسدة في الجسم، ويتم تقييم هذه الفعالية باستعمال عدة اختبارات مثل مضادات الاكسدة[9].

كما أظهرت العديد من الدراسات أن للكركومين نشاطا مضادا للميكروبات ضد عدد من السلالات البكتيرية الممرضة، مثلEscherichia coli وStaphylococcus aureus و Pseudomonas aeruginosa، ويعزى ذلك إلى قدرته على التأثير في نفاذية الغشاء الخلوي البكتيري وتعطيل بعض

الأنظمة الحيوية الضرورية لنمو البكتيريا، مما يجعله مركبا واعدا في المجال الصيدلاني والغذائي [10] [11].

تم زرع الكركم المحلي اول مرة في الجزائر في هذه السنة ونظرا لأهميته وفعاليته قمنا بدراسة مقارنة بين الفعالية البيولوجية لمستخلص كركم المحلي والكركم المستورد، حيث تم هذا عن طريق الفصول التالية :

الفصل الاول: مركب المركومين

الفصل الثاني: نبات الكركم

الفصل الثالث: طرق استخلاص وتشخيص الكركومين

الجزء العملي: الوسائل والطرق، نتائج ومناقشة.

المراجع:

[1]S.S. Shafqat, M.H. Wakeel, M. Zubair, S.A. Masood, S. Rashid, R. Khan, A. Bahadar, M. Ashfaq, A.A. Khan, Anticancer activity of curcumin loaded hybrid system of silver-amine functionalized silica nanoparticles, Scientific Reports , .(2026)

[2]H. Zhou ,C. S Beevers, S. Huang, The targets of curcumin, Current drug targets, 12 (2011) 332-347.

[3]S.J. Hewlings, D.S. Kalman, Curcumin: A review of its effects on human health, Foods, 6 (2017) 92.

[4]A. Alabdali, M. Kzar, S. Chinnappan, R. Mogana, S.I. Khalivulla, H. Rahman, B.M. Abd Razik, Antioxidant activity of Curcumin, Research Journal of Pharmacy and Technology, 14 (2021) 6741-6746.

[5]J.S. Wright, Predicting the antioxidant activity of curcumin and curcuminoids, Journal of molecular structure: theochem, 591 (2002) 207-217.

[6]W. Insuan, N. Hansupalak, T. Chahomchuen, Extraction of curcumin from turmeric by ultrasonic-assisted extraction, identification, and evaluation of the biological activity, Journal of Herbmed Pharmacology, 11 (2022) 188-196.

[7]T. Jiang, R. Ghosh, C. Charcosset, Extraction, purification and applications of curcumin from plant materials-A comprehensive review, Trends in food science & technology, 112 (2021) 419-430.

[8]R. Jäger, R.P. Lowery, A.V. Calvanese, J.M. Joy, M. Purpura, J.M. Wilson, Comparative absorption of curcumin formulations, Nutrition journal, 13 (2014) 11.

[9]G. Marinova, V. Batchvarov, Evaluation of the methods for determination of the free radical scavenging activity by DPPH, Bulgarian Journal of Agricultural Science, 17 (2011) 11-24.

[10]J.H. Lee, M.-G. Choung, Determination of curcuminoid colouring principles in commercial foods by HPLC, Food Chemistry, 124 (2011) 1217-1222.

[11]S. Izui, S. Sekine, K. Maeda, M. Kuboniwa, A. Takada, A. Amano, H. Nagata ,Antibacterial activity of curcumin against periodontopathic bacteria, Journal of periodontology, 87 (2016) 83-90.

الجزء النظري

الفصل الأول: مركب الكركومين

المقدمة:

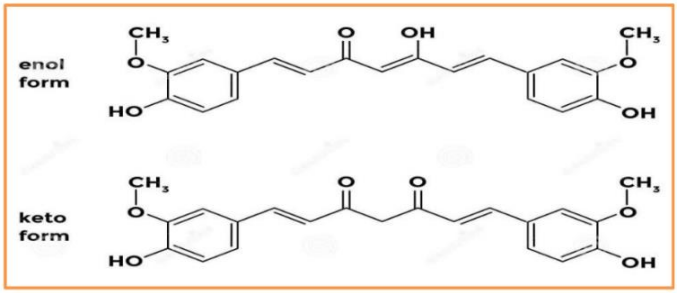
الكركومين يعد مركبا طبيعيا متعدد الاستخدامات ذو خصائص فريدة تجعله عنصرا أساسيا في العديد من التطبيقات الطبية والصناعية والغذائية. فيصنع او يستخلص الكركومين من جذور نبات الكركم ويتميز بخصائص مضادة للأكسدة والالتهاب، إضافة إلى تأثيره المحتمل في دعم المناعة والوقاية من بعض الأمراض المزمنة. يحتوي الكركومين على بنية كيميائية غنية بالمجموعات الفينولية، والتي تؤثر بشكل كبير على نشاطه الحيوي عند استخدامه في التطبيقات المختلفة، مثل الأغذية، المستحضرات الصيدلانية، ومستحضرات التجميل. وتتميز طرق استخلاص الكركومين بقدرتها على الحفاظ على نقائه وفعاليته، ويعود ذلك إلى اختلافات كبيرة في تقنيات الاستخلاص المستخدمة، مثل الاستخلاص بالمذيبات العضوية،الموجات فوق الصوتية، أو ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج [1] .

يشكل الكركومين مركبا يمكن استخدامه في العديد من المجالات حيث يمكن دمجه في أغشية التغليف الغذائية، الجسيمات النانوية، أو الإضافات الغذائية كمادة ملونة ومضادة للأكسدة. كما أن تطوير تقنيات التشخيص والتحليل الدقيقة للكركومين، مثل الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC) والتحليل الطيفي، يتم تقييم جودة المركب وتطبيقه بكفاءة أكبر في المجالات المختلفة [2] وبفضل هذه الخصائص، أصبح الكركومين محور اهتمام واسع في الدراسات العلمية الحديثة، حيث تتزايد الأبحاث المنشورة حوله بشكل مستمر خلال العقد الأخير، مما يعكس أهميته العلمية والاقتصادي.

1.التركيب الكيميائي للكركومين:

يعد الكركومين Curcumin مركبا طبيعيا متعدد الفينولات، وهو المكون الرئيسي ضمن مجموعة الكركومينويدات الموجودة في الكركم. يحمل الصيغة الجزيئية $C_{21}H_{20}O_6$ والكتلة المولية 368.38 غ/مول، ويتكون تركيبه من حلقتين عطريتين متماثلتين تحتويان على مجموعات هيدروكسيل (-OH) وميثوكسي (-OCH_3)، ترتبطان بسلسلة كربونية غير مشبعة تحتوي على مجموعات كربونيل. يمنح هذا البناء الكيميائي للكركومين خواصه الفيزيائية والكيميائية المميزة، خاصة نشاطه المضاد للأكسدة وقدرته على التفاعل مع الجذور الحرة[3].

يتميز الكركومين بوجود نظام مترافق من الروابط المزدوجة، وهو المسؤول عن اللون الأصفر البرتقالي المميز له، كما يساهم في خواصه الامتصاصية تحت الأشعة فوق البنفسجية والمرئية. ويوجد الكركومين في صورتين توتوميريتين هما الشكل الكيتوني والشكل الإينولي كما هو موضح في الشكل (1)، ويعد الشكل الإينولي أكثر ثباتا في العديد من المذيبات العضوية، بينما يتأثر التوازن بين الشكلين بوسط التفاعل ودرجة الحموضة. وهذه الخاصية التوتوميرية من أهم الصفات البنيوية التي تؤثر في سلوكه الكيميائي ونشاطه الحيوي[4].



الشكل (1): الاشكال الايونية للكركومين

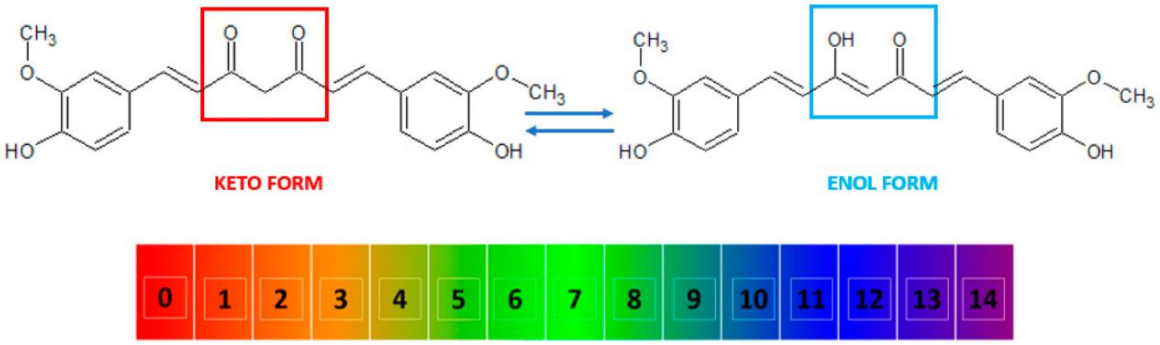
2.الخصائص الفيزيائية والكيميائية للكركومين :

2-1 الحساسية للpH :

يتغير لون الكركومين على حسب حموضة الوسط كالتالي:

- أصفر فاقع عند الحموضة العالية.
- أحمر عند القاعدية العالية.

والشكل (2)يوضح المجال اللوني لهذه المادة [5]



الشكل(2): التغير اللوني للكركومين حسب الpH

2-2 الذوبانية:

يعد الكركومين المركب الفعال الرئيسي في الكركم، ويتميّز بذوبانية ضعيفة جدا في الماء، وهو ما يشكل أحد أهم التحديات في استخدامه الدوائي والغذائي. إذ يصنف كمركب كاره للماء (Hydrophobic)، لذلك لا يذوب إلا بنسب ضئيلة جدا في الوسط المائي، في حين يذوب بشكل أفضل في المذيبات العضوية مثل الإيثانول والأسيتون، وكذلك في الدهون والزيوت[9].

وتؤثر هذه الخاصية بشكل مباشر على التوافر الحيوي للكركومين، أي قدرة الجسم على امتصاصه والاستفادة منه، حيث يعد امتصاصه ضعيفا عند تناوله بمفرده. وللتغلب على هذه المشكلة، ينصح بتناوله مع مواد دهنية أو مع مركبات معززة للامتصاص مثل البيبيرين (المادة الفعالة في الفلفل الأسود)، الذي

يساهم بشكل ملحوظ في زيادة التوافر الحيوي له. كما تستخدم تقنيات حديثة مثل التغليف النانوي لتحسين ذوبانيته واستقراره داخل الجسم وبالتالي تعزيز فعاليته الحيوية [10].

3-2 توصيل الكركومين:

يعد الكركومين من المركبات الطبيعية ذات الأهمية العلاجية الكبيرة، إلا أن تطبيقه الدوائي يواجه تحديات رئيسية تتمثل في انخفاض ذوبانيته في الماء وضعف توافره الحيوي نتيجة محدودية امتصاصه وسرعة استقلابه وطرحه من الجسم. لذلك اتجهت الدراسات الحديثة إلى تطوير أنظمة متقدمة لتوصيل الكركومين بهدف تحسين خصائصه الفيزيائية والكيميائية وزيادة كفاءته العلاجية [6]وتشمل هذه الأنظمة تقنية التبعثر الصلب، التي تعتمد على تشتيت الكركومين ضمن حوامل بوليمرية محبة للماء لتحسين الذوبانية ومعدل الانحلال، إضافة إلى أنظمة الجسيمات النانوية التي تسهم في حماية الكركومين من التحلل وتعزيز نفاذيته إلى الأنسجة المستهدفة. كما استخدمت المذيلات والمستحلبات النانوية لتحسين ثبات الكركومين وزيادة امتصاصه عبر الأغشية الحيوية، في حين تعتمد تقنية تشكيل المعقدات على ارتباط الكركومين بمواد مثل PVPبهدف رفع ذوبانيته وثباته الكيميائي[7]. كذلك تم تطوير أنظمة أخرى مثل الهلاميات المائية والألياف النانوية للتحرير المتحكم به والتطبيقات الموضعية[8]. وقد أظهرت هذه التقنيات نتائج واعدة في تعزيز التوافر الحيوي للكركومين وتحسين فعاليته العلاجية، مما جعل أنظمة توصيله محور اهتمام واسع في الأبحاث الصيدلانية والطبية الحديثة.

3. الثبات الكيميائي للكركومين والعوامل المؤثرة عليه :

يعد الكركومين Curcumin مركبا غير ثابت كيميائيا في العديد من الظروف، حيث يتعرض بسهولة لعمليات التحلل الكيميائي (Degradation) التي تؤثر على تركيزه ونشاطه الحيوي. ويتميز الكركومين بثبات نسبي في الوسط الحمضي والمتعادل الضعيف، بينما يصبح غير مستقر في الأوساط القاعدية، حيث يحدث له تحلل سريع إلى نواتج أقل فعالية. ويعود هذا السلوك إلى بنيته الكيميائية التي تحتوي على نظام β-diketone ومجموعات فينولية حساسة للتغيرات الكيميائية في الوسط [11-13] .

4. استخدامات الكركومين :

أ) **الاستخدام الغذائي:** يستخدم الكركم أساسا كتوابل غذائية، كما يوجد أيضا في بعض الملونات الغذائية، وفي مستحضرات التجميل والأدوية. في الطب الصيني التقليدي، تعرف الكركومينويدات بخصائصها المضادة للأكسدة والمضادة للالتهابات والمفيدة للمفاصل، مما يفسر كونه مكونا شائعا في العديد من المكملات الغذائية[14].

ب) **الاستخدام التجميلي :**يستخدم الكركم في مجال التجميل لفوائده للبشرة، إذ يساعد على الحفاظ على مرونتها ويقاوم علامات الشيخوخة. كما يمكن إدخاله في أقنعة تحتوي على البندق، الحبة السوداء، أو زيت الجوجوبا [15].

ت) **الاستخدام كتوابل :**استخدم الكركم كتوابل منذ آلاف السنين، وهو أحد مكونات أطباق "الكاري" الشهيرة، حيث يمنحها لونا مميزا ورائحة خاصة[16].

ث) **الاستخدامات الطبية:**

استخدم الكركم لعلاج مجموعة متنوعة من الأمراض، بما في ذلك اليرقان، ومشكلات الكبد، والروماتيزم، وفقدان الشهية، والقرحات المرتبطة بمرض السكري، ويعد الكركومين المسؤول عن معظم هذه التأثيرات العلاجية[17].

ومن ضمن الاستخدامات الطبية للكركومين نشاطاته البيولوجية المتعددة، إذ يعد من أهم المركبات الطبيعية النشطة بيولوجيًا المستخلصة من الكركم، وقد حظي باهتمام علمي واسع نظرًا لتعدد خصائصه العلاجية وفعاليته الحيوية. وتعود هذه الفعالية إلى بنيته الكيميائية الغنية بالمجاميع الفينولية ونظام الروابط المزدوجة المترافقة، مما يمنحه قدرة كبيرة على التفاعل مع العديد من الأهداف البيولوجية داخل الخلية. ومن أبرز هذه النشاطات نشاطه المضاد للأكسدة، حيث يعمل على معادلة الجذور الحرة وتقليل الإجهاد التأكسدي، كما يساهم في تعزيز نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، مما يساعد على حماية الخلايا والأنسجة من التلف الناتج عن عمليات الأكسدة[18].

كما يتميز الكركومين بخصائص قوية مضادة للالتهاب، إذ يثبط العديد من الوسطاء الالتهابيين والإنزيمات المرتبطة بالاستجابة الالتهابية، الأمر الذي يجعله لهل أهمية في الحد من الالتهابات المزمنة والأمراض المرتبطة بها. إضافة إلى ذلك، أظهرت الدراسات امتلاكه نشاطًا مضادًا للميكروبات، حيث يمكن أن يؤثر في نمو بعض أنواع البكتيريا والفطريات والفيروسات، مما يعزز إمكاناته في التطبيقات العلاجية والوقائية[19].

ومن أهم النشاطات البيولوجية للكركومين أيضا نشاطه المضاد للسرطان، فقد بينت العديد من الدراسات قدرته على تثبيط تكاثر الخلايا السرطانية، ومنع تكوين الأوعية الدموية المغذية للأورام، إضافة إلى الحد من انتشار الخلايا السرطانية، كما يرتبط بتأثيرات وقائية على عدد من الأعضاء الحيوية[20].

5. مصادر الكركومين:

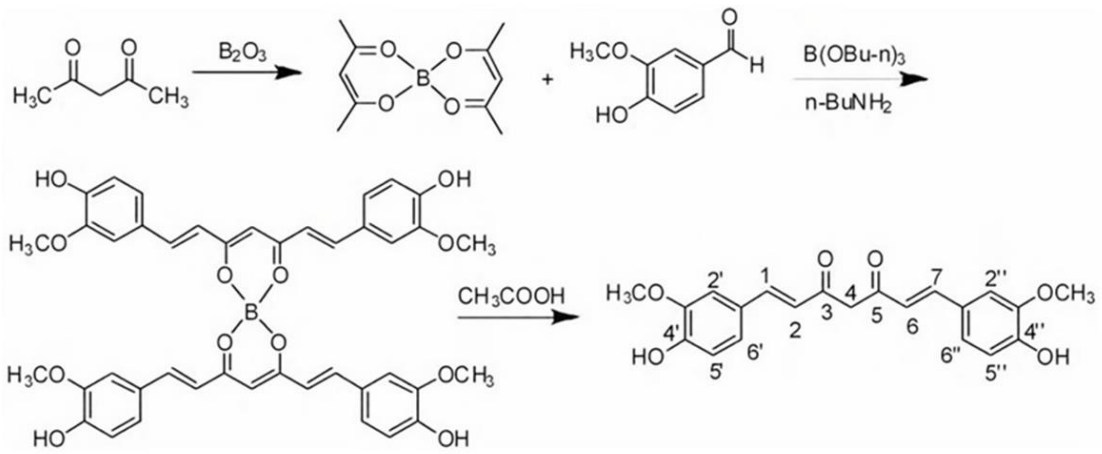
يمكن الحصول على الكركومين من مصدرين اما من مصدره الطبيعي او المصنع

5-1 تصنيع الكركيمين :

يستخدم التصنيع الكيميائي كخيار داعم لزيادة إنتاج الكركومين، خاصة عندما تكون هناك حاجة إلى مركب عالي النقاوة (95%) للاستخدامات الدوائية.

في البداية، اعتمدت الطرق التقليدية (حوالي عام 1997) على استخدام ثلاثي بيوتيل البورات كمحفز، غير أن هذه المقاربة كانت محدودة بسبب تكلفتها المرتفعة والمخاطر المرتبطة بقابليته للاشتعال[21] .

لاحقا، تم تطوير هذا المسار من خلال استبدال المواد الأولية، حيث استخدم كل من الفانيلين(vanilline) والأسيتيل أسيتون (acétylacétone)، مما ساهم في جعل العملية أكثر أمانًا وأقل تكلفة، مع الحفاظ على كفاءة جيدة في الإنتاج كما هو في الشكل (3)



الشكل (3): تفاعل تصنيع الكركومين

5-2 المصادر الطبيعية:

يعد الكركومين المركب الفعال الرئيسي المستخلص من نبات الكركم، ويتركز بصورة أساسية في الجذمور الموجود تحت سطح التربة، والتي تمثل الجزء الأكثر استخداما لاستخلاص المركبات النشطة حيويا. عرف الكركم منذ آلاف السنين واستخدم تقليديا كتوابل غذائية، مادة ملونة طبيعية، وكذلك في التطبيقات الطبية التقليدية لما يمتلكه من خصائص علاجية متعددة. ويستخلص الكركومين من مسحوق الكركم المجفف بعد عمليات الطحن، حيث يحتوي الكركم على مجموعة من المركبات الفينولية تعرف بالكركومينويدات، والتي يعد الكركومين أهمها وأكثرها وفرة وتأثيرا[22].

يتراوح محتوى الكركومين في جذمور الكركم عادة بين 2%–8 من الوزن الجاف، وقد يختلف هذا المحتوى تبعا لعوامل عديدة مثل الصنف النباتي، الظروف المناخية، طبيعة التربة، وقت الحصاد، وطرق التجفيف والتخزين. وتؤثر هذه العوامل بشكل مباشر في جودة المادة الخام ومردود الاستخلاص ونقاوة الكركومين الناتج لذلك يعد اختيار مصدر نباتي جيد خطوة أساسية للحصول على كوركمين عالي الجودة[23].

الصورة (1): الكركم

المراجع:

[1]M.T. El-Saadony, A.M. Saad, D.M. Mohammed, S.S. Alkafaas, S. Ghosh, S.H. Negm, H.M. Salem, M.A. Fahmy, W.F. Mosa, E.H. Ibrahim, Curcumin, an active component of turmeric: biological activities, nutritional aspects, immunological, bioavailability, and human health benefits-a comprehensive review, Frontiers in immunology, 16 (2025) 1603018.

[2]H.M. Younis, A.A. Mohamed, A Review on Curcumin: Pharmacological Promises and Biomedical Activities, Archiv der Pharmazie, 358 (2025) e70129.

[3]R. Jäger, R.P .Lowery, A.V. Calvanese, J.M. Joy, M. Purpura, J.M. Wilson, Comparative absorption of curcumin formulations, Nutrition journal, 13 (2014) 11.

[4]O. Kazakova, N. Lipkovska, V. Barvinchenko, Keto-enol tautomerism of curcumin in the preparation of nanobiocomposites with fumed silica, Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 277 (2022) 121287.

[5]M.D. Ciuca, R.C. Racovita, Curcumin: Overview of extraction methods, health benefits, and encapsulation and delivery using microemulsions and nanoemulsions, International Journal of Molecular Sciences, 24 (2023) 8874.

[6]A.A. Althobaiti, E.A. Ashour, M. Almutairi, A. Almotairy, M. Al Yahya, M.A. Repka, Formulation development of curcumin-piperine solid dispersion via hot-melt extrusion ,Journal of Drug Delivery Science and Technology, 76 (2022) 103753.

[7]V.T. Bich, N.T. Thuy, N.T. Binh, N.T.M. Huong, P.N.D. Yen, T.T. Luong, Structural and spectral properties of curcumin and metal-curcumin complex derived from turmeric (Curcuma longa), Physics and engineering of new materials, Springer2009, pp. 271-278.

[8]M. Boroughani, A.K. Moaveni, P. Hatami, N. Mansoob Abasi, S.A. Seyedoshohadaei, A. Pooladi, Y. Moradi, R. Rahimi Darehbagh, Nanocurcumin

in cancer treatment: a comprehensive systematic review, Discover Oncology, 15 (2024) 515.

[9]H. Layaida, Extraction, étude par DFT, Docking moléculaire et évaluation des propriétés biologiques de la curcumine et ses dérivés, 2024.

[10]J. Górnicka, M. Mika, O. Wróblewska, P. Siudem, K. Paradowska ,Methods to improve the solubility of curcumin from turmeric, Life, 13 (2023) 207.

[11]E. Pfeiffer, S. Höhle, A.M. Solyom, M. Metzler, Studies on the stability of turmeric constituents, Journal of food engineering, 56 (2003) 257-259.

[12]J.V. Rajendran ,S. Thomas, Z. Jafari, N. Fariborzi, S. Khorasani, Z.K. Mofrad, I. Katouzian, M. Mozafari, Recent advances on large-scale manufacture of curcumin and its nanoformulation for cancer therapeutic application, Biointerface Res. Appl. Chem, 12 (2022) 7863-7885.

[13]G. Appendino, P. Allegrini, E. de Combarieu, F. Novicelli, G. Ramaschi, N. Sardone, Shedding light on curcumin stability, Fitoterapia, 156 (2022) 105084.

[14]A. Caramanna, L. Estournet, I. Mezghani, A. Pollien, J. Piard, Le curcuma: un indicateur coloré acido-basique du quotidien, Le Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie, 117 (2023) 917-928.

[15]J.H. Lee, M.-G. Choung, Determination of curcuminoid colouring principles in commercial foods by HPLC, Food Chemistry, 124.1222-1217 (2011)

[16]S. Velurajan, V. Balamurugan, Phytochemical comparison of alcoholic extract of fresh and dry Curcuma longa, IJARIIE, 5 (2019) 419-428.

[17]I. Chattopadhyay, K. Biswas, U. Bandyopadhyay, R.K. Banerjee, Turmeric and curcumin: Biological actions and medicinal applications, Current science, (2004) 44-53.

[18]S.S. Shafqat, M.H. Wakeel, M. Zubair, S.A. Masood, S. Rashid, R. Khan, A. Bahadar, M. Ashfaq, A.A. Khan, Anticancer activity of curcumin loaded hybrid system of silver-amine functionalized silica nanoparticles, Scientific Reports , .(2026)

[19]Y. Peng, M. Ao, B. Dong, Y. Jiang, L. Yu, Z. Chen, C. Hu, R. Xu, Anti-inflammatory effects of curcumin in the inflammatory diseases: status, limitations and countermeasures, Drug design, development and therapy, (2021) 4503-4525.

[20]G. Bar-Sela, R. Epelbaum, M. Schaffer, Curcumin as an anti-cancer agent: review of the gap between basic and clinical applications, Current medicinal chemistry, 17 (2010) 190-197.

[21]Q. Meng, F. Xiao, D. Jiang, W. Jiang, W. Lin, H. Gan, T. Ye, J. Jiang, L. Lu, Recent Progress in Curcumin Extraction, Synthesis, and Applications: A Comprehensive Review, Foods, 15 (2026) 354.

[22]V. Govindarajan, W.H. Stahl, Turmeric—chemistry, technology, and quality, Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 12 (1980) 199-301.

[23]S.J. Hewlings, D.S. Kalman, Curcumin: A review of its effects on human health, Foods, 6 (2017) 92.

الفصل الثاني: نبات الكركم

مقدمة:

يعد البحث عن المواد الطبيعية ذات النشاط الحيوي المستخلصة من النباتات، وكذلك دراسة النباتات ذات الخصائص الدوائية التي يمكن استغلالها في مجالات التجميل، والغذاء، والصناعات الدوائية، من أبرز محاور مشاريع البحث الحالية في العالم، ويعتبر الكركم من أكثر النباتات دراسة.

الكركم(*Curcuma*) والمعروف باسم "التوابل الذهبية" وكذلك "توابل الحياة "، هو نبات معمر ينتمي إلى نفس عائلة الزنجبيل (Zingiberaceae) ينمو في المناطق الاستوائية، وخاصة في الهند وجنوب شرق آسيا. ويعد الجذمور الجزء الأكثر أهمية في النبات، حيث يجفف ويطحن ليستخدم كتوابل غذائية لتحسين طعم الأطعمة وإطالة مدة حفظها، وكذلك كمادة ملونة في الأغذية والمنسوجات.

إن استخدام الكركم يعود إلى القدماء، أولاً كتوابل في الطبخ ثم في الطب التقليدي، وقد ثبتت فوائده من حيث الأمان والصحة[1]. وقد أبرزت العديد من الدراسات البحثية الخصائص الطبية المتعددة للكركم [2]وأهميته الكبيرة للصحة ،و أظهرت الأبحاث في المختبر (in vitro) وداخل الجسم الحي (in vivo) على الحيوانات أن الكركومين، وهو الجزيء الرئيسي الموجود في الكركم، يمتلك خصائص مضادة للسرطان، ومضادة للالتهاب، ومضادة للفيروسات، ومضادة للفطريات، ومضادة للبكتيريا، ومساعدة على التئام الجروح، وخافضة للكوليسترول، ومضادة لمرض الزهايمر، كما أنه يحمي من إعتام عدسة العين، واعتلال الشبكية السكري، والعديد من الأمراض الأخرى[3].

ويتم توزيع وتسويق الكركم تحت أسماء مختلفة كما هي مذكورة في الجدول (1):

الجدول (1) : الأسماء المحلية لـ *Curcuma longa*

اللغة	الاسم
العربية	الكركم
الإنجليزية	Turmeric
الفرنسية	Curcuma, Safran des Indes
الصينية	Jiang huang
الهندية	Haldi

1. تاريخ الكركم :

لقد حظي نبات الكركم باهتمام تجاري كبير عبر التاريخ، إلا أنه لا يمكن تحديد أصله بدقة. ومع ذلك، يعتقد أنه على الأرجح من جنوب آسيا أو جنوب شرق آسيا، وربما من الهند تحديدا، ومن هناك انتشر إلى مختلف مناطق آسيا والشرق الأوسط منذ آلاف السنين.

يعود استخدامه في آسيا وإفريقيا والشرق الأوسط إلى أكثر من 4000 سنة. ومنذ ذلك الوقت، استخدم الكركم ليس فقط كتوابل، بل أيضا في صناعة مستحضرات التجميل، والأصباغ، والمنتجات الصيدلانية.[3]

2. التصنيف النباتي للكركم:

يضم جنس الكركم (Curcuma) العديد من الأنواع التي تستعمل خصائصها في العديد من المجالات من بين هذه الأنواع يمكن ذكر: *Curcuma aeruginosa*، و*Curcuma amada*، و *Curcuma aromatica*، و*Curcuma brog*، و*Curcuma malabarica*، وكذلك *Curcuma sylvatica*

لكن النوع الأكثر استخداما والأكثر ذكرا في الدراسات العلمية هو Curcuma longa ويعبر هذا النوع الأكثر دراسة نظرا لغناه بالمواد الفعالة دون عن غيره [4].

الجدول (2): التصنيف النباتي للكركم

المرتبة التصنيفية	التصنيف
المملكة	المملكة النباتية
الشعبة	كاسيات البذور
الطائفة	احاديات الفلقة
الرتبة	الزنجبليات
الفصيلة	الزنجبليات
الجنس	الكركم
النوع	الكركم الطويل

الشكل التالي يوضح أنواع نبات الكركم التي يستخرج منها الكركومين ونسبة المادة الفعالة في بعضها [5]

الصورة (2) : مصادر الكركومين

3.وصف المورفولوجي لنبات الكركم :

الكركم الطويل نبات عشبي معمر يصل ارتفاعه إلى متر واحد والجذامير الرئيسية ذات شكل بيضوي تعطي ما يعرف بالكركم المستدير، بينما الجذامير الثانوية تعطي الكركم الطويل. هذه الجذامير سميكة، متقشرة، وتتجعد عند الجفاف، ويكون لونها أصفر برتقالي عند القطع، وبني مائل إلى الرمادي على السطح تنبعث منها رائحة عطرية عند قطعها [6].

أوراقه طويلة جدًا، يتراوح شكلها بين المستطيل والبيضاوي، وهي غمدية، وتحتوي على عرق وسطي قوي مع عروق ثانوية متوازية ، (تشكل أغماد الأوراق ساقا كاذبة قصيرة، أما النصل فيكون أخضر داكن من الأعلى وأخضر فاتح جدا من الأسفل، ومليئا بنقاط شفافة)

تنمو الزهرة من بين الأوراق، وتتكون من سنبلة أسطوانية قد يصل طولها إلى 20 سم. تتشكل من قنابات متراكبة خضراء داكنة وعقيمة، تنشأ في إبطها أزهار بيضاء أو مائلة إلى الصفرة، زهرة واحدة لكل قنابة. أما القنابات العلوية فهي وردية اللون وذات مظهر جميل الصورة (3) [6].

الصورة (3): زهرة الكركم

4.التركيب الغذائي والطاقوي :

الكركم غني جدا بالفيتامينات والمعادن، مثل الحديد والمنغنيز. لذلك، يُعتبر بهارا قلويا، وبالتالي فعالا ضد الحموضة التي غالبا ما تكون سببا في الحالات الالتهابية .أظهرت الأبحاث حول التركيب الغذائي للكركم أنه يحتوي على% 8.92 رطوبة،% 2.85 المعادن الكلية ،% 4.60 ألياف و% 6.85 مواد دهنية [7].

تم عرض تركيب الغذائي والطاقوي لـ100g غ من مسحوق الكركم في الجدول التالي :

الجدول (3) : القيم الغذائية والطاقوية للكركم

Energie	354kcal	Minéraux		Vitamines	
L'eau	11,4 g	Calcium	183 mg	Vit B1	0,15mg
Protéine	7,8 g	Magnésium	193 mg	Vit B2	0,23 mg
Lipide	9,9 g	Phosphore	268 mg	Vit B3	5,14 mg
Glucide	64,9 g	fer	41,4 mg	Vit B6	1,80 mg
Fibre	21,1 g	zinc	44 mg	Vit B9	39 mg
Omega 9	3,12 g	Potassium	2525 mg	Vit C	26 mg
Omega 3	0,48 g	Manganèse	7,8 mg	Vit E	3,1 mg
Omega 6	1,69 g	Cuivre	603 mg	Vit K	13 ,4mg

5. المكونات الرئيسية في الكركم:

الكركومينويدات والكركومين هي المواد الفعالة الأكثر أهمية في الكركم، أي الجزيئات التي لها تأثير حقيقي على خصائصه. تمتاز هذه المواد بأنها تذوب في الدهون، وبالتالي فهي تذوب بسهولة في الزيوت والمواد الدهنية .وأي مادة غنية بالكركومينويدات تكون أيضا غنية بالكركومين، لأن هذا الأخير هو المكوّن الرئيسي والمسؤول عن الخصائص المعروفة للكركم[8].

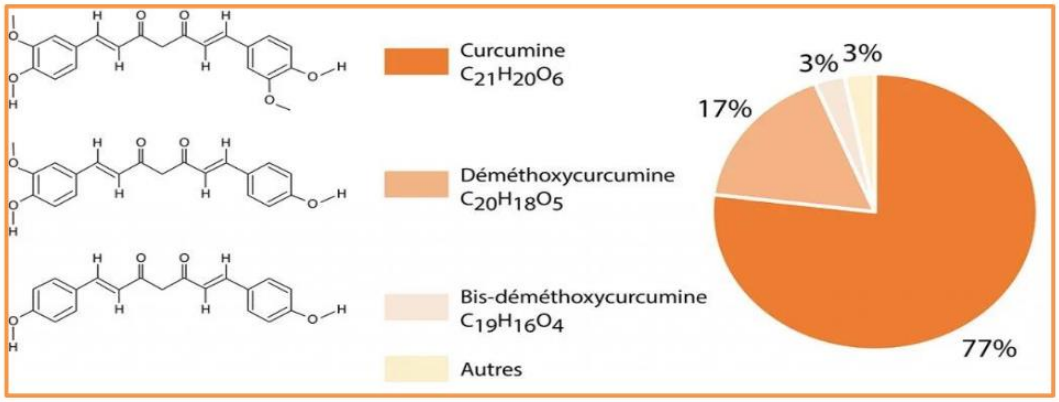
البنية الكيميائية للكركومينيدات:

تعد الكركومينويدات من أكثر المركبات نشاطا الموجودة في الكركم (حوالي 5% من وزن الجذر المجفف)، وهي الجزيئات المسؤولة ليس فقط عن اللون الأصفر المميز للتوابل، بل أيضًا عن العديد من الفوائد الصحية.

تتكوّن هذه المجموعة من ثلاث مركبات فينولية هي:

- الكركومين (Curcumine) بنسبة تقارب 77%
- ديميثوكسي كركمين(Déméthoxycurcumine) بنسبة تقارب 17%
- بيس-ديميثوكسي كركمين(Bisdéméthoxycurcumine) بنسبة تقارب 3%

وتندرج هذه المركبات ضمن مجموعة ثنائي فيرولويل ميثان(diferuloylméthane) وهي مصنف في الشكل التالي حسب الصيغة الكيميائية والنسبة [9]:



الشكل (4): البنية الكيميائية للمكونات النباتية الرئيسية لمستخلص الكركم.

المراجع:

[1]G. Jayaprakasha, L.J.M. Rao, K. Sakariah, Chemistry and biological activities of C. longa, Trends in Food Science & Technology, 16 (2005) 533-548.

[2]G.C. Jagetia, G.K. Rajanikant, Curcumin treatment enhances the repair and regeneration of wounds in mice exposed to hemibody γ-irradiation, Plastic and reconstructive surgery, 115 (2005) 515-528.

[3]H.P.T. Ammon, M.A. Wahl, Pharmacology of Curcuma longa, Planta Med, 57 (1991) 1-7.

[4]B. Nacera, M. Khadidja, R. Meriem, B. Amina, Curcuma: quelle stratégie adoptée en prévention du cancer?

[5]A. Mullaicharam, A. Maheswaran, Pharmacological effects of curcumin, International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases, 2 (2012) 92-99.

[6]J.-P. Jourdan, Curcuma et curcumine, de l'histoire aux intérêts thérapeutiques, éditeur inconnu, 2015.

[7]A. Ikpeama, G. Onwuka, C. Nwankwo, Nutritional composition of Tumeric (Curcuma longa) and its antimicrobial properties, International Journal of Scientific and Engineering Research, 5 (2014) 1085-1089.

[8]Y. Rivera-Espinoza, P. Muriel, Pharmacological actions of curcumin in liver diseases or damage, Liver International, 29 (2009) 1457-1466.

[9]K.M. Nelson, J.L. Dahlin, J. Bisson, J. Graham, G.F. Pauli, M.A. Walters, The essential medicinal chemistry of curcumin: miniperspective, Journal of medicinal chemistry, 60 (2017) 1620-1637.

الفصل الثالث: استخلاص وتشخيص الكركومين

تمهيد:

تعد عملية الاستخلاص من أهم العمليات الأساسية في مجالات الكيمياء، والكيمياء التحليلية، والصناعات الدوائية والغذائية، حيث تهدف إلى فصل المركبات الفعالة من المواد الخام، خصوصا من المصادر الطبيعية مثل النباتات. وتعتمد كفاءة الاستخلاص بشكل كبير على طبيعة المركبات المستهدفة وخصائصها الفيزيائية والكيميائية، بالإضافة إلى اختيار الطريقة المناسبة والمذيب الجيد.

وفي هذا السياق، تحظى النباتات الطبية، مثل الكركم(*Curcuma longa L*) ، بأهمية متزايدة نظرا لاحتوائها على مركبات فعالة ذات خصائص علاجية متعددة، أهمها الكركومين، والذي يمتلك نشاطا مضادا للأكسدة ومضادا للبكتيريا، ويساهم في الوقاية من الأمراض مثل السرطان[1].

تتنوع طرق استخلاص الكركومين بين تقنيات تقليدية وحديثة، حيث تشمل الطرق التقليدية النقع (maceration)، والاستخلاص بتركيب سوكسلي(Soxhlet) ، والاستخلاص بالمذيبات. وعلى الرغم من بساطتها وسهولة تطبيقها، إلا أنها غالبا ما تتطلب وقتا طويلا وكميات كبيرة من المذيبات [2].

ومن بعض التقنيات الحديثة التي تهدف إلى تحسين كفاءة الاستخلاص وتقليل الزمن والتكلفة نذكر بعضها مثل الاستخلاص بالموجات فوق الصوتية(UAE) ، والاستخلاص بالمايكرويف (MAE)، والاستخلاص بالسوائل فوق الحرجة(SFE) ، والاستخلاص بمساعدة الإنزيمات. وتمتاز هذه الطرق بقدرتها على زيادة مردود الكركومين وتحسين جودة المستخلص، مع تقليل استهلاك المذيبات والطاقة.

ويعد اختيار المذيب من العوامل الحاسمة في عملية الاستخلاص، إذ يؤثر بشكل مباشر على كمية ونوعية الكركومين المستخلص، خاصة أن الكركومين من ضمن المركبات ضعيفة الذوبان في الماء ولكن تذوب في المذيبات العضوية مثل الإيثانول والميثانول والأسيتون والزيوت والدهون .

1.طرق الاستخلاص:

تعد المرحلة الأولى في دراسة النباتات الطبية هي تحضير عينات النباتات للحفاظ على الجزيئات الحيوية (Biomolecules) الموجودة فيها أثناء الاستخلاص. يمكن استخلاص عينات النباتات من الأوراق، القشور، الجذور، الثمار، والزهور من المواد النباتية الطازجة أو المجففة. كما أن عمليات التحضير المسبق للنباتات مثل الطحن والتجفيف تؤثر أيضا على الحفاظ على المركبات النباتية الفعالة في المستخلص النهائي.

نظرا لأن المركبات النشطة حيويا المستخلصة من النباتات غالبا ما تحتوي على مركبات مشتركة غير مرغوبة فإن فصل هذه المركبات عن المستخلص الأساسي يعد ضروري [3].

وهذه الطرق تنقسم إلى قسمين: تقليدية وحديثة كما يلي :

1-1 الطرق التقليدية:

- **النقع:**

تعد هذه تقنية قديمة تُستخدم بشكل شائع. وتتمثل في تعريض المادة النباتية لمذيب، مع التحريك أو بدونه، عند درجة حرارة الغرفة أو عند درجة حرارة مرتفعة، لمدة زمنية محددة مسبقًا. وتعتمد هذه الطريقة على ذوبانية المركبات النشطة حيويًا في مذيب الاستخلاص، وتتأثر بعدة عوامل مثل جودة المادة النباتية، وتركيز المذاب في العينة، وطبيعة المذيب، ومدة الاستخلاص.

تعد عملية النقع أبسط وأقل تكلفة من بين طرق الاستخلاص؛ حيث يمكن استخدامها لاستخلاص مجموعة من الجزيئات الحساسة، وتُجرى في درجة حرارة الغرفة، مما يجعلها مناسبة للحفاظ على سلامة الجزيئات النشطة حيويًا التي تتأثر بالتغيرات الحرارية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن استخلاص نفس العينة عدة مرات باستخدام مذيبات ذات قطبية متزايدة للحصول على خلطات غنية بالمركبات المرغوبة.

وقد استخدمت هذه الطريقة بشكل خاص لدراسة المركبات غير المتطايرة (مثل متعددات الفينول والسكريات) باستخدام حجم كبير من المذيب.

ومع ذلك، تتطلب عملية النقع فترات استخلاص طويلة جدا (حوالي 4 إلى 10 أيام) لتحقيق نتائج جيدة، مما قد يسبب بعض العيوب مثل حدوث التخمر أو التلوث البكتيري، خاصة إذا كان المذيب المستخدم هو الماء[4].

تم في هذه الدراسة السابقة استغلال هذه الطريقة التقليدية [5].

- **<u>استخلاص سوكسلي (Soxhlet):</u>**

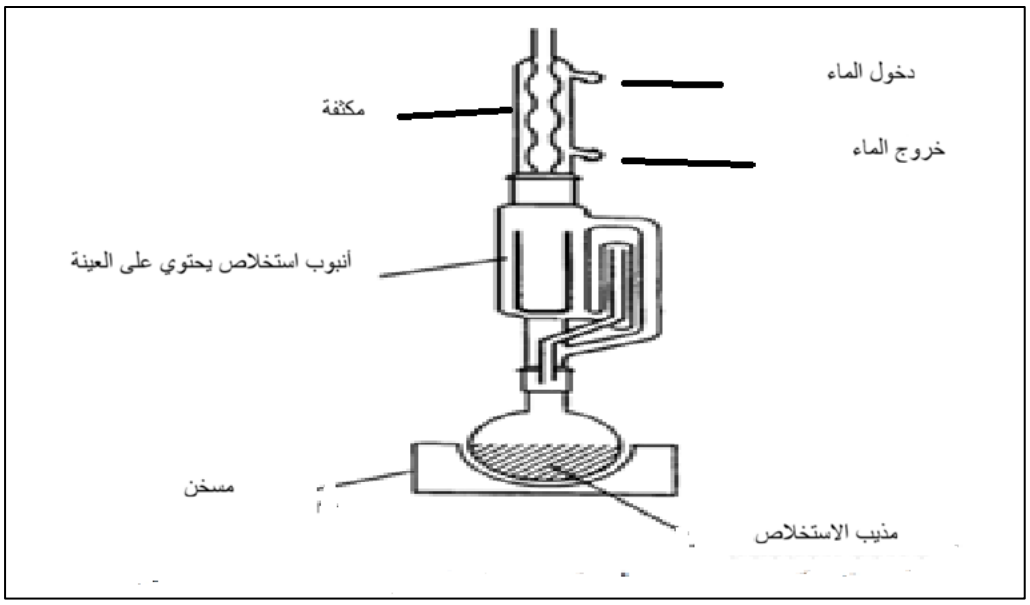
تعتبر تقنية سوكسليت من أهم الطرق المستخدمة في مجال استخلاص المواد من العينات البيئية. ويعود ذلك إلى استخدامها بطريقتين أساسيتين: إما كجزء من خطوات التحليل، أو كمرجع تقارن به التقنيات الحديثة[6].

فكرة عمل تركيب سوكسليت الموضح في الشكل(5) يتم وضع العينة داخل خرطوشة خاصة، ثم يُسخن المذيب في دورق حتى يتبخر، وبعد ذلك يتكثف ويعود ليسقط على العينة. وعندما يمتلئ الحامل بالمذيب، يتم سحبه مرة واحدة عبر أنبوب (سيفون) ليعود إلى الدورق حاملاً معه المواد المستخلصة. وتتكرر هذه العملية عدة مرات حتى يتم استخلاص جميع المركبات المطلوبة.

بهذا الشكل، تجمع هذه التقنية بين النظامين:

- نظام متقطع (لأن العملية تتم على دفعات)
- ونظام مستمر (لأن المذيب يعاد استخدامه بشكل دائم)

بساطة هذه الطريقة جعلتها تستخدم على نطاق واسع، كما أن خطواتها متشابهة مع معظم أنواع العينات، لذلك أصبحت من الطرق القياسية في التحليل البيئي[7] .



الشكل (5): تركيب سوكسلي(Soxhlet)

تميز هذه الطريقة بإمكانية استخراج كميات كبيرة من المواد النباتية دفعة واحدة، كما يمكن إعادة استخدام المذيب عدة مرات مما يجعلها أكثر كفاءة واقتصادية. ولا تتطلب إجراء عملية ترشيح بعد الاستخلاص، إضافةً إلى أنها لا تعتمد على نوع المصفوفة أو العينة المستخدمة، مما يمنحها مرونة واسعة في التطبيقات المختلفة. وتُعد من التقنيات البسيطة جدًا في التنفيذ، كما أن مبدأها يعتمد على الإزاحة المستمرة لتوازن الانتقال من خلال التلامس الدائم بين المذيب الجديد والمادة الصلبة، الأمر الذي يعزز من كفاءة عملية الاستخلاص[8].

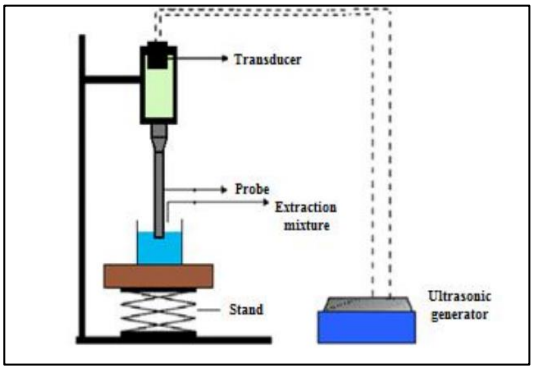
تمت استغلال هذه التقنية في هذه الدراسة السابقه [9]

2-1 الطرق الحديثة:

- **<u>الاستخلاص بواسطة الأمواج الصوتية:</u>**

الاستخلاص بمساعدة الموجات فوق الصوتية (UAE) يتضمن تطبيق موجات صوتية عالية الكثافة والتردد والتفاعل مع المواد. تُعد هذه التقنية واعدة نظرًا لعدم حاجتها إلى أجهزة معقدة وانخفاض تكلفتها نسبيا، ويمكن استخدامها على نطاق صغير وكبير. تعتمد هذه التقنية على ظاهرة التجويف

الصوتي، حيث تؤدي الموجات فوق الصوتية إلى اهتزاز وتسارع الجسيمات الصلبة والسائلة، مما يسهّل انتقال المذاب من الطور الصلب إلى المذيب بسرعة أكبر. وقد طُرحت عدة آليات لتعزيز الاستخلاص بالموجات فوق الصوتية، مثل تفتيت الخلايا، وتحسين الاختراق، وزيادة الانتفاخ، والتأثير الشعري، والترطيب. وعند زيادة شدة الموجات فوق الصوتية في السائل، تتكون فقاعات دقيقة نتيجة انخفاض الضغط، ثم تنهار بشكل مفاجئ، مسببة تأثيرات ميكانيكية وكيميائية قوية. هذه التأثيرات قد تؤدي إلى تمزق الأغشية البيولوجية، مما يسهل تحرير المركبات المستخلصة ويعزز دخول المذيب إلى داخل الخلايا ويحسن انتقال الكتلة. وتُعزى الفعالية العالية لهذه التقنية إلى تكوّن وانهيار غير متماثل للفقاعات بالقرب من جدران الخلايا، مما يولد تيارات دقيقة تساعد على تفكيك البنية الخلوية[5].



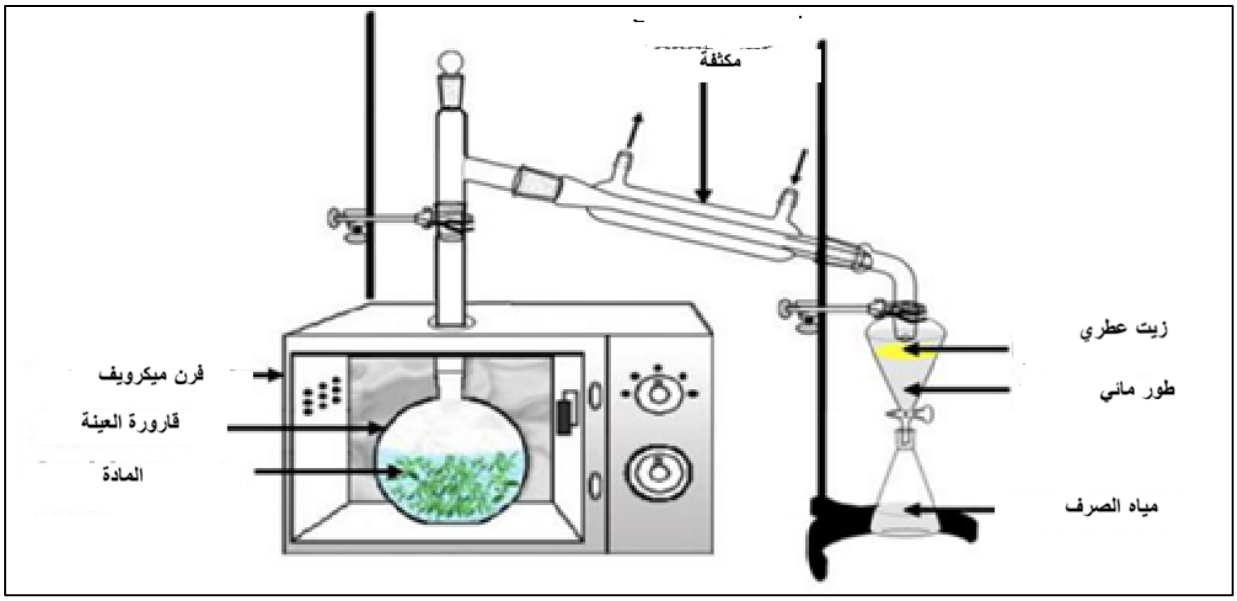
الشكل (6) :جهاز الأمواج فوق الصوتية

وفي هذه الدراسة السابقة تم استعمال هذه التقنية [10].

- **الاستخلاص بمساعدة الميكروويف(Microwave-Assisted Extraction – MAE) :**

تعتمد هي طريقة لاستخلاص المركبات من النباتات عن طريق تسخين المذيب العضوي باستخدام الميكروويف.

يتم وضع العينة النباتية مع المذيب المناسب أو خليط من المذيبات في وعاء، ثم يُضغط ويُسخن بواسطة الميكروويف الشكل (7) يوضح الجهاز



الشكل (7): جهاز الاستخلاص بالميكروويف .

- توضع العينة والمذيب في وعاء مقاوم للحرارة والضغط.
- تسخن العينة بالموجات الدقيقة لمدة 5إلى 20 دقيقة عادةً.
- بعد انتهاء الاستخلاص، يترك الوعاء ليبرد قبل إزالة مزيج العينة والمذيب.
- يجب ترشيح المذيب لإزالة أي جزيئات صلبة قبل تحليل المستخلص.

تتميز هذه الطريقة بأنها سريعة مقارنة بالطرق التقليدية مثل النقع أو الاستخلاص بجهاز سوكسلي، مما يساهم في اختصار وقت العملية وزيادة الإنتاجية. كما تتيح إمكانية التحكم بدرجة الحرارة والضغط، الأمر الذي يساعد على تحسين كفاءة الاستخلاص وزيادة كمية المواد المستخلصة. بالإضافة إلى ذلك، فإنها تقلل من استهلاك المذيبات مقارنة بالطرق التقليدية، مما يجعلها أكثر اقتصادية وصديقة للبيئة [11].

فقد تم استعمال هذه التقنية في هذه الدراسة [12].

- **<u>الاستخلاص بواسطة ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج (CFC) :</u>**

توضع المادة المراد معالجتها داخل جهاز استخلاص يمر من خلاله تدفق ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج.

في الحالة فوق الحرجة (أكثر من 74 بار و31 °م)، يتميز ثاني أكسيد الكربون بانتشاره الكبير (على مستوى الغازات تقريبا)، مما يمنحه قدرة جيدة على الانتشار، وكثافة عالية تمنحه قدرة كبيرة على النقل والاستخلاص.

يمتص السائل المركب المستخلص، ثم يتم تخفيف الضغط عليه، فيتحول إلى الطور الغازي ويفصل عن المركب المستخلص. يجمع المركب المستخلص بعد ذلك في جهاز فاصل الشكل (8)[13].

الشكل (8): جهاز الاستخلاص بواسطة ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج

تتميز هذه الطريقة باستخدام ثاني أكسيد الكربون، الذي يُعد مادة متوفرة بكثرة ومنخفضة التكلفة وغير سامة، كما يمتاز بقدرة انتشار عالية تُحسن من كفاءة عملية الاستخلاص. بالإضافة إلى ذلك، توفر هذه التقنية استخلاصًا انتقائيًا ولطيفًا للمواد الفعالة دون التأثير في الجزيئات الحساسة أو تشويهها، مما يجعلها مناسبة للمواد الطبيعية الدقيقة.

وعلى الرغم من هذه المزايا، فإن لهذه الطريقة بعض العيوب، أبرزها ارتفاع التكلفة الاستثمارية للمعدات والأجهزة المستخدمة، فضلًا عن الحاجة إلى استهلاك كميات كبيرة من الطاقة لتوفير الضغوط ودرجات الحرارة اللازمة لإتمام عملية الاستخلاص بكفاءة.

وقد تم استعمال هذه الجهاز لاستخلاص الكركمين في هذه الدراسة السابقة [14].

2.طرق التشخيص:

يعد تشخيص الكركومين (Curcumin) وتوصيفه خطوة أساسية بعد الاستخلاص والتنقية، إذ يهدف إلى التأكد من هوية المركب، دراسة بنيته الكيميائية، وتقييم درجة نقاوته وخصائصه الفيزيائية والكيميائية. وتكتسب هذه المرحلة أهمية كبيرة في الدراسات الكيميائية والصيدلانية، لأنها تسمح بالتحقق من جودة الكركومين المستخلص ومدى صلاحيته للتطبيقات البيولوجية والدوائية[15].

ونظرا للطبيعة الكيميائية المعقدة للكركومين ووجوده غالبا ضمن خليط من الكركومينويدات، فقد تم الاعتماد على مجموعة متنوعة من التقنيات التحليلية لتشخيصه بدقة، تشمل الطرق الطيفية والكروماتوغرافية . وتستخدم هذه التقنيات للكشف عن المجموعات الوظيفية، تحديد النقاوة، دراسة التركيب الجزيئي، وفصل الكركومين عن المركبات المصاحبة له. ومن بين أهم هذه الطرق: مطيافية الأشعة فوق البنفسجية-المرئية، الأشعة تحت الحمراء، كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة، الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء، إضافة إلى تقنيات أكثر تقدما مثل الرنين المغناطيسي النووي ومطيافية الكتلة. وتكامل هذه الأساليب التحليلية يوفروصفا شاملاً ودقيقا لبنية للكركومين[16].

3. الطرق الطيفية:

- **مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR):**

تعد مطيافية الأشعة تحت الحمراء (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FTIR) من التقنيات التحليلية المهمة في تشخيص الكركومين (Curcumin) وتوصيف بنيته الكيميائية، إذ تعتمد على دراسة امتصاص الجزيئات للأشعة تحت الحمراء عند ترددات مميزة تتوافق مع اهتزازات الروابط الكيميائية داخل الجزيء. وتُستخدم هذه التقنية لتحديد المجموعات الوظيفية الموجودة في الكركومين والتأكد من هويته ونقاوته، كما تسمح بالكشف عن أي تغيرات بنيوية قد تطرأ أثناء الاستخلاص أو التنقية أو تكوين المعقدات [17].

فقد تم استعمال هذه التقنية الطيفية في هذه الدراسة السابقة [18]

- **مطيافية الأشعة فوق البنفسجية-المرئية (UV-Vis):**

تعد طريقة التحليل الطيفي (Spectroscopic Analysis) من أهم التقنيات الحديثة المستخدمة في دراسة خصائص المواد الكيميائية، حيث تعتمد على مبدأ تفاعل الإشعاع الكهرومغناطيسي مع المادة. وتعرف المطيافية بأنها دراسة هذا التفاعل من خلال قياس كمية الإشعاع الممتص أو المنقول عبر العينة، مما يتيح الحصول على معلومات نوعية وكمية حول تركيبها. تبدأ العملية بتوليد إشعاع كهرومغناطيسي مناسب (مثل الأشعة فوق البنفسجية أو تحت الحمراء) بواسطة مصدر ضوئي، ثم يمرر هذا الإشعاع عبر موحِد الطول الموجي (Monochromator) لاختيار طول موجي محدد. بعد ذلك يمر الشعاع عبر العينة، حيث تمتص الجزيئات جزءًا من الطاقة وفقًا لطبيعتها الإلكترونية أو الاهتزازية، بينما ينتقل الجزء المتبقي إلى الكاشف (Detector) الذي يحوّل الإشارة الضوئية إلى إشارة كهربائية قابلة للقياس[19].

تعتمد القياسات الطيفية بشكل أساسي على قانون بير–لامبرت، الذي يربط بين شدة الامتصاص وتركيز المادة في المحلول، حيث يتناسب الامتصاص طرديًا مع التركيز عند ثبات طول المسار. وتُعرض النتائج

عادةً على شكل طيف (Spectrum) يمثل العلاقة بين الامتصاص والطول الموجي، والذي يُعدّ بمثابة بصمة مميزة للمركب الكيميائي. وتُستخدم هذه الطريقة على نطاق واسع في التعرف على المركبات، تحديد المجموعات الوظيفية، ودراسة التراكيب الجزيئية، إضافةً إلى التطبيقات الكمية مثل تحديد تركيز المواد في المحاليل عبر منحنيات المعايرة. وبذلك تُعتبر المطيافية أداة أساسية في مجالات الكيمياء التحليلية، والصيدلة، والبيئة، نظرًا لدقتها العالية وسرعتها في الحصول على النتائج [20, 21] ومن ضمن الدراسات الماضية التي استغلت هذه التقنية نذكر [22].

- **الرنين المغناطيسي النووي (RMN):**

يعد الرنين المغناطيسي النووي (RMN) من أهم التقنيات التحليلية الحديثة التي أحدثت ثورة في مجالات الكيمياء والطب والعلوم الحيوية، حيث يعتمد مبدؤه على تفاعل انوية الذرات (خصوصا نواة الهيدروجين) مع مجال مغناطيسي قوي وإشعاع كهرومغناطيسي في نطاق الترددات الراديوية، مما يؤدي إلى امتصاص الطاقة وإعادة إصدارها بشكل يمكن رصده وتحليله. تتيح هذه الظاهرة الحصول على معلومات دقيقة حول البنية الجزيئية والتركيب الفراغي للمركبات، وهو ما يجعلها أداة أساسية في تحديد الصيغ الكيميائية ودراسة التفاعلات. كما تُستخدم هذه التقنية في المجال الطبي من خلال تطوير التصوير بالرنين المغناطيسي(IRM) ، الذي يسمح بتشخيص العديد من الأمراض بدقة عالية دون التعرض لإشعاعات مؤينة ضارة. إضافةً إلى ذلك، تساهم RMN في دراسة البروتينات والحمض النووي في البيولوجيا الجزيئية، وفي تحليل المواد ومراقبة الجودة في التطبيقات الصناعية. وبفضل دقتها العالية وقدرتها على تقديم معلومات دقيقة، تظل تقنية الرنين المغناطيسي النووي ركيزة أساسية في البحث العلمي والتطوير التكنولوجي الحديث[23]ومن الدراسة التي اعتمدت على هذه الطريقة الطيفية نذكر[24].

4. تقنيات الكروماتوغرافيا :

الطرق الكروماتوغرافيا هي تقنيات فصل وتحليل تستخدم لفصل مكونات خليط كيميائي اعتمادا على اختلاف توزعها بين طور ثابت وطور متحرك .تعد هذه الطرق أساسية في الكيمياء التحليلية، الصيدلة، والبيولوجي[25].

- **كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة (CCM):**

كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة (CCM) هي تقنية بسيطة وسريعة تُستخدم لفصل وتحليل مكوّنات خليط من المركبات العضوية، كما تساعد في مراقبة تقدم التفاعلات الكيميائية أو التحقق من نقاء المواد. تعتمد هذه الطريقة على وضع نقطة صغيرة من العينة على صفيحة مغطاة بطبقة رقيقة من مادة ماصة مثل السيليكا (الطور الثابت)، ثم توضع الصفيحة داخل وعاء يحتوي على مذيب (الطور المتحرك). يرتفع

المذيب عبر الصفيحة بفعل الخاصية الشعرية، حاملاً معه مكونات العينة. تختلف سرعة حركة كل مكوّن حسب درجة قطبيته وقوة ارتباطه بالطور الثابت وقابليته للذوبان في الطور المتحرك؛ فالمركبات الأقل قطبية تتحرك أسرع وتقطع مسافة أكبر، بينما تبقى المركبات الأكثر قطبية قريبة من نقطة الانطلاق. وفي النهاية، يمكن التعرف على مكونات العينة بمقارنة مواقعها مع مركبات معيارية معروفة[26].

تم استعمال هذه الطريقة في هذه الدراسة الماضية [27]

- **كرماتوغرافيا عالية الأداء (HPLC):**

تعد تقنية (HPLC) من أبرز الأساليب التحليلية المستخدمة في الكيمياء الحديثة لفصل وتحديد وقياس مكونات المحاليل المعقدة بدقة عالية. تعتمد هذه التقنية على مبدأ تمرير الطور المتحرك، وهو مذيب سائل، عبر عمود يحتوي على طور ثابت تحت ضغط مرتفع، مما يسمح بفصل المركبات وفق اختلاف تفاعلاتها الفيزيائية والكيميائية مع الطور الثابت. وتتميز HPLC بحساسيتها العالية وسرعتها في التحليل، إضافة إلى قدرتها على التعامل مع مركبات غير متطايرة أو حساسة للحرارة، مما يجعلها أداة أساسية في مجالات متعددة مثل الصناعات الدوائية، وتحليل الأغذية، والمراقبة البيئية، والبحوث البيوكيميائية. كما يعد نمط Reversed-phase chromatographyمن أكثر الأنماط شيوعا، نظرا لفعاليته في فصل المركبات العضوية باستخدام طور ثابت غير قطبي وطور متحرك قطبي [29] [28].

وتم استعمال هذه التقنية في الدراسة السابقة [30]

5. التطبيقات البيولوجية :

5-1 الفعالية المضادة للأكسدة :

الفعالية المضادة للأكسدة هي قدرة مادة معينة على منع أو تقليل تأثير الجذور الحرة، وهي جزيئات غير مستقرة تتكون داخل الجسم أو في الأغذية نتيجة عمليات الأكسدة. تقوم مضادات الأكسدة بالتفاعل مع هذه الجذور الحرة وتثبيتها، مما يساعد على حماية الخلايا والأنسجة من التلف ويقلل من حدوث الأكسدة التي قد تؤدي إلى فساد الأغذية أو الإضرار بالصحة. توجد المركبات المضادة للأكسدة بشكل طبيعي في النباتات مثل الفينولات والفلافونويدات وفيتامين C وفيتامينE ، وتُستخدم أهميتها في المجالات الغذائية والدوائية والتجميلية بسبب دورها في حفظ المنتجات وتقليل خطر بعض الأمراض المرتبطة بالإجهاد التأكسدي[31].

تقاس الفعالية المضادة للأكسدة للمواد الطبيعية أو المستخلصات النباتية غالبًا باستخدام اختبار •DPPH يعد جذر •DPPHمادة صلبة ذات لون بنفسجي داكن، يتميز هذا الجذر بثباته لعدة أيام، كما يمتص في المجال المرئي عند طول موجي قدره 517 نانومتر.

يعتبر اختبار•DPPH من الاختبارات الشائعة لتقييم النشاط المضاد للجذور الحرة، وقد تم تقديمه لأول مرة من طرف Blois سنة 1958 يعتمد هذا الاختبار على قدرة مضادات الأكسدة الموجودة في المستخلصات على منح ذرات الهيدروجين، مما يؤدي إلى اختزال الجذر الحر •DPPH.

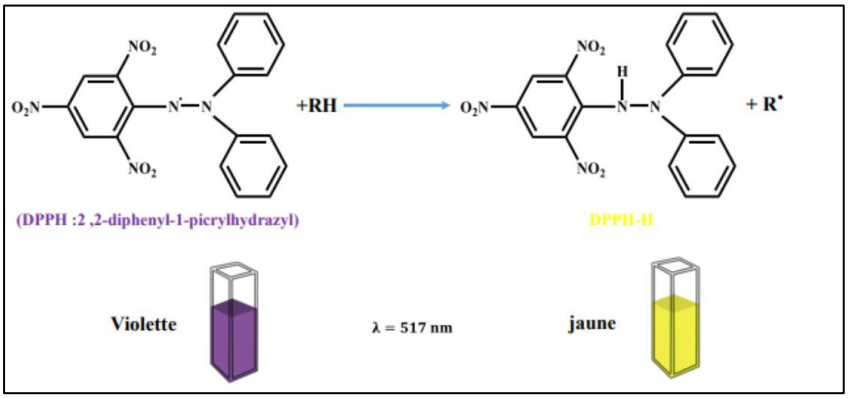
يمكن تتبع عملية اختزال جذر •DPPHلونيا باستخدام جهاز المطياف الضوئي، وذلك من خلال قياس الانخفاض في الامتصاصية. ويسمح هذا الانخفاض بتحديد قدرة وكفاءة المستخلصات في تثبيط الجذور الحرة.

يتم هذا التثبيط بعد مدة زمنية تقدر بـ 30 دقيقة في وجود المستخلص المضاد للأكسدة. كما يتم تحديد النشاط المضاد للأكسدة من خلال حساب قيمة IC_{50}، والتي تمثل التركيز اللازم لتثبيط 50% من الجذور الحرة [32].

يعد اختبار •DPPH من أكثر الاختبارات استعمالًا لتقييم النشاط المضاد للأكسدة، وذلك لتميزه بعدة خصائص، منها أنه سريع، سهل، وغير مكلف. ويُستخدم جذر •DPPH على نطاق واسع كمادة قوية للجذور الحرة، حيث يتفاعل بسرعة مع مختلف أنواع مضادات الأكسدة، مما يؤدي إلى تكون نواتج ذات لون أفتح بكثير من اللون البنفسجي المميز للجذر الحر[33].

ولمتابعة حركية هذا التفاعل، يستخدم جهاز المطيافية بالأشعة فوق البنفسجية-المرئية (UV-Vis) وخلال اختبار•DPPH ، نلاحظ اختلافات في سرعة تفاعل مضادات الأكسدة تبعا لطبيعتها، حيث يمكن أن تكون سريعة أو متوسطة أو بطيئة، وذلك حسب الزمن اللازم للوصول إلى حالة التوازن[34].

كما يتم تقدير قدرة مضادات الأكسدة على تثبيط الجذور الحرة اعتمادا على نسبة •DPPH المتبقية في نهاية الزمن المحدد للتفاعل كما توضح الالية في الشكل التالي :



الشكل (9): آلية تثبيط الجذور الحرة

2-5 الفعالية المضادة للبكتيريا:

➢ **تعريف البكتيريا:**

البكتيريا هي كائنات دقيقة وحيدة الخلية تنتمي إلى الكائنات بدائية النواة(Prokaryotes) ، وتتميز بانتشارها الواسع في الطبيعة، حيث تم التعرف على حوالي 1333 نوعًا منها. وتختلف في أشكالها بين الكروية والعضوية والحلزونية، ويتراوح طولها عادة من ميكرومتر واحد إلى بضعة أعشار الميكرومتر [16].

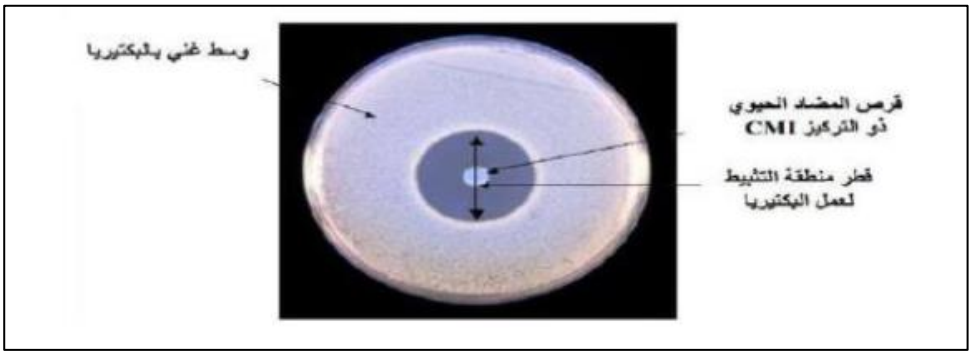
كما تتميز البكتيريا بقدرتها الكبيرة على التكيف، إذ يمكنها البقاء على قيد الحياة لفترات طويلة حتى في ظروف بيئية قاسية مثل ارتفاع أو انخفاض درجات الحرارة، وتغير الملوحة وغيرها من الظروف غير الملائمة.

✓ **طريقة المعالجة بالمضاد الحيوي :**من أهم طرق معالجة البكتيريا طريقة الانتشار

❖ **طريقة الانتشار(Méthode de diffusion) :**

من أجل تحديد مدى حساسية السلالات البكتيرية للمضادات الحيوية، يستخدم اختبار الأنتيبيوغرام (Antibiogramme) بطريقة الانتشار على وسط صلب. في هذه الطريقة، تحضر أقراص ورقية مشبعة بتراكيز معروفة من المضادات الحيوية أو المواد المراد اختبار تأثيرها، وتوضع على وسط صلب سبق تلقيحه بالبكتيريا [35]. وتعد هذه الطريقة شائعة وسهلة التحليل وغير مكلفة مقارنة بطرق أخرى، كما توفر نتائج فعالة لتحديد حساسية البكتيريا وفق المعايير التالية :

- مقاومة: قطر التثبيط أقل من 7 مم.
- متوسطة الحساسية: من 7 إلى 16 مم.
- حساسة: من 16 إلى 30 مم.
- شديدة الحساسية: أكثر من 30 مم.



الصورة (4): قطر منطقة التثبيط للبكتيريا

❖ **جميع السلالات البكتيرية المستعملة:**

تم الحصول على السلالات البكتيرية من مصادر مختلفة، حيث أُنجزت العملية في مخبر متخصص وبمساعدة مختصين في مجال علم الأحياء. ومن بين هذه السلالات

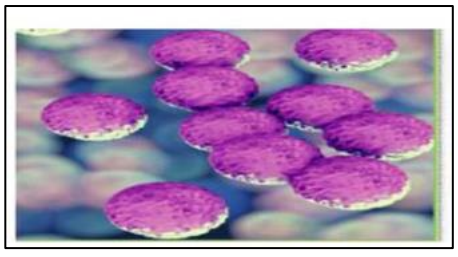
- **Escherichia coli:**

هي بكتيريا سالبة الغرام، تعيش في جسم الإنسان والحيوان والنبات، ويتراوح طولها بين 0.5 إلى 6 ميكرومتر. وهي بكتيريا هوائية ولاهوائية اختيارية، تنمو بسرعة في الأوساط العادية، وتتخذ شكل عصيات متحركة. وتُعد من مسببات العديد من الأمراض مثل الإسهال، والتهابات المسالك البولية، والتهاب السحايا، والتسمم الغذائي[36].

الصورة (5): صورة للفحص المجهري لـ Escherichia coli

- **Staphylococcus aureus :**

هي بكتيريا موجبة الغرام، لاهوائية اختيارية، توجد لدى الإنسان، وتتميز بشكلها الكروي وتجتمع في عناقيد عنقودية، وهي غير متحركة. تُسبب هذه البكتيريا مجموعة من الأمراض مثل التسمم الغذائي، والالتهابات الجلدية الشديدة، والتهاب السحايا، والتهابات الرئتين [37] والصورة التالية تمثل الفحص المجهري لها [37]



الصورة (6): صورة للفحص المجهري لـStaphylococcus aureus

- **Bacillus subtilis**:

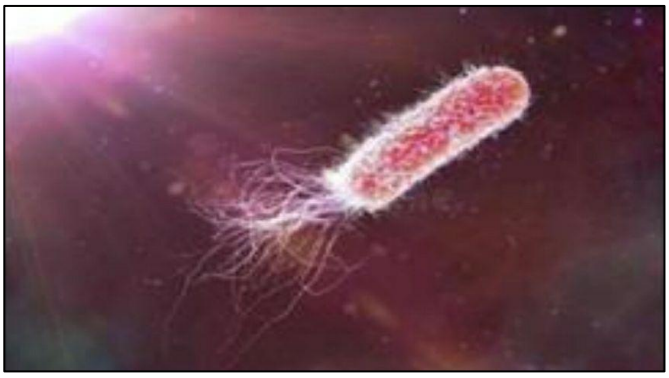
تعد Bacillus subtilis بكتيريا موجبة الغرام، إيجابية لإنزيم الكاتالاز، هوائية وقادرة على النمو في ظروف لاهوائية. تتميز بقدرتها على تكوين جراثيم داخلية مقاومة وظروف نمو سهلة، مما جعلها

نموذجا بكتيريا واسع الاستخدام في الأبحاث العلمية. وعلى الرغم من انخفاض قدرتها الإمراضية، فقد تسبب أحيانًا بعض الالتهابات أو التسممات الغذائية، مما يستوجب الالتزام بإجراءات النظافة والتعقيم. وتستخدم هذه البكتيريا في عدة مجالات، منها الطبية، والغذائية، والبيئية، بالإضافة إلى صناعة المنظفات ودباغة الجلود[38].

الصورة (7): صورة للفحص المجهري لBacillus subtilis

- ***Pseudomonas aeruginosa*:**

تعد بكتيريا سالبة الغرام هي بكتيريا سالبة الغرام، عصوية الشكل، هوائية، سريعة الحركة، تُعرف بمقاومتها العالية للمضادات الحيوية والمطهّرات. تعد من مسببات التعفنات الخطيرة بعد العمليات الجراحية، وتسبب الجهاز الهضمي، البولي، والدموي لدى الإنسان والحيوان[39].



الصورة (8): صورة للفحص المجهري لPseudomonas aeruginosa

المراجع:

[1]I. FERDJALLAH, N. BEN SANIA, Optimisation et évaluation de quelques techniques d'extraction de curcumine à partir des matières différentes جامعة غرداية, 2021.

[2]J.-P. Jourdan, Curcuma et curcumine, de l'histoire aux intérêts thérapeutiques, éditeur inconnu, 2015.

[3]T. Farooqui, A.A. Farooqui, Curcumin: historical background, chemistry, pharmacological action, and potential therapeutic value, Curcumin for neurological and psychiatric disorders, (2019) 23-44.

[4]N. Azwanida, A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation, Med aromat plants, 4 (2015) 2167-0412.

[5]P.S.L. Manasa, A.D. Kamble, U. Chilakamarthi, Various extraction techniques of curcumin─ a comprehensive review, ACS omega, 8 (2023) 34868-34878.

[6]J.R. Dean, Extraction methods for environmental analysis, John Wiley Chichester, NY, USA:1998.

[7]M.L. De Castro, L. Ayuso, Soxhlet extraction, Environmental Applications, (2000) 2701-2705.

[8]M.G. Rasul, Conventional extraction methods use in medicinal plants, their advantages and disadvantages, Int. J. Basic Sci. Appl. Comput, 2 (2018) 10-14.

[9]B. Nurhadi, R. Saputra, T. Setiawati, S. Husein, F. Faressi, C. Utari, N. Sukri, I. Kayaputri, I. Setiasih, Comparison of Curcuma domestica and Curcuma xanthorrhiza oleoresins extracted using maceration, Soxhlet, and ultrasound-assisted extraction (UAE), IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, 2020, pp. 012074.

[10]W. Insuan, N. Hansupalak, T. Chahomchuen, Extraction of curcumin from turmeric by ultrasonic-assisted extraction, identification, and evaluation of the biological activity, Journal of Herbmed Pharmacology, 11 (2022) 188-196.

[11]S. Agrahari, V. Kesharwani, N. Kushwaha, A review on modern extraction techniques of herbal plants, Int J Pharmacogn, 8 (2021) 177-188.

[12]V. Mandal, Y. Mohan, S. Hemalatha, Microwave assisted extraction of curcumin by sample–solvent dual heating mechanism using Taguchi L9 orthogonal design, Journal of pharmaceutical and biomedical analysis, 46 (2008) 322-327.

[13]N. Herzi, Extraction et purification de substances naturelles: comparaison de l'extraction au CO2-supercritique et des techniques conventionnelles, Institut National Polytechnique de Toulouse-INPT; École nationale d …, 2013.

[14]Sutarsi, P.T. Jati, D. Wiradiestia, A. Altway, S. Winardi, Wahyudiono, S. Machmudah, Extraction process optimization of curcumin from Curcuma xanthorrhiza Roxb. With supercritical carbon dioxide using ethanol as a cosolvent, ACS omega, 9.1264-1251 (2023)

[15]L. Péret-Almeida, A. Cherubino, R. Alves, L. Dufossé, M. Glória, Separation and determination of the physico-chemical characteristics of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin, Food Research International, 38 (2005) 103.1044-9

[16]O. Coskun, Separation techniques: chromatography, Northern clinics of Istanbul, 3 (2016) 156.

[17]C.-P.S. Hsu, Infrared spectroscopy, Handbook of instrumental techniques for analytical chemistry, 249.(1997)

[18]B. Nesrine, Extraction de la curcumine du Curcuma, étude de ses propriétés par DFT et évaluation de ses activités antibactérienne, antioxydante et anti inflammatoire.(2018) ,

[19]R.K. Sharma, Various spectroscopic techniques, Environmental Pollution: Monitoring Modelling and Control; Studium Press, LLC: Houston, TX, USA, (2017) 181-206.

[20]H.-H. Perkampus, UV-VIS Spectroscopy and its Applications, Springer Science & Business Media2013.

[21]C. Vogt, C.S. Wondergem, B.M. Weckhuysen, Ultraviolet-visible (UV-Vis) spectroscopy, Springer handbook of advanced catalyst characterization, Springer2023, pp. 237-264.

[22]N.K. Prabaningdyah, S. Riyanto, A. Rohman, Application of FTIR spectroscopy and multivariate calibration for analysis of curcuminoid in syrup formulation, Journal of Applied Pharmaceutical Science, 8 (2018) 172-179.

[23]E.E. Kwan, S.G. Huang, Structural elucidation with NMR spectroscopy: practical strategies for organic chemists, European journal of organic chemistry, 2008 (2008) 2671-2688.

[24]A. Windarsih, A. Rohman ,R. Swasono, Authentication of turmeric using proton-nuclear magnetic resonance spectroscopy and multivariate analysis, Int. J. Appl. Pharm, 10 (2018) 174-180.

[25]M.E. Badawy, M.A. El-Nouby, P.K. Kimani, L.W. Lim, E.I. Rabea, A review of the modern principles and applications of solid-phase extraction techniques in chromatographic analysis, Analytical Sciences, 38 (2022) 1457-1487.

[26]E. Kenndler, Introduction to chromatography, Institute for Analytical Chemistry, University of Vienna, Version, 19 (200.2004 (4

[27]A. Ramzi, M.I. Kamouche Abderrahim, Thème: Evaluation du pouvoir antiradicalaire des extraits de quelques épices (Cuminum cyminum, Curcuma longa et Syzygium aromaticum).(2021) ,

[28]R. Rosset, M. Caude, Méthodes et techniques, l'actualité chimique.(1978) ,

[29]M.P.N. Patil, HPLC Method Development–A Review, Journal of Pharmaceutical Research and Education, 1 (2017) 243-260.

[30]Y. Pan, R. Ju, X. Cao, H. Pei, T. Zheng, W. Wang, Optimization extraction and purification of biological activity curcumin from Curcuma longa L by high-performance counter-current chromatography, Journal of separation science, 43 (2020) 1586-1592.

[31]K. Sirivibulkovit, S. Nouanthavong, Y. Sameenoi, based DPPH assay for antioxidant activity analysis, Analytical sciences, 34 (2018) 795-800.

[32]C. Sall, S. Ndoye, M. Dioum, I. Seck, R. Gueye, B. Faye, C. Thiam, M. Seck, P. Gueye, D. Fall, Contribution of Three (3) Medicinal Plants of Senegalese Flora in the Management of Sickle Cell, circulation, 19 (2017) 1-11.

[33]G. Marinova, V. Batchvarov, Evaluation of the methods for determination of the free radical scavenging activity by DPPH, Bulgarian Journal of Agricultural Science, 17 (2011) 11-24.

[34] عزري, خضرة, دراسة الليبيدات والفينولات في بعض أنواع التمر المحلي, جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

[35]F. Duran-Reynals, Studies on a certain spreading factor existing in bacteria and its significance for bacterial invasiveness, The Journal of experimental medicine, 58 (1933) 161.

[36]C. Gyles, J. Fairbrother, Escherichia coli, Pathogenesis of bacterial infections in animals, 1 (2010) 114-131.

[37]D.S. Ondusko, D. Nolt, Staphylococcus aureus, Pediatrics in review, 39 (2018) 287-298.

[38]D. Dubnau, Genetic competence in Bacillus subtilis, Microbiological reviews, 55 (1991) 3.424-95

[39]W. Wu, Y. Jin, F. Bai, S. Jin, Pseudomonas aeruginosa, Molecular medical microbiology, Elsevier2015, pp. 753-767.

الجزء التطبيقي

الفصل الرابع: المواد والطرق

مقدمة:

تم إجراء العمل التجريبي في مخابر البحث على مستوى مخبر الكيمياء التطبيقية والبيئة بكلية العلوم الدقيقة، بجامعة الشهيد حمه لخضر الوادي.

1.المواد والأجهزة:

الجدول (4): جدول المواد

المواد	العلامة	النقاوة
الايثانول	OSI ALGERIE	96%
كركمين	FLUKA AG	100%

الجدول (5): جدول الاجهزة

الجهاز	العلامة
جهاز الأمواج فوق الصوتية	MARTIN WALTER ULTRASCHALLTECHNIK
جهاز المبخر الدوراني	AGHEIDOLPH
مطيافية الاشعة المرئية والفوق بنفسجية	SHIMADZU
مطيافية الأشعة تحت الحمراء	AGILENT TECHNOLOGIES

2.طرق اخذ العينات وترميزها:

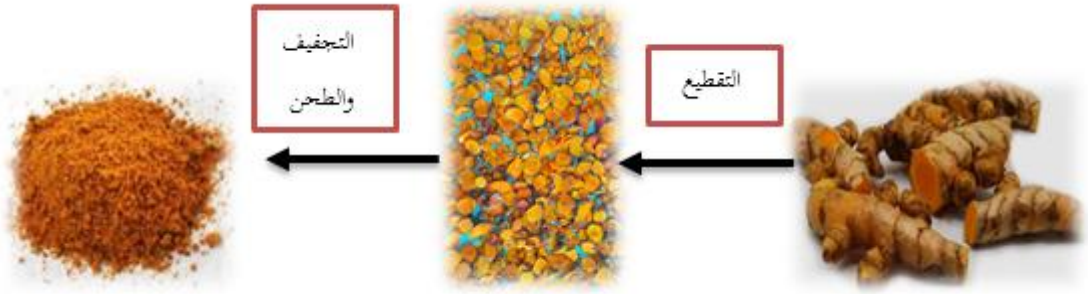
2-1 الكركم المحلي:

تم جمع الكركم المحلي المزروع في الجزائر من ولاية باتنة، ببلدية بوزينة، بقرية نيردي، من مستثمرة خرخور، خلال شهر فيفري بالضبط في 01/02/2026 والجدول التالي يوضح معطيات هذه العينة

الجدول (6): المعطيات الخاصة بموقع وتاريخ جمع عينة الكركم المحلي المدروسة

خط الطول	خط العرض	تاريخ القطف	منطقة القطف	الرمز
6°14'01.1"E	35°22'01.1"N	01/02/2026	باتنة	ALG

تم تقطيع جذور الكركم إلى قطع صغيرة ثم وضعها في الفرن من أجل التجفيف وذلك للمحافظة على المادة النباتية ومنع فسادها. بعد ذلك تم طحن الكركم للحصول على مسحوق كما هو موضح في الشكل (10) التالي:



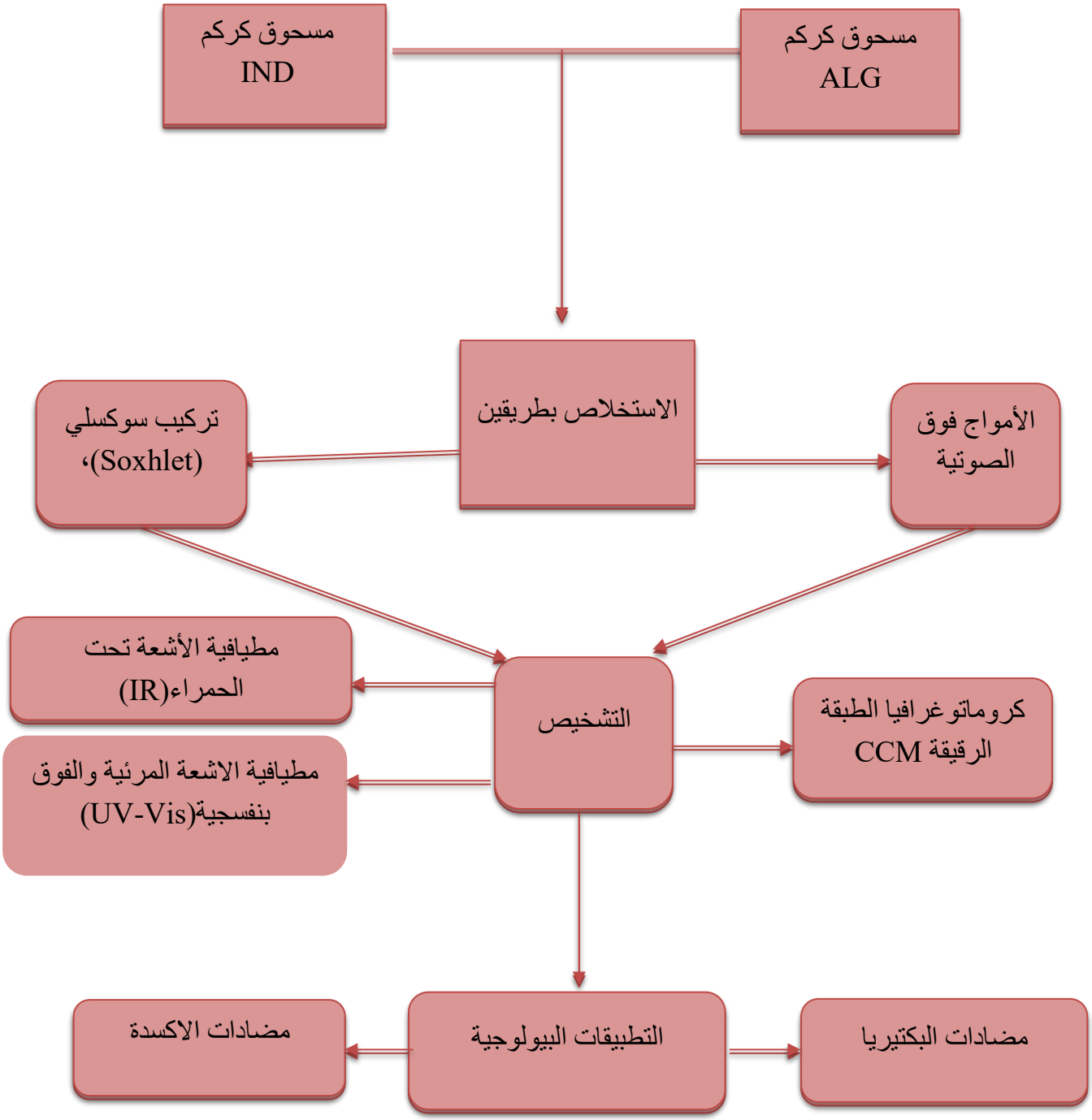
الشكل (10) : الكركم المحلي قبل وبعد والطحن

2-2 الكركم المستورد :

تم الحصول على عينات الكركم المستورد من الأسواق الشعبية بولاية الوادي بتاريخ 2026/01/20، حيث يعود مصدر استيرادها إلى الهند. خضعت العينات لعملية طحن أولية باستعمال المهراس، ثم أُعيد طحنها بواسطة مطحنة كهربائية مخصصة للحصول على مسحوق ناعم ومتجانس. وقد رُمز لهذا المسحوق بـ IND، كما هو موضح في الشكل (11) التالي:

الشكل (11): الكركم المستورد قبل وبعد الطحن

3.مخطط العمل التطبيقي:



الشكل (12) : يمثل مخطط العمل التجريبي

4.طرق الاستخلاص:

4-1 الاستخلاص بتركيب سوكسلي (Soxhlet):.

تم أخذ كمية20 g مسحوق الكركم بنوعيه ووضعها داخل خرطوشة ثم أُدخلت هذه الخرطوشة في أنبوب زجاجي ضمن جهاز الاستخلاص. يوضع المذيب في دورق ويتم تسخينه حتى الغليان، مع الحرص على ألا تتجاوز كميته ثلثي حجم الدورق الذي يقدر ب250 ml كما هو موضح في الصورة التالية :

الصورة (9): تركيب سوكسلي للاستخلاص.

4-2 الاستخلاص بالأمواج فوق الصوتية:

تم استخلاص المركبات الفعالة من العينتين النباتيين المدروستين في نفس الشروط وباستخدام طريقة **الموجات فوق الصوتية**، حيث وضعت كمية 20g من العينة مع250 ml من المذيب وهو ايثانول في وعاء مناسب، وشغل جهاز الموجات فوق الصوتية لمدة 30–60 دقيقة، مع الحفاظ على درجة حرارة الغرفة.

بعد انتهاء الاستخلاص، تم ترشيح الخليط أولا باستخدام المصفاة لإزالة الجزيئات الصلبة الكبيرة، ثم باستخدام ورق الترشيح للحصول على المستخلص[1].

الصورة (10): جهاز الأمواج فوق الصوتية والمستخلص.

3-4 جهاز مبخر الدوراني:

تعتمد تقنية المبخر الدوار على إزالة المذيبات من المستخلصات عن طريق التبخير تحت ضغط منخفض، مما يؤدي إلى خفض درجة غليان المذيب ويسمح بتبخره عند درجات حرارة أقل من درجة غليانه العادية. أثناء التشغيل، يدور الدورق المحتوي على المستخلص باستمرار داخل حمام مائي مسخن، مما يزيد من مساحة سطح التبخر ويحسن كفاءة إزالة المذيب. ثم تُكثَّف الأبخرة الناتجة في مبرد خاص وتُجمع في دورق منفصل، بينما يبقى المستخلص المركز في دورق التبخير. وتُعد هذه التقنية مناسبة للمركبات الحساسة للحرارة لأنها تقلل من خطر تحللها أثناء عملية التركيز[2].

الصورة (11): جهاز المبخر الدوراني.

4-4 تنقية المستخلصين:

بعد إزالة المذيب باستعمال جهاز المبخر الدوار، تم الحصول على راتنج مركز أضيف إليه 10 مل من الماء المقطر البارد و10 مل من الإيثانول. أُضيف المزيج تدريجيًا على شكل قطرات مع التحريك المستمر، ثم نُقل إلى بيشر وترك لمدة 12 ساعة عند درجة حرارة 4- °م. خلال هذه المدة ترسب الكركومين تدريجيًا في قاع البيشر على شكل راسب بلوري، في حين بقيت بعض الشوائب والمركبات الأكثر ذوبانية في المحلول، مما سهل عملية فصل الكركومين وتنقيته[3] [4]كما هو موضح في الصورة التالية :

الصورة (12): ترسب الكركومين

5.حساب المردود:

هو النسبة المئوية بين كتلة المادة النباتية الجافة المستخلصة بعد عملية الاستخلاص وكتلة المادة النباتية الجافة الابتدائية قبل الاستخلاص [5]، ويحسب باستخدام العلاقة التالية:

$$R\% = \frac{m}{m_0} \times 100$$

R: قيمة مردود المستخلصات

m:كتلة المادة المستخلصة

m_0: كتلة المادة الابتدائية

6.التشخيص:

1-6 كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة (CCM):

تم استخدام تقنية كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة (CCM) للكشف عن وجود الكركومين ومشتقاته في المستخلصات المحضرة وتقييم درجة نقاوتها. أُجريت التجربة باستعمال صفائح سيليكا جل كطور ثابت،

بينما استخدم مزيج الإيثانول والماء بنسبة (6:4) كطور متحرك. وضعت كمية صغيرة من العينة على خط البداية باستعمال أنبوب شعري، ثم وضعت الصفيحة داخل بيشر يحتوي على الطور المتحرك المناسب، مع الحرص على أن يكون مستوى المذيب أسفل خط البداية. حيث نترك المذيب ليسري عبر الصفيحة بفعل الخاصية الشعرية حتى الوصول إلى مسافة مناسبة، ثم أُخرجت الصفيحة وجففت في الهواء[6].

بعد التجفيف، تمت ملاحظة البقع المتشكلة تحت الأشعة فوق البنفسجية، حيث تم تحديد عدد البقع وألوانها والمسافات التي قطعتها[7]. بعد ذلك تم حساب قيم معامل الإعاقة (R_f) لكل بقعة باستعمال العلاقة التالية:

$$R_f = \text{المسافة التي تقطعها العينة} / \text{المسافة التي تقطعها المذيب}$$

وقد استخدمت قيم (R_f) للمقارنة بين العينات المختلفة والكشف عن وجود الكركومين.

2-6 مطيافية الأشعة تحت الحمراء(IR):

استخدمت تقنية مطيافية الأشعة تحت الحمراء لتحديد المجموعات الوظيفية الموجودة في مستخلص الكركومين والتأكد من البنيته الكيميائية. أجري التحليل باستعمال جهاز **(IR)** ضمن مجال عددي يتراوح عادة بين $4000\,cm^{-}$ و400، حيث تم تحضير العينة ووضعها في الجهاز للحصول على الطيف الامتصاص المميز لها.

اعتمد مبدأ التحليل على قياس امتصاص الأشعة تحت الحمراء من طرف الروابط الكيميائية داخل الجزيئات، مما يؤدي إلى ظهور قمم مميزة تمثل الاهتزازات المختلفة للمجموعات الوظيفية. وقد استُخدمت القمم الناتجة لتحديد المجموعات الكيميائية الرئيسية الموجودة في الكركومين، مثل مجموعة الهيدروكسيل، ومجموعة الكربونيل، والروابط الثنائية، مما ساهم في تأكيد وجود الكركومين وتوصيف خصائصه الكيميائية [8] .

وقد استخدمت هذه التقنية للتحقق من نقاوة الكركومين في المستخلصات من خلال مقارنة طيف الامتصاص للمستخلصات مع طيف الامتصاص للكركومين النقي، مما يسمح بالتحقق من هويته بشكل نوعي دون الاعتماد على القياسات الكمية. وبذلك تعد هذه الطريقة أداة فعالة في تأكيد من نقاوة المركب.

3-6 مطيافية الاشعة المرئية والفوق بنفسجية (UV-Vis):

تعتبر مطيافية الامتصاصية في المجال فوق البنفسجي–المرئي (UV-Vis) تقنية تحليلية تعتمد بشكل أساسي على البنية الإلكترونية للمواد المدروسة، حيث تسمح بدراسة انتقالات الإلكترونات بين المستويات الطاقوية المختلفة. وفي إطار هذه الدراسة، تم توظيف التحليل الطيفي (UV-Vis) بهدف إجراء التحليل

النوعي للمستخلصات، وذلك من خلال مقارنة أطياف الامتصاص المسجلة بأطياف مرجعية معروفة كطريقة لتشخيص والتحقق من نقاوة العينات المستخلصة [9] والجهاز موضح في الصورة التالية:

الصورة (13): جهاز مطيافية الاشعة المرئية والفوق بنفسجية (UV-Vis)

7.التطبيقات البيولوجية:

يخصص هذا الجزء لدراسة الأنشطة البيولوجية للكركومين، خاصة خصائصه المضادة للأكسدة، والمضادة للبكتيريا. وبما أن هذه الأنشطة مثبتة بالفعل للكركومين في شكله الخام، فإن الهدف الرئيسي هو مقارنة هذه التطبيقات بين نوعي مستخلصات الكركومين.

1-7 اختبار الفعالية المضادة للأكسدة:

يستخدم حمض الأسكوربيك كمرجع قياسي (Standard Reference) في اختبار الفعالية المضادة للأكسدة بطريقةDPPH• ، وذلك لمقارنة قدرة المستخلصات النباتية على تثبيط الجذور الحرة مع مضاد أكسدة معروف وفعال.

يتم تحضير سلسلة من التراكيز المختلفة لحمض الأسكوربيك، ثم يضاف إلى كل أنبوب اختبار:

- 1مل من محلول حمض الأسكوربيك بتراكيز معلوم.
- 1مل من محلول DPPH• بتركيز0.1 mM مذاب في الإيثانول.

ترج الأنابيب جيدا للحصول على مزيج متجانس، ثم تحفظ في الظلام عند درجة حرارة الغرفة لمدة 30 دقيقة، لتجنب تحلل جذر DPPH• بفعل الضوء وبنفس الطريقة تم تحضير المستخلصين.

بعد انتهاء مدة التفاعل تقاس الامتصاصية الطيفية عند طول موجي 517 نانومتر باستخدام جهاز المطياف الضوئي.

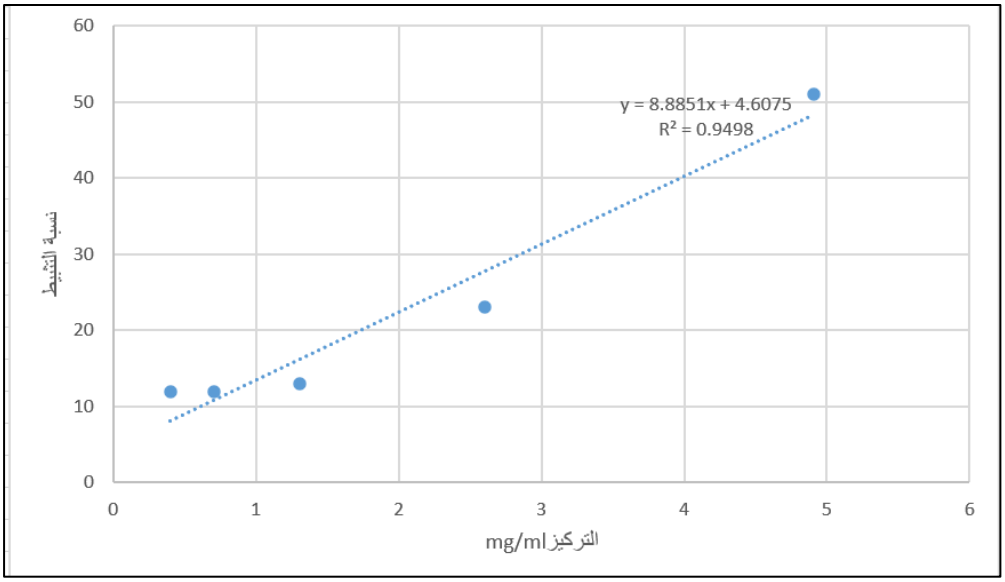
يعتمد مبدأ الاختبار على قدرة حمض الأسكوربيك على اختزال جذر DPPH• الحر، مما يؤدي إلى تغير لون المحلول من البنفسجي إلى الأصفر الفاتح وانخفاض قيمة الامتصاصية ويتم حساب النسبة المئوية للتثبيط[10] وفق المعادلة التالية:

$$I\% = \frac{A_0 - A_s}{A_0} \times 100$$

حيث:

- $I\%$:النسبة المئوية لتثبيط جذر DPPH• .
- A_0 :امتصاصية محلول DPPH• بدون إضافة حمض الأسكوربيك (الشاهد).
- A_s :امتصاصية محلول DPPH• بوجود حمض الأسكوربيك بعد 30 دقيقة.

أما قيمة IC_{50} لحمض الأسكوربيك فتمثل التركيز اللازم لتثبيط 50 % من جذر DPPH• ، ويتم الحصول عليها من منحنى العلاقة بين نسبة التثبيط والتراكيز المختلفة وتعد القيم المنخفضة لـ IC_{50} مؤشرا على قوة النشاط المضاد للأكسدة ويوضح المنحنى القياسي تغير نسبة التثبيط بزيادة تراكيز حمض الأسكوربيك[11].



الشكل (13) : منحنى القياسي لتثبيط الجذور الحرة

2-7 اختبار الفاعلية المضادة للبكتيريا:

تم إجراء دراسة مضادة البكتيريا على مستوى مخبر التحاليل الطبية، وذلك باستخدام طريقة الاغار ويعتمد مبدأ هذه الطريقة على تلقيح وسط زراعي بالبكتيريا، ثم وضع أقراص مشبعة بمستخلصات نباتية

على سطح الوسط. إذا كانت لهذه المستخلصات فعالية مضادة للبكتيريا، فسيتم ملاحظة منطقة تثبيط حول الأقراص ناتجة عن انتشار المركبات الفعالة في الوسط الزراعي[12, 13].

❖ **السلالات البكتيرية المدروسة:**

تم اختبار الفعالية المضادة للبكتيريا باستخدام طريقة الانتشار، والتي أُجريت على أربع سلالات بكتيرية (موجبة وسالبة الغرام)[14]، كما هو موضح في الجدول التالي:

الجدول (7): يوضح أنواع البكتيريا المدروسة

البكتيريا المدروسة	طبيعة الجدار الخلوي
Escherichia coli ATCC 25922	غرام سالب
Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853	غرام سالب
Staphylococcus aureus ATCC 25932	غرام موجب
Bacillus subtilis ATCC 25973	غرام موجب

❖ **خطوات العمل:**

- تحضير معلقات بكتيرية طازجة عن طريق زراعة السلالات في علب بتريه، وأوساط مغذية وضبط العكارة.
- استخدام أعواد قطنية معقمة لتوزيع المعلق البكتيري بشكل متساوي على كامل سطح العلب في وسط مغذي.
- استخدام ماصات باستور معقمة، تثقيب الصفيحة بقطر 6mm تقريبا.
- تعامل كل علبة بـ 50 ميكرولتر من محلول العينة المذابة في الماء المقطر المعقم بتركيزات 40.20.10.5 mg/ml ثم تحضن كل علب عند 37 درجة مئوية لمدة 24 ساعة في ظروف هوائية، بعد انتهاء مدة الحضن يتم تحديد النشاط المضاد للبكتيريا بقياس قطره (بالمليمتر)، فكلما كانت المنطقة اكبر أي تشير إلى نشاط مضاد للبكتيريا أقوى.

الصورة (14): توضح اختبار النشاط المضاد للبكتيريا

تقدير حساسية أنواع البكتيريا المختبرة للمستخلصات المدروسة، استُعملت في هذه الدراسة طريقة الانتشار في وسط صلب (آغار). ويمكن تقييم الفعالية بقياس أقطار تثبيط البكتيريا وتصنيف حساسيتها وفقًا لـMutai كما يلي:

الجدول (8): يوضح تصنيف حساسية البكتيريا اعتمادا على قطر التثبيط

قطر التثبيط	درجة الحساسية
اقل من 8mm	بكتيريا غير حساسة
من 9mm الى 14mm	بكتيريا متوسطة الحساسية
من 15mmالى 20mm	بكتيريا حساسة
اكبر من 20 mm	بكتيريا حساسة جدا

المراجع :

[1]G. Slaček, P. Kotnik, A. Osmić, V. Postružnik, Ž. Knez, M. Finšgar, M. Knez Marevci, The extraction process, separation, and identification of curcuminoids from turmeric Curcuma longa, Foods, 12 (2023) 4000.

[2]R. Duty, Solvent removal with a glass and metal rotary evaporator, Journal of Chemical Education, 52 (1975) 483.

[3]L. Péret-Almeida, A. Cherubino, R. Alves, L. Dufossé, M. Glória, Separation and determination of the physico-chemical characteristics of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin, Food Research International, 38 (2005) 1039-1044.

[4]D. Yadav, N. Kumar, Nanonization of curcumin by antisolvent precipitation: process development, characterization, freeze drying and stability performance, International journal of pharmaceutics, 477 (2014) 564-577.

[5]A. Caramanna, L. Estournet, I. Mezghani, A. Pollien, J. Piard, Le curcuma: un indicateur coloré acido-basique du quotidien, Le Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie, 117 (2023) 917-928.

[6]K. Kartini ,N.I.E. Jayani, M.A. Hadiyat, Validating and developing TLC-based fingerprinting for Curcuma longa L, Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research, 9 (2021) 704-715.

[7]I. FERDJALLAH, N. BEN SANIA, Optimisation et évaluation de quelques techniques d'extraction de curcumine à partir des matières différentes جامعة غرداية, 2021.

[8]C.-P.S. Hsu, Infrared spectroscopy, Handbook of instrumental techniques for analytical chemistry, 249.(1997)

[9]A. Hofmann, Spectroscopic techniques: I Spectrophotometric techniques, Cambridge University Press2010.

[10]T. Ak, I. Gülçin, Antioxidant and radical scavenging properties of curcumin, Chemico-biological interactions, 174 (2008) 27-37.

[11] سمية, شيحي, Moltkiaciliataدراسة المستخلصات العضوية والمائية لنبات وتطبيقاتها في الفاعلية البيولوجية وتثبيط التآكل المائي, جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

[12]B. Bonev, J. Hooper, J. Parisot, Principles of assessing bacterial susceptibility to antibiotics using the agar diffusion method, Journal of antimicrobial chemotherapy, 61.1301-1295 (2008)

[13]J.A. Kiehlbauch, G.E. Hannett, M. Salfinger, W. Archinal, C. Monserrat, C. Carlyn, Use of the National Committee for Clinical Laboratory Standards guidelines for disk diffusion susceptibility testing in New York state laboratories, Journal of clinical microbiology, 38 (2000) 3341-3348.

[14]S. Athamena, Etude quantitative des flavonoïdes des graines de Cuminum cyminum et les feuilles de Rosmarinus officinalis et l'évaluation de l'activité biologique, Université de Batna 2, 2009.

الفصل الخامس

النتائج والمناقشة

1. النتائج:

1-1 المردود:

تم تحضير مستخلصين للعينتين المدروستين من الكركم المحلي والمستورد فكل عينه تم استخلاصها بطريقة تقليدية وطريقة حديثة بنفس الشروط حيث تم استخدام الايثانول كمذيب والمقارنة بين قيم المردود

الجدول التالي يوضح اختلاف قيم المردود باختلاف طريقة الاستخلاص للمستخلص ALG .

الجدول (9): قيم المردود للمستخلص ALG

طريقة الاستخلاص	وزن المادة النباتية الجافة (g)	وزن المستخلص(g)	المردود%
الأمواج فوق الصوتية	20	1.636	8.18
سوكسلي	20	3.402	17.01

الجدول التالي يوضح قيم المردود اختلاف المردودية باختلاف طريقة الاستخلاص لمستخلص IND كانت هذه القيم جيدة مقارنة بهذه الدراسة [1]

الجدول (10) : قيم المردود للمستخلص IND

طريقة الاستخلاص	وزن المادة النباتية الجافة (g)	وزن المستخلص(g)	المردود%
الأمواج فوق الصوتية	20	0.546	2.73
سوكسلي	20	1.628	8.14

يعرض هذا الجزء من النتائج مقارنة بين مردود الاستخلاص لمستخلصي الكركم المحلي (ALG) والكركم المستورد (IND) باستعمال طريقتين مختلفتين للاستخلاص، هما الاستخلاص بالأمواج فوق الصوتية والاستخلاص بطريقة سوكسلي، مع استخدام نفس الكتلة من المادة النباتية الجافة g 20 في جميع التجارب.

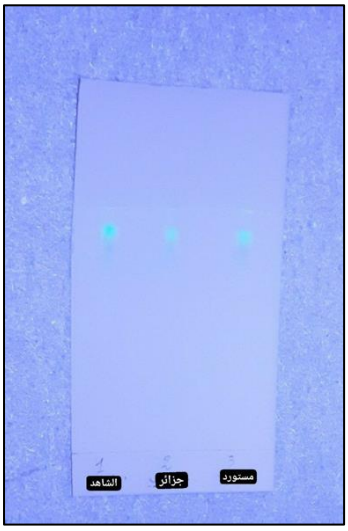
بالنسبة لمستخلص (ALG)، بلغ وزن المستخلص الناتج باستعمال الأمواج فوق الصوتية g 1.636 أي بمردود قدره% 8.18، بينما ارتفع وزن المستخلص إلى g 3.402 عند استخدام جهاز سوكسلي، بمردود وصل إلى% 17.01. يدل ذلك على أن طريقة سوكسلي كانت أكثر كفاءة في استخلاص المركبات الفعالة مقارنة بطريقة الأمواج فوق الصوتية، ويفسر ذلك بقدرة التسخين المستمر والتلامس الطويل بين المذيب والعينة النباتية مما يسمح باستخلاص كمية أكبر من المركبات.

أما بالنسبة لمستخلص الكركم المستورد (IND)، فقد بلغ وزن المستخلص الناتج بالأمواج فوق الصوتية 0.546g بمردود 2.73% فقط، في حين أعطت طريقة سوكسلي 1.628 g بمردود 8.14% وتظهر هذه النتائج كذلك تفوق طريقة سوكسلي على الأمواج فوق الصوتية من حيث كفاءة الاستخلاص.

كما نلاحظ أن مردود الكركم المحلي كان أعلى من مردود الكركم المستورد في كلتا الطريقتين، مما يشير إلى اختلاف محتوى المركبات القابلة للاستخلاص بين العينتين. وقد يعود هذا الاختلاف إلى عدة عوامل مثل مصدر النبات، ظروف الزراعة، طريقة التجفيف والتخزين، أو اختلاف التركيب الكيميائي وكمية الكركومين والمركبات الفينولية الموجودة في كل عينة.

2-1 طرق الاستخلاص:

1-2-1 كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة:



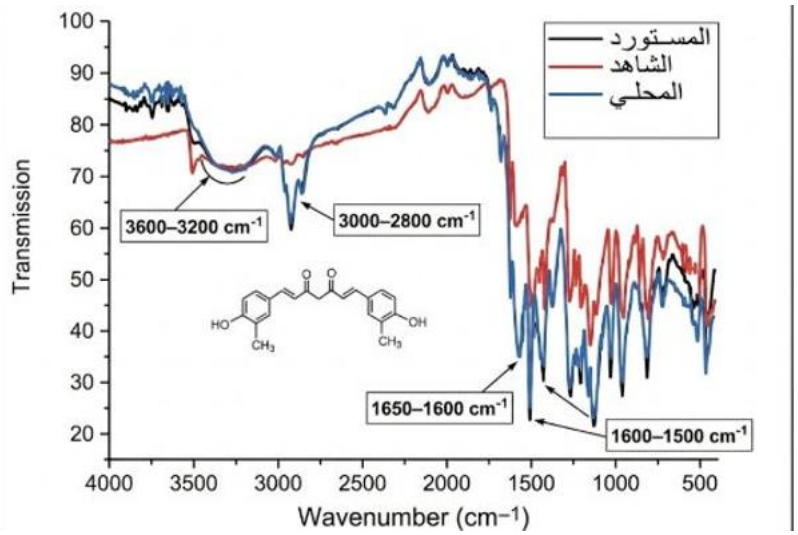
الصورة (15) :مقارنة العينات باستخدام (CCM)

تظهر نتائج كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة (CCM)للعينات المدروسة (الشاهد،IND ، ALG) ظهور بقعة واحدة لكل عينة عند نفس الارتفاع تقريبا تحت الأشعة فوق البنفسجية، مما يدل على تشابه قيم R_f يشير ذلك إلى وجود نفس المركب الرئيسي (الكركومين) في جميع العينات، مع غياب واضح لبقع إضافية، مما يعكس درجة نقاء جيدة وتقاربا في التركيب الكيميائي بين العينات، بما في ذلك العينة المحلية مقارنة بالمستوردة وهذه الدراسة متشابهة لدراسة [2].

2-2-1 مطيافية الاشعة تحت الحمراء (IR):

الشكل التالي يوضح مقارنة لأطياف الأشعة تحت الحمراء (IR) لعينات (مستوردة، محلية، وشاهد) لتحديد المكونات الكيميائية والتي تتوافق مع النتائج المتحصل عليها تقريبا مع هذه الدراسات [3] [4] [5]

.



الشكل (14) : طيف الاشعة تحت الحمراء لعينات الكركومين

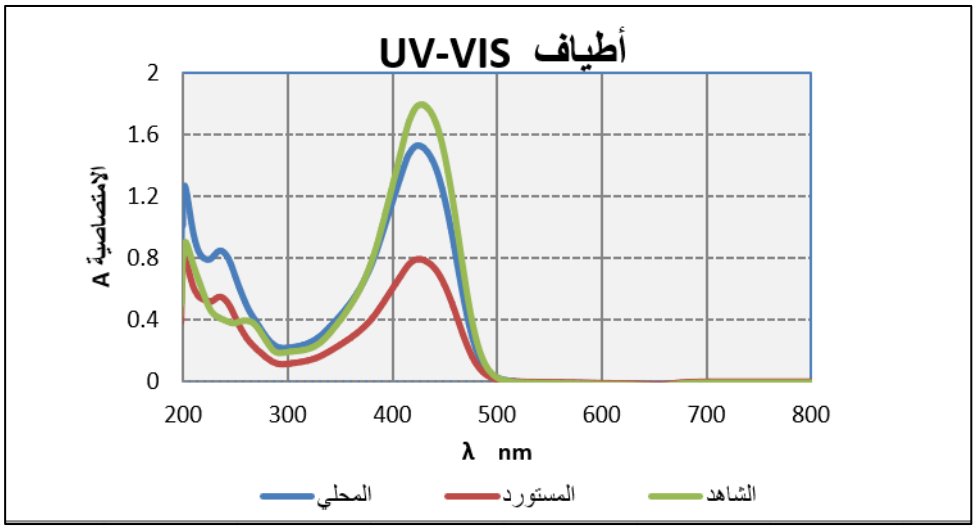
تفسير الطيف:

- نلاحظ وجود حزمة عريضة في المجال ($3600– 3200\ cm^{-1}$) تدل على وجود مجموعة الهيدروكسيل (O–H) مما يؤكد على وجود عائلة الكركومينويدات في العينات المدروسة.
- كما نلاحظ حزم في المجال($3000–2800\ cm^{-1}$) تدل على وجود روابط (C–H) الأليفاتية الخاصة بمجموعات الميثيل.
- كما نلاحظ وجود حزمة واضحة بالقرب من ($1650–1600\ cm^{-1}$) تدل على وجود رابطة الكربونيل (C=O) المترافقة مع الروابط الثنائية، وهي سمة مميزة لبنية الكركومين[6].
- كما نلاحظ قمم في المجال ($1600–1500\ cm^{-1}$) تدل على وجود الرابطة الثنائية (C=C) الموجودة في الحلقات العطرية.

أظهرت أطياف (IR) الخاصة بالعينة المحلية والعينة المستوردة تشابها كبيرا في مواقع القمم وشكلها العام، مما يدل على تقارب التركيب الكيميائي ووجود نفس المجموعات الوظيفية الرئيسية في كلا المستخلصين. ويعكس هذا التطابق البنيوي احتواء العينتين على مركبات فعالة متشابهة، وعلى رأسها الكركومين.

3-2-1 مطيافية الاشعة المرئية والفوق بنفسجية (UV-Vis):

الشكل التالي يمثل نتائج التحليل النوعي (Qualitatii ve Analysis) لمركب الكركومين والمستخلصات باستخدام مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية(UV-Vis Spectroscopy) والتي تتوافق بشكل ملحوظ مع هذه الدراسات [7] [8] [9].



الشكل (15) : طيف الاشعة المرئية والفوق بنفسجية

في هذه الدراسة، تم تسجيل طيف الامتصاص للكركومين المذاب في الإيثانول النقي ضمن مدى أطوال موجية يتراوح بين 200–600 نانومتر وقد أظهر الطيف وجود قمتين رئيسيتين للامتصاص عند 263 و425 نانومتر.

تفسير القمم الطيفية

- القمة عند 263 نانومتر:

تعود هذه القمة إلى انتقالات إلكترونية من نوع $\pi \rightarrow \pi^*$ داخل الحلقات العطرية للبنزين الموجودة في جزيء الكركومين. وتشير هذه القمة إلى وجود نظام غني بالإلكترونات غير المتمركزة داخل الحلقات الفينولية.

- القمة عند 425 نانومتر:

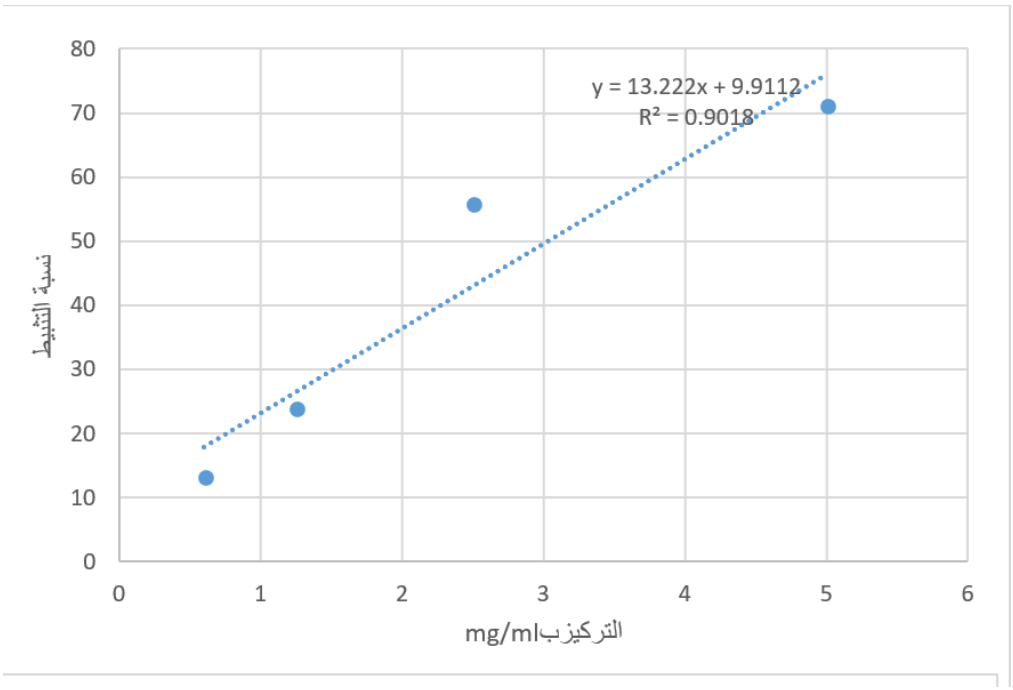
تمثل هذه القمة الامتصاص الرئيسي للكركومين في المنطقة المرئية، وهي ناتجة عن وجود نظام واسع من الروابط المزدوجة المترافقة الممتدة عبر الجزيء.

- إن ظهور قمتي الامتصاص عند 263 و425 نانومتر يؤكد وجود نظام إلكتروني مترافق واسع في الكركومين، وهو المسؤول عن اللون الأصفر المميز.

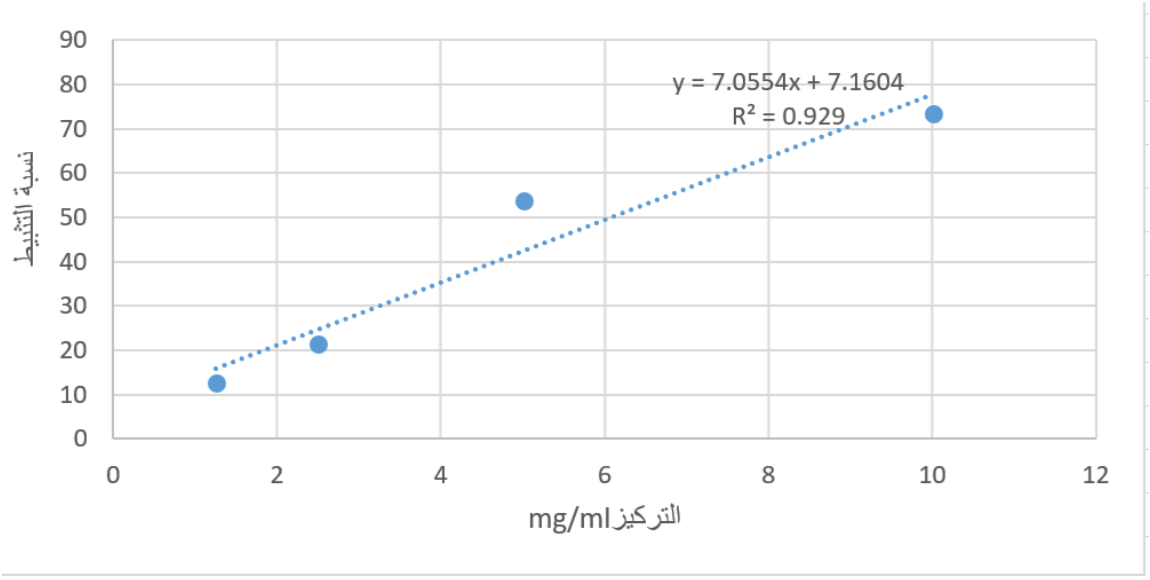
3-1 التطبيقات البيولوجية:

1-3-1 نتائج الفعالية المضادة للأكسدة:

تم تقييم القدرة المضادة للأكسدة للمستخلصات باستخدام مرجع قياسي يتمثل في حمض الأسكوربيك (Vitamin C)، حيث أُجريت التجربة باستعمال طريقة تثبيط الجذور الحرة DPPH• تعتمد هذه الطريقة على قياس قدرة المركبات على اختزال الجذر الحرDPPH• ، مما يؤدي إلى انخفاض في الامتصاصية. وقد تم عرض النتائج في المنحنى .



الشكل (16): منحنى مضادات الاكسدة لمستخلص ALG



الشكل (17): منحنى مضادات الاكسدة لمستخلص IND

وهذا ما اظهرته هذه الدراسة [10]

2. النتائج والمناقشة:

أظهرت نتائج اختبار النشاط المضاد للأكسدة باستعمال الجذر الحر •DPPH أن المستخلصين ALG و INDبالإضافة إلى الشاهد الموجب حمض الأسكوربيك(AA) ، يمتلكون قدرة على تثبيط الجذور الحرة تزداد بزيادة التركيز، مما يدل على وجود علاقة طردية بين نسبة التثبيط وتركيز العينة المدروسة. كما تم حساب قيمةIC_{50} ، والتي تمثل التركيز اللازم لتثبيط 50% من الجذور الحرة، لكل من المستخلصات والشاهد. وتُعد قيمة IC_{50} مؤشراً مهماً على الفعالية المضادة للأكسدة، حيث إن انخفاض هذه القيمة يعكس قدرة أكبر على اصطياد الجذور الحرة وبالتالي فعالية أعلى كمضاد للأكسدة. وتوضح النتائج المتحصل عليها في الجدول والشكل التاليين قيم IC_{50} ونسب التثبيط للمستخلصات المدروسة مقارنة بحمض الأسكوربيك.

الجدول (11): مقارنة الفعالية للعينات

العينة	IC_{50}	الفعالية
ALG	3.03	اعلى فعالية
AA	5.108	جيدة
IND	6.07	اقل فعالية

تشير النتائج إلى وجود اختلاف واضح في القدرة المضادة للأكسدة بين المستخلصات المدروسة، حيث كان ترتيب الفعالية كالتالي:

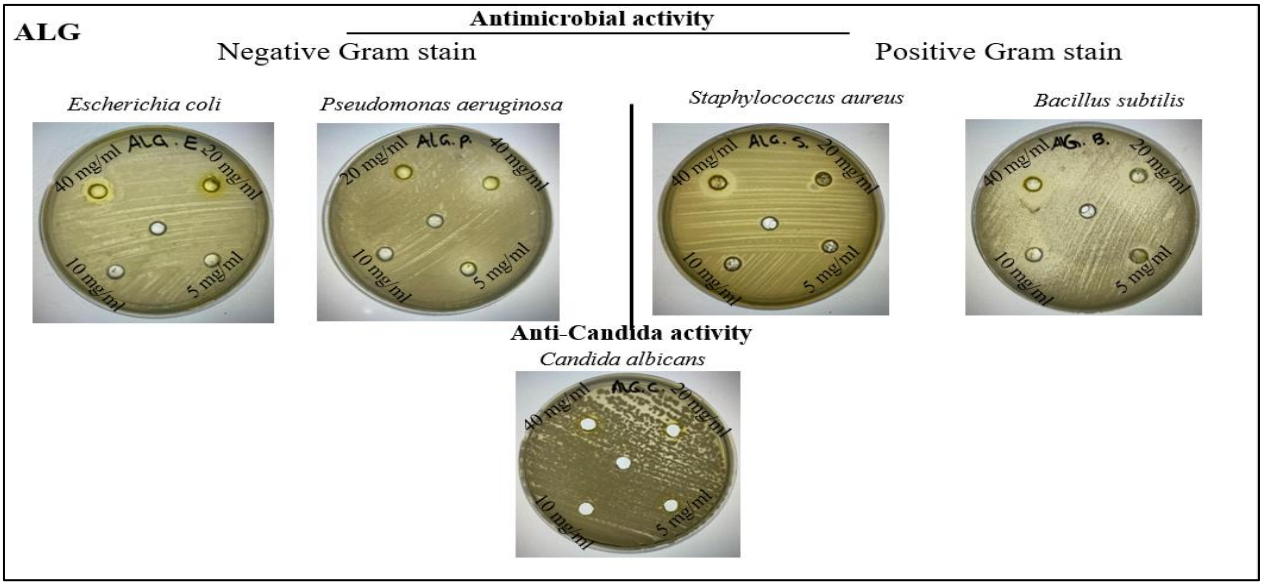
ALG >AA >IND

وهذا يدل على أن مستخلص ALG يمتلك خصائص مضادة للاكسدة ضعف IND وهذا ما يجعله مضاد قوي للاكسدة .

وهذه النتائج متطابقة بشكل جيد مع النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة[11] .

1-2 مناقشة نتائج الفعالية المضادة للبكتيريا:

- **المستخلص ALG:**
- **عدم تحد**



الصورة (16): نتائج دراسة الفعالية المضادة للبكتيريا لعدة تراكيز من ALG

الجدول يبين النشاط المضاد للبكتيريا والفطريات لمستخلص ALG باستعمال طريقة أقراص الانتشار على وسط الآغار (Agar diffusion method)، حيث تم اختبار المستخلص بتراكيز مختلفة ضد أنواع من البكتيريا والفطريات.

الجدول التالي يوضح النتائج المضادات البكتيريا والفطريات

الجدول (12): اقطار تثبيط البكتيريا للمستخلص ALG

	Microbial inhibition (mm) ALG				Co . Neg.
Strains used	**40**	**20**	**10**	**5**	
Escherichia coli ATCC 25922	**12**	**8**	**NI**	**NI**	**NI**
Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853	**NI**	**NI**	**NI**	**NI**	**NI**
***Staphylococcus aureus* ATCC 25932**	**17**	**8**	**NI**	**NI**	**NI**
Bacillus subtilis ATCC 25973	**18**	**12**	**9**	**NI**	**NI**
	Anti-Candida activity				
Candida albicans ATCC 10231	**NI**	**NI**	**NI**	**NI**	**NI**

NI = No Inhibition

NI = لا يوجد تثبيط

❖ ***Escherichia coli*** :

نلاحظ أن المستخلصALG يمتلك تأثيرا مضادا محدودا تجاه هذه بكتيريا عند التراكيز المرتفعة فقط، حيث بلغ قطر منطقة التثبيط 12 mm عند تركيز 40 mg/ml، ثم انخفض إلى 8 mm عند تركيز 20 mg/ml، بينما لم يسجل أي نشاط تثبيطي عند التراكيز الأقل(10mg/ml و5). وتشير هذه النتائج إلى أن حساسية البكتيريا للمستخلص متوسطة وتعتمد بشكل مباشر على زيادة التركيز المستخدم.

❖ ***Pseudomonas aeruginosa*:**

نلاحظ أن هذه البكتيريا لم تظهر اي تأثير تثبيط في جميع التراكيز المدروسة، مما يشير إلى المقاومة العالية لهذه البكتيريا تجاه المركبات الفعالة الموجودة في المستخلص. وقد يعود ذلك إلى طبيعة تركيبها الخلوي، لامتلاكها غشاء خارجي غنيا بالدهون عديدة السكريات يعمل كحاجز يعيق نفاذ المواد الفعالة إلى داخل الخلية البكتيرية.

❖ ***Staphylococcus aureus* :**

نلاحظ تثبيط واضح عند التراكيز (40 mg/ml و20) والتي أعطت أقطار تثبيط تقدر ب (mg/ml 17و8) على التوالي، بينما لم يظهر أي تثبيط عند التراكيز الأقل.

وتدل هذه النتائج على امتلاك المستخلص فعالية مضادة جيدة ضد هذه السلالة، خاصة عند التراكيز العالية.

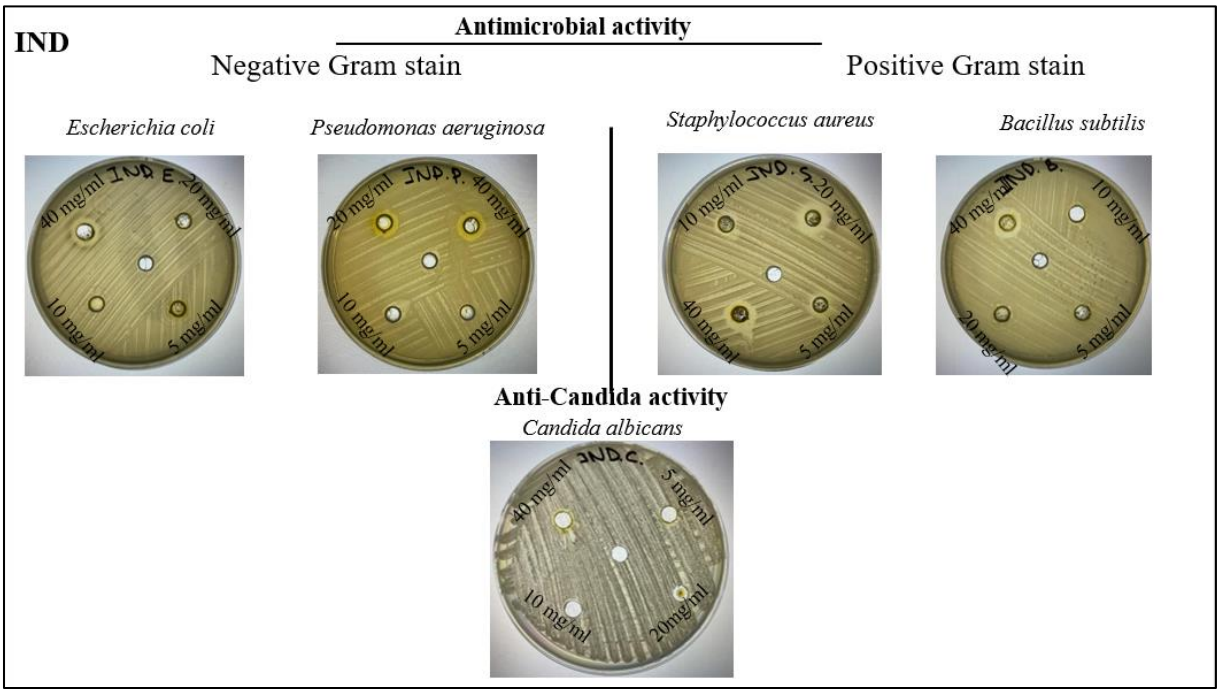
❖ ***Bacillus subtilis*:**

أظهرت هذه بكتيريا أعلى درجة من الحساسية تجاه المستخلص ALG مقارنة ببقية السلالات البكتيرية، حيث سجل أكبر قطر لمنطقة التثبيط بلغ 18 mm عند تركيزmg/ml 40، كما استمر النشاط التثبيطي للمستخلص حتى عند تركيزmg/ml 10 بقطر بلغmm 9. وتشير هذه النتائج إلى الفعالية العالية للمركبات الحيوية الموجودة في المستخلص ضد هذه السلالة البكتيرية.

❖ ***Candida albicans* :**

نلاحظ لم يظهر المستخلص أي نشاط مضاد لفطر في جميع التراكيز المختبرة، حيث كانت النتائج تشير إلى غياب أو ضعف التأثير المضاد للفطريات لمكونات المستخلص تجاه هذا النوع الفطري.

- **المستخلص IND:**



الصورة (17): نتائج دراسة الفعالية المضادة للبكتيريا لعدة تراكيز من IND

الجدول يبين النشاط المضاد للبكتيريا والفطريات لمستخلص IND باستعمال طريقة أقراص الانتشار على وسط الآغار (Agar diffusion method)، حيث تم اختبار المستخلص بتراكيز مختلفة ضد أنواع من البكتيريا والفطريات.

الجدول (13): اقطار تثبيط البكتيريا للمستخلص IND

	Microbial inhibition (mm) IND				Co. Neg.
Strains used	**40**	**20**	**10**	**5**	
Escherichia coli ATCC 25922	**12**	**NI**	**NI**	**NI**	**NI**
Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853	**NI**	**NI**	**NI**	**NI**	**NI**
***Staphylococcus aureus* ATCC 25932**	**13**	**11**	**7**	**7**	**NI**
Bacillus subtilis ATCC 25973	**13**	**NI**	**NI**	**NI**	**NI**
	Anti-Candida activity				
Candida albicans ATCC 10231	**NI**	**NI**	**NI**	**NI**	**NI**

NI = لا يوجد تثبيط

❖ ***Escherichia coli*** :

نلاحظ أن المستخلص IND يمتلك تأثيرا مضادا محدودا تجاه هذه بكتيريا عند التركيز 40 mg/ml، حيث بلغ قطر منطقة التثبيط لديه 12 mm، بينما لم يسجل أي نشاط تثبيطي عند التراكيز 20 (mg/ml و10و5) ويعود ذلك إلى امتلاكها غشاءً خارجياً يعيق دخول المركبات الفعالة ويزيد مقاومتها.

❖ ***Pseudomonas aeruginosa*:**

نلاحظ أن هذه البكتيريا لم تظهر اي تأثير تثبيط في جميع التراكيز المدروسة، مما يشير إلى المقاومة العالية لهذه البكتيريا تجاه المركبات الفعالة الموجودة في المستخلص. وقد يعود ذلك إلى طبيعة تركيبها الخلوي، لامتلاكها غشاء خارجي غنيا بالدهون عديدة السكريات يعمل كحاجز يعيق نفاذ المواد الفعالة إلى داخل الخلية البكتيرية.

❖ ***Staphylococcus aureus* :**

أظهر المستخلص أفضل نشاط مضاد للبكتيريا تجاه هذه السلالة، حيث بلغت مناطق التثبيط:

13 mm عند 40 mg/ml

11 mm عند 20 mg/ml

7 mm عند 10 mg/ml و 5 mg/ml

تشير هذه النتائج إلى وجود علاقة طردية بين تركيز المستخلص وفعاليته؛ فكلما انخفض التركيز تقلص قطر التثبيط. كما تدل النتائج على أن البكتيريا موجبة الغرام أكثر حساسية للمستخلص مقارنة بالبكتيريا سالبة الغرام.

❖ ***Bacillus subtilis*:**

أظهرت هذه بكتيريا أعلى درجة من الحساسية تجاه المستخلص ALG مقارنة ببقية السلالات البكتيرية، حيث سجل أكبر قطر لمنطقة التثبيط بلغ 18 mm عند تركيز 40 mg/ml، كما استمر النشاط التثبيطي للمستخلص حتى عند تركيز 10 mg/ml بقطر بلغ 9 mm. وتشير هذه النتائج إلى الفعالية العالية للمركبات الحيوية الموجودة في المستخلص ضد هذه السلالة البكتيرية.

❖ ***Candida albicans* :**

سجلت منطقة تثبيط قدرها 13 mm عند أعلى تركيز فقط، بينما لم يظهر أي نشاط عند باقي التراكيز. وهذا يدل على أن المستخلص يمتلك تأثيرا متوسطا ضد هذه البكتيريا لكنه يحتاج إلى تركيز مرتفع لإظهار فعاليته.

2-2 مقارنة نتائج البكتيريا:

عند المقارنة، نلاحظ أن المستخلص ALG أظهر كفاءة تثبيطية أوسع وأقوى قليلا، خاصة ضد بكتيريا Bacillus subtilis، بينما تميز المستخلص IND بقدرته على الحفاظ على نشاطه ضد Staphylococcus aureus حتى عند التركيزات المنخفضة (5mg/ml). تعكس هذه الفروقات اختلافاً في المحتوى الكيميائي أو تركيز المواد الفعالة التي تم استخلاصها من كل عينة.

المراجع :

[1]I. FERDJALLAH, N. BEN SANIA, Optimisation et évaluation de quelques techniques d'extraction de curcumine à partir des matières différentes جامعة غرداية, 2021.

[2]A. Ramzi, M.I. Kamouche Abderrahim, Thème: Evaluation du pouvoir antiradicalaire des extraits de quelques épices (Cuminum cyminum, Curcuma longa et Syzygium aromaticum).(2021) ,

[3]N.K. Prabaningdyah, S. Riyanto, A. Rohman, Application of FTIR spectroscopy and multivariate calibration for analysis of curcuminoid in syrup formulation, Journal of Applied Pharmaceutical Science, 8 (2018) 172-179.

[4]H.-J. Kim, D.-J. Kim, S. Karthick, K. Hemalatha, C.J. Raj, Curcumin dye extracted from Curcuma longa L. used as sensitizers for efficient dye-sensitized solar cells, International Journal of electrochemical science, 8 (2013) 8320-8328.

[5]S.D. Kumavat, Y.S. Chaudhari, P. Borole, P. Mishra, K. Shenghani, P. Duvvuri, Degradation studies of curcumin, Int. J. Pharm. Rev. Res, 3 (2013) 50-55.

[6]R. Benassi, E. Ferrari, S. Lazzari, F. Spagnolo, M. Saladini, Theoretical study on Curcumin: A comparison of calculated spectroscopic properties with NMR, UV–vis and IR experimental data, Journal of Molecular Structure, 892 (2008) 168-176.

[7]B. Nesrine, Extraction de la curcumine du Curcuma, étude de ses propriétés par DFT et évaluation de ses activités antibactérienne, antioxydante et anti inflammatoire.(2018) ,

[8]B. Zebib, Z. Mouloungui, V. Noirot, Stabilization of curcumin by complexation with divalent cations in glycerol/water system, Bioinorganic chemistry and applications, 2010 (2010) 292760.

[9]H. Layaida, Extraction, étude par DFT, Docking moléculaire et évaluation des propriétés biologiques de la curcumine et ses dérivés, 2024.

[10]S. Seggani, H. Boukehil, Corrélation entre le contenu polyphénolique et l'activité antioxydante et antimicrobienne in vitro de Curcuma longa L, Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri Constantine, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, République Algérienne Démocratique et Populaire.(2017) ,

[11]A. Alabdali, M. Kzar, S. Chinnappan, R. Mogana, S.I. Khalivulla, H. Rahman, B.M. Abd Razik, Antioxidant activity of Curcumin, Research Journal of Pharmacy and Technology, 14 (2021) 6741-6746.

الخاتمة

الخاتمة:

في ختام هذه الدراسة، تمكنا من استخلاص وتشخيص مركب الكركومين من الكركم المحلي والمستورد باستعمال طرق استخلاص مناسبة، مع تقييم بعض خصائصه البيولوجية والكيميائية. وقد سمحت النتائج المتحصل عليها بإبراز أهمية الكركومين كمركب طبيعي فعال يمتلك خصائص واعدة في المجالات الصيدلانية والغذائية.

أظهرت نتائج الاستخلاص اختلافا في مردود الكركومين بين العينات المدروسة، حيث سُجل أعلى مردود للكركم المحلي بنسبة 17.01%، وهو ما يعكس جودة العينة المحلية وكفاءة طريقة الاستخلاص المعتمدة، مقارنة بالكركم المستورد الذي سجل مردودا أقل. كما أكدت نتائج التشخيص باستعمال تقنيات CCM، FTIR وUV-Vis وجود الكركومين في المستخلصات، من خلال ظهور الخصائص الطيفية المميزة لهذا المركب.

ومن الناحية البيولوجية، بينت اختبارات النشاط المضاد للأكسدة باستعمال DPPH• قدرة الكركومين، خاصة المحلي، على تثبيط الجذور الحرة، مما يدل على امتلاكه نشاطا مضادا للأكسدة حيث كانت نسبة التثبيط للمستخلص المحلي تقريبا ضعف المستخلص المستورد. كما أظهرت اختبارات النشاط المضاد للبكتيريا فعالية متفاوتة تجاه السلالات البكتيرية المدروسة، مع تسجيل مناطق تثبيط معتبرة، مما يؤكد الإمكانات الحيوية للكركومين كمركب طبيعي مضاد للبكتيريا.

وبناء على النتائج المتوصل إليها، يمكن تثمين الكركم المحلي حيث يمثل موردا طبيعيا واعدا يمكن تثمينه واستغلاله في مجالات متعددة، خاصة في الصناعات الصيدلانية والغذائية، مما يفتح آفاق مستقبلية لإجراء دراسات أعمق لتحسين طرق الاستخلاص وزيادة فعالية المركبات المستخلصة.