

تحضير وتوصيف أكسيد الزنك النانوي المعدل وتأثيره في عملية التفكيك الضوئي للصاد الحيوي أموكسيسلين

المشرف: الأستاذ الدكتور ابراهيم راهب *

المشرف المشارك: الأستاذ الدكتور يوسف الأحمد **

الباحثة: ميسم محمد الجرده ***

ملخص

تم في هذا البحث تحضير عينات من مركب أكسيد الزنك النانوي ZnO، وذلك انطلاقاً من نترات الزنك المائية وباستخدام طريقة الترسيب المشترك بوجود عامل موجه للبنية PEG400 باستخدام هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 2M وبهيدروكسيد الأمونيوم المركز. تم الترسيب والتحرك لمدة 18 ساعة، حيث رشحت العينات ثم جففت عند الدرجة C°110 لمدة ساعة وكست عند الدرجة C°550 لمدة 3 ساعات. بينت قياسات XRD أن الأكسيد المحضر يمتلك بنية بلورية واضحة كما أن الأكسيد المحضر باستخدام هيدروكسيد الصوديوم بلغت أحجام البلورات النانوية (14.1– 24.7 nm) وفي حالة استخدام هيدروكسيد الأمونيوم كانت (39.9– 48.0 nm) وذلك وفقاً لقياسات SEM. ويمتلك الأكسيد المحضر مساحة سطحية نوعية صغيرة لا تتجاوز (42m²/gr).

وبينت دراسة الفعالية الحفزية للأكسيد المحضر باستخدام مرسب بهيدروكسيد الصوديوم وبوجود PEG400 بأن نسبة التفكك للصاد الحيوي أموكسيسلين 95%، بينما باستخدام المرسب هيدروكسيد الأمونيوم وبوجود PEG400 بلغت 92% وذلك بعد 24h من حدوث التفاعل بوجود لمبة UV كمصدر للطاقة.

كلمات مفتاحية: أكسيد الزنك النانوي، IR، SEM، XRD، UV، BET، أموكسيسلين

*: أستاذ في كلية العلوم - قسم الكيمياء - جامعة تشرين

** : أستاذ في كلية الصيدلة - جامعة البعث

*** : طالبة دراسات عليا ماجستير - قسم الكيمياء الفيزيائية - جامعة تشرين

Preparation of nano-zinc oxide and the effect of some added factors on its structure in the photodegradation of antibiotics (amoxicillin)

* Ibrahim Raheb - ** Youssef Al Ahmad - *** Maisam Al Jurdh

Abstract

In this research, ZnO nanocomposite samples were prepared from aqueous zinc nitrate using a co-precipitation method in the presence of a PEG400 structure-oriented agent using sodium hydroxide at a concentration of 2M and concentrated ammonium hydroxide. The samples were precipitated and stirred for 18 hours, filtered, dried at 110 °C for 1 hour and calcined at 550 °C for 3 hours.

XRD measurements showed that the prepared oxide has a clear crystal structure, and the oxide prepared using sodium hydroxide had nanocrystal sizes of (24.7-14.1 nm) and ammonium hydroxide (39.9-48.0 nm) according to SEM measurements. The prepared oxide has a small specific surface area of (42m²/gr).

FT-IR measurements showed an absorption band in the range (419-437 cm⁻¹) indicating the structure of the resulting oxide. The catalytic activity of the prepared oxide, precipitated with sodium hydroxide and PEG400, showed that the degradation rate of amoxicillin biomass was 95%, while precipitated with ammonium hydroxide and PEG400 was 92% after 24 hours of reaction with a UV lamp as an energy source.

Keywords: nano zinc oxide, BET, XRD, SEM, IR, UV, amoxicillin

*: Prof. Dr. in Physics Chemistry -Faculty of Science at Tishreen University

** : Prof. Dr. in Pharmacy – Al Baath University

***: Master degree student in Tishreen University.

1- مقدمة:

تعرف الحفازات على أنها مواد تسرع من التفاعل الكيميائي، أو تخفض من درجة الحرارة أو الضغط اللازمين لبدء التفاعل دون أن تستهلك المادة المحفزة أثناء التفاعل. حيث يعرف الحفز على أنه عملية إضافة عامل حفاز لتسهيل وتسريع حدوث التفاعل، ويقسم الحفز إلى حفز متجانس وحفز غير متجانس. وتعتمد فعالية الحفاز على عدة عوامل ومنها: التركيب الكيميائي له، مساحة السطح النوعي له ونوعية وكمية المسام الموجودة فيه وغيرها من العوامل.

يؤدي استخدام المحفزات إلى تفاعلات كيميائية أسرع وأكثر كفاءة في استخدام الطاقة. وتتمتع المحفزات أيضاً بخاصية رئيسية تسمى الانتقائية، حيث يمكنها توجيه التفاعل لزيادة كمية الناتج المرغوب فيه وتقليل كمية المنتجات الثانوية غير المرغوب فيها. ويمكنها إنتاج مواد جديدة تماماً مع استخدامات محتملة جديدة [1]

ركزت العديد من الدراسات على تطوير بعض الأساليب الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية مثل الامتزاز والترسيب والأكسدة الكيميائية وذلك باستخدام عوامل مؤكسدة والأكسدة المتقدمة AOPs والأكسدة الضوئية الحفزية اللامتجانسة وذلك من أجل التعامل مع هذه الملوثات والعمل على التخلص منها بإزالتها أو تحويلها لشكل آخر بحيث يمكن التخلص منها أو التقليل من مضارها. وقد تم استخدام تقنية التحفيز الضوئي لأشباه الموصلات في عمليات التنقية وذلك بسبب نشاطها العالي والتكلفة المنخفضة وقابلية إعادة الاستخدام. [2]

تعتمد هذه التقنية على إنتاج جذور الهيدروكسيل المؤكسدة الفعالة من خلال استخدام أشباه الموصلات حيث يتم تشييع المواد شبه الموصلة بالأشعة الشمسية أو فوق البنفسجية لإنتاج ثقب وأزواج إلكترونية ثم تتفاعل هذه الأزواج مع الهيدروكسيل الموجود

على السطح أو في البيئة المائية الملوثة والتي ستحلل بدورها الملوثات وتحولها لمواد بسيطة وغير ضارة. [3-4]

ازداد الاهتمام بالمواد النانوية بشكل كبير في الوقت الحالي لما لها من قدرة كبيرة في تعزيز التطور العلمي وتوفير أدوات تحليلية جديدة في الطب والعلوم وغيرها لما تمتلكه من خصائص عالية ومتعددة حيث تعرف الجسيمات النانوية بأنها تجمع ذري أو جزيئي ميكروسكوبي حيث يتراوح عددها من بضع الذرات إلى المليون ذرة مرتبطة مع بعضها مشكلة كرة بنصف قطر أقل من 100 نانومتر ونتيجة لشكلها الكروي ونسبة مساحة السطح العالية إلى الحجم فإن لها استخدامات فعالة وكبيرة في مجالات عدة. هناك عدة طرائق لتحضير هذه الجسيمات ومنها الترسيب الكيميائي، الطريقة الهيدروحرارية، طريقة ال sol-gel وغيرها. [5-6]

الأموكسيسلين:

يعد الأموكسيسلين من الصادات الحيوية من زمرة البنسيلينات صيغته الكيميائية المجملة $(C_{16}H_{19}N_3O_5S \cdot 3H_2O)$ ، وهو عبارة عن مسحوق بلوري لونه أبيض وعديم الرائحة، وتعطي محاليله المائية بتركيز (2mg/ml) درجة حموضة (5.3-6). ينحل جيداً في الإيثانول وقليل الانحلال في الماء وغير منحل نسبياً في الزيوت الدسمة. له قمة امتصاص أعظمية عند (230 nm)) وكتلته المولية (419.4 g/mole). [7]

يستخدم الأموكسيسلين لعلاج الالتهابات البكتيرية، مثل الالتهابات الصدرية (بما في ذلك الالتهاب الرئوي) وخراجات الأسنان. ويمكن أيضاً استخدامه مع الصادات الحيوية والأدوية الأخرى لعلاج قرحة المعدة.

يعتبر تلوث المياه السطحية والجوفية بالصادات الحيوية ناجماً عن مصادر محددة وغير محددة لمياه الصرف الصحي ومياه الري الزراعي. تدخل مياه الصرف الصحي مع مياه

الصرف الصحي المنزلي، ونظراً لعدم إزالة هذه المركبات بالكامل من مياه الصرف الصحي المنزلي أثناء المعالجة، فمن المحتمل أن يُطلق بقايا الصادات الحيوية في تصريف محطات معالجة مياه الصرف الصحي إلى البيئة. [8-9]

2- هدف البحث وأهمية البحث:

يهدف هذا البحث إلى:

✓ تحضير أكسيد الزنك النانوي بوجود عوامل اختزال كل من هيدروكسيد الصوديوم وهيدروكسيد الأمونيوم و PEG400 كعامل موجه للبنية.

✓ استخدام هذا الأكسيد في عمليات الأكسدة الضوئية المتقدمة (AOPs) لتفكك الصاد الحيوي أموكسيسلين. وتعيين الشروط المثلى ضمن المجال التجريبي المدروس للوصول إلى أعلى نسبة إزالة لهذه الملوثات والاستفادة من الأشعة الشمسية في عملية المعالجة لتخفيف تكاليف مصادر الطاقة.

وتكمن أهمية هذا البحث بأنه يعالج مشكلة بيئية وصحية من خلال نزع الملوثات الناتجة عن الصادات الحيوية الضارة بالبيئة المائية وصحة الإنسان، حيث أن وجودها بكميات صغيرة يؤدي إلى إحداث تغيرات حيوية ضارة على الكائن الحي. وبالتالي فإن هذا البحث يملك أهمية علمية وعملية لمعالجة الملوثات الموجودة في الأوساط المائية والحد من تأثيرها الضار.

3- مواد وطرائق البحث:

3-1 الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- ميزان إلكتروني حساس ماركة (JA-Series) صنع شركة FITHFUL بدقة (gr 0.001)
- خلاط مغناطيسي ماركة صنع Fortex
- فرن تجفيف كهربائي (C°250-0) ماركة HERAEUS.
- مرمدة تكليس (C°1100-0) ماركة صنع Carbolite.
- جهاز pH ماركة JA-Series.
- لمبة UV (10W) بطول موجة 350nm.
- جهاز المجهر الإلكتروني الماسح SEM من شركة (FEI) موديل (Quanta 200) موجود بهيئة الطاقة الذرية في دمشق.
- جهاز قياس حيود الأشعة السينية (X-Ray Diffraction) XRD موديل (PW-1840) المصمم من شركة (Philips) موجود في هيئة الطاقة الذرية في دمشق.
- جهاز قياس السطح النوعي BET المصمم من شركة (Micromeritics Gemini3) موجود بهيئة الطاقة الذرية في دمشق.
- جهاز قياس مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FT-IR) موديل (type 4100) من شركة Jasco موجود في جامعة حلب.

- جهاز قياس مطيافية الأشعة المرئية - فوق البنفسجية المصمم من شركة (PG Instruments) موديل T70 موجود في الجامعة العربية الخاصة للعلوم والتكنولوجيا.

3-2-المواد المستخدمة:

استخدمت المواد الكيميائية والصيدلانية التالية:

- نترات الزنك المائية $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ عالية النقاوة 99% إنتاج شركة Loba Chemie.
- بولي ايتلين غليكول 400 نقاوة عالية إنتاج شركة Sisco Research Laboratories
- هيدروكسيد الصوديوم 99% إنتاج شركة EROLAB
- هيدروكسيد الأمونيوم 25% إنتاج شركة LABCHEM
- أموكسيسيلين (AMO) مادة دوائية نقية.

3-3- تحضير أكسيد الزنك النانوي بشروط مختلفة:

حضر أكسيد الزنك ZnO باستخدام 37.125 غرام من نترات الزنك المائية حيث قمنا بوزن 0.125 مول منه و التي تم حلها باستخدام 25ml من الماء المقطر ثم قسم المحلول لقسمين متساويين، القسم الأول لم يتم أي إضافة له بينما القسم الثاني فقد تم إضافة 1ml من عامل موجه للبنية وهو PEG400 تركيزه 1% . تم إضافة العامل المرسب محلول ممدد تركيزه 2mole/L من هيدروكسيد الصوديوم بالتقريب مع التحريك المستمر، وضبطت قيمة pH المحلول الناتج عند قيمة pH=8 لكلا القسمين. تم تحريك العينتين لمدة 18 ساعة ثم تركت للترقيد، ثم رشح الناتج وغسل

بكمية مناسبة من الماء المقطر ليتم التخلص الكامل من الشوارد المتبقية في المحلول ثم جفف الراسب عند الدرجة 110°C لمدة ساعة. طحنت العينات وتم حفظ كل عينة في زجاجة مصنفة ورقمت (A1-A2) بالترتيب.

أعيدت كل الخطوات السابقة نفسها ولكن باستخدام هيدروكسيد الأمونيوم المركز لعامل مُرسب. وكذلك رقت العينات (B1-B2) بالترتيب.

الجدول(1): رموز العينات المحضرة من أكسيد الزنك باستخدام هيدروكسيد

الصوديوم وهيدروكسيد الأمونيوم

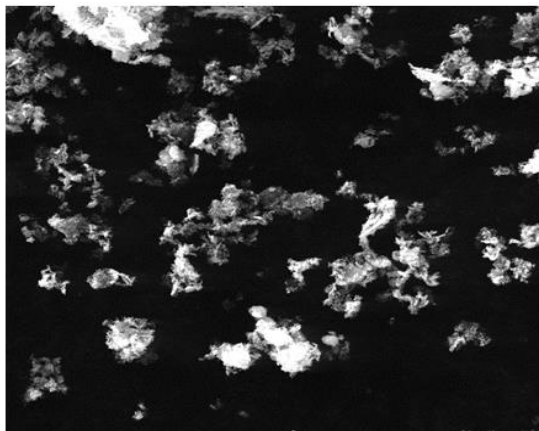
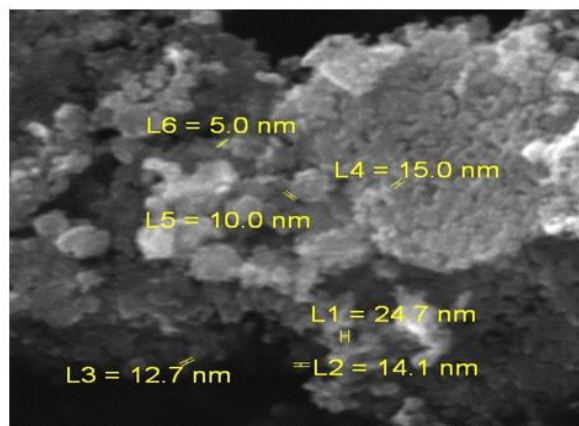
رمز العينة	A1	A2	B1	B2
الأكسيد المحضر	ZnO بوجود عامل الترسيب NaOH	ZnO بوجود عامل الترسيب NaOH و بوجود PEG400	ZnO بوجود عامل الترسيب NH4OH	ZnO بوجود عامل الترسيب NH4OH و بوجود PEG400

4 - النتائج والمناقشة:

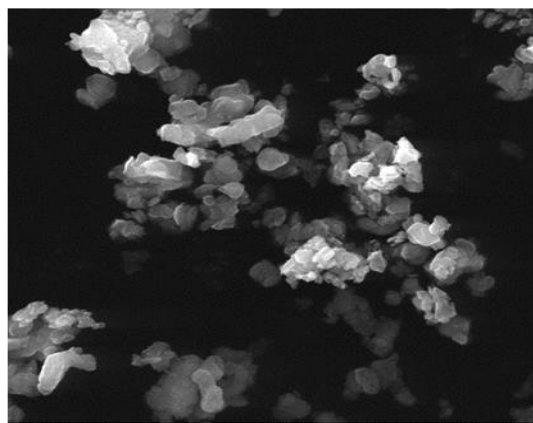
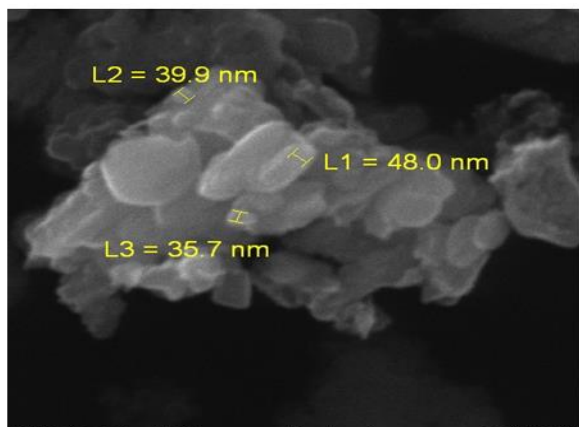
4-1 توصيف العينات باستخدام تقنية SEM:

لتحديد أبعاد حجوم الحبيبات النانوية لأكسيد الزنك بوجود كل من هيدروكسيد الصوديوم (A1)،

وهيدروكسيد الأمونيوم (B1) استخدمت تقنية المجهر الإلكتروني الماسح، فتبين أن أبعادها تتراوح ما بين (nm 14.1- 24.7) للعينة A1 ، و (nm 39.9- 48.0) للعينة B1 . و كما هو موضح بالشكلين (1 و 2):



الشكل (1): صورة المجهر الإلكتروني الماسح للعينة (A1)



الشكل (2): صورة المجهر الإلكتروني الماسح للعينة (B1)

تحضير وتوصيف أكسيد الزنك النانوي المُعدّل وتأثيره في عملية التفكيك الضوئي للصاد الحيوي أموكسيسلين

لوحظ من الشكلين السابقين تغير بنية بلورات أكسيد الزنك النانوية المحضرة بتغير العامل المرسب، حيث أعطت شكل إسفنجي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم وشكل زهرة باستخدام هيدروكسيد الأمونيوم.

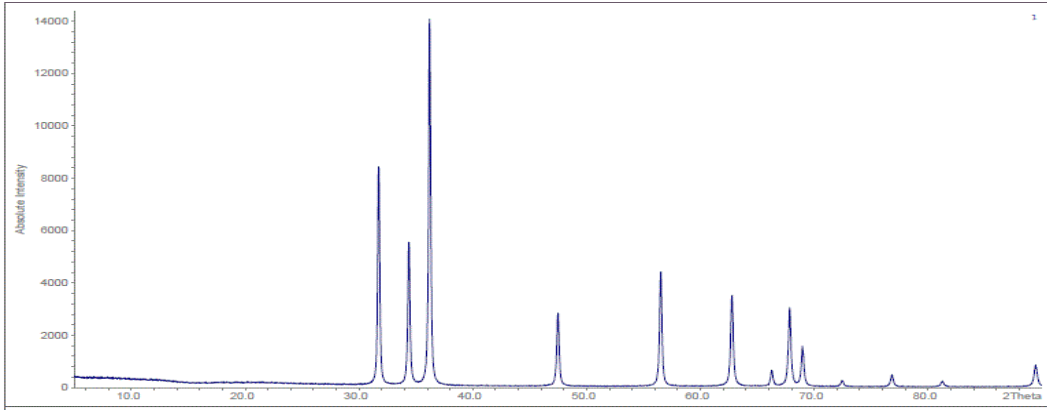
كما تم تحديد نسبة العناصر لأكسيد الزنك النانوي وفق العينتين (A1 وB1) باستخدام طريقة الـ EDX ، ومقارنتها مع القيم النظرية، حيث لوحظ تطابقاً كبيراً بين القيم التجريبية للمحتوى العنصري مع القيم النظرية مما يدل على نقاوة العينات المحضرة. [10] كما يظهر في الجدول (2):

الجدول (2): قيم النسب المئوية لكل عنصر لكلا العينتين (A1, B1) مقارنة مع القيم النظرية

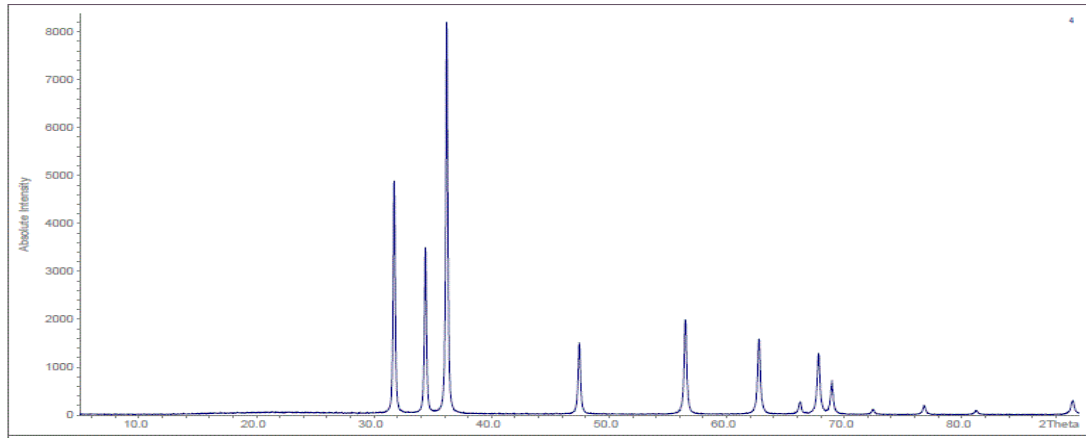
نظرياً		B1		A1		العينة
Zn	O	Zn	O	Zn	O	العنصر
78.50	21.49	76.12	23.88	76.00	24.00	المحتوى (%)

2-4 توصيف العينات باستخدام XRD:

بينت طيوف XRD للعينتين (A1-B1) وجود بنية بلورية واضحة والتي تدل على تبلور أكسيد الزنك وفق البطاقة المرجعية رقم (JCPDS card no. 89-1397) [11] ، ولا يوجد إشارات أخرى لغير أكسيد الزنك مما يدل على نقاوة هذا الحفاز .



الشكل (3): مخطط XRD للعينة A1



الشكل (4): مخطط XRD للعينة B1

3-4 توصيف العينات باستخدام تقنية BET:

تم تحديد المساحة السطحية النوعية للعينتين (A1-B1) من خلال امتزاز غاز النتروجين عند الدرجة

77°C . وباستخدام علاقة BET تم تعيين سعة الطبقة الأحادية التي تستخدم لحساب المساحة السطحية النوعية من خلال العلاقة:

$$S_{BET} = V_m \cdot \frac{N_A}{V_M} \cdot \sigma = 4.37 \times V_m$$

حيث:

V_m : الحجم المولي لغاز النتروجين

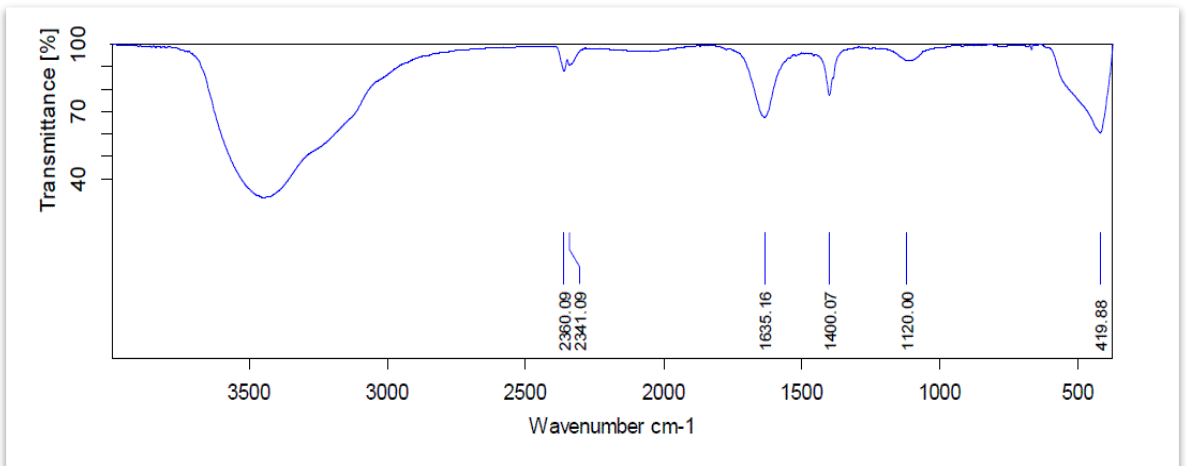
N_A : عدد أفوغادرو و يساوي 6.02×10^{23} .

σ : سطح مقطع الجزيئة الممتزة في الطبقة الأحادية وتكون من أجل النتروجين 16.27 \AA^2 .

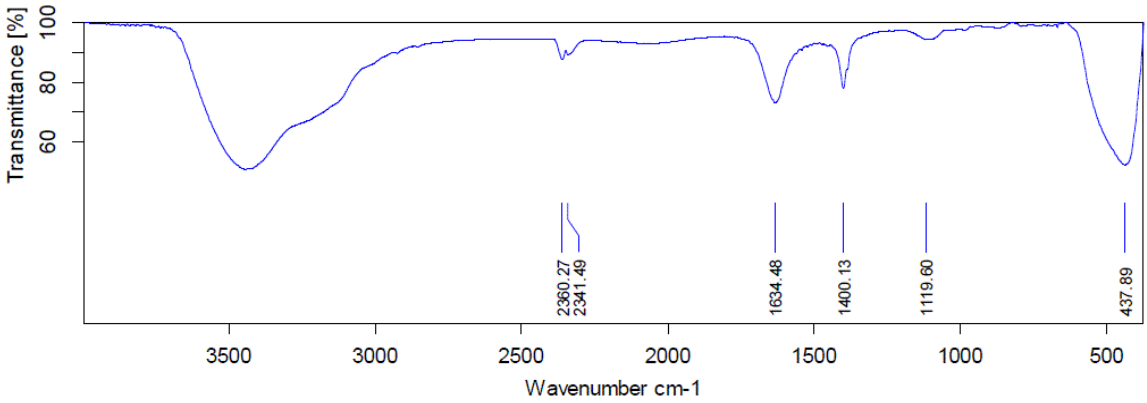
وقد تبين أن العينتين تمتلكان مساحة سطحية نوعية صغيرة وبلغت قيمتها للينة A1 مقدار $31.12 \text{ m}^2/\text{g}$ أما بالنسبة للينة B1 فقد بلغت $42.04 \text{ m}^2/\text{g}$.

4-4 توصيف العينات باستخدام مطيافية الأشعة تحت الحمراء FT-IR:

يظهر الشكلان (5 و 6) طيفي FT-IR للعينات المحضرة (A1 و B1):



الشكل (5): طيف IR للينة A1



الشكل (6): طيف IR للعينة B1

ويظهر من هذين الشكلين وجود القمة الأساسية عند القيمة 419cm^{-1} للعينة A1 و 437cm^{-1} للعينة B1 ونلاحظ انزياح في القمتين مقارنةً مع القيمة المرجعية والتي هي 457cm^{-1} وهذا يؤكد تشكل الأكسيد ZnO. حيث توجد امتصاصات عند العدد الموجي 34909cm^{-1} تعود لمجموعة الهيدروكسيل

مجاميع العائدة للماء الممتز فيزيائياً على سطح المركب النانوي. [12]

5-4 دراسة الفعالية الحفزية ونسبة التفكك للصاد الحيوي المدروس:

تم اختبار الفعالية الحفزية للأكاسيد المحضرة في تفكيك الأموكسيسيلين بوجود مصدرين لأشعة UV الأول لمبة UV باستطاعة 10w والثاني ضوء الشمس.

محلول الأموكسيسيلين (AMO) بوجود الأشعة فوق البنفسجية UV:

حيث حضر 100ml من محلول الصاد الحيوي الأموكسيسيلين (AMO) بتركيز (100 mg/ml) وحضر منه أربعة محاليل بتركيز (20-40-60-80 mg/ml) على التوالي. ثم أخذ من كل محلول 10ml وأضيف مقدار (0.1 gr) من أكسيد الزنك النانوي المحضر لكل منها وعرضت المحاليل لأشعة لمبة UV لمدة (24h) وذلك عند درجة حرارة الغرفة ثم رشح المحلول الناتج وتم تحديد التركيز المتبقي من الأموكسيسيلين بالطريقة الطيفية عند طول موجة 230nm. وذلك من أجل حساب نسبة الإزالة من العلاقة:

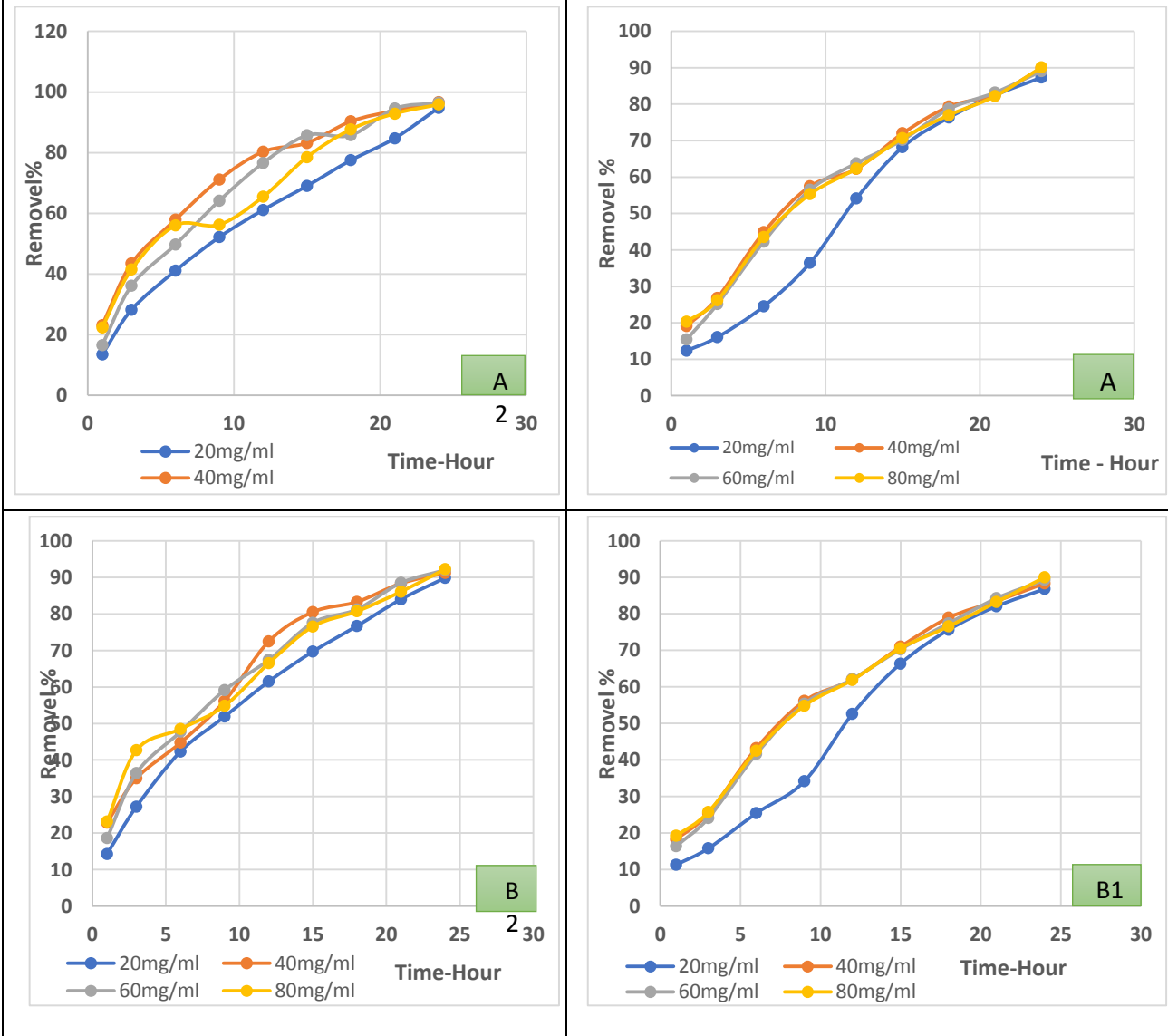
$$Removal\% = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100$$

حيث C_0 : تعبر عن التركيز البدئي للأموكسيسيلين

C_e : تعبر عن التركيز المتبقي من الأموكسيسيلين بعد عملية التفكيك. [13]

كررت العملية السابقة على المحاليل المحضرة من الأموكسيسيلين بتغيير الأكسيد المضاف في كل مرة، نلاحظ من مقارنة النتائج لكل المحاليل السابقة والأكاسيد المطبقة عليها، أن نسبة الإزالة كانت كبيرة وواضحة بالنسبة لكل الأكاسيد المضافة ولكن النسبة الأكبر كانت عند استخدام الأكسيد A2 والذي تم تحضيره بإضافة PEG400 حيث بلغت نسبة التفكك 95%.

يبين الشكل (7) منحنيات الإزالة المرسومة وفق العلاقة المطبقة في حساب نسبة الإزالة للأموكسيسيلين بوجود لمبة UV:

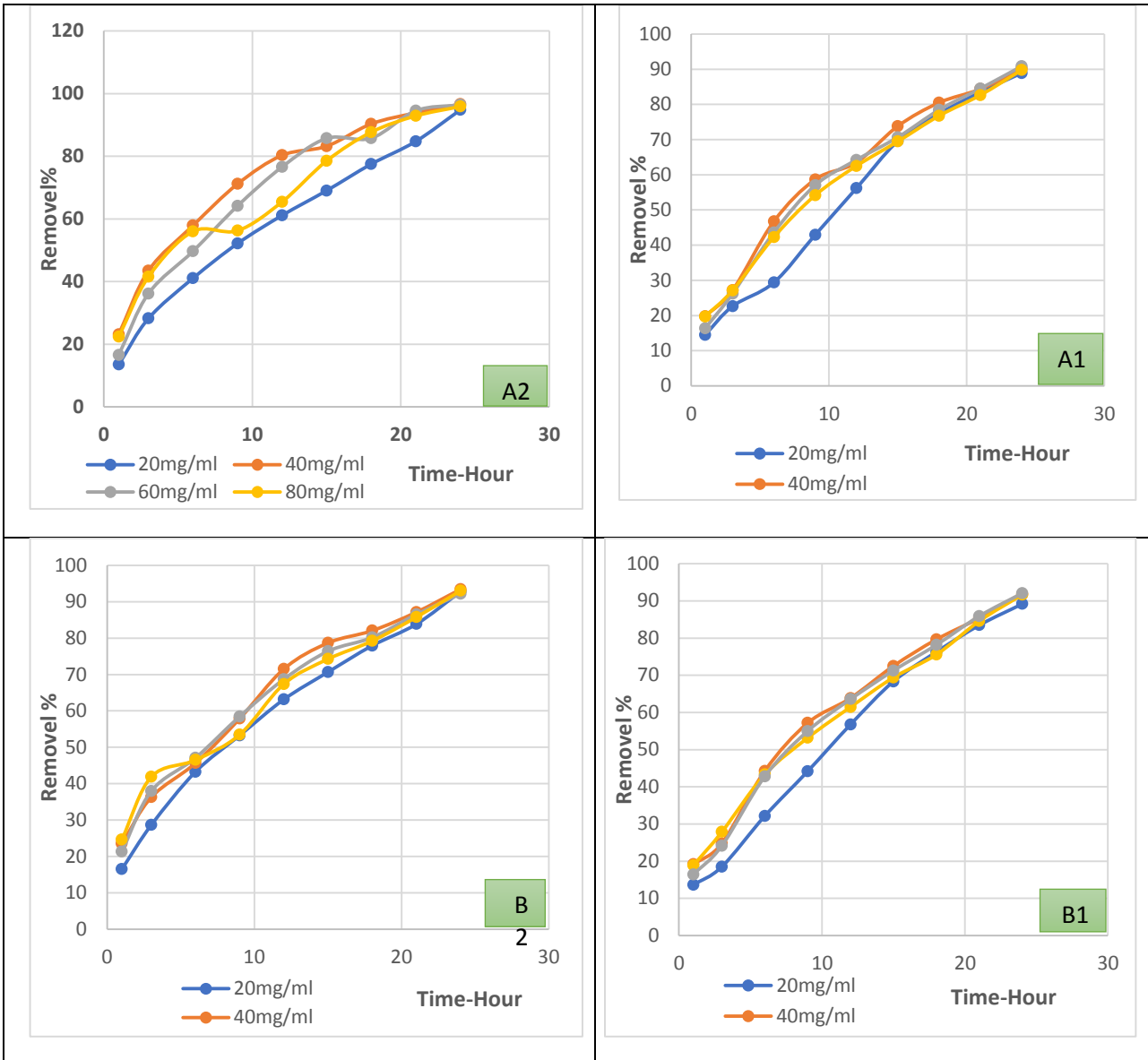


الشكل (7): مقارنة نسبة تفكك AMO بتغير الأكسيد المضاف المستخدم بوجود لمبة UV

محلول الأموكسيسيلين (AMO) بوجود الأشعة الشمسية:

أعيدت الخطوات السابقة المستخدمة ولكن بوجود أشعة الشمس بدلا من لمبة UV. وتم حساب نسبة الإزالة بعد تعريض العينات لأشعة الشمس لمدة 24h ومقارنة النتائج لكل المحاليل السابقة والأكاسيد المطبقة عليها، أن نسبة الإزالة كانت كبيرة وواضحة بالنسبة لكل الأكاسيد المضافة ولكن النسبة الأكبر كانت عند استخدام الأكسيد A2 والذي تم تحضيره بإضافة PEG400 حيث بلغت نسبة التفكك 96%.

يبين الشكل (8) منحنيات الإزالة المرسومة وفق العلاقة المطبقة في حساب نسبة الإزالة للأموكسيسيلين بوجود الأشعة الشمسية:



الشكل (8): مقارنة نسبة تفكك AMO بتغير الأوكسيد المضاف المستخدم بوجود الأشعة الشمسية

5- الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

تم في هذا البحث تحضير مركب أكسيد الزنك بطريقة الترسيب باستخدام عوامل الترسيب (هيدروكسيد الصوديوم - هيدروكسيد الأمونيوم) مع إضافة عامل موجه للبنية PEG400.

تبين أن أفضل عامل ترسيب كان هيدروكسيد الأمونيوم حيث أكدت نتائج تقنية (XRD) أن الأكسيد المحضر ZnO متبلور ونقي بشكل أفضل من الأكسيد المحضر باستخدام هيدروكسيد الصوديوم.

أظهرت نتائج المجهر الإلكتروني الماسح أن الحبيبات نانوية حيث تراوحت أبعادها (13.58 nm) وأخذت شكلاً إسفنجياً عند استخدام هيدروكسيد الصوديوم كعامل مرسب. وتراوحت أبعادها (41.0 nm) وأخذت شكل زهرة عند استخدام هيدروكسيد الأمونيوم كعامل مرسب. واعتماداً على نتائج تقنية EDX ظهر لدينا تطابقاً كبيراً بين نسبة التحليل العنصري النظرية والتجريبية.

بينت نتائج دراسة الفعالية الحفزية أنها تتمتع بكفاءة عالية في تفاعل أكسدة الصاد الحيوي الأموكسيسيلين بوجود أشعة من لمبة UV وبوجود الأشعة الشمسية حيث أبدت العينات المحضرة بوجود العامل الموجه للسطح PEG400 أفضل فعالية حفزية وكانت الفعالية أكبر عند استخدام الأشعة الشمسية حيث كان لـ PEG400 دوراً في تنظيم شكل

بلورات أكسيد الزنك النانوية واستقرارها. [14]

التوصيات:

- إجراء عمليات تحسين في بنية الأكسيد النانوي المحضر عبر إضافة عناصر أو مركبات تؤدي لزيادة فعاليته الحفزية وبالتالي زيادة في نسبة تحطيم المخلفات الصيدلانية والعضوية.
- استخدام الأشعة الشمسية كمصدر للأشعة فوق البنفسجية بدلاً من استخدام لمبة UV.
- تحضير أكسيد الزنك النانوي بطرائق أخرى مثل الطريقة الهيدروحرارية وطريقة Sol-Gel ودراسة فعاليتها في تحطيم الملوثات.

6- المراجع:

- [1]- <https://www.energy.gov/science/doe-explainscatalysts>.
- [2]- Parvez Mahbub 2023 **Scalability of advanced oxidation processes (AOPs) in industrial applications: A review**, Journal of Environmental Management 345.
- [3]-Subhashish Patra 2018 **ZnO polymer composite based visible blind UV photodetector**, Materials Research Bulletin VOL (101), Pages: 240-245.
- [4]-Michael Aschner 2009 **Nanoparticles: Transport across the olfactory epithelium and application to the assessment of brain function in health and disease**, Progress in Brain Research VOL (180), Pages: 141-152.
- [5]-Takalani Cele 2020, **Preparation of Nanoparticles**, Pages: 1-14.
- [6]- C.C. Vidyasagar, Y. Arthoba Naik 2012 **Surfactant (PEG 400) effects on crystallinity of ZnO nanoparticles**, Arabian Journal of Chemistry.
- [7]- The British Pharmacopoeia 2020, **USP32**.

- [8]-Vera Homem 2011, a review: **Degradation and removal methods of antibiotics from aqueous Matrices.** Journal of Environmental Management, Pages: 2304- 2347
- [9]-Poulopoulos S, Inglezakis V. **Adsorption, ion exchange and catalysis: design of operations and environmental applications.** Elsevier; 2006 Aug 23.
- [10]- Syed Naseem Hussain Shah, Syed Ali, Syed Rizwan Ali, M Naeem. **Synthesis and characterization of zinc oxide nano particles for antibacterial applications.** Journal of nanoscience Apr 2016.
- [11]-Bushra Hussain shnawa, Samir hamed, Payman A.kareem, **Sporicidal activity of biosynthesized zinc oxide nanoparticles by Mentha longifolia L. leaves against Echinococcus granulosus protoscolices.** Journal Emergent Materials. 2021, Pages: 1-11.
- [12]- Sing K.S., Everett D. H., Haul R.W. ,L. Moscou, R. A. Pierotti , J. Rouquerol ,T.Siemieniewska. **Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity (Recommendations 1984).** Pure and applied chemistry. 1985, Pages: 603-619.

[13]-Ibrahim Raheb, Mohammad Sameh Manlla. Kinetic and thermodynamic studies of the degradation of methylene blue by photo-fenton reaction. Journal of Heliyon. Jun 2021

[14]- Akermi Mehdi, Yahya Alajlani , Souhail Bouzgarrou . Effect of PEG-400 on the ZnO morphology activated by gamma rays in the realization of gas sensors. Journal of Solid State Ionics. Nov 2023.