الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي

كلية التكنولوجيا

مذكرة نهاية الدراسة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

ميدان : التكنولوجيا

شعبة: هندسة الطرائق

تخصص: هندسة كيميائية

من إعداد الطالبتين:

خامسة أسماء ـ شيخة إسراء

الموضوع

استخلاص الكركمين من نبات الكركم وتحضير بلوراته النانوية ودراسة خصائصه الفيزيائية والكيميائية

د. حاج العربي خديجة	أستاذ محاضر ب	جامعة الوادي	رئيسا
د. بوهريرة عبد العزيز	أستاذ محاضر أ	جامعة الوادي	ممتحنا
د. بن الصغير البشير	أستاذ محاضر أ	جامعة الوادي	مشرف

السنة الجامعية: 2026/2025

الإهداء

﴿وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ﴾

الحمد لله الذي يسر لنا البدايات وبلغنا النهايات بفضله وكرمه وما تحققت الغايات إلا بتوفيقه.

﴿وَاخْفِضْ لَهُمَا جَنَاحَ الذُّلِّ مِنَ الرَّحْمَةِ وَقُلْ رَبِّ ارْحَمْهُمَا كَمَا رَبَّيَانِي صَغِيرًا﴾

إلى من جعل الله الجنة تحت أقدامها وإلى داعمي الأول وسندي وقوتي بعد الله إلى فخري واعتزازي، والديا مهما سطرت من كلمات لن أوفي حقكما الكبير علي، شكرا لكما على كل تضحية ودعم وحب أسأل الله أن يحفظكما ويبارك لي فيكما ويجزيكم خير الجزاء.

إلى عزوتي ومن شددت بهم عضدي ونعمة الله التي منحني إياها أخوتي أسأل الله أن يدفع عنكم كل سوء ويرزقكم الصحة والعافية ويديم محبتنا.

إلى من وقفوا بجانبي في هذه الرحلة إلى رفيقتي وشريكة الفرح والذكريات وأصدقاء السنين إلى من هون الدرب وطول الطريق ولكل روح عانقتني بالحب والدعوات ومن استندت عليهم ولكل من علمني كلمة أو حرفا، شكرا لكم.

﴿فَرِحِينَ بِمَا آتَاهُمُ اللَّهُ مِنْ فَضْلِهِ﴾

فرحة الوصول ولذة الإنجاز الطموح اليوم طويت الصفحة الأخيرة من مسيرتي الدراسية، هذه اللحظة لا تُورث ولا تُشترى لقد دفت ثمنها عمري وسهري، دموعي، صبري، ومثابرتي.

اللهم لا تجعله أخر عهدي من العلم واجعلها خير بداية لطريق أعظم بحولك وقوتك اللهم بارك لنا في علمنا وانفعنا بما علمتنا وأنفع به عبادك.

أسماء خامسة

﴿فَرِحِينَ بِمَا آتَاهُمُ اللهُ مِنْ فَضْلِه﴾

أحمد الله تعالى على ما من به عليَّ من توفيق وتيسير خلال مسيرتي الدراسية، وعلى كل النعم التي لا تعد ولا تحصى.

بكل فخر وامتنان...

بعد أعوام من السعي والاجتهاد، وبعد درب طويل ملؤه التحديات أهدي ثمرة جهدي وتخرجي إلى من كانا السبب بعد الله في وصولي إلى هنا إلى من جعل الله رضاه في رضاهما.

إلى أبي وأمي الغاليين لكما مني كل الامتنان والشكر وما تعجز عنه الكلمات، كل خطوة ناجحة كانت مستندة إلى قلبكما الحنون، وأثرا لتعبكما، أبي العزيز كنت القدوة التي ألهمتني دائما بمعاني الصبر والعمل الجاد وأمي الحبيبة كنت مصدر الحنان والدعاء المستمر الذي دفعني للأمام في كل لحظة ضعف أسأل الله أن يمدكما بالصحة والعافية وأن يجزيكما عني خير الجزاء.

إلى من شددت عضدي بهم فكانوا نعم السند والعون ومصدرا للسعادة والفخر، إخوتي أدام الله محبتنا وحفظكم من كل مكروه.

إلى رفيقة الدرب من شاركتني الطريق بحلوه ومره وتقاسمت معي التعب والسهر ومشاعر القلق والأمل، أدام الله بيننا المودة والذكرى الطيبة.

كما لا أنسى أن أشكر كل من كان له فضل علي وعلمني ووجهني ومهد لي طريق العلم، كل من دعمني بكلمة طيبة أو دعوة أو موقف صادق.

اللهم أجعل هذا الجهد نافعا لي ولغيري والحمد لله على البدء والختام.

إسراء شيخة

الشكر والعرفان

الحمد والشكر الله الذي رزقنا العقل وحسن التوكل عليه سبحانه وتعالى.

الحمدالله الذي انعم علينا بنعمة العلم نشكره عزوجل.

الحمد الله الذي ألهمنا الصبر ووفقنا إلى إتمام هذا العمل،

والصلاة السلام على نبيه محمد وعلى آله وصحبه أجمعين وقبل أن نمضي نقدم أسمى آيات الشكر والامتنان والتقدير والمحبة إلى الذين مهدوا لنا طريق العلم والمعرفة وسهروا من أجل ارتقائنا وفي مقدمتهم الدكتور الفاضل

"بن الصغير البشير " الذي أشرف على هذه المذكرة، وعلى توجيهاته ومساعدته لنا خلال مراحل هذا البحث فله منا فائق التقدير والاحترام، ويجعل الله عمله في ميزان حسناته. كما اشكر كل دكاترة وأساتذة التعليم العالي بجامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي - لتفضلهم على تعليمي.

كما لا أنسي أن نتقدم بالشكر أيضا لأعضاء اللجنة على قبولهم مناقشة هذه الرسالة.

كما نشكر كل من ساهم في هذا العمل ومد لي يد العون من قريب أو بعيد.

ملخص:

يعتمد هذا العمل على نبات الكركم الذي ينتمي إلى عائلة الزنجبيليات ويستعمل على نطاق واسع ويعرف بخصائصه العلاجية منذ العصور القديمة في الطب التقليدي. في هذه الدراسة تم استخلاص الكركمين المادة الفعالة في نبات الكركم باستعمال تقنية الموجات فوق الصوتية، بلغت نسبة المردود % 11.06، كما تم تحضير بلورات نانوية للكركمين ودراسة خصائصه الفيزيائية والكيميائية بالاعتماد على تقنيات تحليلية مختلفة مثل مطيافية الأشعة تحت الحمراء FTIR، الأشعة فوق البنفسجية ـ المرئية Uv– Visible حيث بلغ طول الموجة 459.92 nm، وحيود الأشعة السينية DRX بلغت نسبة التبلور% 75 والقطر البلوري 3.35 nm، وكذلك تقنية الكروماتغرافيا السائل HPLC.

الكلمات المفتاحية: الكركم، الكركمين، البلورات النانوية، الاستخلاص، تقنيات التحليل.

Abstract

This work is based on turmeric (*Curcuma longa*), a plant belonging to the Zingiberaceae family that has been widely used for centuries in traditional medicine due to its remarkable therapeutic properties. In this study, curcumin, the principal bioactive compound of turmeric, was extracted using an ultrasonic-assisted extraction technique, achieving an extraction yield of 11.06%. Curcumin nanocrystals were subsequently prepared and their physicochemical properties were investigated using various analytical techniques. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) was employed to identify the functional groups present in the samples. Ultraviolet–Visible (UV–Vis) spectroscopy revealed a characteristic absorption maximum at 459.92 nm. X-ray Diffraction (XRD) analysis demonstrated a crystallinity index of 75% and a crystallite size of 3.35 nm, confirming the nanocrystalline nature of the prepared curcumin crystals. High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) was also used to evaluate the purity and chemical composition of the samples.

Keywords: Turmeric, Curcumin, Nanocrystals, Extraction, Analytical Techniques

الرمز	المعنى
g	الغرام وحدة قياس الكتلة
pH	درجة الحموضة
IR	الأشعة تحت الحمراء
ml	وحدة قياس الحجوم
°C	وحدة قياس درجة الحرارة
h	الساعة
FTIR	جهاز لقياس الخواص السطحية للعينات
λ	طول الموجة
Ɵ	زاوية حدوث الأشعة السينية
Cm^{-1}	وحدة سنتمتر -1
%	نسبة مئوية
mol	المول
nm	وحدة النانومتر
T	درجة الحرارة
Par	وحدة الضغط بار
Cm	وحدة السنتمتر
W	وحدة لقياس الاستطاعة
L	وحدة اللتر
kg	كيلو الغرام
mg	ملغرام
UV	الأشعة الفوق بنفسجية
HPLC	كروموتغرافيا السائل
DRX	الأشعة السينية
CuO	أكسيد النحاس
KCaL	كيلو كالوري
KJ	كيلو جول
µg	ميكرو غرام

SEM	مجهر الالكتروني الماسح
PVA	بولي فينيل كحولي
PLGA	البوليمير المشترك بين حمض اللاكتيك والجليكوليك
KV	كيلو فولط

الشكل		الصفحة
	الجـزء النظـري	
	الفصل الأول: الكركمينويدات والكركمين	
الشكل(I-1)	صورة توزع نبات الكركم	6
الشكل(I-2)	درنات نبات الكركم	7
الشكل(I-3)	أجزاء نبات الكركم	8
الشكل(I-4)	الصيغ النصف المفصلة للبنية الكيميائية للكركمنويدات	11
	الفصل الثاني: بلورات الكركمين وتطبيقاتها	
الشكل(II-1)	صور TEM/SEM للجسيمات النانوية للكركمين المجهرية	23
الشكل(II -2)	مخطط طرق تحضير الجسيمات النانوية	29
الشكل(II-3)	صور جسيم نانوي عند التبريد 5 مرات مقابل جسيم نانوي تم تبريده مرة واحدة	30
	الجزء العملي	
	الفصل ثالث: المواد والطرق	
الشكل(III-1)	صورة لنبات الكركم	37
الشكل(III-2)	التركيب الكيميائي للكركمين	38
الشكل(III-3)	صور آلة الطحن وميزان إلكتروني حساس ومخلاط مغناطيسي	39
الشكل(III-4)	صورة جهاز مبخر الدوار	39
الشكل(III-5)	صورة جهاز الموجات فوق الصوتية	40
الشكل (III-6)	مسحوق الكركم بعد الطحن	41
الشكل (III-7)	صورة مزيج من الإيثانول والكركم	41
الشكل(III-8)	صورة المزيج تحت المعالجة فوق الصوتية	42
الشكل(III-9)	عملية ترشيح المزيج	42
الشكل (III-10)	مراحل استخلاص الكركمين	43
الشكل (III-11)	المزيج أثناء تقطير الكركمين وداخل الحمام المائي	44
الشكل (III-12)	محلول كلوريد النحاس الثنائي $CuCl_2$	45
الشكل (III-13)	مراحل ترسيب أكسيد النحاس النانوي	46
الشكل (III-14)	المزيج الناتج بعد اكتمال الترسيب	46

الشكل (III-15)	فصل الراسب باستعمال الطرد المركزي	47
الشكل (III-16)	صورة في احدى مراحل الطرد المركزي	47
الشكل (III-17)	أكسيد النحاس النانويCuO بعد التجفيف والمعالجة الصوتية	48
الشكل (III-18)	جهاز الأشعة فوق البنفسجية Ultra-Violet-visible	49
الشكل (III-19)	جهاز الأشعة تحت الحمراء La spectroscopie infrarouge	50
الشكل (III-20)	جهاز الأشعة السينية DRX	50
الشكل (III-21)	جهاز الكروماتوغرافيا السائل HPLC	51
	الفصل الرابع: نتائج والمناقشة	
الشكل (IV.1)	نتائج طيف الأشعة تحت الحمراء للكركمين	55
الشكل (IV.2)	نتائج طيف الأشعة تحت الحمراء لبلورات الكركمين	56
الشكل (IV.3)	نتائج طيف الأشعة فوق البنفسجية للكركمين	57
الشكل (IV.4)	نتائج طيف الأشعة فوق البنفسجية لبلورات الكركمين	58
الشكل (IV.5)	نتائج حيود الأشعة السينية للكركمين وبلورات الكركمين	60
الشكل (IV.6)	نتائج كروماتوغرافيا السائل للكركمين	61
الشكل (IV.7)	نتائج كروماتوغرافيا السائل لبلورات الكركمين	62
الشكل (IV.8):	نتائج طيف الاشعة تحت الحمراء لأكسيد النحاس النانوي	64
الشكل (IV.9):	نتائج حيود الاشعة السينية أكسيد النحاس النانوي	65

الجدول		الصفحة
الجـــزء النظـــري		
الفصل الأول: الكركمينويدات والكركمين		
الجدول(1.I)	التركيب الكيميائي للمكونات الموجودة داخل الكركم	9
الجدول(2.I)	القيم الغذائية والطاقوية للكركم	9
الجزء العمـــــلي		
الفصل الثالث: المواد والطرق		
الجدول (1.III)	المواد المستعملة في التجربة	38

العنوان	الصفحة
الإهداء	
التشكرات	
الملخص	
قائمة الرموز	
قائمة الأشكال	
قائمة الجداول	
الفهرس	
المقدمة العامة	1
الجـــزء النظـــري	
الفصـــل الأول: الكركمنويدات و الكركمين	
مقدمة	6
I .1. التصنيف النباتي	7
I .2.الوصف النباتي	7
I .3. التركيب الكيميائي للكركم	8
I .4. الكركمنويدات و الكركمين	10
I .5. طرق الاستخلاص	11
I .1.5. الاستخلاص بالنقع	11
I .2.5. الاستخلاص بالتقطير المائي	12
I .3.5. الاستخلاص بطريقة سوكسليت	12
I.4.5. الاستخلاص بالميكروويف	12
I 5. 5. الاستخلاص بطريقة الأمواج فوق الصوتية	13
I .6.5. الاستخلاص بثنائي أكسيد الكربون	13
I .6. الخصائص الكيميائية والفيزيائية للكرمين	14
I .7.استخدامات الاستخدامات	15
I .1.7. الاستخدامات في الكيمياء	15
I .2.7. الاستخدامات في الطب	15
I .3.7. الاستخدامات في الغذاء	15
مراجع الفصل الأول	16
الفصـــــل الثاني: بلورات الكركمين وتطبيقاتها	
تمهيد	22
II.1. الجسيمات النانوية	23

2.II. طرق تحضير النانو	23
II .1.2. من الأسفل إلى الأعلى	23
2.II .2.من الأعلى إلى الأسفل	23
II .3.2. الطريقة الكيميائية	24
II .4.2. الطريقة الفيزيائية	24
II.5.2. الطريقة الحيوية	24
3.II. النانو كركمين	25
4.II. بلورات الكركمين	25
1.4.II تعريف التبلور وأهميته	25
5.II. طريقة تحضير بلورات الكركمين	26
1.5.II. طريقة تبخير المذيب للمستحلب الأحادي	26
2.5.II. طريقة الاستحلاب بالموجات الفوق صوتية	27
3.5.II. طريقة التحريك والمعالجة بالموجات الفوق صوتية	27
4.5.II. طريقة الرش الكهرو ستاتيكي	28
6.II. العوامل المؤثرة على التبلور (المذيب ـ التركيزـ الحرارة)	30
7.II. تطبيقات الكركمين البلوري والنانوي	30
مراجع الفصل الثاني	31
الجـــزء العمـــــلي	
الفصل الثالث: المواد والطرق	
المقدمة	37
1.III. المواد الخام اللازمة للتركيبة	37
1.1.III. المكون النشط (الكركمين)	37
2.1.III. المواد الأخرى المستعملة	38
2.III. الأدوات والاجهزة المستعملة	38
3.III. طريقة العمل	40
III . 1.3. استخلاص الكركمين	40
III. 3. 2. تحضير النانو كركمين	44
4.III. تحضير أكاسيد نانوية (CuO) باستعمال النانو كركمين	45
5.III. تقنيات التحليل	48
1.5.III.جهاز الأشعة فوق البنفسجية -المرئية (UV-Vis)	48
2.5.III. جهاز الأشعة تحت الحمراء (IR)	49
3.5.III. جهاز الأشعة السينية (DRX)	50
4.5.III. جهاز كروموتفراف السائل	51
مراجع الفصل الثالث	52
الفصـــــل الرابع: النتائج والمناقشة	
تمهيد	54
1.IV. مردود الاستخلاص	54

IV .2. نتائج الأشعة تحت الحمراء (IR)	54
IV.1.2. الكركمين	54
IV.2.2. بلورات الكركمين	55
IV.3. نتائج طيف الأشعة فوق البنفسجية UV-Vis	57
IV.1.3. الكركمين	57
IV.2.3. بلورات الكركمين	58
IV.4. نتائج حيود الأشعة السينية XRD	59
IV.1.5. نتائج كروماتغرافيا السائل HPLC	61
IV.1.5.الكركمين	61
IV.2.5. بلورات الكركمين	62
IV.6. نتائج طيف الأشعة تحت الحمراء لأكسيد النحاس	63
IV.7. نتائج حيود الأشعة السينية DRX	64
مراجع الفصل الرابع	67
الخاتمة العامة	71

المقدمـــة

المقدمة:

في الوقت الحاضر يشهد استعمال المنتجات الطبيعية المستخلصة من النباتات تزايدا كبيرا بفضل تأثيراتها العلاجية ووفرتها وكونها خالية من الأثار الجانبية، ولما تمتلكه من خصائص تطبيقية في المجالات الصيدلانية والصناعية [1].

لذلك فإن تطوير أساليب علمية مبتكرة لاكتشاف العلاجات النباتية متعددة المكونات والتحقق من فعاليتها يعد أمرًا مهما لتقدم الطب إلى جانب ضرورة توحيد معايير المستخلصات النباتية والتعرف على المركبات الكيميائية أو البيولوجية الفعالة فيها ولهذا السبب يجب التأكيد على أهمية الحفاظ على الثروة النباتية لضمان توفر مصادر نباتية فعالة دوائيا تستخدم في الطب العشبي [2].

ومن بين هذه النباتات الكركم الذي ينتمي إلى عائلة الزنجبيليات ويحتوي على مجموعة متنوعة من المشتقات، ويعد الكركمين المكون الرئيسي فيها، يمتاز الكركمين بتوافره الواسع وانخفاض تكلفته كما يمتلك خصائص فزيولوجية متعددة مثل النشاط المضاد للأكسدة والمضاد للسرطان، والمضاد للبكتيريا وغيرها ومع ذلك فإنه يعاني من عدة مشكلات منها ضعف الذوبان في الماء وضعف الثبات وانخفاض التوافر الحيوي [3]. ومن الحلول الممكنة لتجاوز هذه المشكلات تحضير الكركمين على شكل بلورات نانوية، اتجهت الأبحاث الحديثة نحو تطوير أنظمة نانوية للكركمين بهدف تحسين كفاءته الحيوية، تعتبر تقنية النانو مجالا متعدد التخصصات في التكنولوجيا والعلوم التطبيقية، إذ تهتم بدراسة الجسيمات النانوية والقدرة على التعامل مع المواد بأبعاد نانومترية لهدف فهم وإنشاء وتوصيف واستعمال مواد جديدة ذات خصائص مستمدة من بنيتها النانوية [4].

يهدف هذا العمل إلى استخلاص الكركمين انطلاقا من نبات الكركم والنانو كركمين ودراسة خصائصه الفيزيائية والكيميائية تم الاعتماد على عدة تقنيات تحليلية وتوصيفيه مثل مطيافية الأشعة تحت الحمراء

(FTIR) لدراسة المجموعات الوظيفية وحيود الأشعة السينية (XRD) لتحديد الطبيعة البلورية إضافة إلى التحليل الطيفي بالأشعة فوق البنفسجة ـ المرئية (UV–Visible) لدراسة الخصائص الإلكترونية للمركب.

ولأجل ذلك قسم هذا العمل إلى أربعة فصول:

الفصل الأول: يعرض معلومات عامة حول الكركومينويدات والكركمين وطرق الاستخلاص.

الفصل الثاني: خصص لدراسة الجسيمات النانوية وبلورات الكركمين وطرق تحضيرها.

الفصل الثالث: الجانب التطبيقي تطرقنا فيه إلى خطوات العمل والأدوات المستخدمة وطريقة التحضير.

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

وفي الأخير ختمنا الدراسة بملخص حول استخلاص الكركمين من نبات الكركم وتحضير بلورات الكركمين النانوية.

المراجع

[1] A. Vogel, J.J.J.P. Pelletier, Examen chimique de la racine de Curcuma, 1 (1815) 289-300.

[2] M.L. Antony, S.V.J.I.j.o.e.b. Singh, Molecular mechanisms and targets of cancer chemoprevention by garlic-derived bioactive compound diallyl trisulfide, 49 (2011) 805.

[3] M. Modasiya, V.J.I.J.P.L.S. Patel, Studies on solubility of curcumin, 3 (2012) 1490-1497.

[4] H.M.J.F.r.i. De Azeredo, Nanocomposites for food packaging applications, 42 (2009) 1240-1253.

الجـــزء النظـــري

الفصل الأول:

الكركمنويدات والكركمين

المقدمة:

استخدمت النباتات الطبية مند العصور القديمة كنوع من العقاقير، حيث تعتبر أقدم الممارسات العلاجية في التاريخ [1]. وقد عاد الاهتمام بالطب التقليدي وتسليط الضوء عليه من قبل الباحثين في مجال الأبحاث الدوائية واستخدام المكونات كمصدر موجود بوفرة في الطبيعة والمركبات ذات النشاط الدوائي لتحضير الأدوية [2]. من جملة الأنواع النباتية المعروفة على سطح الأرض التي يتراوح عددها بين 250.000 إلى 500.000 نوع، لم تُجرى دراسات سوى على نسبة صغيرة منها، بحثا عن وجود مركبات ذات فعالية. وبالرغم من كون البشر يستفيدون فقط من ما يقارب 1 إلى 10 % من هذه النباتات، تشير الدراسات الحديثة إلى وجود تأثير بارز للمنتجات الطبيعية في مجال مكافحة العدوى [3, 4] ، ومن بينها نبات الكركم الذي يتم استخدامه منذ 4000 عام في الطب الهندي التقليدي والصيني ولا يزال يجذب الباحثين من جميع أنحاء العالم [5]. يعد الكركم *Curcuma long* نبات عشبي معمر ينتمي إلى عائلة الزنجبيليات *Zingiberaceae* ويستوطن مناطق شرق آسيا من الهند إلى جنوب الصين وجنوب شرق آسيا وبابوا غينيا الجديدة وشمال أستراليا (الشكل (1.I)) ذو قيمة غذائية وعلاجية عالية ، يعرف بلونه الأصفر البرتقالي المميز ويرجع هذا اللون إلى مركبات الكركمينويدات وبشكل خاص إلى الكركمين [6].

الشكل(I .1): تمثل الصورة توزع نبات الكركم.

الشكل (I .2): درنات نبات الكركم.

1.I. التصنيف النباتي للكركم :

ينتمي الكركم إلى مملكة النباتات، الشعبة المغنوليات، صف الزمبقيات، رتبة الزنجبيليات، فصيلة الزنجبيلية والجنس كركم [7].

- **الاسم العلمي:** *Curcuma longa*
- **تسميته:**
- بالعربي: كركم
- باللاتيني: *curcuma*
- بالإنجليزي: *Turmrice*
- بالصيني: *Jianghuang*

2.I. الوصف النباتي الكركم:

الدرنات: تتكون من جزئين الرئيسي بيضاوي الشكل يبلغ طوله حوالي 5 cm وعرضها 2.5 cm يسمى أصابع الكركم والجزء الثانوي اسطواني الشكل يبلغ طوله حوالي 4 cm إلى 7 cm وعرضها 1 إلى 1.5 cm لونها أصفر برتقالي رائحتها عطرية طعمها حار ومر[8].

الأوراق: عريضة ومستطيلة رمحية الشكل طولها حوالي 50 cm [9].

الأزهار: تكون صفراء اللون طولها بين 10 cm إلى 15 cm وساقها طوله 15 cm كما هو موضح في **الشكل (I. 3)** [10].

الشكل (I .3) : تمثل الصورة أجزاء نبات الكركم.

I.3. التركيب الكيميائي للكركم:

يوضح الجدول الآتي التركيب الكيميائي للمكونات الموجودة داخل الكركم.

الجدول(1.I): يصف الجدول التركيب الكيميائي للمكونات المجودة داخل الكركم[11].

التصنيف	احماض، ألدهيدات، ولاكتونات	الفينولات الكركمينويدات	الكيتونات	المواد الكحولية	المونتربينات	اليسيكويتربينات
المكونات	حمض بارا ميثوكسي سيناميك ألديهيد الكمون هيدروكسي ايزوجرمافورنوليد	كوركومين زانثوريزول كوركوفينول	د كافور	بيرنيول ايزوبورنيول ألفا تيربينول لينالول كحول الكمون	ألفا بيتا باينين د كامفين ميرسين تيربينولين جاما تيربرينين ليمونين بيتا ثوجون 1.8 سينول	ألفا كوركمين بيتا كوركمين الفا بيتا كوركمين تيرميرون د جيرماكرين كورزرين جيرماكرون ألفا كوباين ألفا بيرجاموتين بيتا بيسابولين بيتا ايليمين زينجيبرين بيتا فارنيسين ايزوفورانو جيرماكرين كورزرينون

يوضح الجدول الآتي القيم الغذائية والطاقوية للكركم

الجدول(2.I): القيم الغذائية والطاقوية للكركم[12, 13].

العنصر	القيمة	العنصر	القيمة
الماء	11.4 g	البوتاسيوم (K)	2525 mg
الطاقة	1481KJ (345KCal)	الكالسيوم (Ca)	183 mg
البروتينات	7.8g	المغنيسيوم (Mg)	193 mg
الدهون	9.9g	المنغنيز (Mn)	7.8 mg
الكربوهيدرات	64.9g	الفوسفور (P)	268 mg
النشاء	45-55% من التركيب الكلي	الحديد (Fe)	41.4 mg
الالياف الغذائية	21.1g	الزنك (Zn)	4.4 mg

أوميغا 9	3.12 g	النحاس (Cu)	603 µg
أوميغا 3	0.48 g	فيتامين A	أثار
أوميغا 6	1.69 g	الثيامين(فيتامينB1)	0.15 mg
الريبوفلافين (فيتامين B2)	0.23 mg	فيتامينB6	1.8 mg
النياسين (فيتامينB3)	5.14mg	فيتامينC	26 mg
حمض الاسكروبيك (فيتامينC)	25.9 mg	فيتامينE	3.1 mg
فيتامين K	13.4 µg	حمض الفوليك(Folate)	39 µg

4.I. الكركمينويدات و الكركمين:

تعود تسمية مادة الكركمين إلى الدراسة التي قام بها الباحثان فوغل وبولتيه سنة 1815 المعنونة << *الفحص الكيميائي لجذر الكركم* >> والتي تم خلالها عزل المادة الصفراء، يعد الكركمين المركب الأساسي النشط في نبات الكركم وهو المسؤول الرئيسي عن الخصائص المفيدة للنبات، كما يتميز بعدة تأثيرات علاجية وخصائص فيزيائية وكيميائية مهمة[14, 15] .

تبلغ نسبة الكركمينويدات الموجودة في الكركم حوالي 5% من الوزن المجفف، والتي تحتوي على ثلاث مركبات فينولية[16]:

- الكركمين بنسبة (75%) $C_{21}H_{20}O_6$

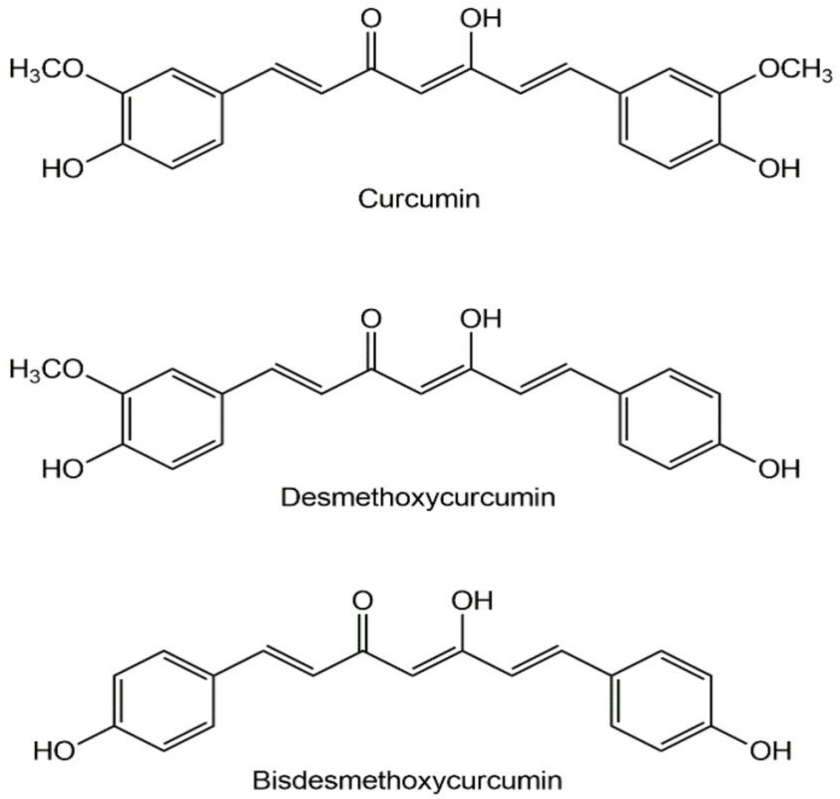
$[1,7-bis(4-hydroxy-3-méthoxyphényl)-hepta-1,6-diène-3,5-dione]$

- الديميثوكسي كركمين $C_{20}H_{18}O_5$

$[4-hydroxycinnamoyl-(4-hydroxy-3-méthoxycinnoyl)methane]$

- بيس ديميثوكسي كركمين $C_{19}H_{16}O_4$

$[bis-(4-hydroxy\ cinnamoyl)\ méthane]$



الشكل (4.I): الصيغ النصف مفصلة للبنية الكيميائية للكركمنويدات.

5.I. طرق الاستخلاص:

هناك العديد من طرق الاستخلاص القديمة والحديثة، تستخدم هذه التقنيات بأشكال مختلفة لاستخلاص المواد الفعالة، فصل هذه المواد إما عن طريق الاستخلاص صلب سائل (النقع)، جهاز سوكسليت، الميكروويف، بالإنزيمات، بواسطة الموجات الفوق صوتية، بواسطة التقطير المائي، بواسطة ثنائي أكسيد الكربون[17, 18].

1.5.I. الاستخلاص بالنقع:

هي طريقة تقليدية متداولة تستخدم على نطاق واسع، تعتمد على وضع أجزاء النبات في المذيب مع التحريك أو بدونه في درجة حرارة الغرفة أو أعلى لمدة معينة. وتستند هذه الطريقة على مدة ذوبان

المركبات النشطة، وتخضع لعوامل متعددة منها طبيعة المادة النباتية وتركيز المواد المذابة في العينة ونوع المذيب ومدة الاستخلاص ويعد النقع طريقة غير مكلفة وبسيطة [19-21].

I.2.5. الاستخلاص بالتقطير المائي:

تستند هذه الطريقة على غمر المادة النباتية بالماء ثم يسخن المزيج حتى الغليان عادة عند الضغط الجوي بما أن الزيوت العطرية غير قابلة للذوبان في الماء لكنها قابلة للذوبان في البخار، فإنه يحمل معه الزيوت. تؤدي الحرارة إلى تحطيم الخلايا النباتية وإطلاق الجزيئات العطرية الموجودة بداخلها بسبب اختلاف الكثافة بينهما. ويجمع الزيت بعد ذلك عن طريق الترسيب أو الفصل. وقد تستغرق عدة ساعات حسب المادة النباتية المستخدمة [22].

I.3.5. الاستخلاص بطريقة سوكسليت Soxhlet:

تعد طريقة سوكسليت تقنية كلاسيكية لاستخلاص المواد الموجودة داخل النبات. توضع داخل خرطوشة ورقية، يسخن المذيب الموضوع داخل دورق حتى الغليان فتصعد أبخرته حيث تتكثف العينة ثم تعود إلى الخرطوشة، تغطى العينة الموجودة في الفلتر داخل جهاز الاستخلاص تدريجيا بمذيب الاستخلاص المكثف عند وصول المذيب إلى الحد الأقصى لامتلاء الخرطوشة، يفرغ المذيب المشبع بمركبات نحو دورق التقطير، هذه الخطوات (الغليان، التكثيف، النقع، التفريغ بالمصف) تتكرر دوريا ما دام المذيب يغلي في الدورق[23, 24].

I.3.5 الاستخلاص بالميكروويف:

تعد تقنية الاستخلاص بالميكروويف أكثر استخداما، يسخن النبات بإشعاع الميكروويف داخل حجرة يخفض فيها الضغط تدريجيا. حيث تستخلص الجزيئات الطيارة مع الخليط الازيتروبي المتكون مع بخار الماء الخاص بالنبات المعالج. يؤدي هذا التسخين من خلال تبخير الماء الموجود في النبات، إلى توليد

ضغط داخل هذه النبتة مما يؤدي إلى تمزيق الجدران النباتية وإطلاق محتواها من الزيت، من مزاياها زمن استخلاص أسرع، توفير الطاقة وتقليل التحلل الحراري [21, 25] .

I.4.5. الاستخلاص بالموجات فوق الصوتية:

تعد تقنية مثالية وأكثر كفاءة من الطرق التقليدية لاستخلاص مادة الكركمين من جذور الكركم حيث توفر زيادة في مردود الاستخلاص وتقليل زمن المعالجة، هي بالأساس طريقة غير حرارية تساعد في الحفاظ على جودة المادة الفعالة مما يسمح بتجنب التحطم الحراري للمركبات، تعتمد على مبدأ التجويف الصوتي، حيث تؤدي الموجات الفوق الصوتية عالية الطاقة والتردد المنخفض داخل السوائل إلى تكوين فقاعات فراغية تنفجر بقوة، مولدة قوى قص شديدة وحرارة وضغطا مرتفعا يؤدي إلى تكسير جدران الخلايا النباتية وتحرير محتوياتها بفعالية عالية [26, 27].

I.5.5. الاستخلاص بثنائي أكسيد الكربون CO_2:

هي تقنية حديثة ومتطورة تعتمد على استخدام غاز ثنائي أكسيد الكربون في حالة فيزيائية خاصة تسمى الحالة فوق الحرجة حيث يتم رفع الضغط ودرجة الحرارة ليتحول إلى حالة وسطية بين السائل والغاز ويتصرف كمذيب سائل ولكنه ينتشر كالغاز، هذه الحالة تجعله يمتاز بخصائص منها نقاوة وجودة المنتج النهائي، منع تأكسد المواد الفعالة لغياب الأكسجين خلال العملية، وحرارة منخفضة تحافظ على المواد الفعالة من التلف. حيث يوضع النبات في جهاز يمرر خلاله ثنائي أكسيد الكربون فوق الحرج (72,8 bar و 31C°) ليخترق خلايا النبات ويذيب المركبات بفعالية عالية ثم يخفض الضغط فيعود إلى حالته الطبيعية وينفصل عن المواد المستخلصة [28].

6.I. الخصائص الكيميائية والفيزيائية للكركمين:

من الضروري معرفة خصائص الكركمين الفيزيائية والكيميائية لتحديد سلوكه في البيئات المختلفة لفهم استقراره، وتحلله الكيميائي، وذوبانيته، ولونه، ودرجة انصهاره، وكثافته وغيرها.

الكركمين جزيء من فئة β - ديكيتون ثنائي غير مشبع β,α يوجد في حالة توازن مع شكلها الاينولي (énol) والصيغة السائدة في المحاليل المائية الحمضية والمتعادلة وداخل الغشاء الخلوي هي صيغة ثنائية الكيتو (bis - céto). يعمل الكركمين كمانح قوي للذرات الهيدروجين في الوسط الحمضي المتعادل (7 - pH3) وتحتوي الصيغة الكيتونية للكركمين على رابطة هيبتاديينون تربط بين الحلقتين الميثوكسي والفينول وتضم ذرة كربون ذات نشاط كيميائي مرتفع حيث تؤدي ذرات الأكسجين المجاورة إلى تقليل قوة روابط C - H مما يجعل ذرة الهيدرجين سهلة الانفصال. أما عند الوسط القاعدي (pH> 8) تسود الصيغة الاينولاتية (énolate) تتمثل فعالية الكركمين المضادة للأكسدة أساسا في منحه الإلكترونات وهي الآلية المعروفة للمركبات والفينولات في التقاط الجذور الحرة[29].

تعد نسبة ذوبان الكركمين في الماء ضعيفة، لكنه قابل للذوبان في الأسيتون، تنائي ميثيل السلفوكسيد، والإيثانول، يتغير استقرار الكركمين حسب الوسط الحمضي أو القاعدي إذ يكون أكثر ثباتا ويتحلل بشكل بطيء في الوسط الحمضي، في المقابل نظرا لعدم استقراره في الوسط القاعدي يتعرض الكركمين لتحلل سريع خلال 30 دقيقة. كما يمتاز بحساسيته الشديدة للضوء لذلك يجب عدم تعريض العينات المحتوية على الكركمين للضوء وأيضا تتغير درجة اللون حسب قيمة الـ pH عندما يكون أكبر من 7 يكون اللون أقل اصفرار وأكثر احمرار[29]. وللكركمين وزن جزيئي قدره 386.37g/mol ونقطة انصهار C° 183.

7.1. الاستخدامات:

1.7.I. الاستخدامات في الكيمياء:

تتعدد تطبيقات الكركمين في الكيمياء حيث يستعمل في المعايرات الحجمية كمؤشر حمضي قاعدي يسهل معرفة لحظة نهاية التجربة للتغير اللوني الواضح وذلك حسبة قيمة الـ pH وكما أثبتت الدراسات إمكانية اعتماده كبديل للفينول فثالين لإعطائه نفس النتائج [30].

إلى جانب ذلك يتم تطبيقه كمادة كاشفة لونية للكشف عن عنصر البورون في العينات الغذائية حيث ينتج مركب ملون من التفاعل بين الكركمين وعنصر البورون ويمكن قياسه بتقنية التحليل بواسطة الأشعة الفوق البنفسجية ـ المرئية (UV–VIS) [31].

2.7.I. الاستخدام في الطب:

تناولت العديد من الدراسات تطبيقات الكركمين في الطب وقد استخدم في الطب التقليدي كعلاج منزلي على نطاق واسع، يتمتع الكركمين بأنشطة دوائية عديدة كمضاد للأكسدة، مضاد للالتهاب، مضاد لبكتيريا، مضاد للسكري، مضاد للسرطان ومضاد للأورام[32]، كما أثبتت دراسات أن الكركمين آمن حتى عند الجرعات العالية ولا يظهر أثار سمية[33]، بالإضافة إلى ذلك يساهم في الوقاية والعلاج من أمراض القلب مثل اعتلال عضلة القلب، إصابات القلب التأكسدية، تضخم القلب، احتشاء عضلة القلب[34]، علاوة على ذلك يحمي الجهاز العصبي خصوصا الدماغ ويساعد في الوقاية وعلاج أمراض التنكس العصبي مثل الزهايمر وباركنسون[34]، ومضاد لمسببات الأمراض والفيروسات وواقٍ للكبد، كما يسرع شفاء الجروح ويساهم في إعادة تشكيل الأنسجة وترسيب الكولاجين[35].

I.3.7. الاستخدامات في الغذاء :

يستعمل الكركمين المستخلص من المصادر الطبيعية أساسا كمادة ملونة لمجموعة واسع من الأغذية والذي يظهر لون أصفر وبرتقالي ويمكن استخدامه كبديل لملونات الطعام الصناعية ويوصى باستعمال الكركمين في المكونات مرتفعة التكلفة مثل الدهون والزيوت، يدخل أيضا في العديد من المنتجات مثل المستحلبات المثلجات الصالحة للأكل، اللحوم ومنتجاتها، الحلويات، البيض ومشتقاته، الأعشاب، الشوربات، الصلصات ومنتجات الصيد البحري[36].

المراجع

[1] G. E. Loe, G. P. Ngaba, M. Kamdom, E. M. Mpondo, S. D. J. I. J. o. B. Dibong, and C. Sciences, "Evaluation des activités anti-inflammatoire et antiradicalaire de l'extrait au vin de palme des feuilles de Phragmanthera capitata (Sprengel) S. Balle (Loranthaceae) récoltées sur Psidium guajava au Cameroun," vol. 12, no. 1, pp. 233-243, 2018.

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

[3] K. Osman *et al.*, "An antibacterial from Hypericum acmosepalum inhibits ATP-dependent MurE ligase from Mycobacterium tuberculosis," vol. 39, no. 2, pp. 124-129, 2012.

[4] R. P. J. J. o. e. Borris, "Natural products research: perspectives from a major pharmaceutical company," vol. 51, no. 1-3, pp. 29-38, 1996.

[5] M.-C. Perry, "Evaluation de la curcumine comme agent anti-cancéreux dans le traitement des tumeurs cérébrales," Université du Québec à Montréal, 2008.

[6] L. J. I. J. P. B. S. Labban, "Medicinal and pharmacological properties of Turmeric (Curcuma longa): A review," vol. 5, no. 1, pp. 17-23, 2014.

[7] A. Kumar, J. Dora, and A. Singh, "A review on spice of life curcuma longa (turmeric)," 2011.

[8] P. J. Delaveau, "Les épices: Histoire, description et usage des différents épices, aromates et condiments," 1987.

[9] Z. C. Ali, "Études chimiques et biologiques d'Aframomum sceptrum (Zingiberaceae) et de la curcumine," Université Paris Sud-Paris XI, 2012.

[10] P. Javvadi, A. T. Segan, S. W. Tuttle, and C. J. M. p. Koumenis, "The chemopreventive agent curcumin is a potent radiosensitizer of human cervical tumor cells via increased reactive oxygen species production and overactivation of the mitogen-activated protein kinase pathway," vol. 73, no. 5, pp. 1491-1501, 2008.

[11] H. Kojima, T. Yanai, and A. J. P. m. Toyota, "Essential oil constituents from Japanese and Indian Curcuma aromatica rhizomes," vol. 64, no. 04, pp. 380-381, 1998.

[12] N. J. L. p. F. Shahide, "Valeurs thérapeutique de curcuma," 2016.

[13] P. Jansen, G. Grubben, and D. J. C. e. t. W. Cardon, Pays-Bas: PROTA, "Ressources végétales de l'Afrique tropicale 3," vol. 238, 2005.

[14] S. Belazizia, H. Bettiche, and A. Bouchemma, "Extraction et caractérisation de la substance active de curcumine," 2019.

[15] G. Penso, *Les plantes médicinales dans l'art et l'histoire*. 1986.

[16] A. Amalraj, A. Pius, S. Gopi, S. J. J. o. t. Gopi, and c. medicine, "Biological activities of curcuminoids, other biomolecules from turmeric and their derivatives–A review," vol. 7, no. 2, pp. 205-233, 2017.

[17] T. Michel, "Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification: application aux molécules bioactives de l'argousier (Hippophae rhamnoides)," Université d'Orléans, 2011.

[18] M. L. De Castro and L. J. A. c. a. Garcıa-Ayuso, "Soxhlet extraction of solid materials: an outdated technique with a promising innovative future," vol. 369, no. 1-2, pp. 1-10, 1998.

[19] G. Spigno, L. Tramelli, and D. M. J. J. o. f. e. De Faveri, "Effects of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics," vol. 81, no. 1, pp. 200-208, 2007.

[20] I. Budić-Leto, T. Lovrić, I. Pezo, J. J. F. t. Gajdoš Kljusurić, and biotechnology, "Study of dynamics of polyphenol extraction during traditional and advanced maceration processes of the Babić grape variety," vol. 43, no. 1, pp. 47-53, 2005.

[21] G. Al- Bandak, V. J. E. J. o. L. s. Oreopoulou, and technology, "Antioxidant properties and composition of Majorana syriaca extracts," vol. 109, no. 3, pp. 247-255, 2007.

[22] O. L. Badi Selma-Cheikh Imen, "Evaluation de l'activité antibactérienne d'extraits d'Origanum vulgare," 2019.

[23] F. P. Cardenas-Toro *et al.*, "Pressurized liquid extraction and low-pressure solvent extraction of carotenoids from pressed palm fiber: Experimental and economical evaluation," vol. 94, pp. 90-100, 2015.

[24] M. L. De Castro and F. J. J. o. c. A. Priego-Capote, "Soxhlet extraction: Past and present panacea," vol. 1217, no. 16, pp. 2383-2389, 2010.

[25] K. Dibert, E. Cros, and J. J. J. o. f. e. Andrieu, "Solvent extraction of oil and chlorogenic acid from green coffee. Part II: Kinetic data," vol. 10, no. 3, pp. 199-214, 1989.

[26] M. V. Bagal, A. C. Deshmukh, N. V. Thakur, and A. Valiyare, "Curcumin Extraction using Ultra sonication: A Review," 2020.

[27] L. H. Dang *et al.*, "Effect of ultrasonication on self-assembled nanostructures formed by amphiphilic positive-charged copolymers and negative-charged drug," vol. 4, no. 3, pp. 4540-4552, 2019.

[28] K. Zaghdoudi, "Optimisation de l'extraction des caroténoïdes à partir du persimmon (Diospyros kaki L.), de l'abricot (Prunus armeniaca L.) et de la pêche (Prunus persica L.): étude photophysique en vue d'une application en thérapie photodynamique (PDT)," Université de Lorraine, 2015.

[29] M. Zhou, F. LI, J. Chen, Q. Wu, Z. J. F. S. Zou, and Technology, "Research progress on natural bio-based encapsulation system of curcumin and its stabilization mechanism," vol. 42, p. e78422, 2022.

[30] A. F. de Sousa Silva, P. C. Leme, and J. L. J. R. F. O.-L. da Silva Gonçalves, "Curcumin as acid/base indicator: a statistical analysis," vol. 11, no. 1, 2022.

[31] R. Adu, R. Roto, and A. J. J. K. Kuncaka, "Spectrophotometric determination of boron in food products by ester borate distillation into curcumin," 2021.

[32] I. Chattopadhyay, K. Biswas, U. Bandyopadhyay, and R. K. J. C. s. Banerjee, "Turmeric and curcumin: Biological actions and medicinal applications," pp. 44-53, 2004.

[33] N. J. T. J. o. A. Chainani-Wu, P. Complementary Medicine: Paradigm, and P. A. I. Health, "Safety and anti-inflammatory activity of curcumin: a component of tumeric (Curcuma longa)," vol. 9, no. 1, pp. 161-168, 2003.

[34] A. Noorafshan and S. J. C. p. d. Ashkani-Esfahani, "A review of therapeutic effects of curcumin," vol. 19, no. 11, pp. 2032-2046, 2013.

[35] K. Mahmood, K. M. Zia, M. Zuber, M. Salman, and M. N. J. I. j. o. b. m. Anjum, "Recent developments in curcumin and curcumin based polymeric materials for biomedical applications: A review," vol. 81, pp. 877-890, 2015.

[36] T. Esatbeyoglu, P. Huebbe, I. M. Ernst, D. Chin, A. E. Wagner, and G. J. A. C. I. E. Rimbach, "Curcumin—from molecule to biological function," vol. 51, no. 22, pp. 5308-5332, 2012.

الفصل الثاني:

بلورات الكركمين وتطبيقاتها

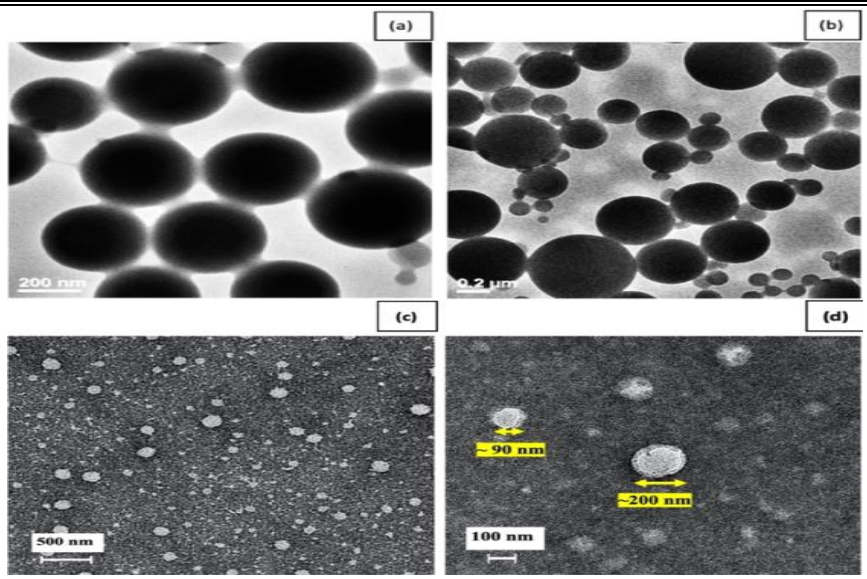
تمهيد:

أصبح تصميم وتطوير الجسيمات النانوية العشبية مجالا بحثيا مكثفا للغاية في ميدان الصناعة النانوية حيث تعد تكنولوجيا النانو واحدة من أكثر المجالات ثباتا و تماسكا في التقنيات الأساسية نظرا للتوسع السريع الذي تشهده، واعتمادا على تكنولوجيا النانو بات العلماء قادرين على اكتشاف المواد و التحكم بها على مستوى التوزيع الذري والجزيئي في مجالات ممتدة، ويتم تصميم المواد النانوية عبر إجراءات مختلفة وتحت تحكم صارم بناء على خصائصها الفيزيائية و الكيميائية مع تطوير خصائص مختلفة تخدم الغرض من استخدامها فهي مجال لا يزال في بداياته، ويتجه المسار في العقود القادمة نحو دمجها مع نهج الكيمياء الخضراء.

ويتمحور تحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية وتنقية المواد وفصلها على عملية التبلور، نظرا لدورها الأساسي، تعتمد كذلك على نطاق واسع في العديد من الصناعات الأخرى كالصناعات الدوائية والصناعات الغذائية والصناعات الكيميائية، تستند هذه العملية في تكوين البلورات على تنقية الشوائب وفصل الطورين السائل والصلب وإنتاج بلورات ذات خصائص محددة وجودة عالية.

1.II. الجسيمات النانوية:

تشير عبارة نانو والتي هي بالأصل أخذت من عبارة يونانية nanos والتي تعني قزم dwarf أي صغير جدا ووحدة قياس النانو متر(nm) هي تشير إلى جزء واحد من المليار من المتر أي m = 1 nm 10^{-9} أو جزء من المليون من الميليمتر أي 10^{-6}m =1 nm وتعرف الجسيمات النانوية nanoparticles بأنها جسيمات دقيقة ذات بعد واحد على الأقل يتراوح حجمه من 1 nm إلى 100 nm كما تعرف الجسيمات النانوية أيضا على أنها ركام جزيئي أو ركام ذري atomic ormolecular aggregates ذات أبعاد صغيرة تتراوح بين 1 nm إلى 100 nm ، تمتلك العديد من الخصائص الفريدة تتضمن المساحة السطحية العالية والطاقة السطحية العالية والتقييد الكمي العالي [1]



الشكل(1.II): توضح الصور TEM الجسيمات النانوية للكركمين المجهرية (a) بتكبير 100 ألف (b) بتكبير 200 ألف مرة وصور SEM (d) 100 نانو متر و(c) 500 نانو متر[2].

2.II. طرق تحضير النانوية:

يتم بناء المواد النانوية بآليتين رئيسيتين هما من الأعلى إلى الأسفل ومن الأسفل إلى الأعلى:

1.2.II. من الأسفل إلى الأعلى:

تعتبر هذه الطريقة هي الأفضل بسبب التحكم في حجم الجسيمات النانوية وقلة الفضلات الناتجة منها. أغلب التفاعلات التي تحدث هي تفاعلات أكسدة واختزال وتتضمن تصغير مكونات المادة حتى المستوى الذري مع المزيد من التجميع الذاتي مما يؤدي إلى التراكيب النانوية وتعمل القوى الفيزيائية على دمج الوحدات الأساسية ضمن هياكل مستقرة أكثر. [3]

2.2.II. من الأعلى إلى الأسفل:

وهي تتطلب تكلفة عالية تشمل استخدام مركبات كبيرة نسبيا والتي يمكن السيطرة عليها خارجيا في بناء التراكيب النانوية، ويستخدم خلالها قوى فيزيائية كبيرة تعتمد على تجزئة المواد الصلبة الكبيرة إلى

قطع أصغر. هذه الطريقة تحتاج إلى طاقة أكبر، حيث لا ينتج من خلالها على أسطح مثالية للجسيمات النانوية بسبب القوى الفيزيائية المستخدمة في تحضيرها.[4]

عموما هناك ثلاث طرق رئيسية لتحضير الجسيمات النانوية:

II.3.2. الطريقة الكيميائية:

تعد طريقة آمنة تحتاج إلى تقنيات بسيطة غير مكلفة وأجهزة أقل مقارنة بالطرق الفيزيائية، كما تتطلب درجات حرارة منخفضة لتصنيع المواد النانوية بأحجام وأشكال مختلفة.

تتمثل الطريقة الكيميائية في طريقة الغرويات(Colloids) وطريقة الهلام السائل (Sol–gel) وطريقة الشرائح (L–B films) وغيرها [5].

II.4.2. الطريقة الفيزيائية:

وتتم هذه الطريقة عادة بآلية من الأعلى إلى لأسفل والتي يتم فيها تقليص المادة إلى الحالة النانوية بآليات فيزيائية كالموجات الصوتية والإشعاع بالموجات الصغرى والطريقة الإلكترو كيميائية، هذه الطريقة يمكن استخدام أنبوب التسخين عند الوزن البارومتري لدمج الجسيمات النانوية بواسطة التكثيف التبخير ويتم تبخير العنصر المصدر للمادة النانوية داخل عوامة والحرارة تقوم بتبخيره إلى غاز محمول ، وهذه الطريقة تستخدم في بناء الجسيمات النانوية للذهب والفضة والرصاص والكاديموم وكثير من الفلزات الأخرى.[5]

II.5.2. الطريقة الحيوية:

الطريقة الحيوية أو ما تعرف بالطريقة الخضراء تعتبر الطريقة الأكثر أمنا وأقل تكلفة، نتحصل من خلالها على مواد أكثر تجانسا وأقل عيوب، يتم بناء الجسيمات النانوية عن طريق كائن مجهري كالبكتيريا أو فطر أو طحلب أو أحد النباتات أو مستخلص نباتي [6].

3.II. النانو كركمين:

النانو كركمين وهو شكل جسيمي نانوي من الكركمين، يتميز بذوبانية أعلى وامتصاص أعلى وكفاءة أكبر في دخول الخلايا. ولذلك تتجه الدراسات الحديثة إلى حل مشكلة ضعف الذوبانية وانخفاض توافره الحيوي عبر البحث عن بدائل كالمواد النانوية كأحد الحلول الواعدة لتحسين خصائص الكركمين وتحويله الى جسيمات نانوية، إذ تمتلك هذه الجسيمات بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية الفريدة من نوعها مقارنة بالحجم الطبيعي مما أبرز أهمية دراسة هذا المركب وتطويره في مجالات عديدة تبدأ بالإلكترونيات ولا تنتهي بالمجال الطبي[7, 8]. إذ يعد إدماج الكركمين داخل نواقل نانوية عبر طرق مختلفة أسلوبا مناسبا لتعزيز نشاطه التغليف النانوي للكركمين في تعزيز بقائه وتداوله داخل الجسم وهذا يغير النظرة إلى الكركمين من كونه مجرد مادة غذائية (بهار) إلى كونه دواء علاجيا، حيث يسمح بتقليل الجرعة مع الحفاظ في الوقت نفسه على المستوى المطلوب من المادة الفعالة.[9-11]

4.II. بلورات الكركمين:

1.4.II. تعريف التبلور وأهميته:

التبلور هو عملية تكوّن بلورات صلبة من محلول أو مصهور وأحيانا من الحالة الغازية. يحدث نتيجة تغير في ذوبانية المذاب مما يؤدي إلى فصل المذاب من المحلول السائل وانتقاله إلى طور صلب بلوري نقي[12].

يتم التبلور على مرحلتين هما التكوين (تكون النوى) ونمو البلورات. يعرف التكوين بتجمع جزيئات المذاب لتكوين عناقيد على مقياس النانومتر والتي تصبح مستقرة تحت ظروف تشغيل محددة ويطلق على هذا العنقود المستقر اسم نواة. أما إذا كانت العناقيد غير مستقرة، فإنها تبقى معلقة ولا تستقر لذا يلزم أن تصل هذه العناقيد إلى حجم حرج معين لكي تصبح نوى مستقرة ويحدد هذا الحجم الحرج بعوامل بيئية

مثل درجة الحرارة وحالة فرط الإشباع وغيرها. وخلال مرحلة التكوين تنظم الذرات بشكل محدد ومنظم مما يحدد البنية البلورية. التي توحي بالتربيب النسبي للذرات، وليس الخصائص البصرية للبلورة (مثل الحجم والشكل)، التي تعتبر نتيجة مباشرة للبنية الداخلية للبلورة. أما نمو البلورات فهو المرحلة التالية، حيث تستمر النوى التي وصلت إلى الحجم الحرج في التطور والنمو ويعد فرط الإشباع القوة الدافعة الرئيسية لعملية التبلور ولذلك فإن معدل التكوين ومعدل النمو يتوقفان على درجة فرط الإشباع في المحلول. وبحسب الظروف المحيطة، قد تسود عملية التكوين أو عملية النمو على الأخرى مما ينتج عنه بلورات بأحجام وأشكال متنوعة. ويعرف تعدد الأشكال(polymorphism) بأنه العملية التي تتبلور فيها المركبات في هياكل بلورية مختلفة.

ويعتبر كل شكل بلوري حالة صلبة ذات خصائص ديناميكية حرارية مميزة حيث تظهر الأشكال البلورية المختلفة لنفس المركب خصائص فيزيائية متباينة مثل معدل الذوبان والشكل (زوايا الأوجه ومعدلات نموها) ودرجة الانصهار وغير ذلك لذا يعتبر تعدد الأشكال مهما جدا في التصنيع الصناعي للمواد البلورية[12].

II.5. طريقة تحضير بلورات الكركمين:

II.5.1. طريقة تبخير المذيب للمستحلب الأحادي:

تم تحضير جسيمات نانوية محملة بالكركمين باستخدام تقنية تبخير المذيب للمستحلب الأحادي. في أنبوب زجاجي، تم إذابة 100 ml الى 200 ml من بوليمرPLGA في5 ml من ثنائي كلور الميثان ثم أذيب 10mg أو 20mg من مسحوق الكركمين في خليط المذيبات، وخلطه بشكل متقطع باستخدام جهاز الخلط المستمر (Vortex) لمدة 30 دقيقة، أضيف مزيج من الدواء والبوليمير إلى أنبوب زجاجي يحتوي على 10ml من محلول PVAالمائي، ثم خلط المزيج باستخدام جهاز الخلط المستمر (Vortex) لمدة 10 ثوان أخرى بسرعة عالية.

تم استحلاب مزيج البوليمر هذا في حمام مائي مثلج لمدة 7 دقائق عند سعة 40% باستخدام جهاز سونيكاتور (Sonicator)، ثم صُب هذا المزيج المستحلب في 30 ml من محلول مائي بتركيز 0.5% مع التحريك المغناطيسي العالي بسرعة 800 دورة في الدقيقة لمدة 3 ساعات. ثم جمعت السوائل الطافية، وأعيد تعليق رواسب الجسيمات النانوية في 5 ml من الماء المقطر[13].

2.5.II. طريقة الاستحلاب بالموجات فوق الصوتية:

تحضر حوامل النانوية للكركمين باستخدام طريقة الاستحلاب، في هذه الطريقة يستخدم جهاز الموجات فوق الصوتية. تسخن حمض الستريك (SA) وثلاثي جليسريد الكابريك (CA) إلى 75C°، ثم تضاف المواد الخافضة للتوتر السطحي (Tween80 وplutonic F127) إلى محلول الدهون المذاب حتى يصبح المحلول صافيا، ثم يسخن 1 ml إضافي من الماء المقطر والمواد الحافظة للتوتر السطحي غير الأيونية إلى 75C°، ويضاف إلى المحلول المذاب الذي يحتوي على الكركمين مع التحريك المستمر، يضاف المستحلب المتكون إلى ماء بارد بدرجة حرارة تتراوح بين 2C° و4C° ليتماسك، يخلط المستحلب المتماسك بسرعة 8000 دورة في الدقيقة لمدة 5 دقائق ليتجانس. وأخيرا تتكون حوامل الدهون النانوية للكركمين موزعة توزيعا جيدا.[14]

3.5.II. طريقة التحريك والمعالجة بالموجات فوق الصوتية:

تحضر جزيئات الكركمين النانوية بطريقتين: التحريك والمعالجة بالموجات فوق الصوتية.

في طريقة التحريك يضاف 0.05 g/ml من الكركمين إلى الإيثانول ثم يضاف 100 ml من هذا المحلول إلى حجم محدد مسبقا من الماء منزوع الأيونات بعد ذلك يحرك المحلول لمدة ساعتين بسرعة 1000–2000 دورة في الدقيقة عند درجة حرارة 50C°. بعد التحريك، يجفف المحلول بالتجميد للحصول على مسحوق أصفر اللون من جزيئات الكركمين النانوية.

تعرف عملية تحضير الجزيئات النانوية من الإيثانول والتحريك باسم NEA في عملية المعالجة بالموجات فوق الصوتية، يضاف 0.10 g/ml من الكركمين إلى الإيثانول ثم يضاف 100 ml من هذا المحلول إلى حجم محدد مسبقا من الماء منزوع الأيونات، ثم عولج هذا المحلول بالموجات فوق الصوتية (W120) لمدة ساعتين عند 50C°. بعد المعالجة، جفف بالتجميد للحصول على جسيمات نانوية من الكركمين ذات لون أصفر موزعة توزيعا جيدا، بينما حفظ الجزء الثاني على شكل محلول. تستخلص الجسيمات النانوية من الكلوروفورم. [15]

4.5.II. طريقة الرش الكهرو ستاتيكي:

تحضر الجسيمات النانوية بتقنية الرش الكهرو ستاتيكي. في هذه التقنية يستخدم الكركمين كمادة فعالة والزئين (Zein) والكيتوزان (Chitosan) والبيبرازين (Piperazine) كبوليمرات حيوية لتحضير جسيمات نانوية محملة بالكركمين والبيبرازين. في تحضير الجسيمات النانوية، تحضر أولا جسيمات دقيقة غير محملة بالزئين، ثم جسيمات نانوية غير محملة بالزئين دون إضافة الكركمين أو الكيتوزان أو البيبرازين. لتحضير الجسيمات الدقيقة والنانوية غير المحملة بالزئين:

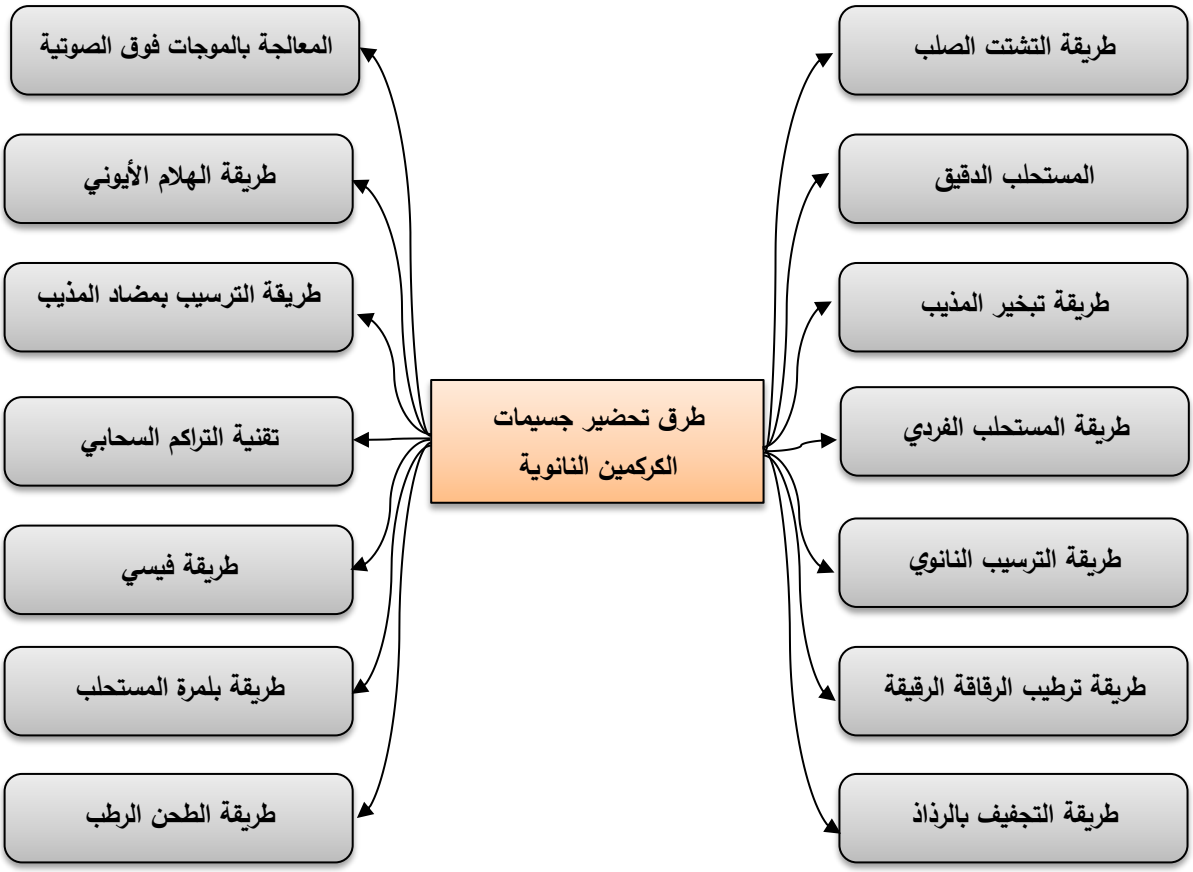
يذاب الزئين في محلول من الإيثانول والماء بنسبة 70% حجم/حجم مع التحريك المستمر عند درجة حرارة الغرفة حتى يذوب تماما.

تحضير جسيمات نانوية من الزئين محمل بالكركمين:

بعد الوصول إلى تركيز الزئين المطلوب، تضاف نسبة وزنية مختلفة من الكركمين إلى محلول الزئين. تتراوح نسبة الكركمين إلى الزئين من 1:10 إلى 1:20 ثم يذاب الكركمين في 70% من الإيثانول وتحدد النسبة المطلوبة بين الزئين ومحلول الكركمين (1:10 1:20 1:30)

تحضير جسيمات نانوية من الزئين / الكيتوزان محملة بالكركمين والبيبرازين:

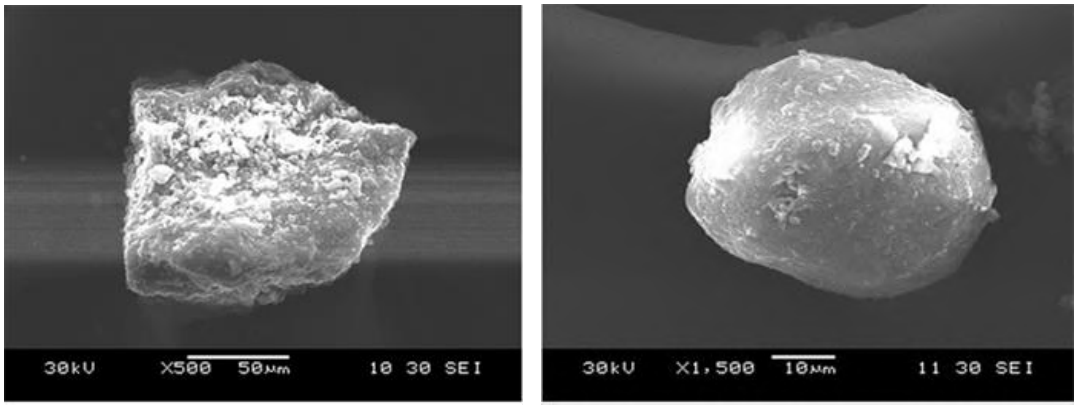
لتحضير جسيمات نانوية من الزئين / الكيتوزان محملة بالكركمين والبيبرازين يضاف محلول الزئين لمصدر التيار المستمر ويضاف محلول ثاني من الكيتوزان والبيبرازين إلى السائل الخارجي لغلاف، يضخ المحلول إلى إبر الحقن باستخدام مضخة حقن والمسافة بين طرفي الإبرة والصحيفة موصلة بمصدر طاقة مباشر ثم يطبق جهد 15KV ويزداد تدريجيا إلى 17.5 KV إلى 20 KV مع الحفاظ على معدل التدفق عند 0.3 ml/h. [16].



الشكل (2.II) : يمثل المخطط طرق تحضير الجسيمات النانوية.

6.II. العوامل المؤثرة على التبلور (مذيب- التركيز- الحرارة):

تتحكم ظروف نظام التبلور من خلال طريقة نموها والشكل النهائي للبلورة، يعد نمو البلورات من محلول فائق الإشباع طريقة شائعة تستخدم في كل من البحث العلمي والصناعة، حيث يكون ضروريا لنمو البلورات ويمكن تحقيقه بعدة طرق مثل تبخر المذيب أو تبريد المحلول أو إضافة مذيب أو إجراء تفاعل كيميائي أو تغير قيمة الرقم الهيدروجيني pH، تبدأ أول خطوات نمو البلورة بتجمع الجزيئات المرتبة لتكوين نوى قابلة للاستمرار وهي عملية التكوين إذ أن فرط الإشباع هو القوة الدافعة لعملية التبلور ويعزز عملية التكوين ويزداد حدوثه بزيادته، وتؤثر كذلك درجة الحرارة في نظام التبلور على عدة جوانب من نمو البلورات بدأ من انتشار الجزيئات من الوسط السائل إلى سطح البلورة وكذلك الذوبانية أي يؤدي خفض درجة الحرارة (التبريد) إلى تكون بلورات. يؤثر ويسهل نوع المذيب على النمو من خلال تفاعلاته مع جزيئات المذاب وتقليل التوتر السطحي وزيادة سرعة تكوين البلورة أو تبطيئها. [17-23]



الشكل(3.II) : جسيم نانوي عند التبريد 5 مرات مقابل جسيم نانوي تم تبريده مرة واحدة.

7.II. تطبيقات الكركمين البلوري والنانوي:

يعمل النانو كركمين كعامل علاجي واعد ومستقبلي، يمكن استعمال الجسيمات النانوية الصلبة المحملة بالكركمين في تركيب كريمات الوجه و معالجة مشكلات أخرى مرتبطة بالجلد [24] إذ أظهرت

الدراسات أن فعالية علاج الملاريا تزداد عند الشكل النانوية أكثر من الكركمين التقليدي و بالتالي يعد طريقة آمنة وفعالة [25].

علاوة على ذلك تصنع جسيمات النانو كركمين لعلاج مرض الزهايمر [26] وثبات فعاليتها في تعزيز التأثير العلاجي الكيميائي للأدوية المضادة للسرطان عند استخدمها مع علاج آخر [27].

المراجع

[1] P. Christian, F. Von der Kammer, M. Baalousha, and T. J. E. Hofmann, "Nanoparticles: structure, properties, preparation and behaviour in environmental media," vol. 17, no. 5, pp. 326-343, 2008.

[2] S. S. Hettiarachchi, S. P. Dunuweera, A. N. Dunuweera ,and R. G. J. A. o. Rajapakse, "Synthesis of curcumin nanoparticles from raw turmeric rhizome," vol. 6, no. 12, pp. 8246-8252, 2021.

[3] V. Kalpana, V. J. B. c. Devi Rajeswari, and applications, "A review on green synthesis, biomedical applications, and toxicity studies of ZnO NPs," vol. 2018, no. 1, p. 3569758, 2018.

[4] H. Nadaroglu, A. A. Güngör, S. J. I. J. o. I. R. Ince, and Reviews, "Synthesis of nanoparticles by green synthesis method," vol. 1, no. 1, pp. 6-9, 2017.

[5] A. Gour, N. K. J. A. c. Jain, nanomedicine,, and biotechnology, "Advances in green synthesis of nanoparticles," vol. 47, no. 1, pp. 844-851, 2019.

[6] I. Hussain, N. Singh, A. Singh, H. Singh, and S. J. B. l. Singh, "Green synthesis of nanoparticles and its potential application ",vol. 38, no. 4, pp. 545-560, 2016.

[7] A. J. J. o. A. B. R. Kariminik, "In vitro evaluation of antibacterial properties of zinc oxide nanoparticles on pathogenic prokaryotes," 2018.

[8] A. Ahmad *et al.*, "The effects of bacteria-nanoparticles interface on the antibacterial activity of green synthesized silver nanoparticles," vol. 102, pp. 133-142, 2017.

[9] R. H. Muller and C. M. J. J. o. b. Keck, "Challenges and solutions for the delivery of biotech drugs–a review of drug nanocrystal technology and lipid nanoparticles," vol. 113, no. 1-3, pp. 151-170, 2004.

[10] A. Sahu, N. Kasoju, and U. J. B. Bora, "Fluorescence study of the curcumin− casein micelle complexation and its application as a drug nanocarrier to cancer cells," vol. 9, no. 10, pp. 2905-2912, 2.008

[11] R. K. Das, N. Kasoju, U. J. N. N. Bora, Biology, and Medicine, "Encapsulation of curcumin in alginate-chitosan-pluronic composite nanoparticles for delivery to cancer cells," vol. 6, no. 1, pp. 153-160, 2010.

[12] P. Kumar, "A Critical Study on Crystallization Process," 2013.

[13] M. A. Akl *et al.*, "Factorial design formulation optimization and in vitro characterization of curcumin-loaded PLGA nanoparticles for colon delivery," vol. 32, pp. 10-20, 2016.

[14] E. S. Behbahani, M. Ghaedi, and A. J .E. P. J. Asfaram, "One-pot synthesis of magnetic lipid nanoparticles as an efficient sorbent for curcumin determination in magnetic dispersive solid-phase extraction system," vol. 118, pp. 661-667, 2019.

[15] L. C. Massimino, H. A. Faria, S. A. J. I. c .Yoshioka, and products, "Curcumin bioactive nanosizing: Increase of bioavailability," vol. 109, pp. 493-497, 2017.

[16] Y. Başpınar, M. Üstündaş, O. Bayraktar, and C. J. C. B. U. J. o. S. Sezgin, "Response surface methodology for extraction of curcumin from turmeric and piperine from black pepper," vol. 13, no. 3, pp. 747-754, 2017.

[17] P. Vishweshwar, J. A. McMahon, J. A. Bis, and M. J. J. J. o. p. s. Zaworotko, "Pharmaceutical co-crystals," vol. 95, no. 3, pp. 499-516, 2006.

[18] C. B. Aakeröy, J. Desper, and B. M. J. C. c. Scott, "Balancing supramolecular reagents for reliable formation of co-crystals," no. 13, pp. 1445-1447, 2006.

[19] C. B. Aakeröy, A. M. Beatty, B. A. Helfrich, M. J. C. g. Nieuwenhuyzen, and design, "Do polymorphic compounds make good cocrystallizing agents? A structural case study that demonstrates the importance of synthon flexibility," vol. 3, no. 2, pp. 159-165, 2003.

[20] G. J. P. i. S. C. Desiraju, "Perspectives in supramolecular chemistry," vol. 2, 1996.

[21] B. Y. Shekunov and P. J. J. o. c. g. York, "Crystallization processes in pharmaceutical technology and drug delivery design," vol. 211, no. 1-4, pp. 122-136, 2000.

[22] S. L. Morissette *et al.*, "High-throughput crystallization: polymorphs, salts, co-crystals and solvates of pharmaceutical solids," vol. 56, no. 3, pp. 275-300, 2004.

[23] A. V. Trask, D. A. Haynes, W. S. Motherwell, and W. J. C. c. Jones, "Screening for crystalline salts via mechanochemistry," no. 1, pp. 51-53, 2006.

[24] L. Cui, J. Miao, L. J. A. a. Cui ,and chemotherapy, "Cytotoxic effect of curcumin on malaria parasite Plasmodium falciparum: inhibition of histone acetylation and generation of reactive oxygen species," vol. 51, no. 2, pp. 488-494, 2007.

[25] P. P. Dandekar *et al.*, "Curcumin-loaded hydrogel nanoparticles: application in anti-malarial therapy and toxicological evaluation," vol. 99, no. 12, pp. 4992-5010, 2010.

[26] A. Mathew *et al.*, "Curcumin loaded-PLGA nanoparticles conjugated with Tet-1 peptide for potential use in Alzheimer's disease ",vol. 7, no. 3, p. e32616, 2012.

[27] M. Mimeault and S. K. J. C. m. Batra, "Potential applications of curcumin and its novel synthetic analogs and nanotechnology-based formulations in cancer prevention and therapy," vol. 6, no. 1, p. 31, 2011.

الجـــزء العمـــــلي

الفصل الثالث:

المواد والطرق

المقدمة:

في هذا الفصل سنعرض أولا لمواد وأجهزة التحليل المستعملة ثانيا سنصف تحضير عملية استخلاص الكركمين، وشرح طريقة تحضير الكركمين النانوي من نبات الكركم.

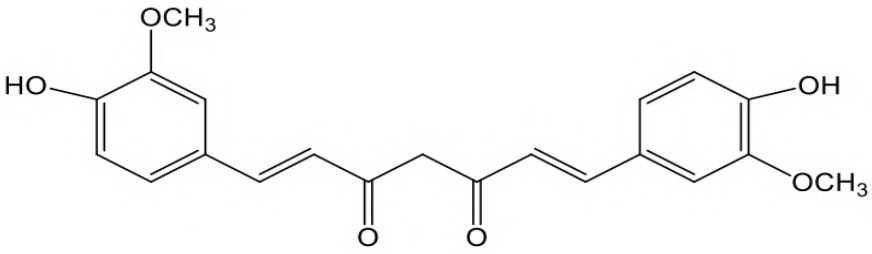
تم شراءه من السوق المحلي بولاية الوادي قمار، تم تنفيذ العملية في مخبر الكيمياء التطبيقية والبيئة في جامعة الشهيد حمه لخضر الشكل (1.III).

الشكل(1.III): تمثل الصورة نبات الكركم.

1.III. المواد الخام اللازمة للتركيبة:

1.1.III. المكون النشط (الكركمين):

المكون النشط المستخدم في تركيبة المعلق النانوي هو الكركمين، وهو المكون الرئيسي لنبات الكركم ***curcuma longa*** وكما ذكر سابقا فإن لهذا الجزيء العديد من الخصائص الكيميائية والفيزيائية الشكل(2.III).



الشكل(2.III):التركيب الكيميائي للكركمين.

2.1.III. المواد الأخرى المستعملة:

يبين الجدول التالي المواد المستعملة في تحضير التجربة

الجدول (1.III):المواد المستعملة في التجربة.

المواد	الصيغة الكيميائية	الكتلة المولية g/mol	درجة الانصهار C°	درجة الغليان C°	الكثافة
الإيثانول	C_2H_6O	46.07	−114.3	78.4	0.789
Tween 80	$C_{64}H_{124}O_{26}$	1310	حوالي 25−	حوالي 100إلى C°200	1.06
النحاس	Cu	63.55	1084.6	2562	8.96
الماء المقطر	H_2O	18	0	100	1.025

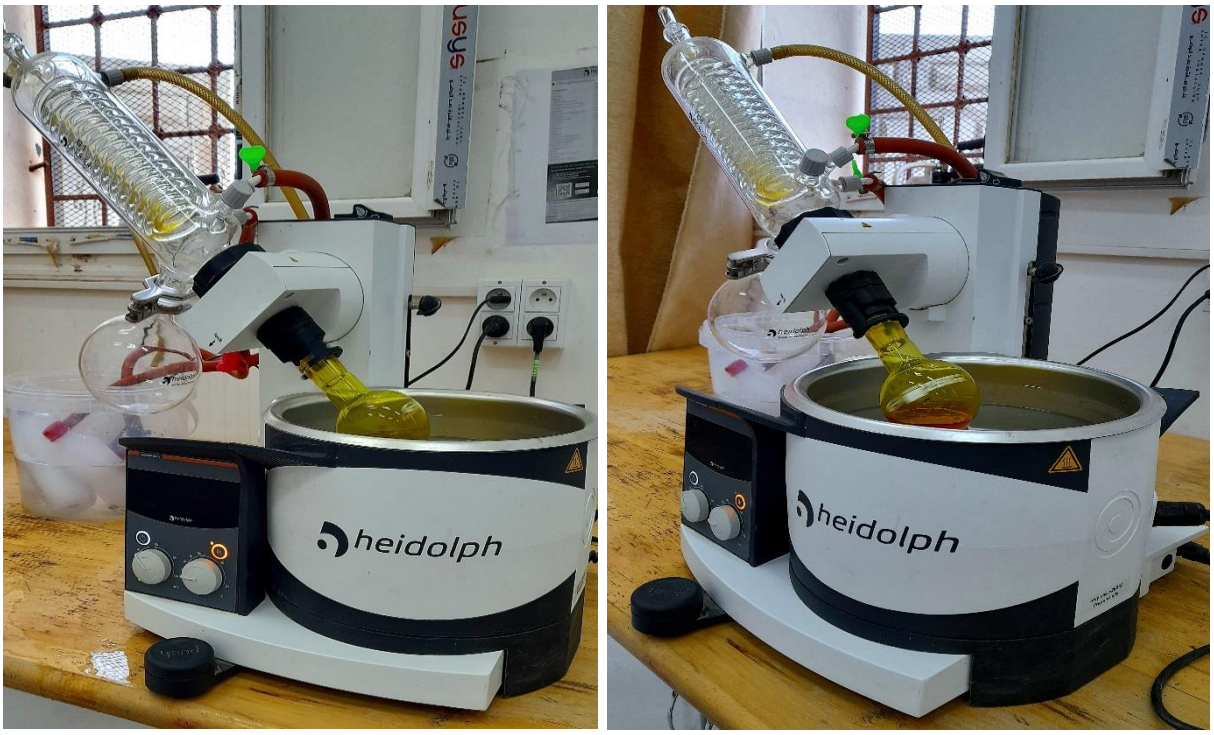
2.III. الأدوات والأجهزة المستعملة :

- **الزجاجيات المستعملة:** قمع، إرلينة، بيشر، حوجلة، سحاحة، مخبار مدرج، حمام تبخير.
- ورق ترشيح، ميزان إلكتروني حساس، مخلاط مغناطيسي، آلة طحن.

الشكل(3.III): آلة طحن وميزان إلكتروني حساس ومخلاط مغناطيسي.

- **المبخر الدوار Rotavapeur** :

يعمل الجهاز تحت ضغط منخفض وتدوير مستمر للدورق الذي يحتوي على المستخلص دون تعريضه لدرجات حرارة عالية لتجنب التحلل الحراري للمادة ويؤدي ذلك إلى تبخير المذيب في وقت أسرع الشكل(4.III).



الشكل(4.III): تمثل الصورة جهاز المبخر الدوار (Rotavapeur).

- **جهاز الموجات فوق الصوتية:**

يعد استخدام جهاز الموجات فوق الصوتية طريقة سهلة وفعالة وغير مكلفة مقارنة بالاستخلاص التقليدي حيث يعمل على تفكيك الخلايا النباتية ونقل المادة الفعالة إلى المذيب الشكل(5.III).

الشكل(5.III): تمثل الصورة التالية صورة لجهاز الموجات فوق الصوتية.

3.III. طريقة العمل:

1.3.III. استخلاص الكركمين:

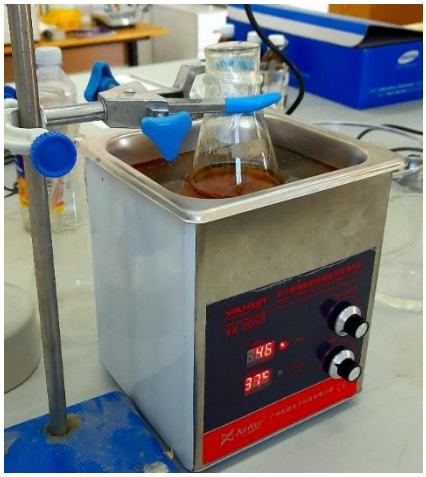
أحضرنا نبات كركم مجفف وقمنا بطحنه بواسطة مطحنة وذلك للحصول على مسحوق ناعم جدا لتسهيل عملية الاستخلاص الشكل(6.III).

الشكل(6.III): تمثل الصورة مسحوق الكركم بعد الطحن .

وزنا 35 g من مسحوق الكركم باستخدام ميزان حساس وإضافته إلى 350 ml من الإيثانول الذي تم قياسه بأسطوانة مدرجة سعتها 100 ml ثم وضعنا المزيج في إرلن ماير مع الرج الخفيف وتركه يركد حوالي 15 إلى 20 دقيقة كما هو موضح في الشكل(7.III).

الشكل(7.III): الصورة تمثل مزيج من الايثانول و الكركم.

تم تجهيز جهاز الموجات فوق الصوتية وضبط إعداداته، ووضع المزيج في الجهاز لمدة 45 دقيقة عند درجة حرارة 37C° كما هو موضح في الشكل(8.III).



الشكل(8.III): تمثل الصورة المزيج تحت المعالجة فوق الصوتية .

عقب ذلك تم إجراء عملية الترشيح لفصل المحلول عن الشوائب الصلبة، ثم وضع الراشح في جهاز المبخر الدوار عند درجة حرارة 35C° لإزالة المذيب والحصول على المستخلص المركز الشكل(9.III).

الشكل(9.III): تمثل الصورة عملية ترشيح المزيج.

كتلة الناتج المتحصل عليها بعد التبخير هي 278.943 g مع الدورق، في حين بلغت كتلة الدورق الفارغ 275.071 g. في المرحلة التالية تم إضافة 10ml من الإيثانول البارد إلى المستخلص، بعد ذلك أضيفت 55 ml من الماء المقطر تدريجيا (قطرة قطرة) مع التحريك المستمر مما أدى إلى تشكل معلق، تم تغطية المزيج باستخدام ورق شفاف ووضعه في الثلاجة لمدة 24 ساعة لحدوث التبلور. بعد مرور 24 ساعة تم إخراج العينة وتركها تجف بواسطة الفرن، ثم تم جمع الناتج المتحصل عليه ووضعه في أنبوبين لاستعماله في التحاليل اللاحقة الشكل(10.III).

الشكل(10.III): مراحل استخلاص الكركمين.

المردود: يعرف المردود بأنه النسبة بين كتلة المستخلص الناتج بعد الاستخلاص وكتلة المادة النباتية الجافة المستخدمة، ويحسب المردود، معبرا عنه كنسبة مئوية باستخدام الصيغة التالية:

$$Rd\% = (ME/MP)\times 100$$

Rd :نسبة الاستخلاص%

ME:كتلة المستخلص g

MP :كتلة المسحوق g

2.3.III. تحضير النانو كركمين:

أولا تم تحضير محلول مائي يحتوي على 1 g من Tween 80 مذاب في 200 ml من الماء المقطر، مع التحريك بواسطة مخلاط مغناطيسي لمدة 15 دقيقة حتى تمام الذوبان. في المقابل تم إذابة 1 g من الكركمين المستخلص في حوالي 25 ml من الإيثانول. بعد ذلك تم إضافة محلول الكركمين إلى المحلول المائي تدريجيا (قطرة قطرة) مع التحريك المستمر وترك فاصل زمني يقدر بـ 5 دقائق بين كل قطرة، مما أدى إلى تشكل معلق نانوي ثم وضع المزيج في حمام مائي عند درجة حرارة 40C° لمدة 20 دقيقة عقب ذلك وضع في جهاز الموجات فوق الصوتية الشكل(11.III).

الشكل(11.III): المزيج اثناء تقطير الكركمين و داخل الحمام المائي.

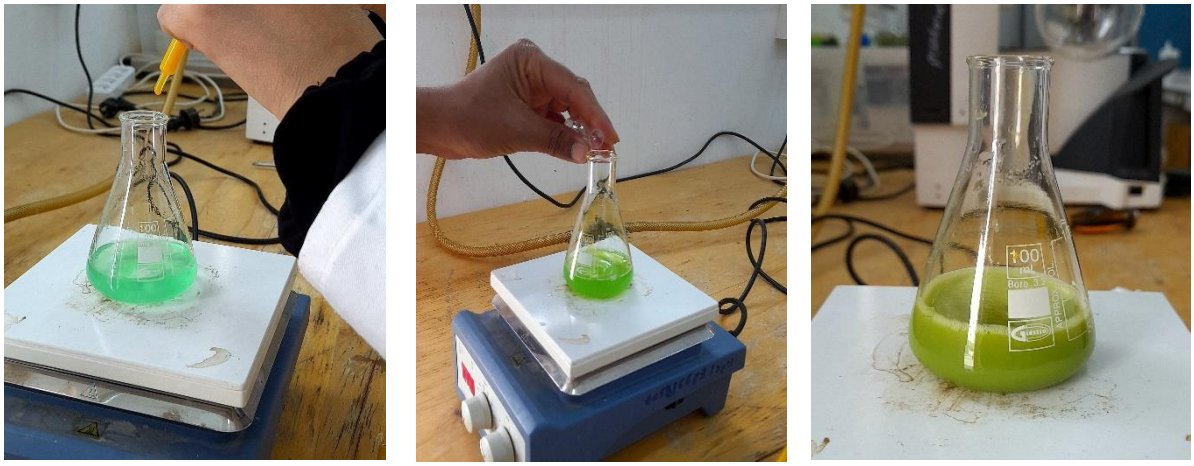
تم أخذ 20 ml من المزيج المحضر وإضافتها تدريجيا (قطرة قطرة) إلى 200 ml من الماء المقطر تحت التحريك المغناطيسي بهدف تحسين تشتت الجسيمات النانوية ومنع تكتلها واستعمالها في تحضير محاليل الأكاسيد النانوية.

4.III. تحضير أكاسيد نانوية (CuO) باستعمال النانو كركمين :

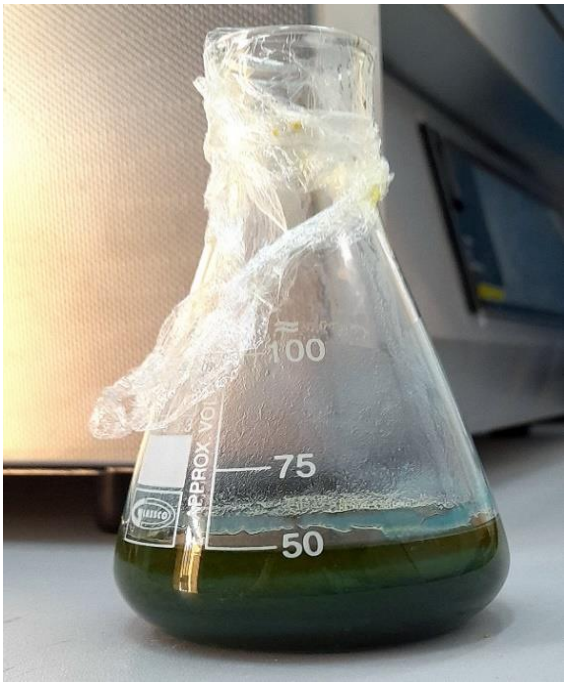
تم تحضير محلول يحتوي على 50 mg من كلوريد النحاس الثنائي $CuCl_2$ مذاب في 50 ml من الماء المقطر الشكل(12.III).

الشكل(12.III): محلول كلوريد النحاس الثنائي $CuCl_2$.

وأضيفت كمية من محلول نانو كركمين إلى محلول النحاس (قطرة قطرة) بعدها أضيفت قطرات من هيدروكسيد الصوديوم NaOH لتعديل قيمة الpH مع الدوران المستمر، الشكل(13.III) حتى يترسب الشكل(14.III).



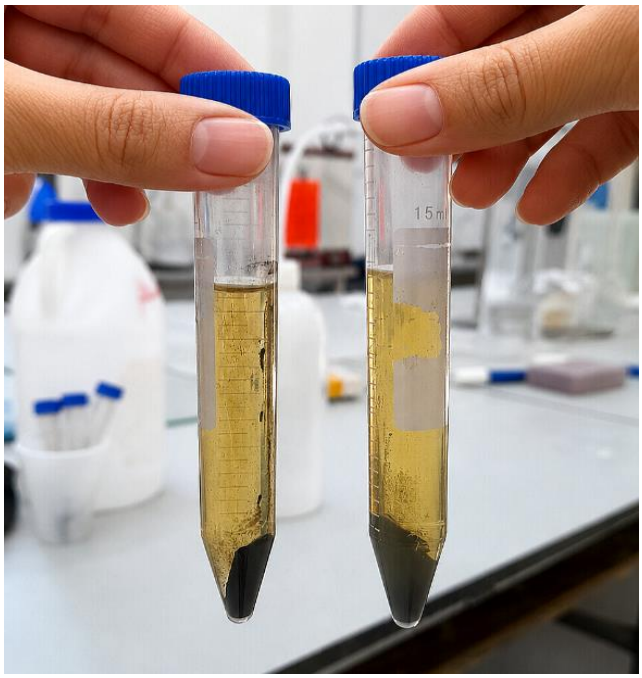
الشكل(13.III): مراحل ترسيب وتحضير أكسيد النحاس باستعمال النانو كركمين .



الشكل(14.III): المزيج الناتج بعد اكتمال الترسيب.

وضع المزيج بعد الترسب في جهاز الطرد المركزي لمدة 10 دقائق بسرعة 4500 دورة في دقيقة وكررت العملية عدة مرات **الشكل(15.III)**.

الشكل(15.III): فصل الراسب باستعمال جهاز الطرد المركزي.



الشكل(16.III): صورة في إحدى مراحل الطرد المركزي.

في النهاية جفف الراسب المتحصل عليه من الطرد المركزي وخضع لمعالجة حرارية بلغت 60C° للحصول على أكسيد النحاس CuO الشكل(17.III).

الشكل(17.III): أكسيد النحاس النانوي CuO بعد التجفيف والمعالجة الحرارية.

5.III. تقنيات التحليل:

1.5.III. جهاز الأشعة فوق البنفسجية ــ المرئية (UV–Vis) :

لطالما كانت مطيافية الامتصاص الأشعة فوق البنفسجية والمرئية تقنية بسيطة تعتمد على البنية الإلكترونية للمركب أو جزء منه للكشف عن وجوده (التحليل النوعي) وتحديد تركيزه (التحليل الكمي). ويقتصر استخدامها بشكل متزايد على التحليل الكمي وفقا لقانون بير لامبيرت[1, 2] يعتمد النطاق ذو الصلة من 80 nm إلى 800nm ويمتد النطاق المرئي من 400 nm (الأزرق) إلى 800 nm (الأحمر). ويمتد نطاق الأشعة القريبة من 200 nmإلى 400 nm ونطاق الأشعة البعيدة من 10 nm إلى 200 nm الشكل (19.III) [3].

الشكل (18.III): جهاز الاشعة فوق البنفسجية Ultra-Violet-visible.

2.5.III. جهاز الاشعة تحت الحمراء (IR) :

يعد تقنية تعتمد على اهتزازات الذرات في الجزيء ويتم الحصول على طيف الأشعة تحت الحمراء عادة عبر عينة وتحديد نسبة الإشعاع الساقط الذي يتم امتصاصه عند طاقة معينة وتتوافق الطاقة التي يظهر عندها أي ذروة في طيف الامتصاص مع تردد اهتزاز جزء من جزيء العينة [4]. ويكمن الاختلاف الرئيسي في مستويات الطاقة المستخدمة في هذه التقنية وتحديدا طاقات اهتزاز الروابط الجزيئية (اهتزازات التكافؤ أو التمدد و اهتزازات التشوه الزاوي) يمتد نطاق طيف الأشعة تحت الحمراء منμm 0.75 إلى 300μm ولكن معظم التطبيقات تقع بين 2.5μm و 15μm ما يقابل أعدادا موجبة من cm 670 إلىcm^2 4000 والتي تقابل طاقة أقل تتراوح من 2KJ/mol إلى 40 KJ/mol الشكل (20.III) [3].

الشكل (19.III): صورة تمثل جهاز الاشعة فوق الحمراء La spectroscopie infrarouge .

3.5.III. جهاز الاشعة السينة (DRX):

هي نوع من الإشعاعات الكهرومغناطيسية ذات طاقة عالية وطول موجي قصير ذات طبيعة مزدوجة، من أهم التقنيات لدراسة البنية البلورية للمواد وتحديد درجة تبلورها حيث تستعمل على نطاق واسع في العديد من المجالات البحثية الشكل (21.III) [5].

الشكل (20.III): تمثل الصورة جهاز الأشعة السينية .

4.5.III. جهاز كروماتغرافي السائل HPLC:

أصبحت الكروماتغرافيا في الطور السائل والتي تعرف غالبا بالاختصار HPLC، أداة تحليلية فعالة تستخدم في مجالات متعددة بدءًا من تحليلي السوائل البيولوجية وصولا الى تحليل المنتجات البترولية الثقيلة [6, 7]. ويتكون من أربع رئيسية هي نظام الضخ والحاقن والعمود والكاشف حيث يقوم السائل بحمل المواد المكونة للمزيج المراد فصله عبر هذه الأجزاء المختلفة الشكل (23.III) [8].

الشكل (21.III): تمثل الصورة جهاز الكروموتغرافيا السائل HPLC

المراجع:

[1] B. J. A. d. Physik, "Bestimmung der Absorption des rothen Lichts in farbigen Flüssigkeiten," vol. 162, no. 5, pp. 78-88, 1852.

[2] J. H. Lambert, *Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae*. sumptibus vidvae E. Klett, typis CP Detleffsen, 1760.

[3] H. J. o. d. p. u. Smain, Edition, "méthode d'analyses spectroscopiques en chimie organique," vol. 1, p. 5740, 2017.

[4] O. Koch, W. Kreuzer, A. J. A. m. Scrinzi, and computation, "Approximation of the time-dependent electronic Schrödinger equation by MCTDHF," vol. 173, no. 2, pp. 960-976, 2006.

[5] H. A. El-Batal *et al.*, "Optical and infrared properties of lithium diborate glasses doped with copper oxide: effect of gamma irradiation," vol. 50, no. 6, pp. 398-404, 2012.

[6] J. Mendham, *Analyse chimique quantitative de Vogel*. De Boeck Supérieur, 2006.

[7] M. CAUDE and A. J. T. d. l. i. A. e. c. JARDY, "Chromatographie en phase, liquide: Théorie et méthodes de séparation," vol. 2, no. P1455, pp. p1455. 1-p1455. 44, 1994.

[8] M. CAUDE and A. J. T. d. l. i. A. e. c. JARDY, "Chromatographie en phase liquide: Appareillage et applications," vol. 2, no. P1456, pp. p1456. 1-p1456. 15, 1995.

الفصل الرابع:

النتائج والمناقشة

تمهيد:

بعد استعراض الجوانب النظرية والتجريبية المتعلقة باستخلاص الكركمين من نبات الكركم. يركز هذا الفصل على تقديم النتائج المتحصل عليها باستخدام الطرق الطيفية، من خلال تقييم كفاءة عملية الاستخلاص إلى جانب دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للكركمين، كما يتضمن نتائج التوليف الحيوي لأكسيد النحاس CuO.

1.IV. مردود الاستخلاص: بعد اكتمال عملية استخلاص الكركمين، تم تحديد إنتاجية الكركمين المستخلص باستخدام صيغة بسيطة.

مردود الكركمين = (وزن الكركمين المستخلص ÷ الوزن الكركمين الابتدائي) × 100

$$\textbf{Yield (\%)} = (m_e/m_0) \times 100$$

$$R = (3.872 \div 35) \times 100 = 11.06\%$$

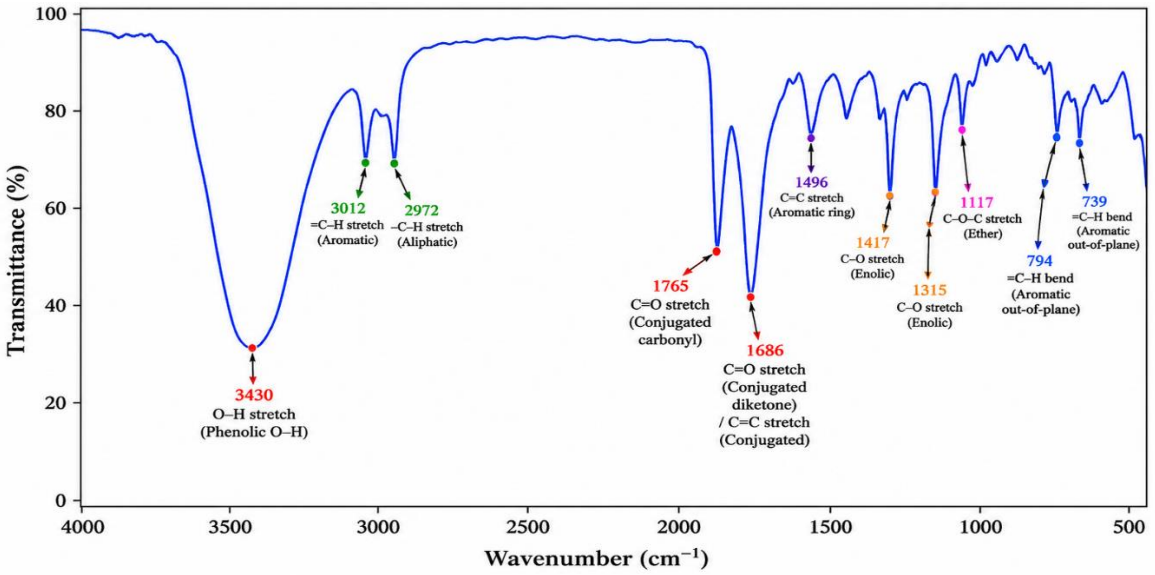
2.IV. نتائج طيف الاشعة تحت الحمراء (IR):

1.2.IV. الكركمين:

استخدم تحليل FTIR لتحديد المجموعات الوظيفية من خلال امتصاصها في العينة. يوضح الشكل (1.IV) طيف FTIR للكركمين المستخلص.

أظهر تحليل طيف الاشعة تحت الحمراء FTIR للكركمين المستخلص وجود عدة قمم مميزة تؤكد التركيب الكيميائي للمركب. حيث ظهرت قمة عريضة قوية عند $3430.80\ cm^{-1}$ تعود إلى اهتزاز رابطة الهيدروكسيل في الصورة الاينولية الفينولية O–H مما يؤكد وجود رابطة هيدروجينية كما لوحظت قمة عند $1765.23cm^{-1}$ مرتبطة باهتزاز الرابطة C=O أيضا بلغت قمة عند cm^{-1}

1686.29 تعود إلى اهتزاز الرابطة C=O وC=C كذلك تم تسجيل قمم مرتبطة بالاهتزازات العطرية لرابطة C=C داخل الحلقة البنزينية عند $1496.84\ cm^{-1}$ وأما القمم عند cm^{-1} 1315.29 و$1417.90\ cm^{-1}$ فتعود إلى اهتزاز روابط C–O والمجموعة الاينولية في حين تشير القمم عند $1117.94\ cm^{-1}$ إلى اهتزازات روابط الإيثر C–O–C وأظهرت قمم منخفضة التردد $739.04\ cm^{-1}$ و $794.30\ cm^{-1}$ مرتبطة بإنحناءات C–H العطرية خارج المستوى وتتوافق النتائج المتحصل عليها تقريبا مع هذه الدراسة المماثلة [1].

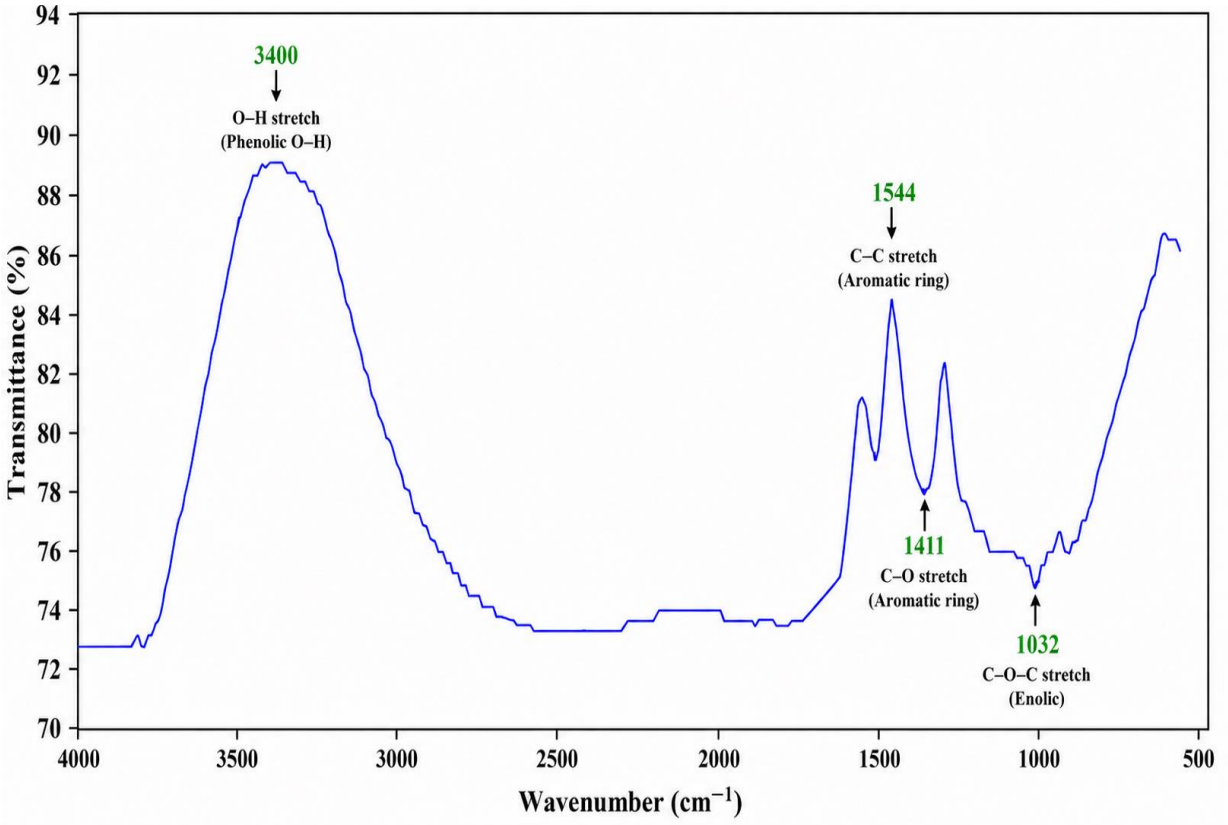


الشكل (1.IV): يمثل الرسم البياني نتائج طيف الأشعة تحت الحمراء للكركمين.

2.2.IV. بلورات الكركمين:

أعطت نتيجة تحليل طيف الاشعة تحت الحمراء FTIR الخاص ببلورات الكركمين وجود قمم مميزة تشير إلى احتفاظ البلورات بالبنية الكيميائية للكركمين بعد عملية التبلور. حيث سجلت قمة عند $1544cm^{-1}$ والتي تعبر عن اهتزازات الرابطة العطرية C=C مع مجموعة الكربونيل. وذلك يؤكد

استقرار النظام داخل البلورات. كما لوحظت قمة عند $1411 cm^{-1}$ متعلقة باهتزازات روابط C–O والمجموعة الاينولية، تعد من أهم الخصائص للكركمين البلوري. أما القمة عند $1032cm^{-1}$ فتعود إلى اهتزازات روابط الإيثر C–O–C مما يدل على المجاميع الأكسجينية في التركيب البلوري أما عند القمة $3400cm^{-1}$ تعود إلى روابط O–H . وتتوافق النتائج المتحصل عليها تقريبا مع هذه الدراسة المماثلة [2].

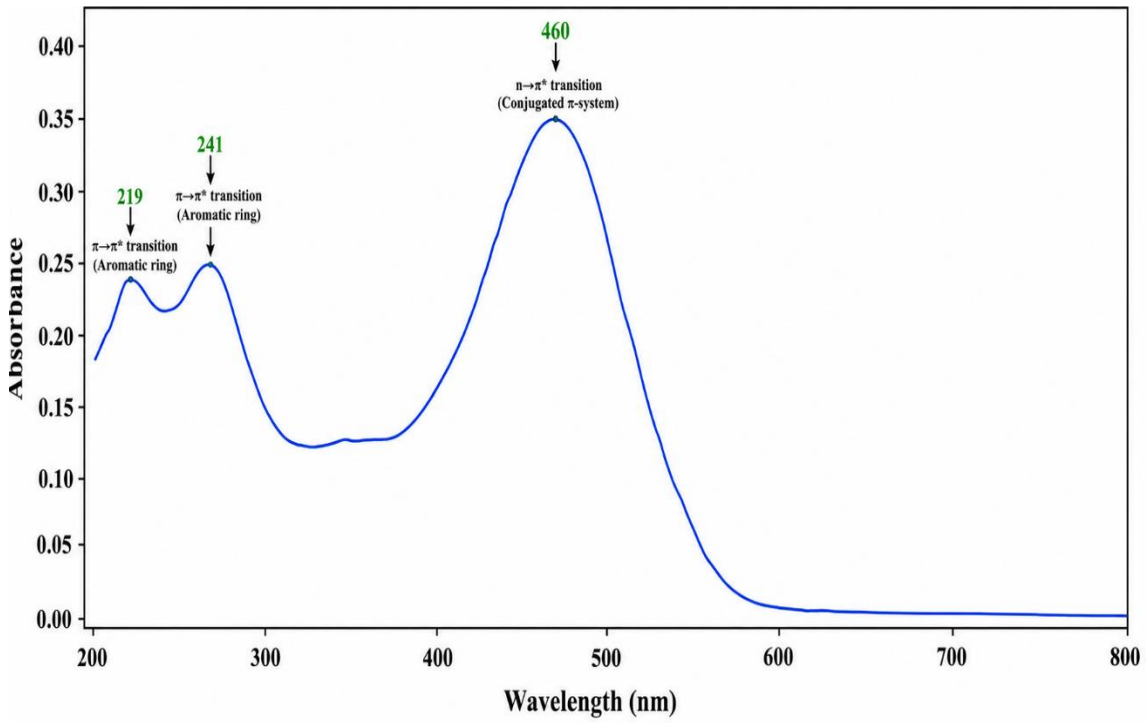


الشكل (2.IV): يمثل الرسم البياني نتائج الأشعة طيف تحت الحمراء لبلورات الكركمين.

3.IV. نتائج طيف الاشعة الفوق بنفسجية:

1.3.IV. الكركمين:

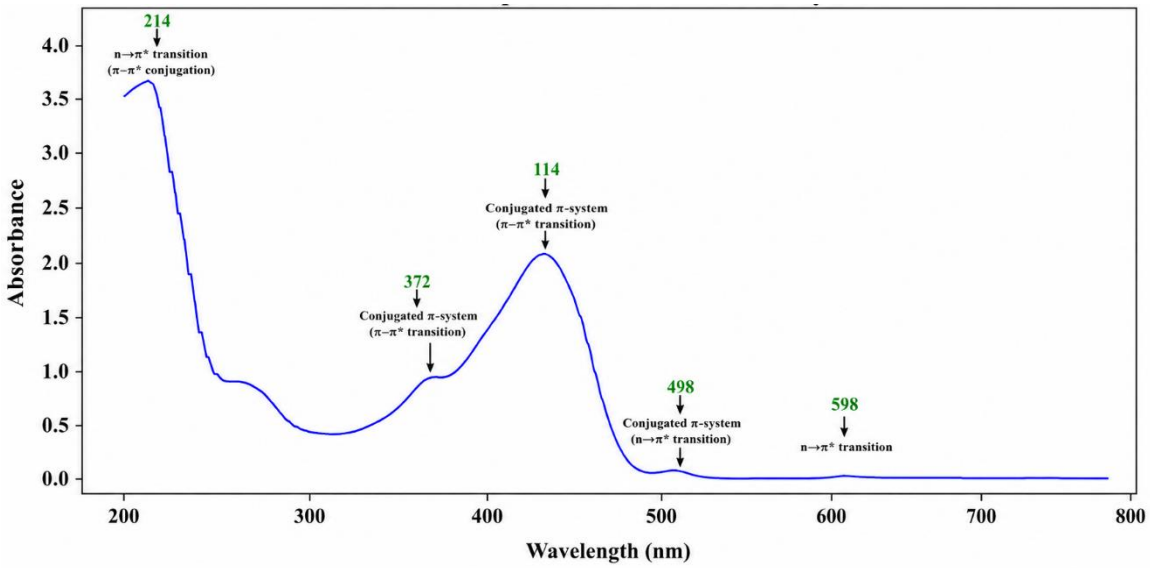
أظهر طيف UV–VIS للكركمين بالصيغة الاينولية قيمة عظمى بالطول الموجي λ_{max} تساوي 460 nm مع امتصاصية مقدارها 0.396 ويعود ذلك إلى توافق روابط π التي تعمل ككروموفرات داخل الجزيء الممتد عبر السلسلة الكربونية المترافقة ومجموعة الديكتيون. كما ظهرت قمم امتصاص عند 219 nm و241.21 nm وهي تعود إلى انتقالات إلكتروني من نوع π → π * المرتبطة بالحلقات العطرية والروابط المزدوجة داخل التركيب الجزئي للكركمين. ويتقارب نتائج دراستنا مع هذه الدراسة التجريبية المماثلة. [3]



الشكل (3.IV): يمثل المنحنى البياني نتائج طيف الأشعة فوق البنفسجية للكركمين

2.3.IV. بلورات الكركمين:

أعطت نتائج تحليل طيف الأشعة فوق البنفسجية ـ المرئية (UV–VIS) الخاصة ببلورات الكركمين العديد من قمم الامتصاص والتي تعكس الطبيعة الإلكترونية للمركب بعد عملية التبلور. سجلت قمة قوية عند 214.19 nm ناتجة عن انتقالات إلكترونية من نوع π → π* المتعلقة بالحلقات العطرية والمزدوجة في البنية الجزيئية للكركمين. كما لوحظت قمم واضحة عند 372.79 nm و114.92 nm تشير إلى انتقالات النظام الالكتروني بالمرافق الممتد على السلسلة الكربونية ومجموعة الديكتيون. مما يوضح زيادة انتظام النظام الإلكتروني داخل البلورات، كذلك وجدت قمم ضعيفة عند 497.94 nm و598.31 nm تدل على انتقالات π →n*الناتجة عن الأزواج الإلكترونية الحرة في ذرات الأكسجين ضمن مجموعات الكربونيل والهيدروكسيل ويتقارب نتائج دراستنا مع هذه الدراسة التجريبية المماثلة [2].



الشكل (4.IV): يمثل المنحنى البياني نتائج طيف الأشعة فوق البنفسجية لبلورات الكركمين.

4.IV. حيود الأشعة السينية (DRX):

❖ حساب نسبة التبلور للكركمين المستخلص:

تم حساب النسبة المئوية لمؤشر التبلور (CrI) حسب طريقة Segal وفقا للمعادلة التالية:

$$CrI\ (\%) = \left(\frac{(Imax\ -\ Iam)}{Imax}\right) \times\ 100$$

- $Imax$: شدة أعلى قمة بلورية في منحنى DRX (θ =20.58°)
- Iam: شدة الجزء الغير متبلور عند أقل نقطة بين القمم (θ = 17.88°)

$$CrI\ (\%) = \left(\frac{(5682 - 1420\ )}{5682}\right) \times\ 100 =\ 75\ \%$$

❖ حساب القطر البلوري:

تم حساب القطر البلوري وفقا لقانونScherrer :

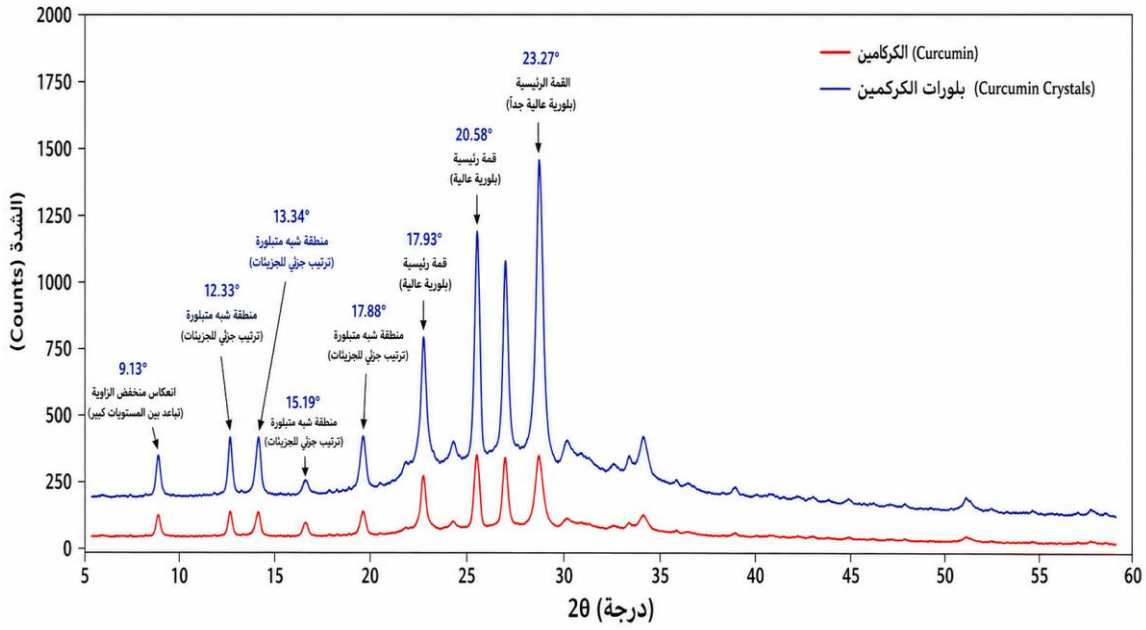
$$D = \left(\frac{(\ \lambda K)}{\beta\ \cos\theta}\right)$$

حيث:

- D: القطر البلوري nm
- K: ثابت شير ≈ 0.9
- λ: طول موجة الأشعة السينية (Cu Ka= 0.15406)
- β: عرض القمة عند نصف الارتفاع (FWHM)
- θ: نصف زاوية الحيود

$$D = \left(\frac{0.9 \times 0.15406}{0.0424 \times \cos 12.46°}\right) \approx 3.35nm$$

أظهر تحليل حيود الأشعة السينية DRX للكركمين وبلورات الكركمين عدة قمم حيود حادة ومميزة، تؤكد على الطبيعة البلورية للمركب. سجلت القمم الرئيسية عند قيم 2θ تقريبا °9.13 و°12.33 و°13.34 و°15.19 و°17.88، وهي تشير إلى وجود مناطق شبه متبلورة ناتجة عن الترتيب الجزئي للجزيئات داخل البنية الصلبة. كما لوحظت قمم أكثر وضوحا عند °20.58 و°21.93 و °23.27 والتي تعبر عن الانعكاسات البلورية الرئيسية للكركمين وتشير إلى انتظام الشبكة البلورية وارتفاع درجة التبلور.[4] .

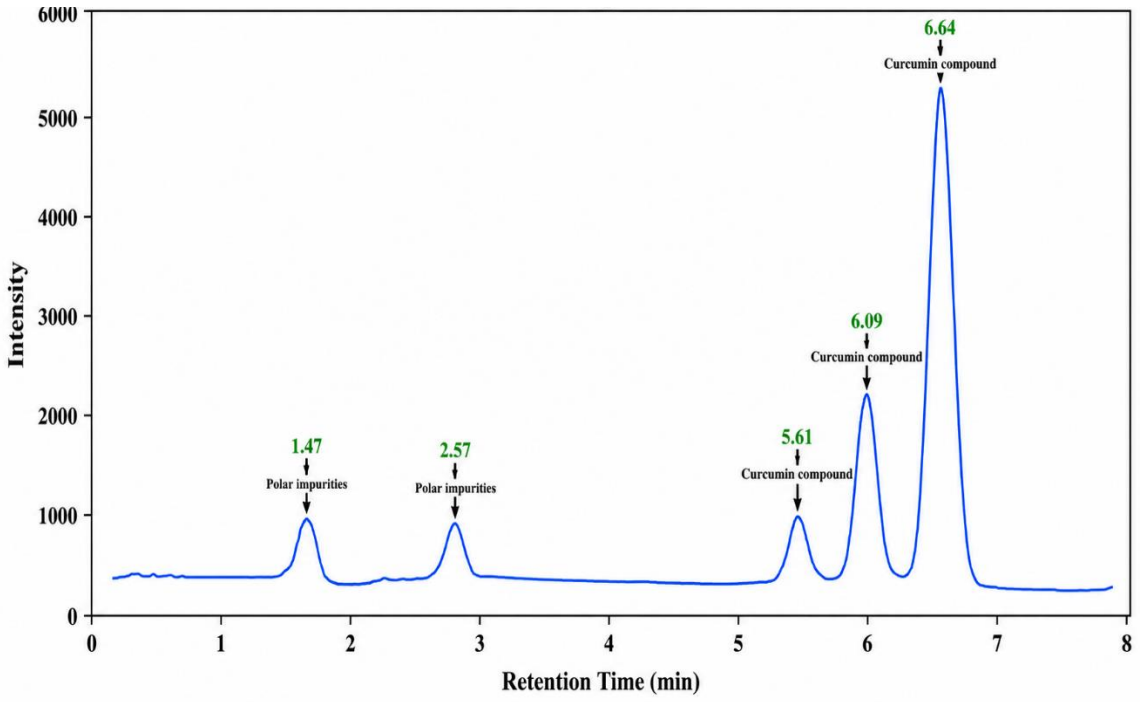


الشكل (5.IV) : يمثل المنحنى البياني نتائج حيود الأشعة السينية للكركمين وبلورات الكركمين.

IV. 5. نتائج كروماتوغرافيا السائل HPLC :

IV.1.5. الكركمين:

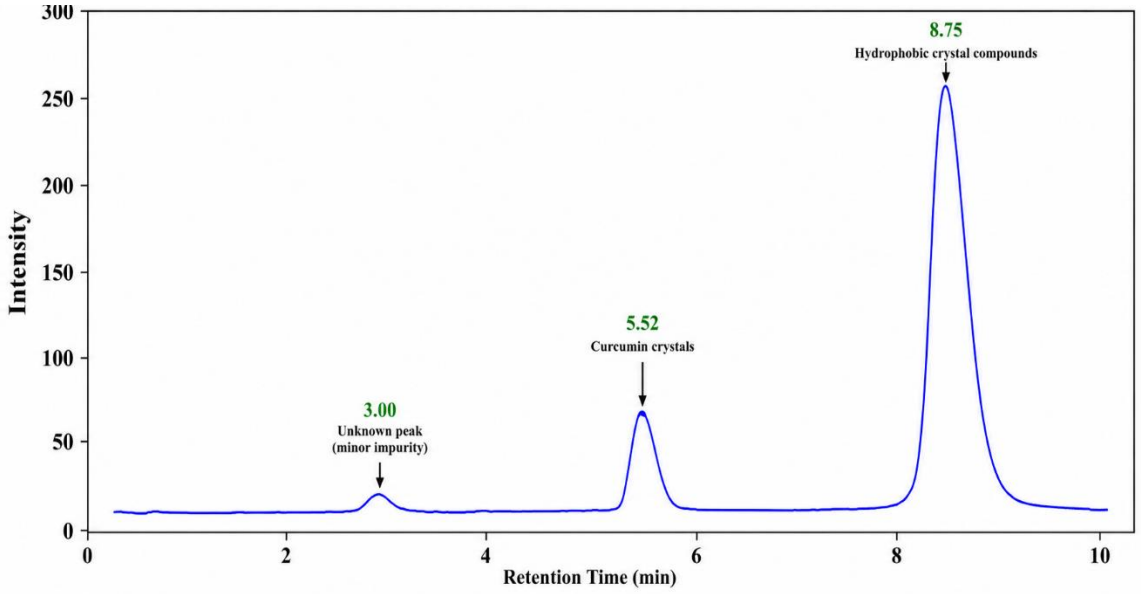
أعطى تحليل كروماتغراف HPLC الخاص بالكركمين عدة قمم مميزة عند أزمنة احتجاز متعددة هذا يعكس وجود مركبات متعددة في العينة وقمم أخرى صغيرة عند 1.47 و2.57 دقيقة عادة ما تكون شوائب أو مركبات قطبية ضعيفة التفاعل في الطور الثابت لذلك لم تسجل قمة عالية في العمود الكروماتوغرافيا، كما سجلت أيضا القمم الأساسية المهمة عند 5.61 و6.09 و6.64 دقيقة والتي تتعلق بالكركمين ومشتقاته الطبيعية. وبين الكروماتغراف في الرسم البياني أن المركب السائد في العينة هو الكركمين حيث بلغت القمة عند 6.64 وهو أعلى نتيجة وتعكس نسبة النقاوة المرتفعة للكركمين[5].



الشكل (6.IV): يمثل الرسم البياني نتائج التحليل الكروموتغرافي السائل HPLC للكركمين

2.5.IV. بلورات الكركمين:

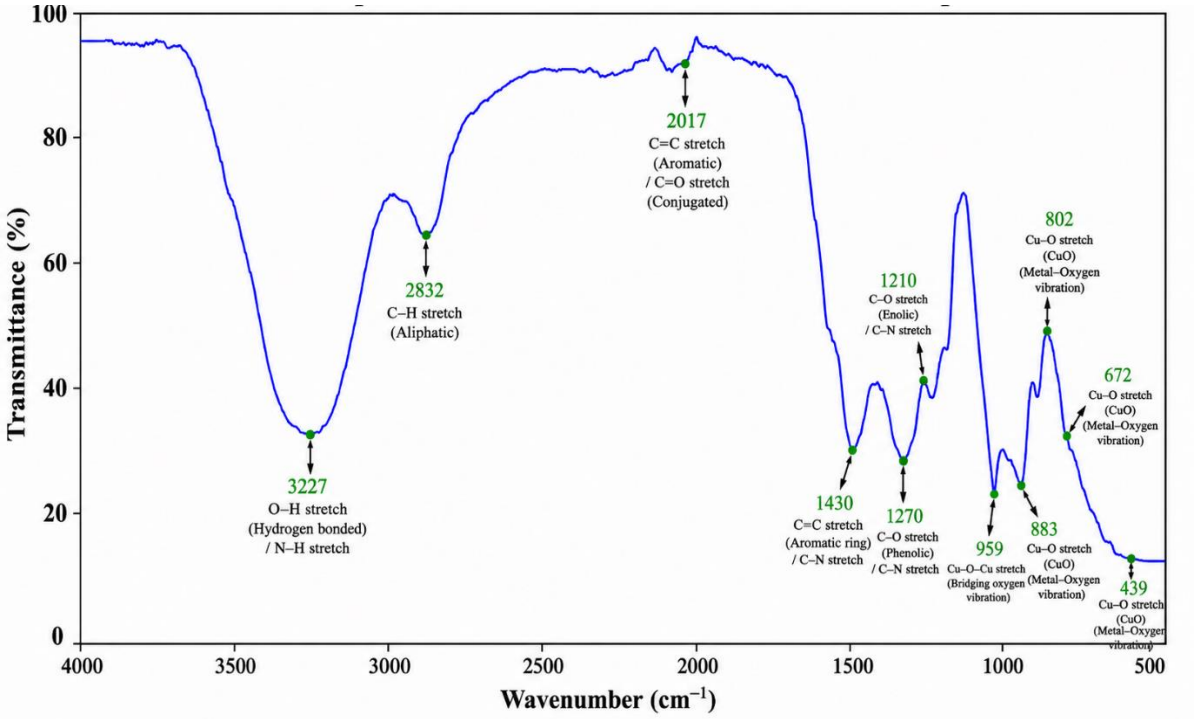
أعطى كروماتوغراف HPLC الخاص ببلورات الكركمين نتائج قمم واضحة ومتميزة مما يعني تحقق عملية فصل كروماتغرافي للمركبات المختلفة في العينة. سجلت قمة عند زمن احتجاز عند 5.52، ترجع إلى وجود بلورات الكركمين الأساسية، حيث تعود دلالة هذا الزمن على وجود توازن في التفاعل بين جزيئات الكركمين والطور الثابت داخل العمود الكروماتوغرافي. ولوحظ كذلك قمة عالية الشدة عند 8.75 والتي إما ترمز إلى الشكل البلوري الأكثر انتظاما واستقرارا أو للمركبات الكارهة للماء. يكمن الفرق بين القمة الأولى والثانية من ناحية وضوح شدة ارتفاع القمة وانتظامها الذي يدل على نجاح وفعالية عملية الفصل واستقرار العينة أثناء التحليل وكذلك تحسن نقاوتها البنيوية وارتفاع نسبة تركيز المركب البلوري[2].



الشكل (7.IV): يمثل الرسم البياني نتائج كروماتغراف السائل HPLC لبلورات الكركمين.

6.IV. نتائج طيف الأشعة تحت الحمراء لأكسيد النحاس:

أعطت نتائج التحليل لأكسيد النحاس النانوي المحضر بالكركمين بواسطة مطيافية الأشعة تحت الحمراء سجلت نطاقات امتصاص مختلفة عند $883\ cm^{-1}$ و 802 و 959 تعود إلى اهتزازات Cu–OH و اهتزازات الكربونات السطحية CO_3^{-2} واهتزازات Cu– O –Cu وظهرت قمم $439\ cm^{-1}$ و $672cm^{-1}$ تشير إلى وجود روابط Cu–O المميزة والتي تعني تشكل أكسيد النحاس وهو ما يؤكد نجاح التحضير النانوي الأخضر، كما لوحظت قمم امتصاص أخرى مسجلة عند $3227\ cm^{-1}$ تعود إلى اهتزازات روابط الهيدروكسيل O–H، أما القمم عند $1210cm^{-1}$ و$1270\ cm^{-1}$ تمثل اهتزازات الروابط للمجموعات العضوية C–Oو C–O–C[6] [7, 8].



الشكل (8.IV): يمثل الرسم البياني نتائج طيف الأشعة تحت الحمراء لأكسيد نحاس النانوي.

7.IV. نتائج حيود الأشعة السينية DRX:

❖ حساب نسبة التبلور للكركمين المستخلص:

تم حساب النسبة المئوية لمؤشر التبلور (CrI) حسب طريقة Segal وفقا للمعادلة التالية:

$$CrI\ (\%) = \left(\frac{(Imax\ -\ Iam)}{Imax}\right) \times\ 100$$

- $Imax$: شدة أعلى قمة بلورية في منحنى DRX (645.437)
- Iam: شدة الجزء الغير متبلور عند أقل نقطة بين القمم (575.016)

$$CrI\ (\%) = \left(\frac{(645.437 - 575.016\ )}{645.437}\right) \times\ 100 =\ 10.91\ \%$$

❖ حساب القطر البلوري:

تم حساب القطر البلوري وفقا لقانونScherrer :

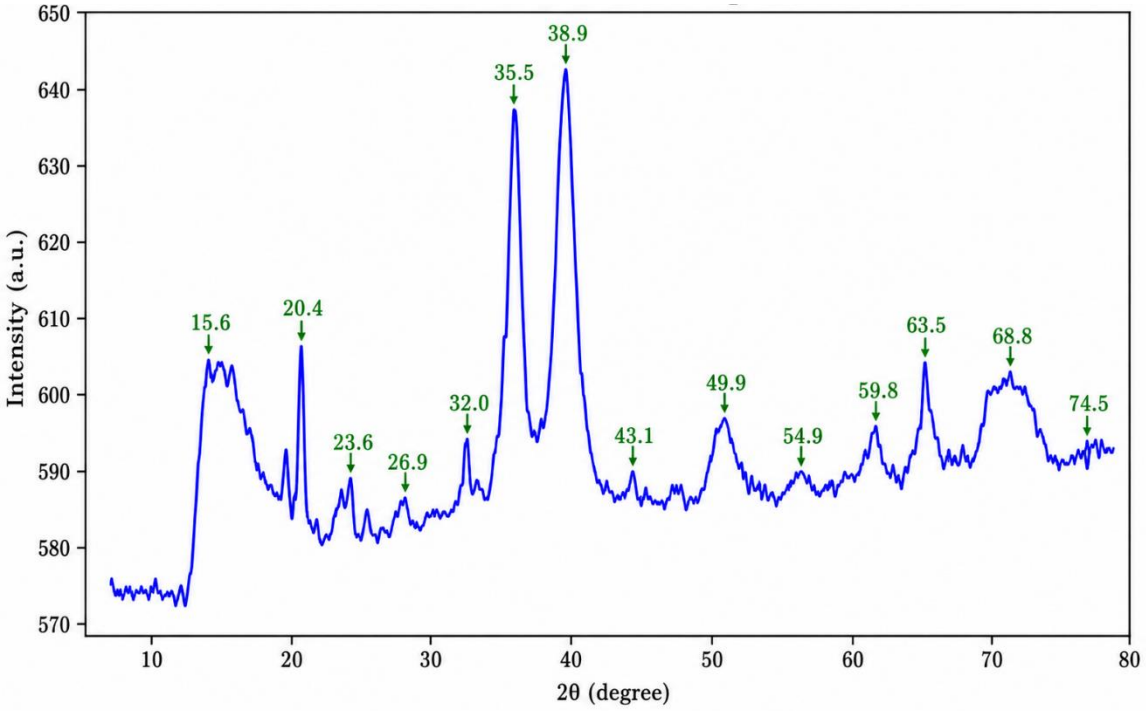
$$D = \left(\frac{(\ \lambda K)}{\beta\ \cos\theta}\right)$$

حيث:

- D: القطر البلوري nm
- K: ثابت شير ≈ 0.9
- λ: طول موجة الأشعة السينية (Cu Ka= 0.15406)
- β: عرض القمة عند نصف الارتفاع (FWHM)
- θ: نصف زاوية الحيود

$$D = \left(\frac{0.9 \times 0.15406}{0.02495 \times \cos 19.47°}\right) \approx 5.89nm$$

سُجلت نتائج تحليل الأشعة السينية لأكسيد النحاس النانوي المحضر بالكركمين قمم حيود رئيسية مختلفة عند 2θ على النحو التالي 32°، 35.5°، 38.9°، 54.9°، 59.8°، 63.5°، 68.8°، 74.5° مما يدل على توافقها مع المستويات البلورية للبنية أحادية الميل للكركمين، وتمثلت أقوى القمم والأكثر شدة عند 35.5° و38.9° وهذا يؤكد التبلور الجيد لأكسيد النحاس النانوي ويثبت فعالية تكوين الجسيمات النانوية[9, 10].



الشكل (9.IV): يمثل الشكل البياني نتائج التحليل الأشعة السينية لأكسيد النحاس النانوي.

المراجع:

[1] J. W. G. RAMÍREZ, Marilia1; DELGADO, Gerzon E.1, "EXTRACTION AND CHARACTERIZATION OF CURCUMIN FROM TURMERIC RHIZOMES GROWN IN MÉRIDA, VENEZUELA," 2020.

[2] H. V. Nong, "Fabrication and vibration characterization of curcumin extracted from turmeric (Curcuma longa) rhizomes of the northern Vietnam," 2016.

[3] E. Ríos, A. L. Duque, and D. F. J. R. d. i. U. d. Q. León, "Caracterización espectroscópica y cromatográfica de curcumina extraída de los rizomas de Cúrcuma (Curcuma longa l.) Cultivada en el departamento del Quindío," vol. 19, no. 1, pp. 18-22, 2009.

[4] Q. Kanwal, "Curcumin nanoparticles: physicochemical fabrication, characterization, antioxidant, enzyme inhibition, molecular docking and simulation studies," 2023.

[5] K. B. L. Haroon Khalid Syed ,Gabriel Onn Kit Loh, Kok Khiang Peh, "Stability indicating HPLC-UV method for detection of Curcumin in Curcuma longa Extract and Emulsion Formulation," 2014.

[6] M. Akbar *et al.*, "Fabrication of Curcumin-Conjugated CuO Nanoparticles and Assessment of Their Antibacterial and Anticancer Properties," vol. 10, no. 2, pp. 1888-1898, 2024.

[7] M. Qasem, R. El Kurdi, and D. J. C. Patra, "Green synthesis of curcumin conjugated CuO nanoparticles for catalytic reduction of methylene blue," vol. 5, no. 5, pp. 1694.2020 ,1704-

[8] N. E. Safie *et al.*, "Preliminary study of natural pigments photochemical properties of curcuma longa l. and lawsonia inermis l. as tio 2 photoelectrode sensitizer," vol. 19, no. 6, pp. 1243-1249, 2015.

[9] S. Faisal *et al.*, "Curcuma longa mediated synthesis of copper oxide, nickel oxide and Cu-Ni bimetallic hybrid nanoparticles: characterization and evaluation for antimicrobial, anti-parasitic and cytotoxic potentials," vol. 11, no. 7, p. 849, 2021.

[10] N. El-Kattan *et al.*, "Evaluation of the antimicrobial activity of chitosan-and curcumin-capped copper oxide nanostructures against multi-drug-resistant microorganisms," vol. 7, no. 10, pp. 2988-3007, 2025.

الخـــاتمـــــة

تهدف هذه الدراسة إلى استخلاص الكركمين من نبات الكركم وتحضير بلوراته النانوية لتحسين خصائصه ورفع كفاءته. تم استخدام الكركمين المستخلص من الكركم لأجراء التجارب، بعد اقتناء نبات الكركم المناسب للعملية، وبعد طحنه جيدا للحصول على مسحوق ناعم لزيادة سطح التلامس، أضيف الإيثانول كمذيب عضوي ملائم للتجربة، تمت معالجته بجهاز الموجات فوق الصوتية للحصول على مستخلص عالي الجودة والنقاوة وزيادة المردود، يليها عملية الترشيح للتخلص من الشوائب، ثم مرحلة فصل المذيب بإستخدام جهاز المبخر الدوار للحصول على مادة الكركمين النقية، بلغت نسبة المردود 11.06%، ثم أضيفت قطرات من الماء المقطر تدريجيا ووضع في الثلاجة هدفت هذه المراحل من أجل تعزيز عملية التبلور لتحضير بلورات كركمين نانوية، أجريت دراسة للخصائص الفيزيائية والكيميائية بواسطة تقنيات تحليلية تمثلت في مطيافية الأشعة تحت الحمراء(FTIR)، بالإضافة إلى الأشعة فوق البنفسجية (UV–Vis)، حيود الأشعة السينية (DRX)، والكروماتغرافيا السائل(HPLC). أكدت النتائج أن الناتج يتمتع بمستوى عالي من البلورة حيث بلغت نسبة البلورة للكركمين 75% التي تعكس زيادة القطر النانوي D= 3.35 والمنهج المستخدم في تحقيق الهدف المطلوب.

ملخص

يعتمد هذا العمل على نبات الكركم الذي ينتمي إلى عائلة الزنجبيليات ويستعمل على نطاق واسع ويعرف بخصائصه العلاجية منذ العصور القديمة في الطب التقليدي. في هذه الدراسة تم استخلاص الكركمين المادة الفعالة في نبات الكركم باستعمال تقنية الموجات فوق الصوتية، بلغت نسبة المردود % 11.06، كما تم تحضير بلورات نانوية للكركمين ودراسة خصائصه الفيزيائية والكيميائية بالاعتماد على تقنيات تحليلية مختلفة مثل مطيافية الأشعة تحت الحمراء FTIR، الأشعة فوق البنفسجية ـ المرئية Uv–Visible حيث بلغ طول الموجة 459.92 nm، وحيود الأشعة السينية DRX بلغت نسبة التبلور% 75 والقطر البلوري 3.35 nm، وكذلك تقنية الكروماتوغرافيا السائل HPLC.

الكلمات المفتاحية: الكركم، الكركمين، البلورات النانوية، الاستخلاص، تقنيات التحليل.

Abstract

This work is based on turmeric (*Curcuma longa*), a plant belonging to the Zingiberaceae family that has been widely used for centuries in traditional medicine due to its remarkable therapeutic properties. In this study, curcumin, the principal bioactive compound of turmeric, was extracted using an ultrasonic-assisted extraction technique, achieving an extraction yield of 11.06%. Curcumin nanocrystals were subsequently prepared and their physicochemical properties were investigated using various analytical techniques. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) was employed to identify the functional groups present in the samples. Ultraviolet–Visible (UV–Vis) spectroscopy revealed a characteristic absorption maximum at 459.92 nm. X-ray Diffraction (XRD) analysis demonstrated a crystallinity index of 75% and a crystallite size of 3.35 nm, confirming the nanocrystalline nature of the prepared curcumin crystals. High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) was also used to evaluate the purity and chemical composition of the samples.

Keywords: Turmeric, Curcumin, Nanocrystals, Extraction, Analytical Techniques.