

مجلة جامعة البعث

للعلوم الهندسية البترولية والكيميائية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 13 . العدد 5

1442 هـ . 2021 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير	أ. د. ناصر سعد الدين
رئيس التحرير	أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

عضو هيئة التحرير	د. محمد هلال
عضو هيئة التحرير	د. فهد شريباتي
عضو هيئة التحرير	د. معن سلامة
عضو هيئة التحرير	د. جمال العلي
عضو هيئة التحرير	د. عباد كاسوحة
عضو هيئة التحرير	د. محمود عامر
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الحسن
عضو هيئة التحرير	د. سونيا عطية
عضو هيئة التحرير	د. ريم ديب
عضو هيئة التحرير	د. حسن مشرقي
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. نزار عبشي

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

سورية . حمص . جامعة البعث . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : 963 31 2138071 ++

. موقع الإنترنت : www.albaath-univ.edu.sy

. البريد الإلكتروني : [magazine@ albaath-univ.edu.sy](mailto:magazine@albaath-univ.edu.sy)

ISSN: 1022-467X

قيمة العدد الواحد : 100 ل.س داخل القطر العربي السوري

25 دولاراً أمريكياً خارج القطر العربي السوري

قيمة الاشتراك السنوي : 1000 ل.س للعموم

500 ل.س لأعضاء الهيئة التدريسية والطلاب

250 دولاراً أمريكياً خارج القطر العربي السوري

توجه الطلبات الخاصة بالاشتراك في المجلة إلى العنوان المبين أعلاه.
يرسل المبلغ المطلوب من خارج القطر بالدولارات الأمريكية بموجب شيكات

باسم جامعة البعث.

تضاف نسبة 50% إذا كان الاشتراك أكثر من نسخة.

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
 - طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
 - إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :
يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
 - إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
 - يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1- مقدمة
 - 2- هدف البحث
 - 3- مواد وطرق البحث
 - 4- النتائج ومناقشتها .
 - 5- الاستنتاجات والتوصيات .
 - 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1. مقدمة.
- 2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
- 3. أهداف البحث و أسئلته.
- 4. فرضيات البحث و حدوده.
- 5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
- 6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
- 7. منهج البحث و إجراءاته.
- 8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
- 9. نتائج البحث.
- 10. مقترحات البحث إن وجدت.
- 11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:
 - أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
 - ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
 - ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
 - ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- . كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.
- 10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:
آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة . الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة . سنة النشر . وتتبعها معترضة (-) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة . دار النشر وتتبعها فاصلة . الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة . وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة . مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News , Vol. 4. 20 – 60

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و التقيد

بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (20000) ل.س عشرون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (50000) ل.س خمسون الف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مننأ دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (3000) ل.س ثلاثة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
22-11	د. غزل طهماز	إظهار القطن الطبي بالأشعة السينية باستخدام الألياف النانوية
52-23	ريم موسى أ.د.م. فؤاد عطاالله أ.د. فرانسوا قره بيت	إزالة السيبروفلوكساسين من مياه الصرف الصناعي بواسطة التحفيز الضوئي اللامتجانس
76-53	أ.د. رمضان عطرة أ.د. محمد مصري م. نور زين العابدين	تأثير التجفيف الشمسي لشرايح البندورة في محتواها من الليكوبين والفينولات ومضادات الأكسدة
100-77	د. نسرین البيطار د. ميسون حيدر عباس	دراسة تأثير الأشعة الميكروية في الحمولة البكتيرية للحليب الخام

118-101	الدكتورة: غزل طهماز	اختيار دالة الانتماء المناسبة للتنبؤ بتوجيه الألياف النانوية الناتجة عن عملية الغزل الكهربائي باستخدام المنطق الضبابي
---------	---------------------	---

إظهار القطن الطبي بالأشعة السينية باستخدام الألياف النانوية

د.غزل طهماز¹

الملخص

تم في هذا البحث الحصول على قماش لا منسوج يظهر بالأشعة السينية باستخدام جهاز الغزل الكهربائي المصنع محلياً من قبلنا وذلك بإضافة كبريتات الباريوم إلى المحلول البوليميري لبولي فينيل الكحول.

وفيما بعد يمكن إضافة هذه الطبقة الرقيقة من القماش اللامنسوج الناتج، من الأقمشة اللامنسوجة الناتجة والتي تظهر بالأشعة السينية، إلى القطن الطبي إما أثناء تصنيعه أو بأي طريقة أخرى دون أن تؤثر على مواصفات القطن الطبي نفسه.

استخدمت نسب مختلفة من كبريتات الباريوم إلى المحلول البوليميري وأظهرت الصور الشعاعية أن تركيز 5% منه في المحلول البوليميري هو الأنسب.

وبذلك يكون قد تم إضافة مواصفات جديدة للشبكات المغزولة كهربائياً والحصول على منتج جديد مناسب للاستخدامات الطبية، بحيث نحصل على قطن طبي يظهر بالأشعة السينية .

الكلمات المفتاحية:

الألياف النانوية ، الغزل الكهربائي ، الأشعة السينية ، القطن الطبي

1 مدرس عضو هيئة تدريسية في جامعة البعث، كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية ، قسم هندسة الغزل والنسيج

Abstract

In this research, it has been obtained nano nonwoven fabric appearing by X-ray using local electrospinning device.

A suitable amount of Barium Sulfate was added to PVA polymer solution.

This nano nonwoven fabric can be added to the medical cotton as a layer either after producing or during the production of medical cotton or by any method without affecting its properties.

Different percentages of barium sulfate were used, but the most suitable one was 5%.

Thus, new properties were added to nano-nonwoven fabrics and new product was obtained for medical uses.

keywords:

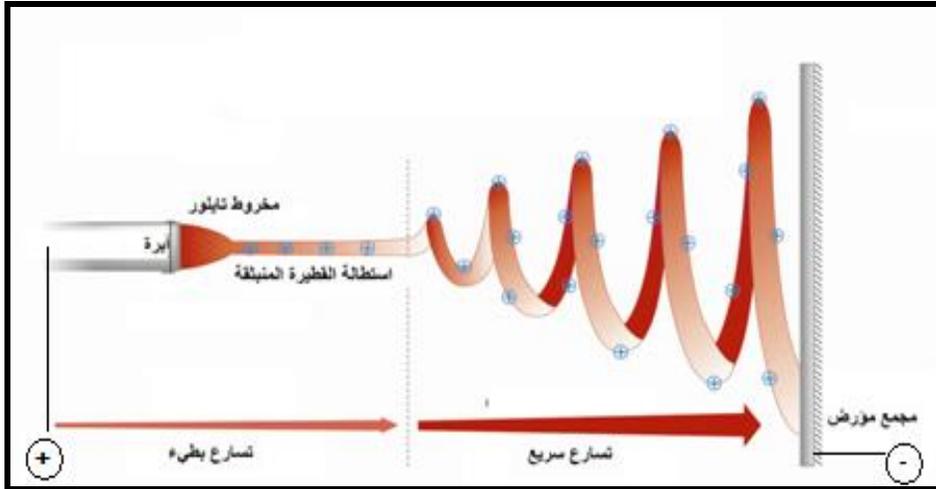
nano fibers , Eletrospinning , x-ray , Medical cotton

1. مقدمة: Introduction

تعتبر عملية الغزل الكهربائي عملية بسيطة وأساسية لإنتاج ألياف بأقطار دقيقة جداً ضمن مجال النانومتر تسمى بألياف النانو أو (الألياف النانوية) حيث تتجمع متداخلة بشكل عشوائي لتشكل أقمشة غير منسوجة بخصائص رائعة كالكثافة السطحية العالية و المسامية المرتفعة إضافة إلى الخصائص الميكانيكية الممتازة [2].

تستخدم الأقمشة غير المنسوجة المكونة من ألياف النانو في كثير من التطبيقات الهندسية، كهندسة النسيج التي تستخدم الشبكات غير المنسوجة المكونة من ألياف النانو المغزولة كهربائياً لإصلاح النسيج البشرية، وكذلك استخدامها في حقل الفلتر وفي مجال الطاقة و الكهرباء إضافة إلى أنه يمكن الحصول على حساسات ذات حساسية عالية وسرعة استجابة كبيرة باستخدام ألياف النانو التي تملك كثافة سطحية عالية [6].

في عملية الغزل الكهربائي يوجد قطبين ، قطب مشحون بشحنة موجبة أو سالبة مع أنبوب شعري معدني (إبرة معدنية) والقطب الآخر المشحون بشحنة معاكسة يتصل مع المجمع حيث تسحب القطرة البوليميرية (بوليمير+ مذيب) الخارجة من الأنبوب الشعري متحولة إلى ليف نانوي وتترسب على المجمع كما هو موضح بالشكل (1).



الشكل (1) مبدأ عملية الغزل الكهربائي [3]

وخلال العملية فإن القطرة الخارجة من الأنبوب الشعري تتحول من الشكل الكروي إلى المخروطي مشكلة ما يسمى بمخروط تايلور الذي يتم سحبه بتأثير الجهد الكهربائي المطبق منتقلاً وفق خط مستقيم لثواني قليلة (3 ثانية) وتسمى هذه المنطقة بمنطقة الاستقرار يكمل بعدها وفق مسار حلزوني في منطقة تسمى منطقة عدم الاستقرار حيث تتم عملية السحب والشد جيداً إضافة إلى تبخر المذيب قبل أن تسقط على المجمع بشكل ليف نانوي [1].

تتنوع المجالات التي تستخدم فيها الأقمشة غير المنسوجة المغزولة كهربائياً وتحظى باهتمام علمي كبير خاصة في السنوات الأخيرة الماضية، لذلك فقد تم إجراء العديد من الأبحاث لدراسة ما يتعلق بهذه العملية و تطبيقاتها. حيث تم تخصيص 60 % منها لدراسة عمليات الغزل الكهربائي وتوصيف الشبكات اللانسوجة. وتصنف هذه التطبيقات إلى الهندسة حيوية والهندسة بيئية وطاقة والكترون وسلامة [4].

فالأبحاث المتعلقة بالشبكات النانوية في الهندسة الحيوية تتضمن أبحاث في هندسة النسيج واستشفاء الجروح إضافة إلى نقل الدواء. أما في مجال الهندسة البيئية و التكنولوجيا الحيوية فهي تتضمن أبحاث في الفلترة وإيقاف مفعول أو قتل البكتريا، وبالنسبة لمجال الطاقة والإلكترون تجري الأبحاث على البطاريات وخلايا الوقود، بينما في مجال السلامة والحماية فتركز الأبحاث على الحساسات وأقمشة الحماية والدعامات المركبة [4].

* متغيرات عملية الغزل الكهربائي: Electrospinning Process Parameters

تقسم متغيرات عملية الغزل الكهربائي بشكل عام إلى 3 أقسام :

1) متغيرات متعلقة بالمحلول البوليميري وتتضمن: لزوجة المحلول البوليميري و الوزن الجزيئي للبوليمير، قوة التوتر السطحي للمحلول البوليميري، الغزل الكهربائي للمذيب، الموصلية الكهربائية للمحلول البوليميري

(2) متغيرات متعلقة بالعملية وتتضمن: الجهد الكهربائي المرتفع، معدل التغذية بالمحلول البوليميري، المسافة بين المجمع وفوهة البثق، قطر فوهة البثق، وضع الأقطاب الكهربائية، درجة الحرارة

(3) متغيرات متعلقة بالجو المحيط وتتضمن: الرطوبة، الضغط، نوعية الهواء المحيط[4].

يمكن دراسة تأثير كل متغير من المتغيرات المذكورة سابقاً على قطر ألياف النانو على حدى، وفي هذا البحث قمنا بدراسة تأثير أحد هذه المتغيرات وهو لزوجة المحلول البوليميري على قطر ألياف النانو الناتجة عن عملية الغزل الكهربائي [6].

2. هدف البحث: The Aim of Research

يهدف البحث إلى الحصول على أقمشة غير منسوجة مكونة من ألياف نانوية من بولي فينيل الكحول بمواصفات جديدة حيث تكون قابلة لأن تظهر بالأشعة السينية وإضافتها إلى القطن الطبي ليكتسب القطن الطبي خاصية كشفه بالأشعة السينية وبالتالي الحصول على منتج جديد مناسب للاستخدامات الطبية ففي غرف العمليات يفضل أن تستخدم مواد تظهر بالأشعة السينية.

3. المواد والطرق المستخدمة في البحث: Materials And Methods

1.3. المواد المستخدمة:

- المادة البوليميرية: PVA بولي فينيل الكحول المتوفر بشكل حبيبات دقيقة، درجة بلمرته (1700-1800) و درجة الحلمهة (98-99%). الشركة المنتجة: LOBACHEMIE - بلد الصنع: MUMBAI-INDIA.
- المذيب : بما أن البوليمير المختار قابل للانحلال السريع بالماء لذلك فإن المذيب المناسب و الآمن هو الماء المقطر.
- ملح كبريتات الباريوم: مركب كيميائي له الصيغة $BaSO_4$ على شكل مسحوق (بودرة) أبيض غير سام لعدم انحلاله، فهو صعب الانحلال بالماء بشكل كبير،

يستخدم هذا المركب في الطب لتحسين إظهار الصور الشعاعية فهو يمتص الأشعة السينية.

الشركة المنتجة: ALLIED SIGNAL - بلد الصنع: GERMANY

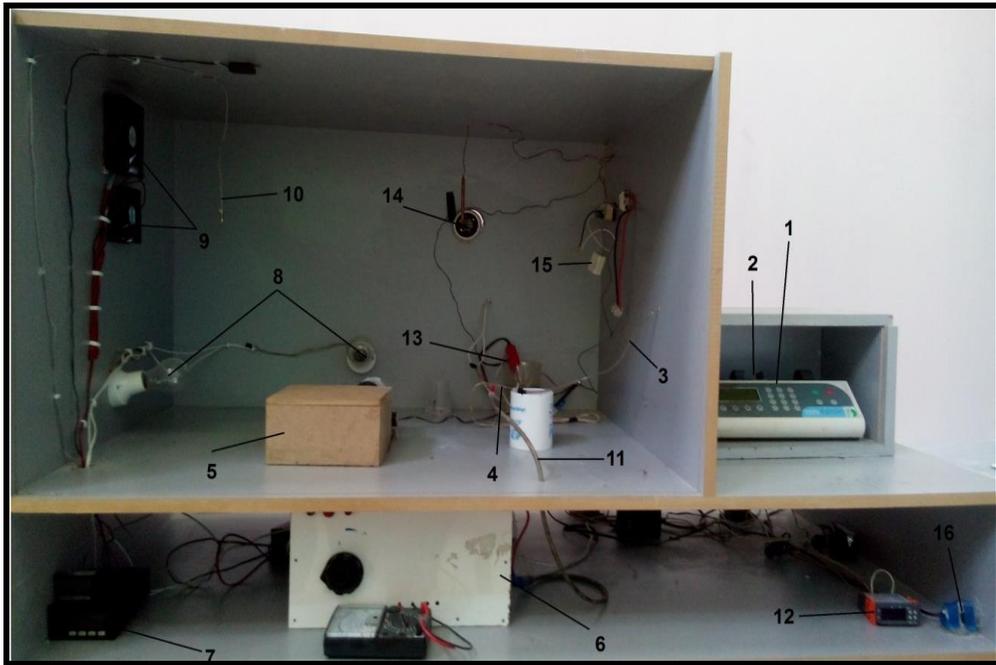
2.3. الأجهزة المستخدمة :

1- جهاز تسخين وتحريك مغناطيسي.

2- جهاز الغزل الكهربائي

3 - جهاز تصوير بالأشعة السينية

4- جهاز المجهر الالكتروني الماسح



الشكل (2) جهاز الغزل الكهربائي الموجود في مخبر الألياف النانوية بقسم هندسة الغزل والنسيج

أقسام جهاز الغزل الكهربائي الموضح بالشكل السابق:

- 1-مضخة، 2-سيرينغ، 3-أنبوب بلاستيكي، 4-أبرة، 5-مجمع، 6-رافع جهد،
- 7-منظم حرارة، 8-لمبات، 9-مراوح، 10-حساس حرارة، 11-الكتروود، -
- 12منظم رطوبة، 13-بيشر، 14-مجفف، 15-حساس رطوبة .

3.3. طريقة إجراء التجربة:

الهدف من هذه التجربة هو بيان إمكانية إضافة مواصفات جديدة للشبكات المغزولة كهربائياً و الحصول على منتج جديد مناسب للاستخدامات الطبية. نستخدم في هذه التجربة أملاح كبريتات الباريوم التي تمتص الأشعة السينية.

- إجراء التجربة:

- 1) نحضر المحلول البوليميري حيث كان تركيز البوليمير 10% و تركيز ملح كبريتات الباريوم 3%، و قد اخترنا هذا التركيز للبوليمير لأنه عند تحضير المحلول من نفس التركيز المستخدم للكبريتات وتركيز المادة البوليميرية (13%) لم ينحل البوليمير بشكل جيد ولم نحصل على محلول مناسب.
- 2) نضع المحلول المحضر في المحقنة ونثبتها على المضخة.
- 3) نصل الالكتروود الموجب مع الإبرة المعدنية.
- 4) نفصل بين رأس الإبرة و المجمع بمسافة 12 سم.
- 5) نحدد معدل التدفق بمقدار 2.5 مل/سا.
- 6) نبدأ بزيادة الجهد الكهربائي تدريجياً و صولاً إلى القيمة 10 كيلو فولط التي تعمل على جذب القطرة مشكلة الليف النانوي الذي يستقر على المجمع.

4- النتائج والمناقشة:

عند استخدام محلول بتركيز 10% كانت ألياف الشبكة اللانسوجة المتشكلة جافة وبالتالي مظهرية الألياف والشبكة جيدة فالمذيب تبخر بالكامل خلال عملية الغزل الكهربائي. والسبب في ذلك يعود إلى تخفيض الجهد الكهربائي لقيمة مناسبة تؤدي إلى عدم جذب القطرة بسرعة كبيرة، متيحة الفرصة لتبخر المذيب فنتيجة وجود شوارد كهربائية في المحلول فإن 10 كيلوفولط كانت كافية للتغلب على قوى التوتر السطحي للقطرة وبالتالي جذبها.

إضافة إلى ذلك فإن المسافة المتخذة 12 سم وهي أيضاً مسافة كافية لتبخر المذيب قبل وصوله إلى المجمع.

لتحديد النسبة من كبريتات الباريوم في المحلول البوليميري قمنا بتحضير عدة محاليل تحوي نفس النسبة من البوليمير مع تغيير نسبة كبريتات الباريوم وتثبيت باقي المتغيرات وزمن العملية الذي استمر بالنسبة لكل عينة مدة نصف ساعة.

4-1- اختبار الإظهار بالأشعة السينية:

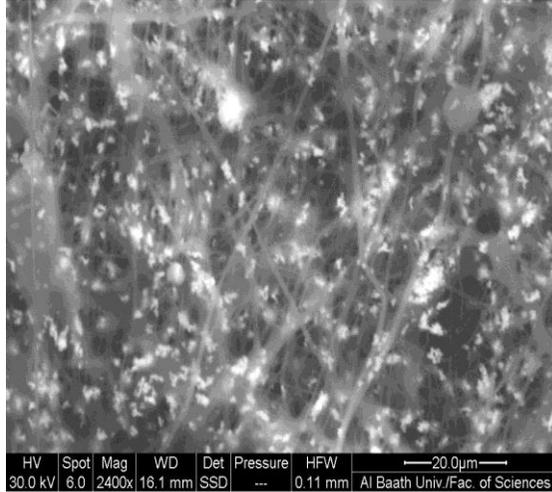
أظهرت النتائج أن الأقمشة اللانسوجة المصنعة من محاليل بوليميرية حاوية على نسب أقل من 3% مثل 1% و 2% لم تظهر بوضوح بالأشعة السينية

أما الأقمشة اللانسوجة المغزولة كهربائياً من محلول بوليميري يحوي على كبريتات الباريوم بنسبة 3% فقد ظهرت بصورة الأشعة.

كما نلاحظ أن زيادة كبريتات الباريوم إلى 4% و 5% تزيد من نسبة الإظهار من خلال الصور، إلا أن الفرق ليس كبير مقارنة بالعينة ذات التركيز 3% من كبريتات الباريوم لذلك يكتفى بهذا التركيز.



الشكل (3) صورة شعاعية تظهر الأقمشة اللامنسوجة المغزولة كهربائياً من أجل تركيز 3%
4-2-الاختبار بالماسح الالكتروني:
نلاحظ من صورة العينة الممسوحة بالمجهر الالكتروني تشكل الألياف النانوية من
بوليمير بولي فينيل الكحول (PVA) واحتجاز جزيئات كبريتات الباريوم بين الألياف
النانوية.
وقد تم قياس قطر الألياف باستخدام برنامج Image j وكان متوسط قطر الألياف
النتيجة 84.36 nm .



الشكل (4) صورة بالمجهر الإلكتروني للشبكة اللامنسوجة الحاوية على كبريتات الباريوم وهكذا نلاحظ أن استخدام أملاح كبريتات الباريوم بالنسبة السابقة قد أكسب الشبكات المغزولة كهربائياً خاصية جديدة فجعلها تظهر بالأشعة السينية.

4-3- اختبار الامتصاصية:

يتم إجراء هذا الاختبار من خلال أخذ قطعتين من القطن الطبي بأبعاد 3x3 Cm يتم وضع طبقة اللامنسوج المصنع بين طبقات القطن الطبي في إحدى العينين وتقص بنفس الأبعاد.

ثم يتم ملء بيشرين حجم 50 ml بالماء وبعد ذلك يتم غمر القطعتين في كل بيشر على حدة مع مراقبة زمن الغرق للعينتين، وكلما كان زمن الغرق قصير كانت الامتصاصية أفضل.

لاحظنا أن زمن الغرق للعينين هو نفسه بمقدار 3 ثانية أي أن وجود عينة اللامنسوج المكون من ألياف نانوية لم يؤثر على خاصية الامتصاصية، ويعود

ذلك السماكة الدقيقة جداً للقماش اللامنسوج وأن ال PVA هو مادة بوليميرية محبة للماء.

وبالنتيجة يمكن القول أنه:

يمكننا إكساب الأقمشة اللامنسوجة خواص ومواصفات جديدة بإضافة مواد كيميائية بشكل مساحيق إلى المحلول البوليميري حتى لو كانت هذه المواد غير ذوابة في المذيب المستخدم لتشكيل المحلول، مما يتيح المجال للقيام بالعديد من الأبحاث لتصنيع شبكات لا منسوجة مغزولة كهربائياً مكونة من ألياف نانوية بمواصفات غير موجودة مسبقاً.

5. المقترحات:

- 1- إضافة مواد استحلاب للمحلول البوليميري ودراسة تأثيرها على إنتاج الشبكات المكونة من ألياف نانوية.
- 2- دراسة أفضل آلية لإضافة الشبكات الامنسوجة إلى القطن الطبي مع الأخذ بعين الاعتبار مسألة التعقيم.

6.المراجع:

- [1]Frank K. Ko (2000), NANOFIBER TECHNOLOGY: Bridging the Gap between Nano and Macro World, Fibrous Materials Research Laboratory, Department of Materials Science and Engineering, Drexel University, Philadelphia, Pa. 19104, U.S.A
- [2]Grafe T., Graham K.(2002), Polymeric Nanofibers and Nanofiber Webs:A New Class of Nonwovens, INTC: International Nonwovens Technical Conference (Joint INDA – TAPPI Conference), Atlanta, Georgia, September 24–26, 2002.
- [3]RenekerD.H., Yarin A.L., Zussman E., and Xu H. (2007),Electrospinning of Nanofibers from Polymer Solutions and Melts. Advances In Applied Mechanics, VOL. 41, 43–195p.
- [4]Seeram Ramakrishna, Kazutoshi Fujihara,Wee–Eong Teo.Teik–Cheng Lim & Zuwei Ma (2005). An Introduction to Electrospinning and Nano–fibers. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., National University of Singapore.
- [5]Sridhar R.,Venugopal J.R., (2011), Electrospun nanofibers for pharmaceutical and medical applications, Science direct– Volume 21, Issue 6, 2011, Pages 451–468
- [6] T. Duńvki , V. Saryviak. (2019), Analysis and characterization of SiO₂ nanowires via electrospinning technique. Exp. Theo. NANOTECHNOLOGY, VOL. 3, 263–274p.

إزالة السيبروفلوكساسين من مياه الصرف

الصناعي بواسطة التحفيز الضوئي الامتجانس

ريم موسى⁽¹⁾، أ.د.م. فؤاد عطاالله⁽²⁾، أ.د. فرانسوا قره بيت⁽³⁾

⁽¹⁾طالبة ماجستير، قسم الهندسة الكيميائية، كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية، جامعة البعث، سورية.

⁽²⁾أ.د، قسم الهندسة الكيميائية، كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية، جامعة البعث، سورية.

⁽³⁾أ.د، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.

الملخص

تم دراسة التفكيك الضوئي الحفزي للمضاد الحيوي السيبروفلوكساسين (Cip) باستعمال جهاز التفكيك الضوئي الحفزي الامتجانس بوجود ثاني أكسيد التيتانيوم Titanium Dioxide P25 Degussa المثبت على صفيحة زجاجية وبوجود مصباح UV-A. لمحاليل صناعية تم تحضيرها باستخدام الماء المقطر وأيضاً للمياه الصناعية لمعمل الأدوية الناتجة عن الغسيل الأولي لآلات تصنيع السيبروفلوكساسين. وتمت دراسة الحركية الكيميائية للتفاعل، ووجد أنه من المرتبة الأولى. وتبين أن النسبة المئوية لإزالة السيبروفلوكساسين من المياه الصناعية تصل إلى (76.86%) ودرس تأثير إضافة الماء الأكسجيني بتركيز (0.1-0.17-0.68 g/L) على نسبة الإزالة حيث أدت إضافته إلى تحسين معدل الإزالة وزيادة سرعة التفاعل وتخفيض الزمن اللازم لإتمام العملية، وتم تعيين النسبة المئوية لإزالة COD وصلت مع H_2O_2 0.17g/L إلى (78.24%). وبالنسبة للمياه الملوثة الصناعية وصلت نسبة إزالة السيبروفلوكساسين إلى (76.86%) والنسبة المئوية لإزالة COD (78%).

الكلمات المفتاحية Cip، التفكيك الضوئي الحفزي، مياه ملوثة، COD, TiO_2

Removal of ciprofloxacin from industrial wastewater by heterogeneous photocatalysis

Reem Mousa^a, Fouad Atallah^b, Franswa Karabet^c

^a Master student, Department of Chemical Engineering, Faculty of Chemical and Petroleum Engineerin, ALBaath university, Syria

^b Professor, Department of Chemical Engineering, Faculty of Chemical and Petroleum Engineerin, ALBaath university, Syria

^c Professor, Department of chemistry, Faculty of science, Damascus university, Syria

Abstract

The catalytic photodegradation of the antibiotic ciprofloxacin (Cip) was studied using a heterogeneous catalytic photodegradation device in the presence of titanium dioxide P25 degussa attached to a glass plate and in the presence of a UV-A lamp. For synthetic solutions prepared using distilled water and also for industrial water for pharmaceuticals from the initial washing of Ciprofloxacin manufacturing machines. The chemical kinetics of the reaction was studied, and it was found that it is of the first order. It was found that the percentage of ciprofloxacin removal from the industrial water reaches (76.86%), and the effect of adding H₂O₂ at concentrations of (0.1-0.17-0.68 g / L) on the removal rate was studied, as its addition improved the removal rate, increased the reaction speed and reduced the time required to

complete the process. And the percentage of removal of COD reached 0.17g / L H₂O₂ to (78.24%).

For industrial polluted water, the percentage of removal of ciprofloxacin reached (80%) and the percentage of removal of 78% (COD).

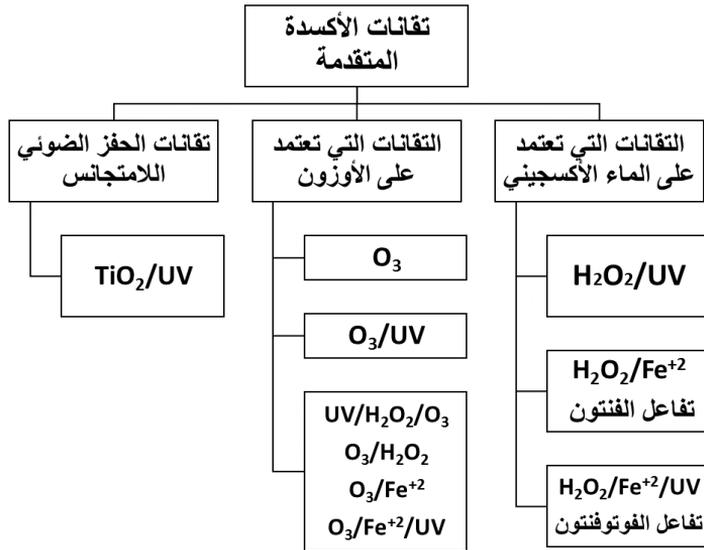
Key words: Cip, Photocatalytic degradation, wastewater, COD, TiO₂.

1- المقدمة

المخلفات الصيدلانية هي ملوثات بيئية دقيقة موجودة في كل مكان على الرغم من أن تراكيزها عادة ما تكون منخفضة جداً إلا أن آثارها الممرضة كبيرة، هي مركبات قادرة على أحداث تأثيرات سلبية خطيرة في الكائن الحي عند التعرض الخاطئ لها، لقدرتها على التداخل مع الوظائف الطبيعية للهرمونات التي تنتجها الغدد الصم، مؤدية إلى آثار سلبية على الصحة الإيجابية لدى الإنسان، بما في ذلك انخفاض الخصوبة وتشوهات خلقية وسرطانات الثدي والخصية.[1] وبيّنت الدراسات وجود تراكيز من المركبات الصيدلانية في العديد من البلدان، وذلك في المياه السطحية ومياه البحار والمياه الجوفية، وفي محطات معالجة مياه الصرف الصحي [2]. و ذلك لعدم تصميم تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي الحالية للتعامل مع هذه الفئة المحددة من الملوثات، ويلاحظ عادة عدم إزالتها بشكل كامل من مياه الصرف بعد المعالجة البيولوجية بسبب مقاومة معظم هذه المركبات أو منتجات استقلابها للتحلل البيولوجي.[3]

السيبروفلوكساسين (Cip) هو مضاد حيوي يستخدم لعلاج حالات الإصابة بالعدوى البكتيرية يشمل عدوى المفاصل وبعض أنواع الإسهال المعدي وعدوى المسالك التنفسية وأنواع أخرى من العدوى. وهو مضاد حيوي يثبط الكائنات الحية الدقيقة النشطة والمتنامية، وبالتالي يمكن أن يمثل خطراً على البيئة، خاصة بالنسبة للإيكولوجيا الميكروبية في التربة وخدمات النظام البيئي الميكروبي [4]. وهو فعال ضد طيف واسع من البكتيريا سالبة الجرام وموجبة الجرام[4] .. الكمية التي تطرح من Cip في البشر 45-62% تفرز دون استقلاب عن طريق البول و15-25% عن طريق البراز [4]. وبالتالي، يمكن لـ Cip الوصول إلى البيئة عن طريق الصرف الصحي المنزلي والزراعي، الرشح من مدافن النفايات، ومخلفات الصناعات الدوائية وأنشطة الثروة الحيوانية [4]. تتراوح تراكيز Cip في البيئة من 1µg/L إلى 1mg/L. تم الإبلاغ عن تراكيز تصل إلى 31mg/L في النفايات السائلة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي (WWTP) للصناعات الدوائية في الهند [4]. تم إدراج السيبروفلوكساسين في قائمة المواد المرابطة في المجاري المائية في التقرير البيئي لمركز الأبحاث المشترك للاتحاد الأوروبي [5]

في الآونة الأخيرة تم تطوير طرائق مختلفة لمعالجة المياه بما في ذلك العمليات الكيميائية والكهروكيميائية والكيميائية الضوئية وغيرها ومن بين هذه العمليات أظهرت تقانات الأكسدة المتقدمة إمكانيات كبيرة في معالجة المخلفات الصيدلانية. ترتكز هذه التقانات على إنتاج جذور الهيدروكسيل (HO^{\bullet}) والتي تتصف بأنها جذور غير انتقائية وغير مستقرة وذات قدرة مؤكسدة كبيرة، تهاجم معظم المركبات العضوية [6] في المحلول وتحولها لمنتجات أقل ضرراً. يمكن تصنيف تقانات الأكسدة المتقدمة وفقاً لآلية إنتاجها لجذور الهيدروكسيل إلى ثلاث أصناف رئيسية كما يوضح الشكل (1)

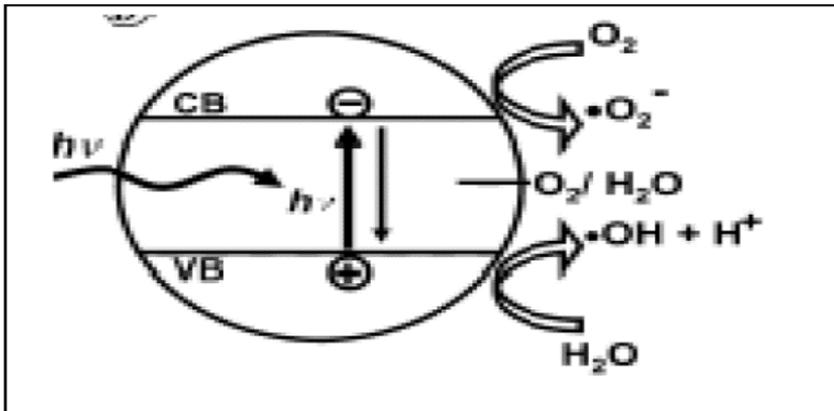


الشكل (1) تصنيف تقانات الأكسدة المتقدمة

تتميز تقانة الأكسدة الضوئية الحفزية اللامتجانسة بوجود أنصاف النواقل بقابلية أكثر للتطبيق من الناحية العملية وذلك لأن أشعة الشمس قادرة على تزويدها بالطاقة اللازمة [7]. وبالتالي تجاوز مشكلة التكلفة المادية المرتفعة لمصابيح الأشعة فوق البنفسجية [8]. تعتمد هذه التقانة على إنتاج جذور الهيدروكسيل بواسطة إثارة أنصاف النواقل بالإشعاع فوق البنفسجي، ومن أشهر أنصاف النواقل المستعملة ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2) والذي يتصف بثباته الضوئي وخموله الكيميائي والحيوي وأدائه الحفزي المتميز ورخص ثمنه. [9]

عند إثارة سطح ثاني أكسيد التيتانيوم بإشعاع فوق بنفسجي مناسب (UV-A) ستنتقل الإلكترونات من عصابة التكافؤ (Valence band) إلى عصابة الناقلية (Conducting band) متجاوزة الفجوة الطاقية (Energy gap) ومخلفة وراءها ثقب موجبة (h^+) يمكن للثقب الموجب أن يتفاعل مع الماء الممتز أو أيونات الهيدروكسيل، لتتولد جذور الهيدروكسيل، كما يمكن أن تتشكل أنصاف مؤكسدة أخرى مثل أيون السوبر أكسيد الجذري ($O_2^{\cdot-}$) وجذر الهيدروبيروكسيل (HOO^{\cdot}) والتي من الممكن أن تتحول لاحقاً إلى جذور الهيدروكسيل التي تقوم بأكسدة وتفكيك الملوثات العضوية الموجودة في الوسط.

يبين الشكل (2) مخططاً لآلية التفكيك الحفزي الضوئي للملوثات العضوية بواسطة ثاني أكسيد التيتانيوم [10]



الشكل (2) آلية التفكيك الحفزي الضوئي على سطح ثاني أكسيد التيتانيوم

وعلى اعتبار أن ثاني أكسيد التيتانيوم غير منحل في الماء، يمكن أن يستعمل في معالجة المياه على شكل معلق (Suspension) [11] ، كما يمكن استعماله بشكل ثابت [12] Immobilized بتضيده على سطح حامل، وفي كلتا الحالتين فإن استعمال ثاني أكسيد التيتانيوم في تقانة التفكيك الحفزي الضوئي (TiO_2/UV) قد أظهر فعالية كبيرة في تخليص البيئة المائية من طيف واسع من الملوثات العضوية السامة والثابتة، بأكسدة هذه الملوثات وتفكيكها تفكيكاً كاملاً حتى الوصول للماء وثنائي أكسيد الكربون.

2- الهدف من البحث

هدف هذا البحث معالجة مياه الصرف الصناعية لمعامل الأدوية باستخدام تقانة الأكسدة الضوئية الحفزية اللامتجانسة ($TiO_2/UV, TiO_2/H_2O_2/UV$) من خلال دراسة قابلية تفكيك المضاد الحيوي سيبروفلوكساسين في عينات مائية ملوثة صناعياً، وفي المياه الملوثة الصناعية لمعمل الأدوية، وتقييم كفاءة هذه التقانة في معالجة هذا التلوث، ودراسة تأثير إضافة H_2O_2 على النسبة المئوية لإزالة الملوث. وتخفيض قيم COD للمياه المعالجة، والاستفادة من الأشعة الشمسية في المعالجة وتخفيض تكاليف مصادر الطاقة.

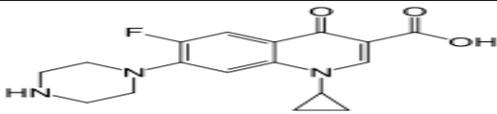
3- مواد البحث وطرقه:

3-1- المواد والأجهزة المستعملة:

استخدم المضاد الحيوي:

سيبروفلوكساسين Ciprofloxacin HCL (Cip) من شركة يونيفارما للصناعات الدوائية Unipharma. ويبين الجدول (1) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لسيبروفلوكساسين.

الجدول (1) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لسيبروفلوكساسين

Parameter	Ciprofloxacin(Cip)
Molecular formula	$C_{17}H_{18}FN_3O_3.HCL$
Structure	
Molecular weight [gmol ⁻¹]	367.84
$\lambda_{max}(nm)$	275

كما استخدم الماء الأكسجيني (W/W) 35% من شركة Flaka. وتم قياس pH الوسط بمقياس pH من شركة Sartorius. واستخدم جهاز HAMILTON لتقطير الماء المستخدم في تحضير المحاليل. استخدم ثاني أكسيد التيتانيوم Titanium Dioxide P25 Degussa والحاوي على 70% من الشكل anatase وفقاً للشركة الصانعة [13]. تأخذ الجسيمات البدائية في المسحوق الجاف تقريباً شكلاً كروياً يبلغ قطرها بحدود 20nm، وأجري عليها قياساً لمساحة السطح النوعي بواسطة امتزاز N_2 عند درجة الحرارة 77K على جهاز Gemini2375 V5 Instrument ID 1476 وبلغت مساحة السطح النوعي $48.3m^2g^{-1}$ ، وهذه النتيجة تتفق مع النتائج العالمية [14].

3-2- تحضير الحفاز الضوئي:

تم معالجة صفيحة زجاجية ذات أبعاد (50 cm × 3 cm) بالرمل من أجل الحصول على سطح خشن مما يزيد من سطح التماس ويزيد من التصاق الحفاز على سطح الصفيحة الزجاجية، ثم غسلت بالماء المقطر وبمحلول قلوي (NaOH 5M) وذلك

بهدف زيادة مجموعات OH^- الحرة على سطح الصفيحة الزجاجية. حضر معلق من ثاني أكسيد التيتانيوم Titanium Dioxide P25 Degussa في الماء المقطر بتركيز 7.5g/L، وضبطت قيمة الحموضة لهذا المعلق إلى (pH=3) باستخدام (HCl 0.1M). حرك المعلق باستمرار باستخدام محرك ميكانيكي بالأمواف فوق الصوتية لمدة ساعتين وصُب حجم محدد من المعلق على الصفيحة الزجاجية، ثم تركت الصفيحة الزجاجية لتجف عند درجة حرارة الغرفة، وأدخلت إلى فرن مبرمج حرارياً بحيث يتم التجفيف عند الدرجة 100°C لمدة ساعة واحدة، ثم المعالجة الحرارية عند الدرجة 450°C لمدة أربع ساعات. يحدث خلال المعالجة الحرارية تفاعل ما بين مجموعة OH^- من طبقة الحفاز السطحية والدايم الزجاجي ينتج عنه خسارة جزيء ماء وتتشكل جسور أكسجينية، وهكذا تزداد درجة التصاق الحفاز على الصفيحة الزجاجية [15]. وزنت الصفيحة الزجاجية قبل وبعد عملية تنضيد الحفاز وحسب وزن الحفاز المنضد على الصفيحة. إذ وُجد أن الوزن الفعلي للحفاز حوالي 380 mg.

3-3- وصف عملية التفكيك الحفزي الضوئي:

استعمل في عملية التفكيك الحفزي الضوئي جهاز من تصميم وطني الشكل (3) هو عبارة عن مفاعل زجاجي (Pyrex) أسطواني الشكل مزود بجدار زجاجي مزدوج للحفاظ على درجة حرارة ثابتة أثناء التفاعل، يزود بالأشعة اللازمة من مصباح (Nissan Black Light 18 W, UV Ray 1.5 W) يصدر إشعاعات في مجال UV-A بطول موجة 365 nm يوضع داخل المفاعل بشكل محوري بواسطة كم زجاجي شفاف لطول الموجة المطلوب، ويعين متوسط التدفق الضوئي فوق الحفاز بقرابة $2.10^{-3}\text{E.min}^{-1}\text{m}^{-2}$ ووضع أسفل منه الصفيحة الزجاجية المنضد على سطحها الحفاز الضوئي، يدور 1L من محلول المضاد الحيوي داخل الجهاز باستمرار بواسطة مضخة إعادة تدوير ويتدفق بحرية فوق سطح الحفاز ويحرك في حوالة زجاجية سعة 1.2 L ويحصل من خلال الحوالة توازن مع الهواء، يبلغ تدفق المضخة 300 mL.min^{-1} .



الشكل (3) جهاز التفكيك الضوئي الحفزي

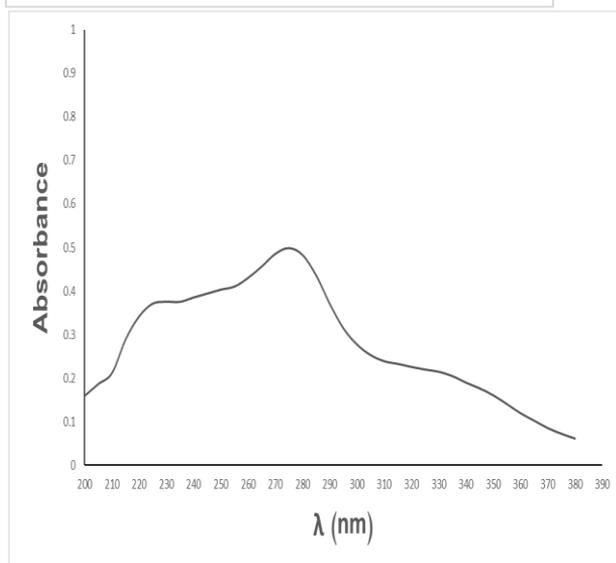
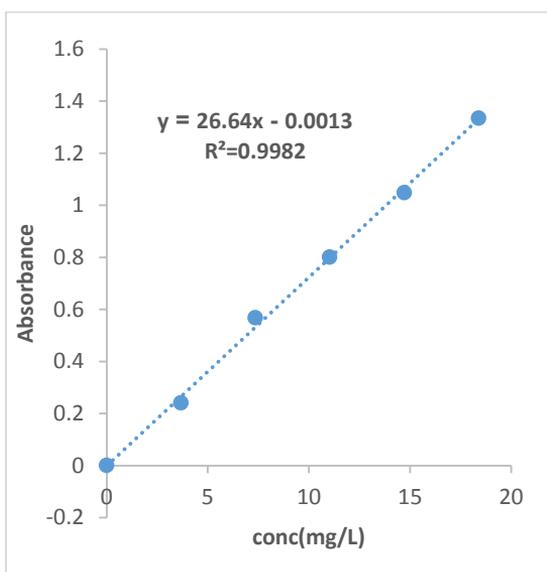
- 1-مصباح UV-A. 2-الصفحة الزجاجية. 3-حجوة زجاجية. 4-مضخة. 5-زر UV-A. 6-زر تشغيل مضخة الهواء. 7- زر تشغيل مضخة المياه

4- النتائج والمناقشة

4-1- دراسة التفكيك الحفزي الضوئي للسيبروفلوكساسين في مياه ملوثة صناعياً

حضر محلول من السيبروفلوكساسين بتركيز ابتدائي ($C_{cip} = 21. \text{ mg/L}$). تم إجراء مسح طيفي للسيبروفلوكساسين ضمن المجال فوق البنفسجي (200–380 nm) باستعمال جهاز الطيف المرئي وفوق البنفسجي سبيكتروفوتومتر UV-VIS، لمعرفة طول

الموجة الأعظمي الشكل (4). حُضرت سلسلة من تراكيز السيبروفلوكساسين وتم قياس الامتصاصية لهذه السلسلة عند $\lambda_{max}=275$ nm ورسمت العلاقة بين التراكيز والامتصاصية لنحصل على المنحني العياري للسيبروفلوكساسين الشكل (5)



الشكل (5) العلاقة بين التركيز والامتصاصية لـCipI الشكل (4) طيف

الامتصاص UV لـCipI

ويدور 1L من هذا المحلول في جهاز التفكيك الحفزي الضوئي في الظلام دون تشغيل مصباح UV-A، أخذت عينات من هذا المحلول عند فواصل زمنية متساوية (10-15 min) حتى الوصول للتوازن امتزاز-انتزاز استغرق مدة 60 min. ثم تم تشغيل مصباح UV-A لمدة أربع ساعات متواصلة. وأخذت عينات من المحلول كل 30 min وتم قياس تركيزها.

وجد أن تفاعلات التفكيك الحفزي الضوئي كانت من المرتبة الأولى بالنسبة لسيبروفلوكساسين

تم حساب النسبة المئوية لامتزاز A% والنسبة المئوية للإزالة X% من العلاقتين:

$$A\% = [(C_i - C_0) / C_i] \times 100$$

$$X_{240}\% = [(C_0 - C_{240}) / C_0] \times 100$$

حيث

C_i : التركيز الابتدائي للمضاد الحيوي المدروس.

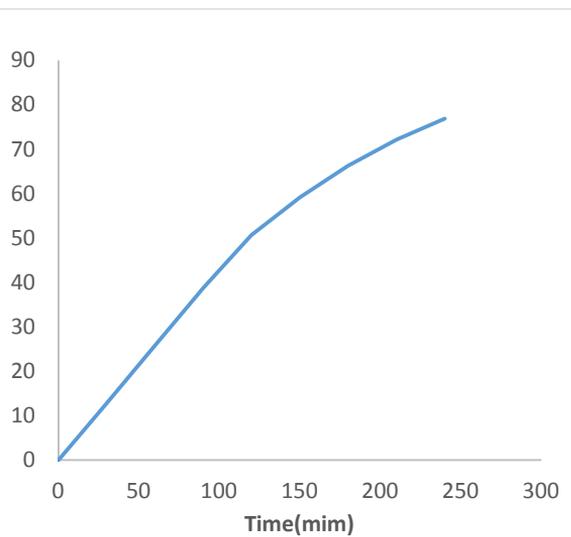
C_0 : التركيز التوازني للمضاد الحيوي المدروس بعد بلوغ توازن الامتزاز.

C_{240} : التركيز بعد زمن تشيع مقداره (t=240 min).

يوضح الجدول (2) النسبة المئوية لإزالة السيبروفلوكساسين من المياه الملوثة الصناعية بالتفكيك الضوئي الحفزي. ويوضح الشكل (6) نسبة إزالة سيبروفلوكساسين كتابع للزمن أثناء التفكيك الضوئي الحفزي زمن البقاء 4 h.

الجدول (2) النسبة المئوية لإزالة

Cip% مع الزمن



t (min)	C _{Cip} (mg)	نسبة الإزالة%
0	20.19	0
30	17.62	12.75
60	14.97	25.86
90	12.36	38.79
120	9.97	50.64
150	8.24	59.19
180	6.81	66.3
210	5.63	72.13
240	4.67	76.86

الشكل (6) نسبة إزالة Cip مع الزمن

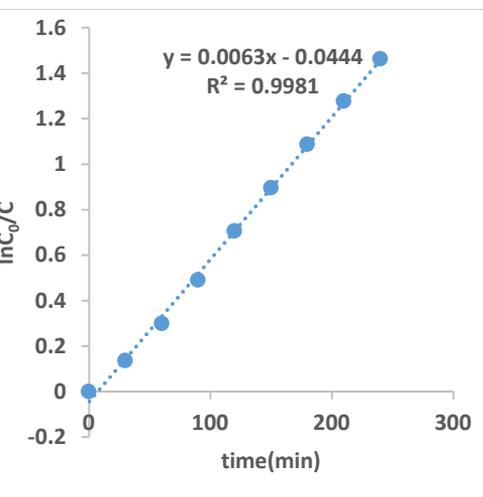
نلاحظ ازدياد نسبة إزالة السيبروفلوكساسين من المياه الملوثة مع الزمن حيث وصلت نسبة الإزالة بعد المعالجة مدة أربع ساعات إلى 76.86%.

4-1-1-الدراسة الحركية لتفكيك السيبروفلوكساسين بالحفز الضوئي

يوضح الشكل (7) حركية التفكيك الضوئي الحفزي للسيبروفلوكساسين والجدول (3) نتائج الدراسة الحركية لتفاعل التفكيك الحفزي الضوئي لـ Cip

الجدول (3) نتائج الدراسة الحركية للتفكيك الحفزي الضوئي لـ Cip

Parameter	without H ₂ O ₂
C _i (m mole/L)	21
C ₀ (m mole/L)	20.19
مرتبة التفاعل	1
A=[(C _i - C ₀)/C _i].100	5.35%
k(min ⁻¹)	0.0063
r(m g.L ⁻¹ min ⁻¹)x10 ⁴	3.458
نسبة الإزالة %	76.86%



الشكل (7) حركية تفاعل التفكيك الضوئي الحفزي لـ Cip

يعد الامتزاز على سطح الحفاز أحد أهم العوامل المؤثرة في تفاعلات التفكيك الضوئي الحفزي، حيث يلعب دوراً مهماً في زيادة أو نقصان سرعة التفاعل. وقد ذكر العديد من الباحثين أن الامتزاز هو مرحلة أولية ضرورية في تفاعل التفكيك الضوئي المحفز بوجود TiO₂ وتعتبر المرحلة المحددة لسرعة التفكيك [16].

اعتمد تناقص تركيز المضاد الحيوي خلال زمن التفاعل بوصفه معياراً لمعدل سرعة تفكيكه بتفاعل التفكيك الضوئي الحفزي، وضحت الدراسة الحركية أن مرتبة التفاعل هي من المرتبة الأولى الجدول (3) وذلك عند رسم $\ln C_0/C$ بدلالة الزمن ويوضح الشكل (7) صحة مرتبة التفاعل وهذا الأمر يتفق مع المرجعيات [17].

يظهر المذاب من وجهة نظر الحركية الكيميائية علاقة خطية واضحة مع زمن التشيع ويمكن اعتبار هذا السلوك متوافقاً مع الشكل المعدل لمعادلة لانغمور-هينشلوود Langmuir- Hinshelwood حيث استخدمت هذه المعادلة بنجاح لوصف تفاعلات الحفز اللامتجانس [18].

أي أن سرعة تفاعل أحادي الجزيء على سطح الحفاز تتناسب مع سطح التغطية، مع الافتراض بأن المادة المتفاعلة تمتاز بقوة على سطح TiO_2 أكثر من المنتجات.

$$r = -dC/dt = kKC/(1+KC)$$

حيث: C تركيز المضاد الحيوي المدروس عند الزمن t ، k : ثابت سرعة التفكك، K : ثابت الامتزاز. وتصبح المعادلة السابقة بعد إجراء التكامل من الشكل:

$$t = [\ln(C_0/C)]/Kk + (C_0-C)/k$$

ونظراً لكون تركيز الملوثات صغير جداً، يصبح الحد الثاني من المعادلة السابقة صغيراً جداً بالمقارنة مع الحد الأول، ويهمل عند هذه الشروط وتصبح العلاقة:

$$\ln(C_0/C) = kKt = k^{\prime}t$$

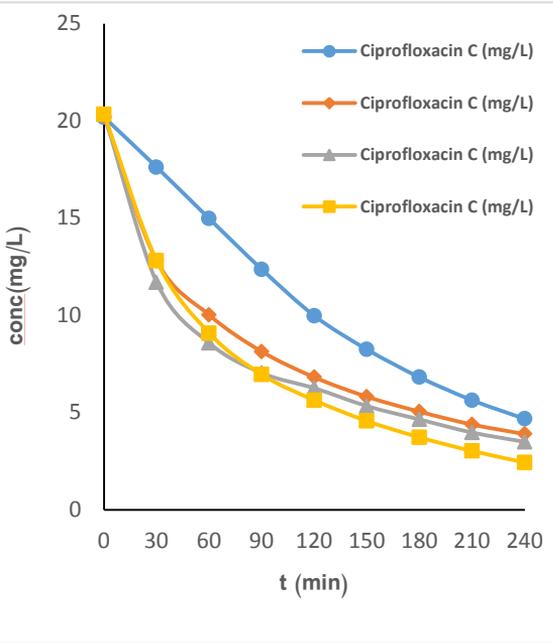
وعندما تكون درجة الامتزاز ضئيلة يصبح معدل سرعة التفاعل Γ مساوياً kKC والتفاعل من المرتبة الأولى.

وعندما تكون درجة الامتزاز كبيرة يصبح معدل سرعة التفاعل Γ مساوياً k والتفاعل من المرتبة صفر.

4-1-2- تأثير الماء الأكسجيني

تم تكرار تجارب التفكيك الحفزي الضوئي لمحلول السيروفولوكساسين مع إضافة تراكيز من الماء الأكسجيني (0.1-0.17-0.68 g/L) للمحلول كما يوضح الجدول (4) والشكل (8).

الجدول (4) تأثير إضافة H_2O_2 على تركيز C_{ip} مع الزمن



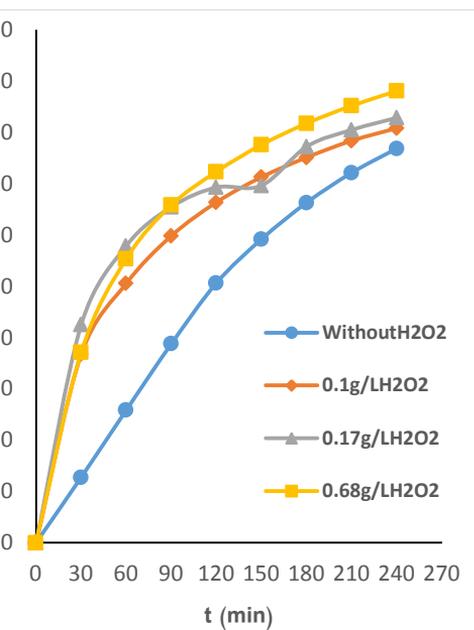
Ciprofloxacin C (mg/L)				
t(min)	without H ₂ O ₂	0.1g/L H ₂ O ₂	0.17g/L H ₂ O ₂	0.68g/L H ₂ O ₂
0	20.19	20.23	20.34	20.34
30	17.62	12.8	11.69	12.8
60	14.97	10.01	8.57	9.08
90	12.36	8.13	7.03	6.95
120	9.97	6.81	6.25	5.63
150	8.24	5.81	5.33	4.56
180	6.81	5.04	4.64	3.72
210	5.63	4.38	3.97	3.02
240	4.67	3.89	3.49	2.43

الشكل (8) تأثير إضافة H₂O₂ على تركيز Cip مع الزمن

يبين الجدول (4) والشكل (8) أن تركيز (Cip) يتناقص بازدياد الزمن وتركيز الماء الأكسجيني المضاف.

كما يوضح الجدول (5) والشكل (9) تأثير الماء الأكسجيني على نسبة إزالة السيبروفلوكساسين من المياه الملوثة.

الجدول (5) تأثير إضافة H₂O₂ على نسبة إزالة Cip



t (min)	Without H ₂ O ₂	0.1g/L H ₂ O ₂	0.17g/L H ₂ O ₂	0.68g/L H ₂ O ₂
0	0	0	0	0
30	12.75	36.73	42.49	37.1
60	25.86	50.54	57.87	55.33
90	38.79	59.82	65.46	65.82
120	50.64	66.36	69.26	72.33
150	59.19	71.27	69.62	77.57
180	66.3	75.1	77.21	81.74
210	72.13	78.36	80.47	85.17
240	76.86	80.81	82.84	88.05

الشكل (9) تأثير إضافة H₂O₂ على نسبة إزالة Cip

أدت إضافة الماء الأكسجيني إلى زيادة نسبة إزالة السيبروفلوكساسين من المياه الملوثة حيث وصلت نسبة الإزالة إلى 88%

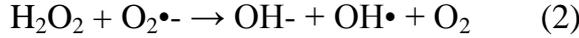
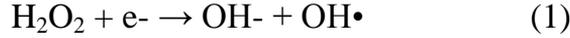
بينت الدراسات [19] أن إضافة الماء الأكسجيني تؤدي إلى زيادة نسبة التفكك الحفزي الضوئي، وذلك لعدة أسباب وهي:

- زيادة تركيز جذور الهيدروكسيل.

- تشكل أصناف مؤكسدة إضافية.

- إضعاف إعادة اتحاد الإلكترونات مع الثقوب الموجبة وبالتالي زيادة تركيز الثقوب الموجبة، حيث تجدر الإشارة إلى أن إعادة اتحاد الإلكترونات مع الثقوب الموجبة يعد السبب الرئيس في إضعاف فعل الحفز الضوئي لـ TiO₂

وتبين التفاعلات التالية الدور الذي يلعبه الماء الأكسجيني في تحسين عملية التفكك الحفزي الضوئي:



4-3-1-3-4- تعيين COD

للتأكد من تفكيك السيبروفلوكساسين بتقانة التفكيك الضوئي الحفزي، وتحوله إلى غاز ثنائي أكسيد الكربون والماء تم تعيين النسبة المئوية لإزالة COD% من المياه الملوثة قبل وبعد تفاعل التفكيك الضوئي الحفزي، وأيضاً بعد استعمال H_2O_2 الجدول (6)، وأعتد في تحديد تركيز COD طريقة أكسدة الملوثات الموجودة في عينة مائية (المزيج الكرومي) مزيج من حمض الكبريت المركز وثاني كرومات البوتاسيوم $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (0.04167M) في حالة الغليان. تكتف العينة ارتدادياً في محلول حمضي قوي مع كمية زائدة معلومة من ثاني كرومات البوتاسيوم ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) بعد انتهاء التهضيم، تعابير بواسطة ملح مور (كبريتات الحديدي النشادرية سداسية الماء $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$) $6\text{H}_2\text{O}$ (0.25M) لتحديد كمية ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) المستهلكة باستعمال مشعر فينيل ثنائي أمين وتحسب كمية المادة المتأكسدة على أساس المكافئ الأكسجيني. وتحسب قيمة COD من العلاقة: [20]

$$\text{COD as mg O}_2/\text{L} = (\text{A}-\text{B}) \times \text{M} \times 8000/\text{ml sample}$$

حيث:

A: حجم ملح مور اللازم للشاهد.

B: حجم ملح مور اللازم للعينة.

M: مولية محلول ملح مور.

8000: الميلي مكافئات الوزنية للأكسجين X (1000ml/L)

جدول (6) النسبة المئوية لإزالة الـ COD

النسبة المئوية لإزالة %COD		
Without H ₂ O ₂	0.1g/L H ₂ O ₂	0.17g/L H ₂ O ₂
33.56	60.52	78.24

تشير نتائج تحليل الـ COD إلى انخفاض في قيمتها بعد المعالجة بطريقة الحفز الضوئي ويكون قيمة الانخفاض أكبر بازدياد تركيز الماء الأكسجيني وهذا دليل على كفاءة هذه التقنية في تفكيك الملوثات الصيدلانية في المياه الملوثة صناعياً.

4-2- دراسة التفكيك الحفزي الضوئي للسيبروفلوكساسين في المياه الملوثة الصناعية لمعمل الأدوية:

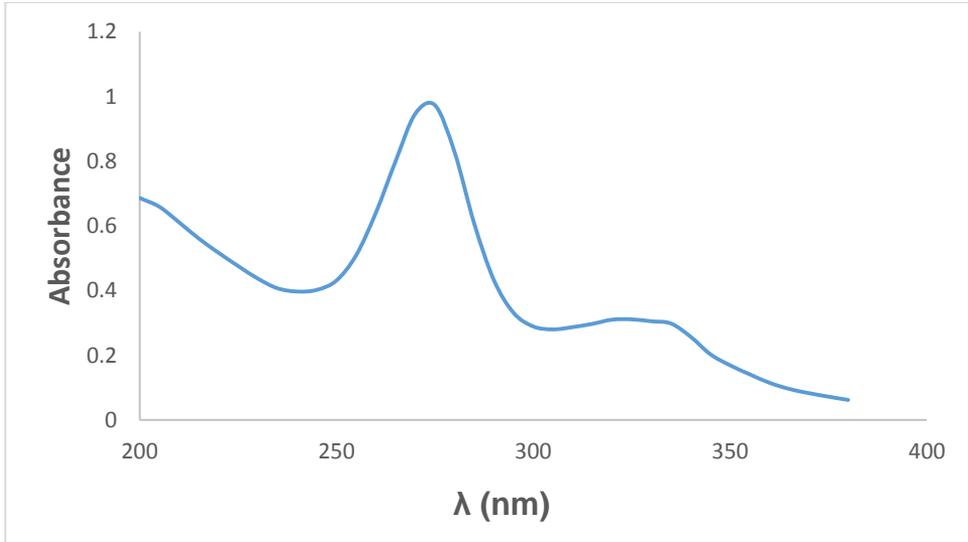
أخذت المياه الملوثة الصناعية من معمل يونيفارما وهي المياه الناتجة عن الغسيل الأولي للآلات بعد تحضير مركب السيبروفلوكساسين. يوضح الجدول (7) مواصفات المياه الملوثة الصناعية.

الجدول (7) مواصفات المياه الناتجة عن الغسيل الأولي لآلات تصنيع Cip

Parameter	wastewater
(L) حجم مياه الغسيل	600
C _{Cip} (mg/L)	662.1

COD(mg.L ⁻¹)	7840
λ_{max} (nm)	275

تم إجراء مسح طيفي لهذه المياه الصناعية ضمن المجال فوق البنفسجي كما يوضح الشكل (10)



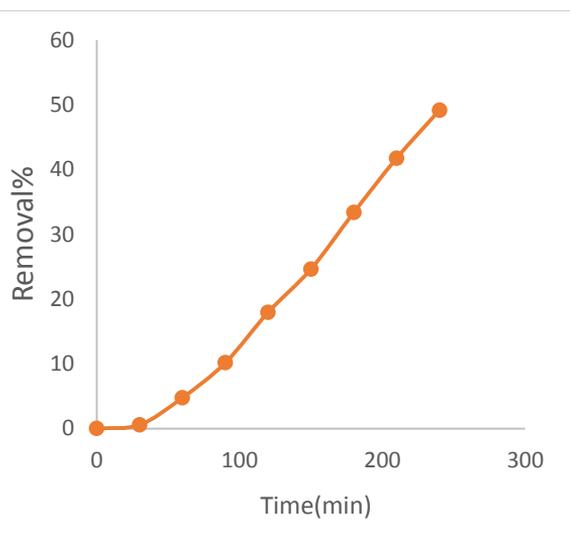
الشكل (10) طيف الامتصاص UV لـ Cip في المياه الملوثة الصناعية

كما هو واضح من الشكل (10) أن قمة الامتصاص عند طول الموجة $\lambda=275$ nm التي توافق طول الموجة الأعظمي للسيبروفلوكساسين.

أجريت تجارب التفكيك الضوئي الحفزي على المياه الملوثة الصناعية

يوضح الجدول (8) نتائج دراسة التفكيك الضوئي الحفزي لسيبروفلوكساسين في المياه الصناعية يوضح الشكل (11) نسبة إزالة السيبروفلوكساسين في المياه الصناعية مع الزمن.

الجدول (8) تركيز ونسبة إزالة Cip مع الزمن

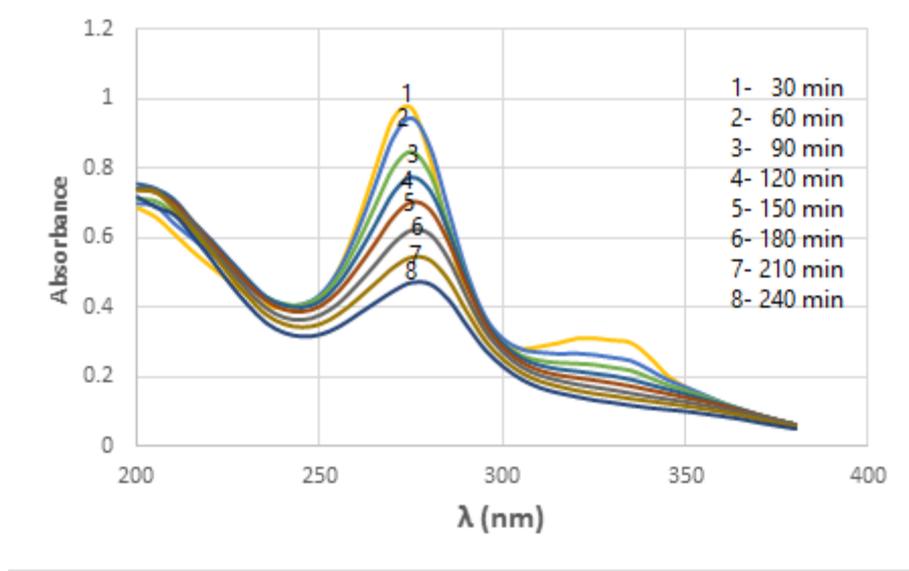


t (min)	C _{Cip} (mg/L)	كفاءة الإزالة%
0	525.3	0
30	522.3	0.57
60	500.3	4.76
90	472	10.15
120	435.5	17.95
150	395.8	24.63
180	350	33.37
210	306	41.75
240	267	49.17

الشكل (11): نسبة إزالة Cip في المياه الصناعية مع الزمن

يبين الشكل (11) والجدول (8) ازدياد في نسبة إزالة السيبروفلوكساسين من المياه الملوثة مع الزمن حيث وصلت نسبة الإزالة بعد المعالجة لمدة أربع ساعات إلى 49.17%.

يوضح الشكل (12) مسح طيفي للمياه الملوثة خلال مراحل المعالجة.



الشكل (12) طيف امتصاص UV ل Cip في المياه الملوثة أثناء المعالجة.

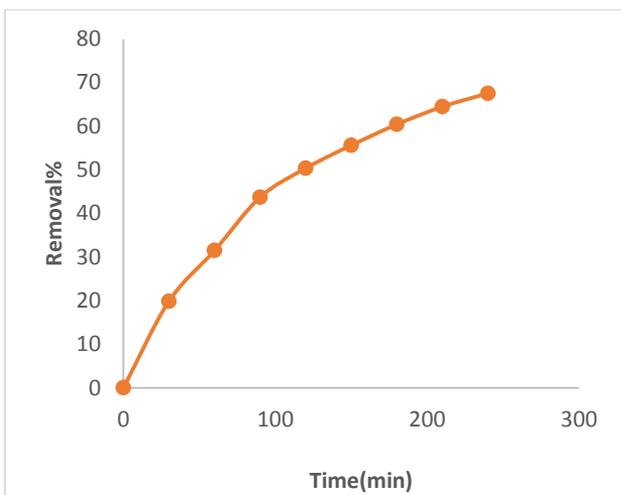
يتضح من الشكل (12) أن أعلى قمة امتصاص هي عند 275 nm لمركب السيبروفلوكساسين وتتنخفض هذه القمة مع الزمن حيث قيست الامتصاصية خلال فواصل زمنية 30 min من الأعلى إلى الأسفل أثناء المعالجة التي استمرت أربع ساعات. وهذا يؤكد انخفاض تركيز السيبروفلوكساسين مع الزمن أثناء التفكيك الضوئي الحفزي.

4-2-1- تأثير الماء الأكسجيني

تم إضافة الماء الأكسجيني بتركيز (0.1g/L) إلى المياه الملوثة الصناعية لدراسة تأثيره على نسبة الإزالة للسيبروفلوكساسين. كما هو موضح في الجدول (9) والشكل (13)

الجدول (9) تأثير H_2O_2 على تركيز وكفاءة إزالة Cip مع الزمن

t (min)	C_{Cip} (mg/L)	الإزالة %
0	6165	0
30	494	19.8
60	422.3	31.5
90	347	43.7



120	306	50.3
150	273.6	55.6
180	244	60.4
210	219	64.4
240	200.1	67.5

الشكل (13) تأثير H_2O_2 على كفاءة إزالة Cip مع الزمن

إضافة كمية قليلة من الماء الأكسجيني $0.1g/L$ إلى المياه الصناعية خلال عملية المعالجة أدت إلى زيادة سرعة التفكيك الضوئي الحفزي حيث بلغت نسبة إزالة السيبروفلوكساسين في المياه الملوثة (67.54%) لأن الماء الأكسجيني يعزز تركيز جذور الهيدروكسيل الحرة المتشكلة كما ذكرنا سابقاً.

وتم تعيين النسبة المئوية لإزالة COD من المياه الملوثة الصناعية كما يبين الجدول (10)

الجدول (10) النسبة المئوية لإزالة COD % من المياه الملوثة الصناعية

النسبة المئوية لإزالة COD % من المياه الملوثة الصناعية		
Without H_2O_2	$0.1 g/L H_2O_2$	$0.17 g/L H_2O_2$
33	60	78

توضح النتائج في الجدول (10) ازدياد كبير في نسبة إزالة COD% حيث وصلت إلى (78%). ويظهر تأثير الماء الأكسجيني واضحاً في عملية التفكيك الحفزي الضوئي بوجود TiO_2 ، إذ أدى إلى زيادة كبيرة في نسبة التفكيك ونسبة إزالة COD%.

وتمنح هذه الدراسة أملاً كبيراً في تخليص مياه معامل الأدوية من المضادات الحيوية بواسطة الحفز الضوئي بوجود TiO_2 قبل طرحها إلى الصرف الصحي أو يمكن أن تكون معالجة لاحقة للمعالجة البيولوجية.

5- الاستنتاجات والمقترحات:

تبين من خلال دراسة مرحلتي الامتزاز والتشيع أن الامتزاز يلعب دوراً مهماً في زيادة أو إنقاص سرعة تفاعل التفكك الضوئي الحفزي وبينت الدراسة الحركية أن تفاعل التفكك الضوئي الحفزي اللامتجانس هو من المرتبة الأولى. وأن إضافة الماء الأكسجيني بنسبة محددة تزيد كل من سرعة التفكيك ونسبة الإزالة%. وأشارت نتائج COD إلى الإزالة العالية للملوثات من المياه الملوثة.

وأخيراً يجب ملاحظة أن الإشعاع يقع ضمن المجال فوق البنفسجي القريب والمتاح من أشعة الشمس، نقتراح إجراء تقانة الحفز الضوئي بواسطة المفاعل نصف الصناعي والذي يعمل بالطاقة الشمسية المتاحة في سوريا. مما يجعل هذه التقانة ذات أفضلية للتطبيق كمرحلة لاحقة في محطات معالجة المياه العادمة وخاصة في معامل الأدوية، وذلك من الناحية الاقتصادية بالنسبة للاستهلاك المنخفض نسبياً للوسيط وتوفر الأشعة الشمسية.

6-المراجع

- [1] NIKOLAOU,A, MERIC,S, & FATTA,D 2007- **Occurrence patterns of pharmaceuticals in water and wastewater environments.** Analytical and bioanalytical chemistry, 387(4), 1225-1234.
- [2] HALLING-SØRENSEN,B, NIELSEN, S, N, LANZKY, P, F, INGERSLEV, F, LÜTZHØFT, H, H, & JØRGENSEN, S, E 1998- **Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment-A review.** Chemosphere, 36(2), 357-393.
- [3] TROUSIL,V. PALARČIK,J. SMOLNY,M. BLAŽKOVA,Z. MACHALICKY,O. and CAKL,J 2019 - **Diclofenac removal from waste water by UV-ALED-based heterogeneous photocatalysis.** Faculty of Chemical Technology 101-116
- [4] GIRARDI,C, GREVE,J, LAMSHOFT,M , FETZER,I, MILTNER,A, SCHAFFER,A , KASTNER,M 2011 - **"Biodegradation of ciprofloxacin in water and soil and its effects on themicrobial communities.** Journal of Hazardous Materials 198 ,22- 30.
- [5] LOFRANOA,G, PEDRAZZANIB,R, LIBRALATOC,G and CAROTENUTOA,M 2017 -**Advanced Oxidation Processes for Antibiotics Removal: A Review.** *Current Organic Chemistry*, 21, 1-14

- [6] ANDREOZZI, R, CAPRIO, V, INSOLA, A, & MAROTTA, R 1999 – **Advanced oxidation processes (AOP) for water purification and recovery.** Catalysis today, 53(1), 51–59.
- [7] M,R ,HOFFMAN, S,T, MARTIN, W, CHOI, D, BAHNEMANN 1995 – **"Environmental Application Of Semiconductor Photocatalysis.** Chem. Rev., 69–96.
- [8] M, RODRÍGUEZ, S, MIRANDA 2003 – **"Fenton and UV-vis based advanced oxidation processes in wastewater treatment.** Degradation, mineralization and biodegradability enhancement", PhD thesis, Universidad De Barcelona, Spain.
- [9] KU, Y, LEU, R, M, & LEE, K, C 1996 – **Decomposition of 2-chlorophenol in aqueous solution by UV irradiation with the presence of titanium dioxide.** Water Research, 30(11), 2569–2578.
- [10] NICKHESLAT, A, AMIN, M, M , IZANLOO, H , FATEHIZADEH, A , & MOUSAVI, S, M 2013 – **Phenol photocatalytic degradation by advanced oxidation process under ultraviolet radiation using titanium dioxide.** Journal of environmental and public health, 2013, Volume 2013, Article ID 815310, 9 pages.

- [11] HABIBI, M, H, & VOSOOGHIAN, H 2005 – **Photocatalytic degradation of some organic sulfides as environmental pollutants using titanium dioxide suspension.** Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 174(1), 45–52.
- [12] SHEPHARD, G, S, STOCKENSTRÖM, S, DE VILLIERS, D, ENGELBRECHT, W, J, & WESSELS, G, F 2002 – **Degradation of microcystin toxins in a falling film photocatalytic reactor with immobilized titanium dioxide catalyst.** Water Research, 36(1), 140–146.
- [13] Degussa Corp.(1990) Technical bulletin pigments, No. 56.5 thed. Degussa AG, Frankfurt.
- [14] Hy. CHEN, O, ZAHRAA, M, BOUCHY 1997 – **Inhibition by inorganic ions of the adsorption and the photocatalytic degradation of organic contaminants in TiO₂ aqueous suspension.** J.photo chem.photobiol A:Chem. 108:37–44.
- [15] RW, MATTHEWS, SR, MCEVOY 1992 – **Comparison of 254 nm and 35 nm. Excitation of TiO₂ in simple photocatalytic reactors.** J. photochem. Phptobiol A;chem.66:355–66.
- [16] M,R ,HOFFMAN, S,T, MARTIN, W, CHOI, D, BAHNEMANN 1995 –
"Environmental Application Of Simiconductor Photocatalysis.
Chem, Rev., 69–96.

- [17] A, HAKKI, M,C, HASHEM, A, MONAJED, F, KARABET 2004 – **Photocatalytic degradation of phenolic acids In olive mills wastewater.** Damascus unv.j. for basic sciences, 20(2): 155–174.
- [18] D, SHHADEH, F, KARABET, M,C. HACHEM 2012 – "**The degradation of some Pharmaceutical compounds in water by Advanced Oxidation Processes.** Master Thesis, Damascus universityfaculty of science.
- [19] A, ACHILLEOS, E, HAPESHI, N ,XEKOUKOULOTAKIS , D ,MANTZAVINOS , And D,KASSINOS 2009 – "**Factors affecting diclofenac decomposition in water byUVA/TiO2 photocatalysis.** International Conference On Xenobiotics In The Urban Water Cycle, 11th – 13th March 2009, Cyprus.
- [20] R,W ,MATTHEWS 1987 – **photooxidation of organic impurities in water using thin films of titanium dioxide,** J,phys, chem.91: 3328–33.

تأثير التجفيف الشمسي لشرائح البندورة في محتواها من الليكوبين والفينولات ومضادات الأكسدة

أ.د.رمضان عطرة*، أ.د.محمد مصري**، م.نور زين العابدين***

المخلص

تعدّ طريقة التجفيف الشمسي من أقدم الطرق التي استخدمها الإنسان لحفظ المنتجات الغذائية، حيث تتم عملية التجفيف الشمسي بأشعة الشمس المباشرة أو بالتجفيف غير المباشر بالاستفادة من حرارة الهواء. في هذه الدراسة، تم استخدام طريقة التجفيف الشمسي لتجفيف شرائح البندورة ودراسة تأثير عملية التجفيف الشمسي المباشر والتجفيف الشمسي غير المباشر بواسطة مجفف شمسي هجين تم تصميمه لهذه الدراسة وكذلك ظروف تخزين المنتج المجفف في محتوى الليكوبين، والفينولات الكلية، وخصائص مضادات الأكسدة DPPH.

تراوحت نسبة الرطوبة في الشرائح المجففة بالتجفيف المباشر من 13.072 إلى 16.332% بينما بالمجفف الهجين من 9.084 إلى 12.107% خلال التخزين، تراوحت القيمة الوسطى لمحتوى الليكوبين بالتجفيف المباشر من 21.29 إلى 19.25 مغ/100غ، بينما بالمجفف الهجين من 30.78 إلى 28.76 مغ/100غ خلال التخزين. تراوحت القيمة المتوسطة لمحتوى الفينولات الكلية بالتجفيف المباشر من 279.74 إلى 177.56 مغ/GA 100غ وزن جاف، وبالمجفف الهجين من 397.39 إلى 300.04 مغ/GA 100غ وزن جاف أثناء التخزين، وتراوحت قيم نشاط الكسح الجذري DPPH بالتجفيف المباشر من 80.51 إلى 71.75%، وبالمجفف الهجين من 90.14 إلى 83.54%. أظهرت شريحة البندورة المجففة بالمجفف الهجين احتفاظاً أعلى بالليكوبين والفينولات الكلية ومضادات الأكسدة وجودة أفضل مقارنة بالتجفيف المباشر.

الكلمات المفتاحية: التجفيف، الليكوبين، الفينولات، مضادات الأكسدة.

* أستاذ في قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبترونية، جامعة البعث.

** أستاذ في قسم علوم الأغذية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة البعث.

*** عضو هيئة فنية في قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية، جامعة البعث.

Effect of solar drying and storage period on the content of lycopene, phenols and antioxidants of tomato slices

Ramdan Utra*, Mohamed Massri**, Eng. Nour Zien Alabiden*

Abstract

The sun drying method is one of the oldest methods used by humans to preserve food products, as the sun drying process is carried out by direct sunlight or by indirect drying by using hot air. In this study, the sun drying method was used to dry tomato slices and study the effect of direct sun drying and indirect sun drying by a hybrid solar dryer designed for this study, as well as the storage conditions of the dried product in lycopene contents, total phenols contents, and antioxidant properties DPPH of tomatoes.

The moisture percentage in the dried slices by direct drying ranged from 13.072 to 16.332%, while in the hybrid dryer from 9.084 to 12.107% during storage. The value of lycopene content obtained for sun dried tomatoes ranged from 21.29 to 19.25mg/100g, and hybrid dried ranged from 30.78 to 28.76mg/100g during storage. The average value of total phenols contents obtained for sun dried tomatoes ranged from 279.74 to 177.56mgGA/100gDM, and hybrid dried ranged from 397.39 to 300.04mgGA/100gDM during storage. The values of radical scavenging activity obtained for sun dried tomatoes ranged from 80.51 to 71.75%, and hybrid dried ranged from 90.14 to 83.54%.

Hybrid dried tomatoes slice showed higher retention of lycopene, total phenols content, antioxidants activity, and higher quality than the open sundried method.

Keywords: drying, lycopene, total phenols, antioxidants.

*Prof.Dr. Department of Food Engineering, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Al-Baath University.

**Prof.Dr. Department of Food Science, Faculty of Agricultural Engineering, Al-Baath University.

*** Eng. Department of Food Engineering, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Al-Baath University.

1. مقدمة:

يعد التجفيف طريقة حفظ شائعة للمواد الغذائية إذ يساعد التجفيف على إطالة العمر الافتراضي للمادة، وتقليل حجم المنتج بشكل كبير، واتساع تنوعها وزيادة تطبيقات منتجاتها وتحسين جودة المنتجات وزيادة الفوائد الاقتصادية. تعتمد جودة المنتجات النهائية بشكل كبير على تقنية التجفيف ومتغيرات العملية المستخدمة [1]، كما أن التجفيف يؤثر في الخصائص الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية للأغذية [2].

يعد التجفيف بالهواء الساخن من أكثر العمليات استخداماً لتجفيف الخضار والفواكه [3]، ولكن من العيوب الرئيسية المرتبطة بالتجفيف بالهواء الساخن أنه يستغرق وقتاً طويلاً، مما قد يتسبب في أضرار للنكهة واللون والعناصر الغذائية في المنتجات الغذائية المجففة [4].

تنتمي البندورة إلى عائلة Solanaceae، وهي من الخضروات الرئيسة المزروعة والأكثر استهلاكاً على نطاق واسع في العالم، وبالتالي فهي ذات أهمية استراتيجية، لكنها موسمية حيث تتوافر بكميات كبيرة في موسم معين من السنة [5]. تم الاهتمام حديثاً بالمركبات المضادة للأكسدة في منتجات البندورة لأنها تلعب دوراً مهماً في الوقاية من السرطان [6]، تعتبر البندورة مصدراً مهماً لفيتامين C والمركبات الفينولية والليكوبين في النظام الغذائي للإنسان [7] أظهرت العديد من الدراسات أن الضرر التأكسدي للبندورة المجففة يحدث أيضاً أثناء التخزين لذلك، فإن الاهتمام المتزايد للعلماء الآن هو معرفة الضرر التأكسدي للبندورة المجففة أثناء التخزين وتحسين أنظمة التخزين لتقليل هذا الضرر [8].

أفاد Adenike عام (2012) أن نسبة كبيرة من البندورة عادة ما يتم تجفيفها بالشمس في الأرض الزراعية لتجنب الهدر ولكن هذه الأساليب تؤدي إلى منتجات ذات

سمات غير جذابة، حيث أن المنتج غير محمي من العوامل البيئية والإصابة بالحشرات والقوارض والحيوانات الأليفة وغيرها، لذلك تعتبر المجففات الشمسية طريقة أفضل كونها تساعد على زيادة الإنتاجية والموثوقية في العمل [9]. في المجفف الشمسي الهجين، يستمر التجفيف خلال ساعات الليل بواسطة الطاقة الحرارية الاحتياطية أو المخزنة لذلك، يتم حفظ المنتج من التدهور المحتمل بسبب الإصابة الميكروبية [10]. يتزايد الاهتمام بإنتاج البندورة المجففة بسبب إمكانية استخدامها في أغراض مختلفة ويعتمد الريف السوري على تجفيف الخضار والفواكه ولاسيما البندورة لاستخدامها في غير موسمها بعد تخزينها لمدة مختلفة وباعتبار القطر العربي السوري من المناطق التي يناسب مناخها عملية التجفيف في الصيف وأوائل الخريف حيث يتم جني المحاصيل الزراعية فكان لابد من استغلال هذه الميزة في تجفيف وحفظ الأغذية ومن هنا جاءت فكرة دراسة تجفيف شرائح البندورة.

2. هدف البحث: هدفت هذه الدراسة إلى:

1. تجفيف شرائح البندورة باستخدام أشعة الشمس المباشرة والمجفف الشمسي الهجين.
2. دراسة تأثير طريقتي التجفيف في كمية الليكوبين والفينولات الكلية ومضادات الأكسدة لشرائح البندورة المجففة خلال التخزين.

3. مواد وطرائق البحث:

3.1. مواد البحث: نفذ هذا البحث في مخابر كلية الهندسة الكيميائية والبترولية قسم الهندسة الغذائية وفي مخابر قسم علوم الأغذية في كلية الزراعة - جامعة البعث في موسم 2019-2020 واستخدمت في هذه الدراسة:

- ثمار بندورة (صنف لوريت) تم الحصول عليها من السوق المحلية وقد أجريت عليها عمليات الفرز والغسيل والتقطيع إلى شرائح بسماكة 5 ملم.

- أكياس من البولي بروبيلين المستخدمة بالتغليف.

2.3. طرائق البحث:

1.2.3 التجفيف:

تم تقسيم شرائح البندورة المقطعة إلى قسمين :

- قسم تم تجفيفه تحت أشعة الشمس المباشرة.
- قسم تم تجفيفه في المجفف الشمسي الهجين الذي تم تركيبه في مخابر قسم الهندسة الغذائية الموضح في الشكل رقم (1)



شكل (1) المجفف الشمسي الهجين المستخدم في البحث

خزنت شرائح البندورة المجففة مدة 6 أشهر ضمن أكياس من البولي بروبيلين لمدة 6 أشهر ودراسة تغير محتوى الليكوبين والفينولات الكلية ومضادات الأكسدة.

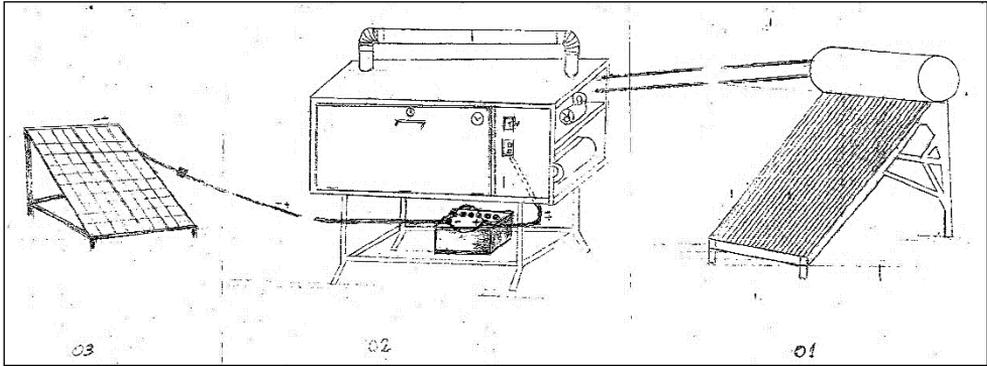
❖ التجفيف تحت أشعة الشمس المباشرة:

تم وضع شرائح البندورة في صواني ستانلس ستيل تحت أشعة الشمس المباشرة حتى الانتهاء من عملية التجفيف.

❖ المجفف الشمسي الهجين:

يتألف من الأجزاء الموضحة في الشكل رقم (2):

- حجرة تجفيف تحتوي 4 صواني تجفيف.
- مقياس درجة حرارة ورطوبة نسبية داخل حجرة التجفيف وفي الجو المحيط.
- غرفة التشغيل وتحتوي على: مشع حراري، مضخة 12 فولت لتدوير الماء، قاطع كهربائي لتشغيل الأجزاء الكهربائية، مروحة توجيه للهواء الساخن، مشع حراري أفقي عند قاعدة حجرة التجفيف.
- ألواح تغذية بالطاقة الشمسية.
- بطارية تغذية 12 فولت.



شكل (2) مخطط للمجفف الشمسي الهجين المستخدم

استخدم مجفف شمسي هجين يعتمد على مبدأ تسخين الماء باستخدام وحدة تسخين مياه بالطاقة الشمسية (01)، ومن ثم تمرير الماء الساخن ضمن حجرة التجفيف (02) عبر مشعات مخصصة لهذا الغرض، حيث يستخدم في هذا المجفف مشعان أحدهما في قاعدة حجرة التجفيف (حمل طبيعي) والثاني جانبي مزود بمروحة دفع للهواء الساخن متعددة السرعات. يجري تدوير الماء ضمن الدارة باستخدام مضخة 12 فولت تعمل بالتيار المستمر وتستخدم لذلك ألواح طاقة شمسية (03) لتوليد الطاقة الكهربائية وتخزينها في بطارية 12 فولت مخصصة لتأمين التغذية للأجزاء الكهربائية من الجهاز. تم وضع حساسات لقياس درجة حرارة الماء والهواء داخل غرفة التجفيف والرطوبة النسبية للهواء المعاد تدويره.

تم تجفيف العينات في بداية شهر تشرين الثاني، وتسجيل درجات الحرارة من الساعة 10 صباحاً وحتى الساعة 6 مساءً (خلال أوقات التجفيف) حيث بلغت درجات الحرارة بشكل وسطي ضمن المجال الموضح في الجدول رقم (1):

جدول (1) متوسط درجات الحرارة أثناء عملية التجفيف

درجة الحرارة °م	الموقع
18-23	الجو المحيط (شمس)
14-17	الجو المحيط (ظل)
65-80	المياه الخارج من الطاقة الشمسية باتجاه حجرة التجفيف
50-60	الهواء داخل حجرة التجفيف
50-55	الهواء المعاد تدويره

يلاحظ من الجدول (1) اختلاف درجات الحرارة بشكل واضح وهذا بسبب ارتفاع درجة حرارة الجو مع تقادم ساعات النهار مما يؤثر بشكل مباشر على درجة حرارة الماء وغرفة

التجفيف إذ زيادة الإشعاع الشمسي تؤدي إلى زيادة الطاقة المنزعة بواسطة المجمع الشمسي المائي وبالتالي ارتفاع درجة حرارة الماء وبالتالي ارتفاع درجة حرارة الهواء داخل غرفة التجفيف. كما تم تسجيل الرطوبة النسبية للهواء المعاد تدويره إلى داخل حجرة التجفيف وكانت تتراوح ضمن المجال 10-23% وذلك حسب أوقات التجفيف. وحددت مواصفات شرائح البندورة وفق ما يلي:

1-الرطوبة: تم تحديد الرطوبة في العينات تبعاً لطريقة الموصوفة في [11]

2- الليكوبين:

تم تحديد الليكوبين وفقاً للطريقة المذكورة في [12] حيث تتم عملية الاستخلاص بالمذيبات باستخدام مزيج مكون من (أسيتون: أسيتات الإيثيل بنسبة 1:1) وعند درجة حرارة 40 °م ولمدة 5 ساعات، ثم يتم إجراء عملية ترشيح المستخلص باستخدام ورق ترشيح في قمع زجاجي، تم قياس الامتصاصية باستخدام جهاز السيكتروفوتوميتر (Specord 40 Analitica, Germany) لنواتج الاستخلاص الحاوية على الليكوبين عند طول موجة 503 نانو متر.

حساب كمية الليكوبين:

$$Lycopene \text{ content } (mg/100g) = \frac{A_{503}}{a_{503}} \times \frac{v}{1000} \times \frac{100}{w}$$

حيث:

A_{503} : الامتصاصية عند 503 نانو متر.

a_{503} : معامل الانطفائية (الماصية) وهو ثابت انتقائي لليكوبين يساوي (172×10^{-3}) بوحدة (مغ/ل).

v: الحجم الكلي المستخدم بالاستخلاص (مل).

w: وزن العينة (غ).

3- تحضير العينة لاختبار قياس القدرة المضادة للأكسدة والفينولات الكلية:

حُضرت العينات وفق [13] لإجراء تقدير الفينولات الكلية بطريقة فولين، القدرة المضادة للأكسدة بطريقة DPPH.

حيث أخذ 1 غ وأكمل الحجم حتى 20 مل بالميتانول 80%، حُرك المزيج باستخدام سرير متحرك (SELECTA ROTATERM) لمدة 30 دقيقة ثم أُجري الطرد المركزي بسرعة 4500 دورة/دقيقة لمدة 10 دقائق (SCILIGEX- DC0412- USA)، ثم أُخذ القسم الرائق وحُفظ بدرجة حرارة -18° م لحين إجراء الاختبارات.

4- تحديد المركبات الفينولية:

تمّ تحديد كمية المركبات الفينولية وفقاً لطريقة فولين- سيوكالتيو عبر تفاعلها مع كاشف فولين- سيوكالتيو، يضاف محلول قلوي ليتم التفاعل عند رقم حموضة قريب من (10) لمدة 1-2 ساعة عند درجة حرارة الغرفة بعيداً عن الضوء. فيتحول لون كاشف فولين من اللون الأصفر إلى الأزرق الذي يملك امتصاصية عظمى عند طول الموجة 765nm حيث تتناسب الشدة الضوئية مع تركيز المركب الفينولي [14].

تحضر السلسلة العيارية لحمض الغاليك حيث يتم حل 0.1 غ من حمض الغاليك في 50 مل من الميتانول 80% ويتم الحجم حتى 100 مل بالماء المقطر. ثم تحضر منه التراكيز من (50 - 500) مغ/ل لرسم منحنى السلسلة العيارية. يُرسم بعدها المنحني القياسي الذي يربط بين تركيز حمض الغاليك والامتصاصية الموافقة فنحصل على

مستقيم يتم إيجاد معادلته بواسطة برنامج Excel. يحسب المحتوى الفينولي للعينات بالاستعانة بالمنحنى القياسي وقيمة امتصاصية العينة.

5- تحديد المركبات المضادة للأكسدة: قدرت القيم المضادة للأكسدة لعينات البندورة المجففة باستخدام طريقة DPPH. وتتلخص الطريقة [15] بإضافة 1.5 مل من محلول (DPPH[·]) المحضّر حديثاً بتركيز (0.025 غ/ل بالميتانول 70%) لـ 37.5 ميكروليتر من العينة المحضّرة، وبعد حفظ المزيج في مكان مظلم مدة نصف ساعة تقاس الامتصاصية عند طول موجة $\lambda = 515$ نانو متر باستخدام جهاز السيبيكتروفوتوميتر (Specord 40 Analytica, Germany) الذي تم تصفيره باستخدام الميتانول 80% كشاهد.

يتم حساب نسبة تثبيط مركب DPPH بتطبيق القانون:

$$\%R = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100$$

حيث:

R: النسبة المئوية لتثبيط (إرجاع) جذر الـ DPPH %.

A_0 : امتصاصية محلول DPPH في الميتانول 80% عند طول موجة (515 نانومتر).

A: امتصاصية محلول DPPH مع العينة بعد مضي نصف ساعة على التفاعل.

2.2.3 التقييم الإحصائي:

تم إجراء الاختبارات بأخذ ثلاث مكررات، والتعبير عن النتائج المتوسط الحسابي \pm الانحراف المعياري. وتمّ التقييم الإحصائي للنتائج التي تم التوصل إليها بواسطة برنامج

إحصائي Minitab.17 باستخدام تحليل التباين ANOVA وتطبيق general linear model متضمناً اختبار Fisher وذلك عند مستوى وثوقية ($P \leq 0.05$).

4. النتائج والمناقشة:

1.4. الرطوبة: استغرقت عملية التجفيف في المجفف الشمسي الهجين حوالي 15hr أما التجفيف الشمسي الطبيعي حوالي 36hr وذلك على أساس الساعات المشمسة. ويبين الجدول رقم (2) قيم الرطوبة% التي تم الحصول عليها للعينات المجففة وتغيرها خلال التخزين لمدة 6 أشهر.

جدول (2) قيم الرطوبة للشرايح البندورة المجففة بطريقتي التجفيف وتغيرها خلال التخزين لمدة 6 أشهر

المجفف الشمسي (%)	التجفيف المباشر (%)	زمن التخزين (يوم)
^a 9.084±0.062 E	^b 13.072±0.173 F	0
^a 9.264±0.043 E	^b 13.645±0.067 E	15
^a 10.061±0.085 D	^b 13.902±0.063 E	30
^a 10.213±0.035 D	^b 14.447±0.113 D	60
^a 10.926±0.045 C	^b 15.004±0.048 C	90
^a 11.672±0.118 B	^b 15.691±0.028 B	120
^a 12.107±0.044 A	^b 16.332±0.011 A	180

تشير الأحرف a,b,c المختلفة إلى وجود فرق معنوي بين معاملات التجفيف، أما الأحرف A,B,C,D المختلفة فتشير إلى وجود فرق معنوي في زمن التخزين عند مستوى معنوية 5%.

يحدث أثناء عملية التجفيف انخفاض في محتوى الرطوبة عن طريق التبخير، حيث يقوم وسط التجفيف بتوفير الحرارة الكامنة للتبخير، نلاحظ من الجدول رقم (2) أنه تم الوصول إلى رطوبة 9% لعينات البندورة في المجفف الشمسي الهجين بينما بالتجفيف المباشر تم

الوصول إلى رطوبة 13% أي أنه في المجفف الشمسي الهجين تم الوصول إلى قيم رطوبة أخفض من التجفيف المباشر وهذا يتوافق مع العالم Luna-Guevara [16]، إذ بين أن الاختلافات في محتوى الرطوبة في التجفيف الشمسي مرتبطة بالتغيرات في درجة حرارة التجفيف أو الموسم لضمان الإشعاع الشمسي. ويلاحظ أن المجفف الشمسي الهجين يقلل من وقت التجفيف بمقدار النصف على الأقل من التجفيف الشمسي المباشر، كما لوحظ أن معدل التجفيف لأنظمة الحمل القسري أعلى من أنظمة الحمل الحراري الطبيعي. هذا بسبب معامل الحمل الحراري المحسن المرتبط بزيادة سرعة الهواء [17]. ويتأثر معدل إزالة الرطوبة وكفاءة التجفيف بشكل كبير بنوع المنتج المجفف وسماكة القطع المراد تجفيفها [18]. النتائج التي تم الحصول عليها تؤكد ارتفاع معدل إزالة الرطوبة في المجفف الشمسي الهجين عن التجفيف الشمسي في الهواء الطلق [19].

2.4. الليكوبين: يبين الجدول رقم (3) نتائج الليكوبين التي تم الحصول عليها بعد التجفيف بطريقتي التجفيف المدروسة وخلال التخزين الذي استمر لمدة 6 أشهر.

جدول (3) قيم الليكوبين لشرايح البندورة المجففة بطريقتي التجفيف وتغيرها خلال

التخزين لمدة 6 أشهر

المجفف الشمسي مغ/ 100 غ	التجفيف المباشر مغ/ 100 غ	زمن التخزين (يوم)
^a 30.785±0.052 A	^b 21.296±0.052 A	0
^a 30.645±0.052 A	^b 21.122±0.052 A	15
^a 30.227±0.087 B	^b 20.791±0.105 B	30
^a 29.756±0.069 C	^b 20.407±0.105 C	60
^a 29.512±0.069 D	^b 20.093±0.105 D	90
^a 29.058±0.069 E	^b 19.517±0.017 E	120
^a 28.762±0.087 F	^b 19.256±0.069 E	180

تشير الأحرف a,b,c المختلفة إلى وجود فرق معنوي بين معاملات التجفيف، أما الأحرف A,B,C,D المختلفة فتشير إلى وجود فرق معنوي في زمن التخزين عند مستوى معنوية 5%

قدرت قيم الليكوبين في البندورة الطازجة قبل التجفيف مخبرياً $7.599 \pm 0.227 \text{ mg}/100\text{g}$ وبترواح محتوى البندورة الطازجة من الليكوبين $15.51 - 23.89 \text{ mg}/100\text{g}$ مع الأخذ بعين الاعتبار أن عينات البندورة ثم شراؤها في فصل الخريف [8].

أظهر الجدول رقم (3) محتوى الليكوبين في المجفف الشمسي $30.785 \text{ mg}/100\text{g}$ ومحتوى الليكوبين تحت أشعة الشمس المباشرة $21.296 \text{ mg}/100\text{g}$ وهذا يتوافق مع الباحث Hussein وآخرون عام 2016 حيث يعود هذا الاختلاف بتركيز الليكوبين مع اختلاف طريقة التجفيف بسبب طول زمن التجفيف مع عدم ضبط درجة الحرارة في طريقة التجفيف بالشمس [20].

إن الانخفاض في كمية الليكوبين عينات البندورة المجففة تحت أشعة الشمس أعلى من الانخفاض في عينات المجفف الشمسي وهذا يتوافق مع الباحث Hossein وآخرون عام 2008 الذي بيّن أن العينات التي تحتوي على مستويات أعلى من المحتوى الرطوبي تؤدي إلى تحلل المزيد من الليكوبين مقارنة بالعينات التي تحتوي على مستويات أقل من الرطوبة [8].

ذكر Akanbi and Oludemi عام 2004 أن الليكوبين في البندورة المخزنة يتحلل مع درجة حرارة التخزين ووقت التخزين. كان السبب الرئيسي للتحلل أثناء التخزين هو الأكسدة. أما محتوى الأكسجين المنخفض، ومحتوى الرطوبة المنخفض للبندورة المجففة بالمجفف الشمسي الهجين يمنع الأكسدة وكذلك تحلل الليكوبين [21].

وهذا يتوافق أيضاً مع الباحث (الحاج علي وآخرون، 2010) الذي درس تأثير التخزين في محتوى الليكوبين في البندورة المجففة على درجة حرارة 40-60 درجة مئوية خلال مدة التخزين ولاحظ انخفاض تركيز الليكوبين مع الزمن [22]، وكذلك مع الباحث Davoodi وآخرون عام 2007 الذي درس انخفاض الليكوبين لمسحوق البندورة المجفف خلال مدة تخزين 6 أشهر [23].

3.4. المركبات الفينولية: يبين الجدول رقم (4) كمية الفينولات الكلية التي تم تحديدها في شرائح البندورة المجففة في المجفف الشمسي الهجين والتجفيف المباشر وتغير هذه الكمية خلال زمن التخزين.

جدول (4) قيم المركبات الفينولية الكلية لشرائح البندورة المجففة وتغيرها خلال التخزين

لمدة 6 أشهر

المجفف الشمسي الهجين mgGA/100g DM	التجفيف المباشر mgGA/100g DM	زمن التخزين (يوم)
^a 397.391±0.752 A	^b 279.739±0.434 A	0
^a 378.261±0.681 B	^b 263.652±0.612 B	15
^a 364.783±0.431 C	^b 249.304±0.421 C	30
^a 350±0.434 D	^b 236.261±0.435 D	60
^a 333.478±0.341 E	^b 215.391±0.431 E	90
^a 314.348±0.387 F	^b 200.609±0.378 F	120
^a 303.044±0.405 G	^b 177.565±0.607 G	180

تشير الأحرف a,b,c المختلفة إلى وجود فرق معنوي بين معاملات التجفيف، أما الأحرف A,B,C,D المختلفة فتشير إلى وجود فرق معنوي في زمن التخزين عند مستوى معنوية 1%.

يلاحظ من الجدول رقم (4) انخفاض المركبات الفينولية في البندورة أثناء عملية التجفيف حيث يبلغ محتواها في البندورة الطازجة 426.261 ± 0.869 mg GA/100gDM [24]. خلال عملية التجفيف، قد يؤدي ذلك إلى تنشيط الأنزيمات المؤكسدة، مثل بولي فينول أوكسيداز وبيروكسيداز، وبالتالي انخفاض كمية المركبات الفينولية وهذا ما نلاحظه في العينات المجففة بكلا الطريقتين وهذا يتوافق مع العالم *Gümü şay* وآخرون عام 2015 حيث درس تأثير عملية التجفيف الشمسي والتجفيف تحت التفريغ والتجفيف بالتجميد على محتوى المركبات الفينولية وبيّن انخفاض تركيز هذه المركبات أثناء التجفيف ويتعلق هذا الانخفاض بالطريقة المتبعة أثناء التجفيف [25]. كما بيّن العالمين *Toor and Savage* في عام (2006) أن البندورة المجففة عند درجة حرارة منخفضة (42°م)، تحتوي على محتوى الفينول أقل من تلك الموجودة في البندورة الطازجة [26].

خلال عملية التجفيف الشمسي يحدث تدمير لخلايا الثمرة، وقد يتسبب ذلك أيضاً في تحرير أنزيمات الحلمة وأنزيمات البيروكسيد ويمكن أن تكون هذه أسباب أخرى لانخفاض المحتوى الفينولي وقد يحدث ارتباط الفينولات بالبروتينات نتيجة للتغيرات في البنية الكيميائية [27]. وذكر العالم *Dewanto* وآخرون عام 2002 أن تطبيق درجة الحرارة المرتفعة أثناء تجفيف البندورة، مثل 88°م ، لم تؤثر على محتواها بشكل كبير من المركبات الفينولية، حيث أشار إلى أن هذه المعالجة الحرارية تعمل على تثبيط الإنزيمات المؤكسدة وأنزيمات الحلمة التي قد تسبب فقدان المركبات الفينولية [28]. حافظت شرائح البندورة المجففة بالمجفف الشمسي الهجين على محتوى أكبر من المركبات الفينولية مقارنة بالتجفيف الشمسي المباشر حيث كانت كمية الفينولات الكلية 397.391 mgGA/100g DM في المجفف الشمسي الهجين بينما بالتجفيف الشمسي المباشر 279.739 mgGA/100g DM وهذا يعود بسبب تجانس درجة حرارة التجفيف وقصر زمن التجفيف مقارنة بالتجفيف المباشر [29]. يعود انخفاض المركبات الفينولية أثناء

التخزين بسبب تفكك مركب الأنتوسيانين بسهولة أثناء التخزين، وهو قابل للتفكك بسهولة بطروف بيئية مختلفة [30]، كما يرتبط هذا الانخفاض بالفعالية المائية والمحتوى المائي في المنتج المجفف لذلك كان الانخفاض في المركبات الفينولية في المجفف الشمسي الهجين أقل من التجفيف الشمسي المباشر [31].

4.4 الفعالية المضادة للأكسدة: يبين الجدول رقم (5) قيم الفعالية المضادة للأكسدة

لشرائح البندورة المجففة بطريقتي التجفيف وخلال التخزين الذي استمر لمدة 6 أشهر

جدول (5) نتائج DPPH لشرائح البندورة المجففة بطريقتي التجفيف وخلال التخزين لمدة

6 أشهر.

المجفف الشمسي %	التجفيف المباشر %	زمن التخزين (يوم)
a 90.144±0.027 A	b 80.508±0.054 A	0
a 89.619±0.055 B	b 80.176±0.055 B	15
a 88.101±0.028 C	b 79.624±0.056 C	30
a 86.969±0.056 D	b 77.388±0.065 D	60
a 86.278±0.026 E	b 74.792±0.071 E	90
a 85.836±0.027 F	b 74.489±0.055 F	120
a 83.545±0.054 G	b 71.755±0.028 G	180

تشير الأحرف a,b,c المختلفة إلى وجود فرق معنوي بين معاملات التجفيف، أما الأحرف A,B,C,D المختلفة فتشير إلى وجود فرق معنوي في زمن التخزين عند مستوى معنوية 5%.

يلاحظ من الجدول رقم (5) أن الفعالية المضادة للأكسدة في المجفف الشمسي الهجين

أعلى من الفعالية المضادة للأكسدة تحت أشعة الشمس المباشرة حيث بلغت 90.144%

- 80.508% على التوالي.

وتعتبر القدرة المضادة للأكسدة في البندورة المجففة أكبر من البندورة الطازجة وذلك بسبب توافر الليكوبين بشكل أكبر في المنتجات المجففة. يرتفع محتوى الليكوبين خلال التجفيف، بسبب تمزق خلايا البندورة مما يؤدي إلى توفر مضادات الأكسدة وأهمها الليكوبين [32]. وفق العالم Stewart وآخرون عام 2000 تزداد الأشكال الحرة غير المقترنة من البولي فينول، للكيرسيتين وكايمفيرول، أثناء المعالجة الحرارية للبندورة. وهذه المركبات لها نشاط مضاد للأكسدة أكبر من الأشكال المترافقة لذلك تزداد الفعالية المضادة للأكسدة في شرائح البندورة المجففة مقارنة مع البندورة الطازجة حيث بلغت الفعالية المضادة للأكسدة للبندورة الطازجة $0.138 \pm 76.836\%$ [33].

يعود انخفاض الفعالية المضادة لأكسدة مع زمن التخزين وذلك بسبب تفكك الليكوبين والمركبات الفينولية ويكون الانخفاض في المجفف الشمسي الهجين أقل من التجفيف المباشر حيث بلغت الفعالية المضادة للأكسدة بعد انتهاء فترة التخزين في المجفف الشمسي الهجين والتجفيف المباشر $83.545\% - 71.755\%$ على التوالي [34].

5. الاستنتاجات والمقترحات:

أثبتت نتائج هذا البحث أن عينات البندورة المجففة في المجفف الشمسي الهجين حافظت بشكل أفضل على المحتوى من الليكوبين (وهو أحد مضادات الأكسدة القوية الفعالة ضد الجذور الحرة وله تأثير إيجابي على صحة الإنسان) وعلى لون البندورة الطبيعي أكثر من العينات المجففة تحت أشعة الشمس المباشرة لذلك يمكن اعتبار المنتجات التي تم تحليلها في هذه الدراسة مصادر جيدة لمركبات مضادات الأكسدة.

كما أشارت البيانات التي تم الحصول عليها إلى اختلاف تركيب شرائح البندورة المجففة بالمجفف الشمسي الهجين والتجفيف الشمسي التقليدي، مما ينتج عنه منتجات ذات

خصائص مختلفة، بما في ذلك مستويات الرطوبة ومركبات مضادات الأكسدة وأنشطة مضادات الأكسدة. .

لذلك، يمكن تصنيف المجفف الشمسي بأنه أفضل طريقة متبعة من بين طرق التجفيف الشمسي لتجفيف البندورة من أجل الحفاظ على مكوناتها التغذوية ومنع تلفها بعد الحصاد والحصول على منتج ذو جودة أعلى وقبول أكثر من قبل المستهلك.

ومن هنا لابد من استعراض بعض المقترحات:

1- دراسة تجفيف شرائح البندورة في المجفف الشمسي بسماكات مختلفة ودرجات حرارة مختلفة.

2- التعبئة تحت التفريغ للحفاظ على خواص البندورة المجففة بشكل أفضل.

3- إجراء بعض المعاملات الأولية على شرائح البندورة للحفاظ على مكوناتها التغذوية.

4- ضرورة دراسة بقية المواد المضادة للأكسدة الموجودة في البندورة المجففة (فيتامين C) وتأثير الضوء عليها وشروط التخزين المختلفة.

6- المراجع:

1-6 المراجع العربية:

22. الحاج علي. أ، اليازجي. ص، العقلة. ب، 2010، تأثير تجفيف شرائح البندورة وتخزينها في محتواها من حمض الأسكوربيك والليكوبين، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد (26) العدد-1- ص 293-304.

2-6 المراجع الأجنبية:

1. Doymaz, İ. (2005). Drying behaviour of green beans. *Journal of food Engineering*, 69(2), 161-165.
2. Demirhan, E., & Özbek, B. (2010). Drying kinetics and effective moisture diffusivity of purslane undergoing microwave heat treatment. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 27(5), 1377-1383.
3. Youssef, K. M., & Mokhtar, S. M. (2014). Effect of drying methods on the antioxidant capacity, color and phytochemicals of Portulaca oleracea L. leaves. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 4(6), 1.
4. Jing, Y., Chen, J. F., Zhao, Y. Y., & Mao, L. C. (2010). Effects of drying processes on the antioxidant properties in sweet potatoes. *Agricultural Sciences in China*, 9(10), 1522-1529.
5. Celma, A. R., Cuadros, F., & López-Rodríguez, F. (2009). Characterisation of industrial tomato by-products from

- infrared drying process.** *Food and bio products processing*, 87(4), 282–291.
6. Rao, A. V., & Agarwal, S. (2000). **Role of antioxidant lycopene in cancer and heart disease.** *Journal of the American College of Nutrition*, 19(5), 563–569.
 7. Georgé, S., Tourniaire, F., Gautier, H., Goupy, P., Rock, E., & Caris-Veyrat, C. (2011). **Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes.** *Food Chemistry*, 124(4), 1603–1611.
 8. Hossain, M. A., Amer, B. M. A., & Gottschalk, K. (2008). **Hybrid solar dryer for quality dried tomato.** *Drying Technology*, 26(12), 1591–1601.
 9. Adenike, A. B. (2012). **The effect of pretreatment and drying on some vitamin contents of tomato powder.** *Annals Food Science and Technology*, 13(2), 156–160.
 10. Hossain, M. E., Alam, M. J., Hakim, M. A., Amanullah, A. S. M., & Ahsanullah, A. S. M. (2010). **An assessment of physicochemical properties of some tomato genotypes and varieties grown at Rangpur.** *Bangladesh Res. Pub. J*, 4(3), 135–243.
 11. AOAC, (2000). **Official Methods of analysis of AOAC International**, 17th Edition. USA.
 12. Pandya, D., Akbari, S., Bhatt, H., & Joshi, D. C. (2017). **Standardization of solvent extraction process for Lycopene**

- extraction from tomato pomace.** *J Appl Biotechnol Bioeng*, 2(1), 00019.
13. Xu, G., Liu, D., Chen, J., Ye, X., Ma, Y., & Shi, J. (2008). **Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China.** *Food chemistry*, 106(2), 545–551.
14. Agbor, G. A., Vinson, J. A., & Donnelly, P. E. (2014). **Folin–Ciocalteu reagent for polyphenolic assay.** *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics (IJFS)*, 3(8), 147–156.
15. De Torre, M. P., Caverro, R. Y., Calvo, M. I., & Vizmanos, J. L. (2019). **A simple and a reliable method to quantify antioxidant activity in vivo.** *Antioxidants*, 8(5), 142.
16. Lorena, L. G. M., Teresita, G. S., Adriana, D. A., Elena, R. C. M., Guillermo, P. L. J., & Jose, L. G. J. (2020). **Study of the quality and antioxidant properties of tomatoes (Solanum lycopersicum L.) under different postharvest and dehydration conditions.** *AGROProductividad*, 13(9), 13–20.
17. Aravindan, V., Dineshkumar, A., Giriprasath, B., Karthikeyan, V., & Ebenezer, D. (2017). **Moisture removal rate of solar dryers–A review.** *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences ISSN*, 974, 2115.
18. Shanmugam, V., & Natarajan, E. (2007). **Experimental study of regenerative desiccant integrated solar dryer with and**

- without reflective mirror. *Applied thermal engineering*, 27(8–9), 1543–1551.
19. Bolaji, B. O. (2014). **Analysis of Moisture Transport in the Solar Drying of Food Items**. Department of Mechanical Engineering, University of Agriculture.
20. Hussein, J. B., Sanusi, M. S., & Filli, K. B. (2016). **Evaluation of drying methods on the content of some bio-actives (lycopene, -carotene and ascorbic acid) of tomato slices**. *African Journal of Food Science*, 10(12), 359–367.
21. Akanbi, C. T., & Oludemi, F. O. (2004). **Effect of processing and packaging on the lycopene content of tomato products**. *International Journal of Food Properties*, 7(1), 139–152.
23. Davoodi, M. G., Vijayanand, P., Kulkarni, S. G., & Ramana, K. V. R. (2007). **Effect of different pre-treatments and dehydration methods on quality characteristics and storage stability of tomato powder**. *LWT–Food Science and Technology*, 40(10), 1832–1840.
24. Abreu, W., Barcelos, M., Vilas, B.E., & Silva, E. (2014). **Total Antioxidant Activity of Dried Tomatoes Marketed in Brazil**. *International Journal of Food Properties*. 17. 639–649.
25. Gümüŝay, Ö. A., Borazan, A. A., Ercal, N., & Demirkol, O. (2015). **Drying effects on the antioxidant properties of tomatoes and ginger**. *Food chemistry*, 173, 156–162

26. Toor, R. K., & Savage, G. P. (2006). **Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes.** *Food chemistry*, 94(1), 90–97.
27. Miranda, M., Vega-Gálvez, A., López, J., Parada, G., Sanders, M., Aranda, M., ... & Di Scala, K. (2010). **Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (Chenopodium quinoa Willd.).** *Industrial crops and Products*, 32(3), 258–263.
28. Dewanto, V., Wu, X. Z., Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). **Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 3010–3014.
29. Orphanides, A., Goulas, V., & Gekas, V. (2013). **Effect of drying method on the phenolic content and antioxidant capacity of spearmint.** *Czech Journal of Food Sciences*, 31(5), 509–513.
30. Oliveira, A., Almeida, D. P., & Pintado, M. (2014). **Changes in phenolic compounds during storage of pasteurized strawberry.** *Food and bioprocess technology*, 7(6), 1840–1846.
31. Zorić, Z., Pelaić, Z., Pedisić, S., Garofulić, I. E., Kovačević, D. B., & Dragović-Uzelac, V. (2017). **Effect of storage**

- conditions on phenolic content and antioxidant capacity of spray dried sour cherry powder.** *LWT–Food Science and Technology*, 79, 251–259.
32. Periago, M. J., Rincón, F., Jacob, K., García–Alonso, J., & Ros, G. (2007). **Detection of key factors in the extraction and quantification of lycopene from tomato and tomato products.** *Journal of agricultural and food chemistry* 55(22), 8825–8829.
33. Stewart, A., Bozonnet, S., Mullen, W., Jenkins, G., Lean, M., Crozier, A. (2000) **Occurrence of flavonols in tomatoes and tomato–based products.** *J Agric Food Chem* 48: 2663–2669.
34. Rocha–Parra, D. F., Lanari, M. C., Zamora, M. C., & Chirife, J. (2016). **Influence of storage conditions on phenolic compounds stability, antioxidant capacity and colour of freeze–dried encapsulated red wine.** *LWT*, 70, 162–170.

دراسة تأثير الأشعة الميكروية في الحمولة البكتيرية للحليب الخام

الدكتورة نسرين البيطار*، الباحثة الدكتورة ميسون حيدر عباس*

*قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية، جامعة البعث

الملخص

تم في هذا البحث التعريف بالميكرويف وتوضيح آلية عمله ومستويات الطاقة فيه، بالإضافة إلى التعرف على أهم الدراسات المرجعية التي تطرقت إلى موضوع تأثير الميكرويف في الأحياء الدقيقة الموجودة بالغذاء. تم إجراء التجارب العملية لإثبات القدرة التعقيمية للميكرويف في القضاء على الأحياء الدقيقة في الحليب الخام، حيث تم إجراء عملية الزرع الجرثومي على أوساط مغذية مختلفة والكشف عن أنواع الأحياء الدقيقة الموجودة قبل التعقيم بالميكرويف وبعده، حيث تبين أن استخدام الموجات الدقيقة بالطاقة القصوى أدى إلى إبادة كل الأحياء الدقيقة في الحليب الخام وبزمن تعرض حوالي (70-80) ثانية، وبالتالي من الممكن الاستغناء عن عملية تعريض المواد الغذائية لدرجات حرارة عالية، وبالتالي الحفاظ على أكبر كمية ممكنة من المواد المغذية.

الكلمات المفتاحية: الميكرويف، الموجات الدقيقة، زرع جرثومي، أوساط مغذية.
* قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية، جامعة البعث.

Study of the effect of the microwave rays of microbiological contamination of raw milk

Dr. Nisreen AlBitar *, Eng. *Mayson Haider Abbas

Abstract

In this research, it has been done:

-identify microwave and illustrate its mechanism function and the levels of its power as well as explain some of background studies which dealt with the subject of microwave effect of the microbiology on food items.

-Practical experiments were performed to prove the sterilizing capability for microwave to eliminate microbiology in raw milk.

-A germ transplant was done on different nutrient media and detecting about kinds of microbiology, which are there before and after sterilization in microwave.

-The results indicate that using microwave at maximum power led to decline the amount of microbiology in raw milk with time of around (70-80) seconds. Therefore it is possible to get rid of sterilization and expose food items for boiling for few minutes in order to keep as much as possible of food items.

Keywords: Microwave – microwave rays- germ transplant- nutrient media.

* Department of Food Engineering, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Al-Baath University.

1. مقدمة:

استخدمت أشعة المايكرويف خلال السنوات الأخيرة بكثرة لما لها من أهمية في تحضير الطعام وتسخينه بسرعة، فضلاً عن توفير الطاقة المستخدمة في الأفران التقليدية التي تعمل بالكهرباء أو الغاز في تسخين المواد الغذائية، والتي تحتاج إلى زمن طويل مقارنة بالمايكرويف.

كما جاءت هذه التقنية كوسيلة سريعة تتماشى مع متطلبات الحياة العصرية من حيث التطور العلمي والتقني، وتلبية لحاجة المستهلك في الحصول على وجبة سريعة التحضير والتسخين، ولكن على الرغم من ذلك مازالت المعلومات العلمية غير كافية وأحياناً متضاربة في نتائج استخدام أشعة المايكرويف على الغذاء ونوعيته من جهة، وعلى الحمولة الميكروبية الموجودة فيه من جهة أخرى.

الموجات الدقيقة يمكن أن تقلل من المحتوى البكتيري للطعام، والذي يمكن أن يكون طريقة مفيدة للبيسترة وسلامة الغذاء.

الموجات الدقيقة (المايكرويف)

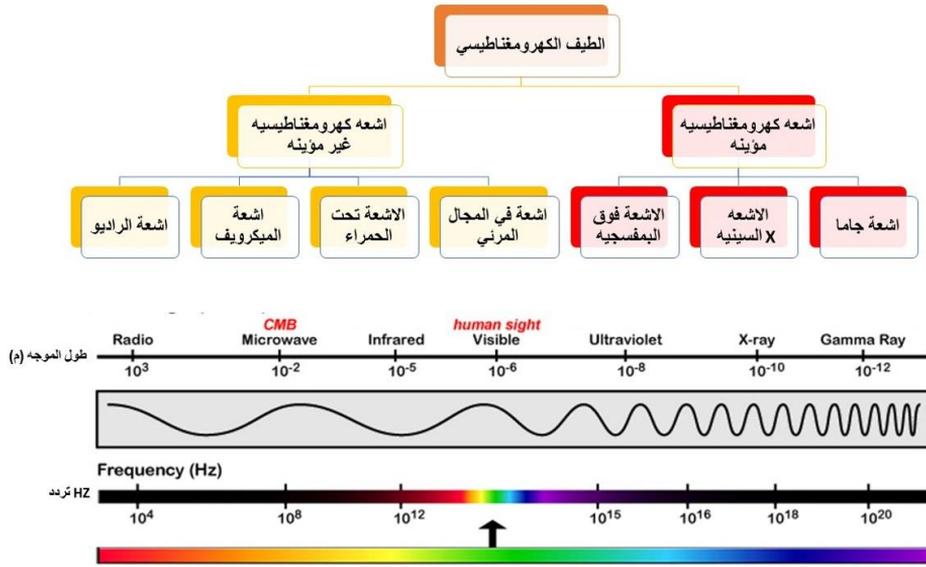
أثناء عمل المهندس الأمريكي (بيرس سبنسر) على تصنيع أحد أجهزة الرادار للجيش البريطاني عام 1946، مد يده في جيبه باحثاً عن شيء يأكله، فتفاجئ بقطعة الشوكولا التي يحتفظ بها في جيبه بأنها قد ذابت ولوثت ثيابه بالرغم من أن الغرفة التي يعمل فيها كانت باردة، وكانت مصانع سبنسر تعمل مع شركة رايبثون على تصنيع أجهزة رادار للجيش البريطاني، وعند ما وجد سبنسر أن قطعة الشوكولا قد انصهرت وهو واقف بجوار صمام الكتروني يشغل جهاز الرادار ففكر في طلب كيس من بذور الذرة (البوشار) وأمسك بها بجوار الصمام الإلكتروني، وخلال دقائق معدودة راحت حبات الذرة تتفجر وتتناثر في أرضية الغرفة.

ظهر أول فرن بالمايكرويف في الأسواق عام 1953 م ، وقد كان وزنه 350 كيلو غرام وحجمه ما يقارب حجم الثلاجة، مما أدى إلى اقتصار استعماله على الفنادق والمطاعم وقطارات السكك الحديدية لغلاء ثمنه (Regier and Schubert, 2001)، حيث بدأ تصنيع أفران المايكرويف منذ عام 1971، إذ طُلب من مصنعي أفران المايكرويف التصديق على منتجاتهم وتلبية معايير أداء السلامة التي أنشأتها وفرضتها إدارة الغذاء والدواء لحماية الصحة العامة، وبناءً على المعرفة الحالية حول إشعاع المايكرويف، تعتقد الوكالة أن الأفران التي تفي بمعايير إدارة الأغذية والعقاقير ويتم استخدامها وفقاً لتعليمات الشركة المصنعة آمنة للاستخدام.

الموجات الدقيقة:

يتم تعريف موجات المايكرويف بأنها عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تقع في المنطقة بين الأشعة الراديوية والأشعة تحت الحمراء، بأطوال موجية تتراوح ما بين 0.1 إلى 100 سم، أو ما يعادلها بترددات تتراوح من 0.3 إلى 300 جيجاهرتز، إذ يستخدم التسخين بالمايكرويف قدرة بعض السوائل والمواد الصلبة على تحويل الإشعاع الكهرومغناطيسي إلى حرارة لدفع التفاعلات الكيميائية، حيث تنتج هذه الأشعة في الطبيعة عندما يمر تيار كهربائي من خلال مادة موصلة، وهي تشبه موجات التلفزيون والراديو، ولهذه الأشعة استخدامات عديدة منها طهي الطعام، كما تستخدم في الاتصالات ونقل المعلومات وأجهزة الاستشعار عن بعد وأجهزة الرادار (Chandrasekaran *et al.*, 2013).

تستخدم تقنية المايكرويف الموجات الكهرومغناطيسية التي تمر عبر المواد وتتسبب في تذبذب جزيئاتها وتوليد الحرارة، ففي التسخين التقليدي، يسخن سطح المادة أولاً ثم تنتقل الحرارة إلى الداخل، بينما يعمل تسخين المايكرويف على توليد الحرارة داخل المادة وتسخين الحجم بالكامل بنفس المعدل تقريباً (Kalla et Devaraju, 2016).



أطول موجات وطاقة المايكرويف

يمتد الإشعاع الكهرومغناطيسي على نطاق واسع من موجات الراديو الطويلة إلى أشعة غاما القصيرة، حيث يمكن للعين البشرية اكتشاف جزء صغير من هذا الطيف يسمى الضوء المرئي، بينما يكشف الراديو عن جزء مختلف من الطيف، وتستخدم آلة الأشعة السينية جزءاً آخر.

يتم استخدام الموجات الدقيقة في الاتصالات الهاتفية والتلفزيونية، كما تستخدم الصناعة الموجات الدقيقة لتجفيف وعلاج الخشب، ولعلاج المطاط والراتجات، وطهي رقائق البطاطس، ولكن الاستخدام الأكثر شيوعاً للمستهلكين هي أفران المايكرويف (Hassan *et al.*, 2019).

يتميز المايكرويف بثلاث خصائص تسمح باستخدامه في الطهي:

- ❖ ينعكس بالمعدن.
- ❖ تمر عبر الزجاج والورق والبلاستيك والمواد المماثلة.
- ❖ ويتم امتصاصها عن طريق الأطعمة.

آلية التسخين في المايكرويف:

يمكن تسخين المواد باستخدام الموجات الكهرومغناطيسية، حيث ينشأ التسخين من تفاعل المجال الكهربائي مكون الموجة مع الجسيمات في المادة، وهناك آليتين أساسيتين تتطوي عليهما تسخين المواد:

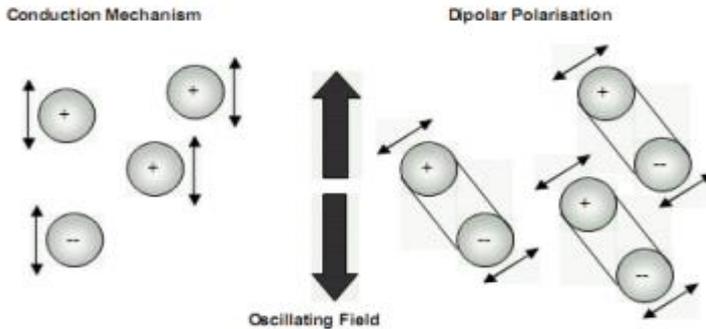
❖ الاستقطاب ثنائي القطب

الاستقطاب ثنائي القطب هو عملية يتم من خلالها توليد الحرارة في الجزيئات القطبية، وذلك عند التعرض لمجال كهرومغناطيسي متذبذب ذو تردد مناسب، ومع ذلك، ويسبب القوى بين الجزيئات والحركة العشوائية للجسيمات، تتولد الحرارة، إذ يمكن أن يولد الاستقطاب ثنائي القطب الحرارة إما بآلية من الآليات التالية أو كليهما:

- التفاعل بين جزيئات المذيبات القطبية مثل الماء والميثانول والإيثانول.
- التفاعل بين الجزيئات المذابة القطبية مثل الأمونيا وحمض الفورميك.

❖ آلية التوصيل

تعمل آلية التوصيل على توليد الحرارة من خلال تأرجح مقاومة التيار الكهربائي، إذ يولد المجال الكهرومغناطيسي تذبذباً للإلكترونات أو الأيونات في المادة، مما يؤدي إلى نشوء تيار كهربائي والذي يواجه مقاومة داخلية، والتي بدورها تسخن المادة.



آليات التسخين في المايكرويف

من أجل تجنب التداخل مع أنشطة الرادار والاتصالات، تعمل معظم أجهزة المايكرويف التجارية في مجال (0.05 ± 2.45) جيجا هرتز.

يستخدم فرن المايكرويف الموجات الدقيقة لتسخين الطعام الموضوع داخله، وهذه الموجات تمتلك خاصيتين هامتين هما:

✓ يتم امتصاص أشعة المايكرويف بواسطة الماء والمواد الدهنية والسكرية، فمن خلال ذرات وجزئيات هذه المواد، وامتصاصها لهذه الأشعة فإنها تكتسب طاقة تجعلها تتذبذب بدرجة كبيرة، مما تتصادم مع بعضها البعض وتنتج حرارة التسخين اللازمة لطهيها.

✓ إنّ المواد البلاستيكية بجميع أنواعها والمواد الزجاجية والسيراميك والفخار لا تمتص أشعة المايكرويف ولا تتأثر بها، وهذا يعني أنها لن ترتفع درجة حرارتها، أما المواد المعدنية مثل الألمنيوم فتعكس تلك الأشعة ولذا يحظر استخدامها داخل أفران المايكرويف.

تعمل الموجات الدقيقة على إثارة السوائل الموجودة في الأطعمة بقوة كبيرة، وبالتالي فإن الأطعمة التي تحتوي على محتوى سائل أعلى في المنتصف (سيطبخ من الداخل إلى الخارج)، لأن الداخل يحتوي على محتوى مائي أعلى، فالداخل سوف يكون ساخناً، في حين أن القشرة الخارجية بالكاد تكون دافئة، أما الأطعمة الأخرى، التي يكون المحتوى المائي متناثراً بشكل متساوٍ، ربما سوف تطبخ من الخارج إلى الداخل، كما هو الحال في الفرن التقليدي.

الأساس العلمي لعمل المايكرويف في غاية البساطة، إذ أن الفرن يحتوي على صماماً خاضعاً لتأثير مجال مغناطيسي، وهذا الصمام يقوم بتوليد مجال قوي، عندها تتأثر جزيئات الطعام وتذبذب منتجةً مقداراً هائلاً من الاحتكاك بين الجزيئات، مما يؤدي إلى توليد الحرارة وبالتالي يتم تسخين الأطعمة بينما تبقى الأطباق باردة.

في الواقع، قد تحافظ الأطعمة المطبوخة في فرن المايكرويف على المزيد من الفيتامينات والمعادن، لأن أفران المايكرويف يمكنها الطهي بسرعة أكبر وبدون إضافة الماء.

تأثير استخدام المايكرويف في الأحياء الدقيقة:

لم يقتصر تأثير المايكرويف على الأغذية فقط، بل أثبت تأثيره في الأحياء الدقيقة أيضاً، حيث أظهرت الدراسات قدرة الأشعة على خفض تعداد الأحياء الدقيقة في الأغذية، كما أشارت إلى أن أشعة المايكرويف تقضي على مجموعة من البكتيريا الممكن وجودها في الأغذية ومنها:

Clostridium perfringens ، *Pseudomonas* ، *Escherichia coli*)

(*Staphylococcus aureus* ، (Canumir et al., 2002).

على الرغم من تعدد الدراسات عن تأثير أشعة المايكرويف على الأحياء الدقيقة ضمن الأغذية، إلا أن آلية القضاء على هذه البكتيريا غير مفهومة بشكل كامل، ومن الممكن أن يعود تفسيرها إلى التدمير الذي يحدث في الجدار الخلوي للبكتيريا نتيجة درجات الحرارة العالية في المادة المعرضة للموجات الدقيقة.

ثبت علمياً ودراسات مطولة أن تسخين الأطعمة في المايكرويف آمن، لأنه لا ينتج جذوراً حرة التي لها دور كبير في الإصابة بالسرطان، حيث تحدث تغيرات جزيئية ضئيلة للغاية مع استخدام الموجات الدقيقة، وذلك بسبب انخفاض طاقة هذه الأشعة نظراً لأنها تُعتبر أمواج غير مؤينة، وبالتالي لا تحدث تغييرات كيميائية في جزيئات في الطعام.

بعض الدراسات المرجعية حول استخدام المايكرويف في عملية البسترة وتعقيم المواد الغذائية:

قام العالم Atmaca وزملاؤه (Atmaca et al., 1996) بدراسة تأثير أشعة المايكرويف في معلقات بكتيرية من *Pseudomonas* و *Staphylococcus*، عند أزمنة مختلفة ومقارنتها بالأفران التقليدية، فوجدوا أن هناك تأثير واضح لأشعة المايكرويف في القضاء على هذه البكتيريا.

بينما درس Canumir وأصدقائه (Canumir *et al.*, 2002) تأثير أشعة المايكرويف على انخفاض E.coli الموجودة في عصير التفاح، وتمت مقارنة هذه النتائج مع طريقة البسترة التقليدية (83 درجة مئوية لمدة 30 ثانية)، حيث تبين بأن تعريض العصير إلى أشعة المايكرويف عند 900 واط لمدة (60-90) ثانية، قد خفض العدد اللوغارتمي للأحياء الدقيقة بمعدل 2-4 مرات بالنسبة للبسترة التقليدية.

الباحث Dumuta-Codre وزملاؤه (Dumuta-Codre *et al.*, 2010) بحثوا في تأثير المايكرويف على الأحياء الدقيقة الموجودة في الحليب، حيث تم تعريض 6 عينات من الحليب الخام لأشعة المايكرويف بأزمنة مختلفة، إذ لوحظ بأن التعداد العام قد نقص بازدياد زمن التعرض للمايكرويف.

أشار العالمان Lau و Tang (Lau and Tang, 2002) إلى تأثير أشعة المايكرويف في بسترة الهليون المخلل ضمن العبوات الزجاجية، ودراسة تأثير هذه العملية على البنية النسيجية للهليون بالمقارنة مع الطرق التقليدية للبسترة بالماء الساخن، حيث بينت النتائج إمكانية تسخين موحد للهليون وتخفيض زمن البسترة بمقدار النصف على الأقل مقارنةً بالبسترة التقليدية كذلك الحال فقد قلت البسترة بالمايكرويف من التدهور الحراري للهليون.

كما بين العالم Woo وزملاؤه (Woo *et al.*, 2000) تأثير أشعة المايكرويف على معلقات بكتيرية من *Escherichia coli* و *Bacillus Subtilis*، فوجدوا أن هناك تأثير واضح لأشعة المايكرويف في انخفاض كبير على تعداد هذه البكتيريا، كما كشف الفحص المجهرى الإلكتروني للخلايا عن تلف كبير على سطح معظم الخلايا.

قام الباحث أبو غرة وزملاؤه (أبو غرة وآخرون، 2014) بدراسة تأثير أشعة المايكرويف في *Escherichia coli* الموجودة في الحليب والجبن الأبيض، وبأزمنة مختلفة، حيث وجدوا بأن التعريض لزمن 60 و240 ثانية كان كافياً للقضاء على *Escherichia coli* في الحليب والجبن الأبيض على التوالي.

فساد الأغذية وتأثير الأحياء الدقيقة

يعرّف فساد الأغذية بأنه أي تغيير غير مرغوب فيه يطرأ على الغذاء، كما يعرف أيضاً فساد الأغذية بأنه كل تغيير يجعل الغذاء غير مقبول لمجموعة من الناس، لأي سبب، سواء من الناحية الصحية أو من ناحية الطعم، أو الشكل أو اللون أو الرائحة، وحسب هذا التعريف يمكن لغذاء ما أن يكون صالحاً لمجموعة من الناس وفي الوقت نفسه فاسداً بالنسبة لمستهلكين آخرين.

وبالرغم من وجود الفروق الفردية في الحكم على صلاحية غذاء ما للإستهلاك من عدمه، فلا بد من وجود معايير عامة يلزم الأخذ بها عند الحكم على صلاحية الغذاء وهي:

- 1) وجود الغذاء في مرحلة ملائمة من النمو والنضج.
- 2) خلو الغذاء من التلوث خلال مراحل الإنتاج والتداول.
- 3) خلو الغذاء من التغيرات غير المقبولة الناجمة عن النمو الميكروبيولوجي أو النشاط الأنزيمي في الغذاء.

الفساد بتأثير الأحياء الدقيقة يسمى بالفساد الميكروبيولوجي، وينتج عن تأثير الأحياء الدقيقة الموجودة في الماء والتربة والهواء، والتي تصل إلى المادة الغذائية وتلوثها، وتفسد المادة الغذائية عند الظروف الملائمة لنشاطها.

يُفهم من عملية التعقيم بأنها عملية إبادة كاملة للأحياء الدقيقة في الوسط بكافة أشكاله بما في ذلك الأبواغ، ولها أهمية قصوى في الحياة العملية سواء في ميادين الطب والصيدلة أو في الصناعات الغذائية (صادق، 2005).

آثار أشعة المايكرويف على الكائنات الدقيقة:

➤ الآثار العامة على النمو:

تعتمد كيفية تأثير الموجات الميكروية في نمو الكائنات الدقيقة بشكل أساسي على تكرار الإشعاع والطاقة الإجمالية التي تمتصها الكائنات الحية الدقيقة (الجرعة

المتصلة). عندما يتم تطبيق الموجات الدقيقة على ترددات معينة، بطاقة عالية ولفترة زمنية كافية، يكون تأثيرها الحراري على الأرجح هو السائد ويقتل الخلايا البكتيرية أو الخمائر. لم تُظهر العديد من التجارب التي تم فيها تعريض أنواع من البكتيريا والخمائر للموجات الدقيقة في بيئة رطبة قتلاً إضافياً للميكروبات مقارنةً مع التسخين بالطريقة التقليدية إلى نفس درجة الحرارة (Gorny *et al.*, 2007)، ومع ذلك، ففي بيئة جافة، انخفض التأثير القاتل لإشعاع المايكرويف بشكل ملحوظ ولم يحدث إلا بعد فترة طويلة من التعريض للإشعاع، ويرجع ذلك لانخفاض تحويل طاقة المايكرويف إلى حرارة. حتى أن بعض الدراسات أظهرت أن مدى قتل الكائنات الحية الدقيقة (البكتيريا-الجراثيم-الفيروسات التي تهاجم البكتيريا) مرتبط بمحتوى الرطوبة في العينات التجريبية.

➤ التأثيرات الحرارية في النمو:

لوحظ أن تسخين الكائنات الحية الدقيقة إلى درجة حرارة معينة بواسطة الموجات الدقيقة يمكن أن يقتلها، فقد أجريت العديد من الدراسات في محاولة لتحديد الجرعة الدنيا من طاقة المايكرويف التي يمكن استخدامها لأغراض التطهير أو التعقيم. في دراسة على فرشاة أسنان ملوثة بالمكورات العنقودية (وهي نوع من البكتيريا التي يمكن أن تسبب تسوس الأسنان)، أظهرت النتائج أن تعريضها للإشعاع من فرن الموجات الدقيقة عند "طاقة عالية" ولمدة خمس دقائق أدى لتعقيمها بالكامل وبشكل أكثر فعالية من كلوريد سيتيل بيريدينيوم (مركب كيميائي يدخل في تصنيع معاجين الأسنان) المُطهر أو الأشعة فوق البنفسجية (Bélangier-Giguère *et al.*, 2011). كما أظهرت دراسة أخرى أنه يمكن استخدام الموجات الدقيقة بشكل فعال لتقليل عدد البكتيريا في أطقم الأسنان البالية سابقاً، كما تم القضاء على المكورات العنقودية الذهبية و *Escherichia coli* تماماً بعد ثلاثة تعرضات متتالية للإشعاع بتردد 18 جيجا هرتز (Patel *et al.*, 2010)، وعندما تعرضت مزارع *Escherichia coli*

وجراثيم *Bacillus cereus* لأقصى طاقة مايكرويف في فرن مايكرويف منزلي، تم تدميرها بالكامل بعد دقيقتين وأربع دقائق على التوالي (Park et al., 2006).

2. هدف البحث:

نهدف في هذا البحث إلى بيان أهمية المايكرويف في القضاء على الأحياء الدقيقة الموجودة في الحليب الخام، وبالتالي زيادة مدة حفظها، بالإضافة إلى التعرف على الأشعة الدقيقة ومجالات تطبيقها واستخدامها.... مما يوضح الإجابة على سؤال حول عدم خطورة استخدام المايكرويف على صحة المستهلكين، في حال استخدامه بالطريقة الموصى بها، مثله مثل أي جهاز تسخين وطهي للأطعمة.

3. الأجهزة والأدوات المستخدمة و المخطط العام للعمل:

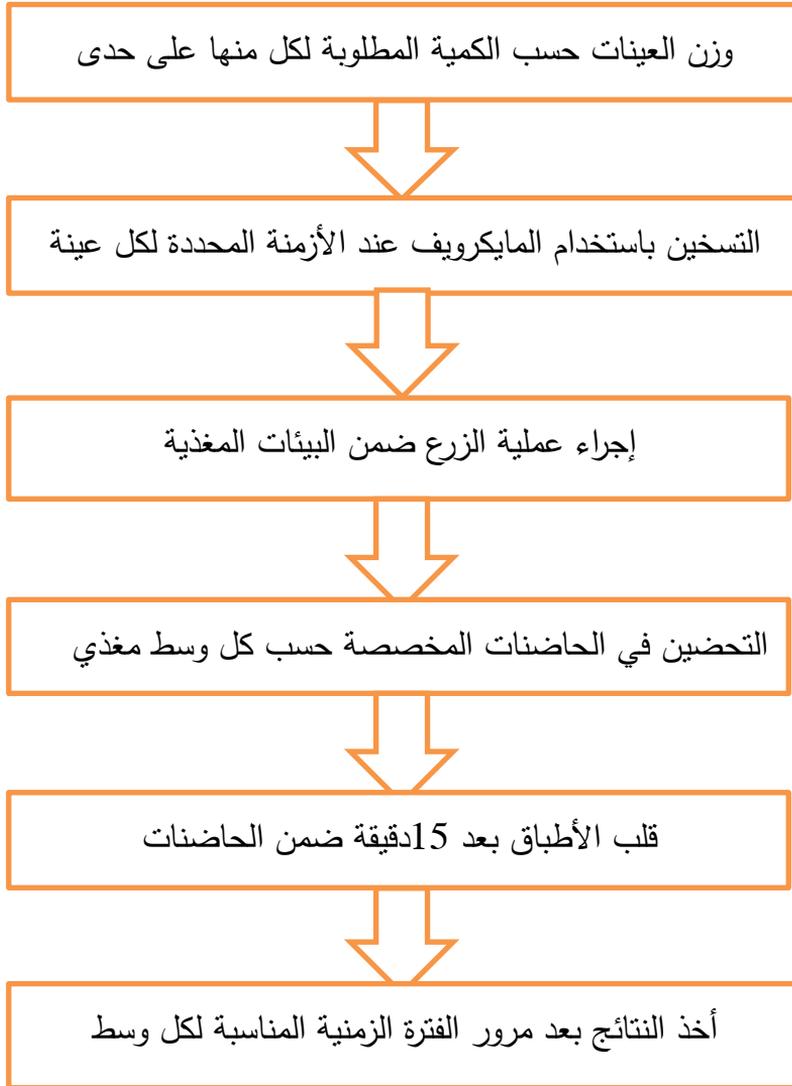
1,3 الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- 1) جهاز مايكرويف نوع wattar موضح بالشكل.
- 2) أوساط زرع جرثومي (سالمونيلا - ماكونكي - تشابك Czapek 's medium - الأغار المغذي Natrient Agar).
- 3) حاضنات على الدرجة (30,37) °c.
- 4) أكياس بولي إيثيلين خاصة بتهضيم العينات الصلبة.



فرن الموجات الدقيقة

2,3 المخطط العام للعمل: وفق المخطط المبين في الشكل رقم [1]



الشكل رقم [1]

➤ **تعقيم الحليب الممدد:**

- نأخذ (5ml) من الحليب باستخدام ماصة زجاجية ونضعه في بيشر، ونضيف (100ml) ماء منزوع الشوارد، (نسبة التمديد 5/100).
- نضع العينات في المايكرويف ونجري عملية تسخين عند الأزمنة التالية: (10,15,20,25,30,35,40,45,50) ثانية.
- نأخذ (1ml) من كل عينة وتزرع العينات في الأوساط (تشابك--SS-NA MC)، ويتم تحريك الطبق حركة رحوية لضمان توزيع العينة فيه بشكل مناسب.
- للتحري عن البكتريا الموجودة في العينات السابقة يتم تحضين الأطباق الحاوية على الأوساط المغذية (SS-MC-NA) على الدرجة $37C^0$ ، ويتم العد بعد مدة تتراوح بين (24-48) ساعة.
- للتحري عن الخمائر والفطور الموجودة في العينات السابقة، يتم تحضين الأطباق الحاوية على وسط تشابك على الدرجة $30C^0$ ، ويتم العد بعد مدة 72 ساعة.
- يراعى تقليب الأطباق بعد مرور مدة 15 دقيقة على وضعها في الحاضنات، وتؤخذ النتائج بعد انقضاء الفترة المحددة لكل عينة.



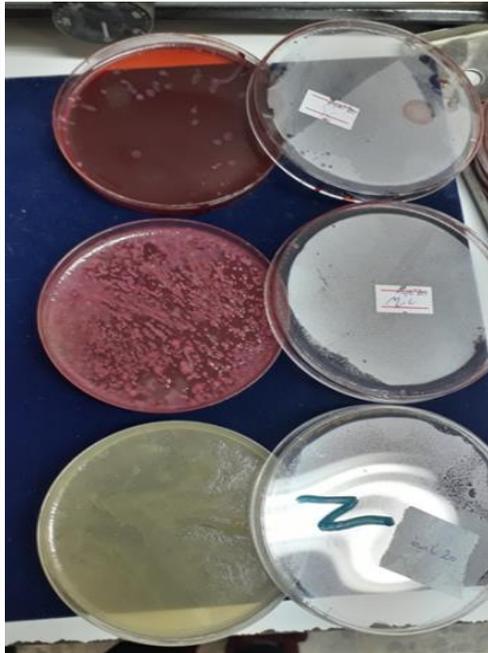
التسخين عند زمن 10 ثواني



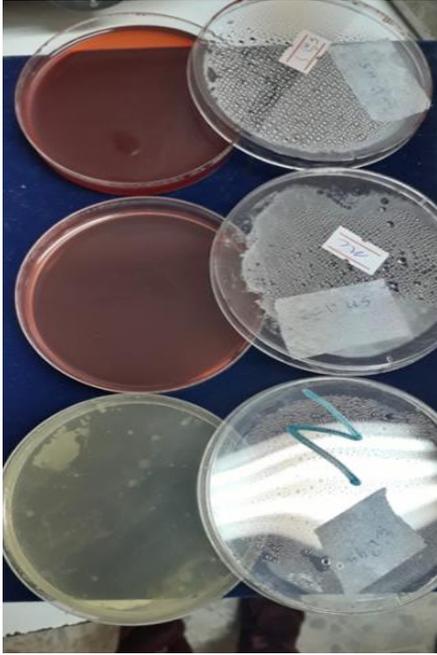
عينة الشاهد



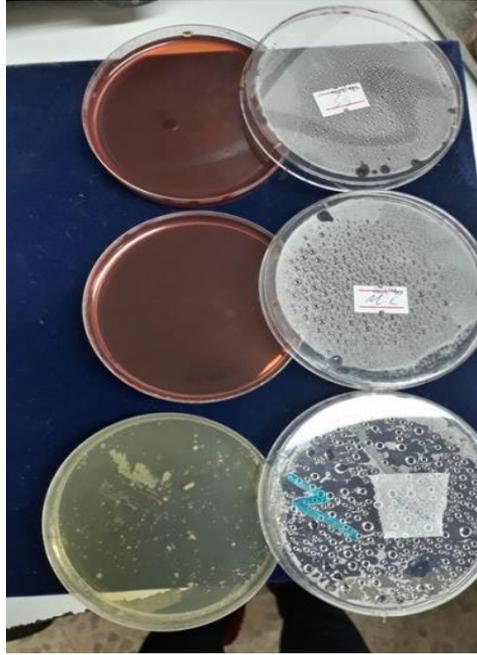
التسخين عند زمن 30 ثانية



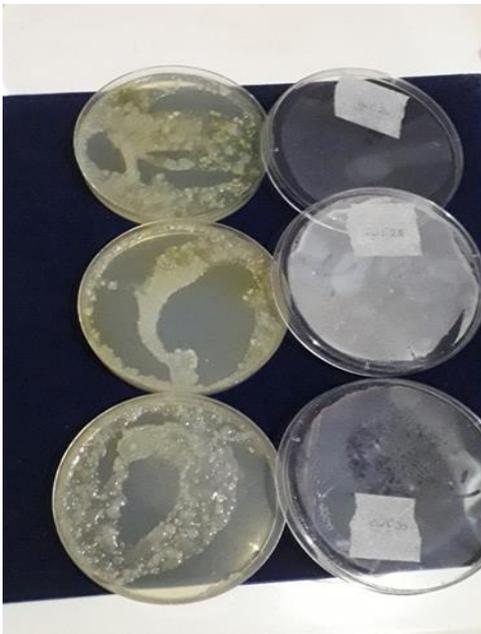
التسخين عند زمن 20 ثانية



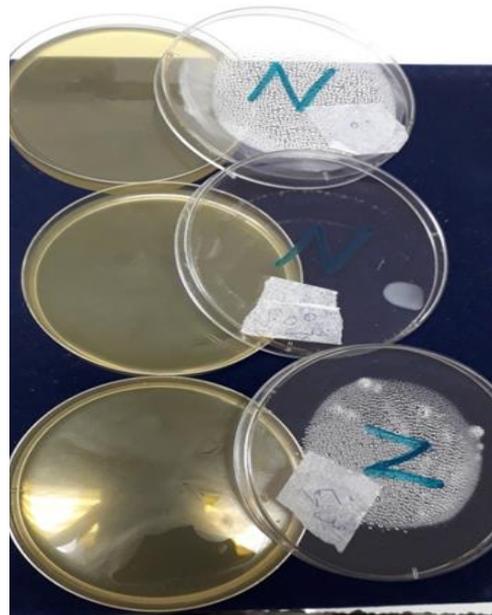
التسخين عند زمن 45 ثانية



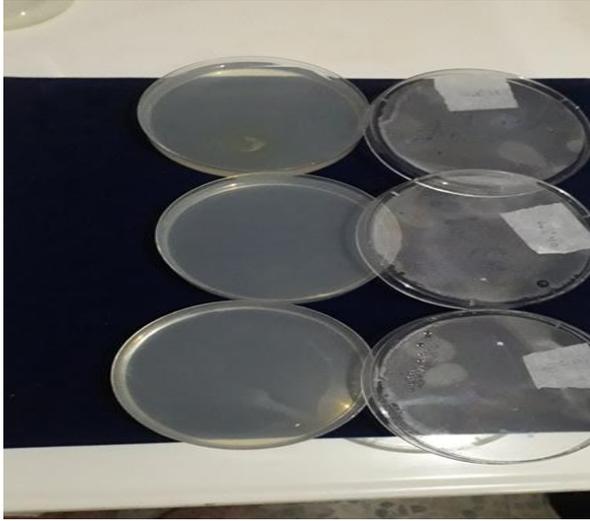
التسخين عند زمن 40 ثانية



وسط تشابك عند زمن تسخين (20-25-30) ثانية



التسخين عند زمن (50-55-60) ثانية



وسط تشابك عند زمن تسخين (35-40-45) ثانية

بعد انتهاء فترة التحضين تم الحصول على النتائج المبينة في الجدول رقم [1] :
الجدول رقم [1] نتائج الزرع الجرثومي للحليب الممدد (عدد المستعمرات بعلاقة مع

الزمن)

الوسط/الزمن ن	10	15	20	25	30	35	40	45	50
SS	70	60	47	3	1	-	-	-	-
MC	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ³	300	-	-	-
NA	كبير	كبير	كبير	كبير	320 0	240 0	160 0	50 0	-
تشابك	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁴	10 ⁴	10 ⁴	-	-	-

4. مناقشة النتائج:

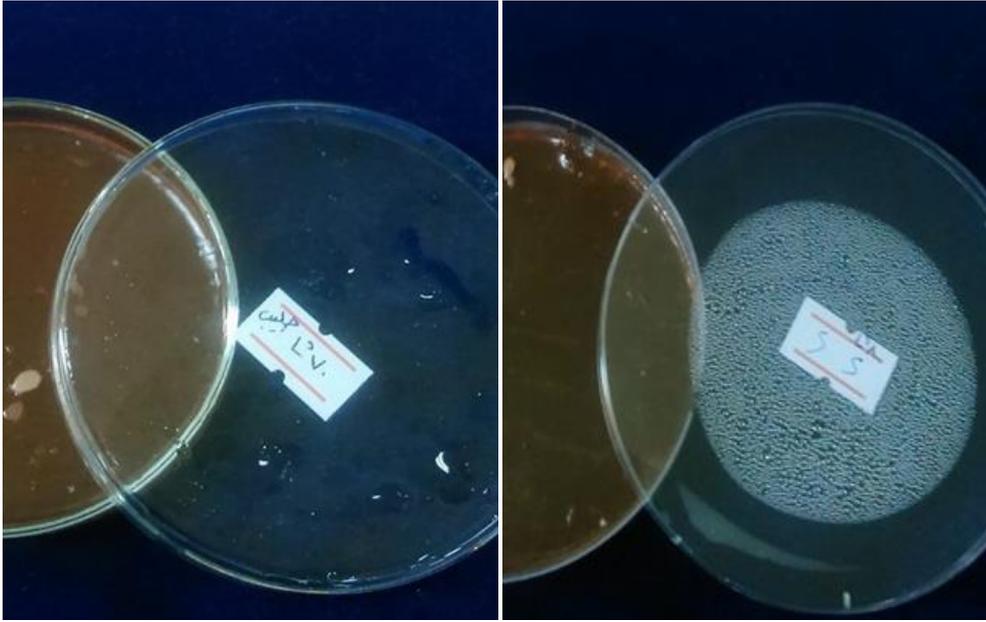
بالإستناد إلى النتائج الموضحة في الجدول رقم [1]، نلاحظ أن البكتيريا تتحمل درجات حرارة أعلى من الفطور، حيث أن ظهورها استمر حتى عند التسخين لمدة 45 ثانية، في حين أن ظهور الفطور توقف عند الزمن 40 ثانية، لذلك وللقضاء على كافة البكتيريا والفطور في عينة الحليب الممدد الغير مغلي مسبقاً يكفي التسخين باستخدام المايكرويف عند الزمن 50 ثانية للقضاء على كامل الأحياء الدقيقة الموجودة فيه وجعله صالح للإستهلاك البشري.

➤ تعقيم الحليب غير الممدد:

- نأخذ 100 مل حليب خام ونضعه في عبوة زجاجية.
- يتم تسخين الحليب باستخدام المايكرويف عند الأزمنة (70-80) ثانية.
- نأخذ 1ml من كل عينة ونجري عملية الزرع في الأوساط المغذية ويتم تحريك العينات بحركة رحوية لضمان توزيع العينة ضمن كامل الطبقة.
- توضع العينات في الحاضنات عند درجات الحرارة الموافقة لكل وسط مغذي، ويتم قلب الأطباق بعد 15 دقيقة من وضعها في الحاضنة.
- يتم اخذ النتائج بعد انقضاء المدة الزمنية المناسبة لكل وسط.

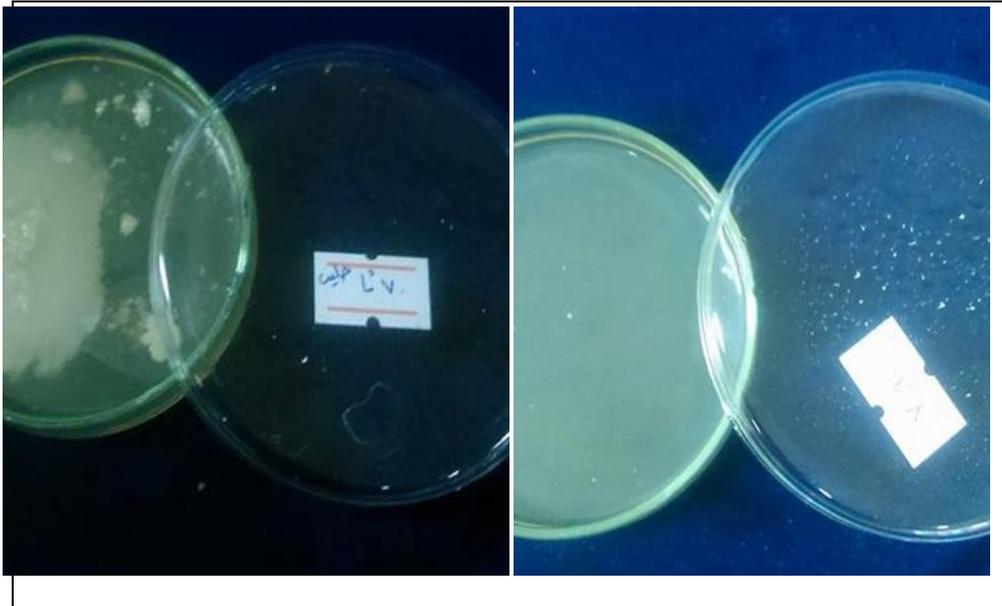


وسط تشابك عند زمن تسخين 70 ثانية وسط تشابك عند زمن تسخين 80 ثانية



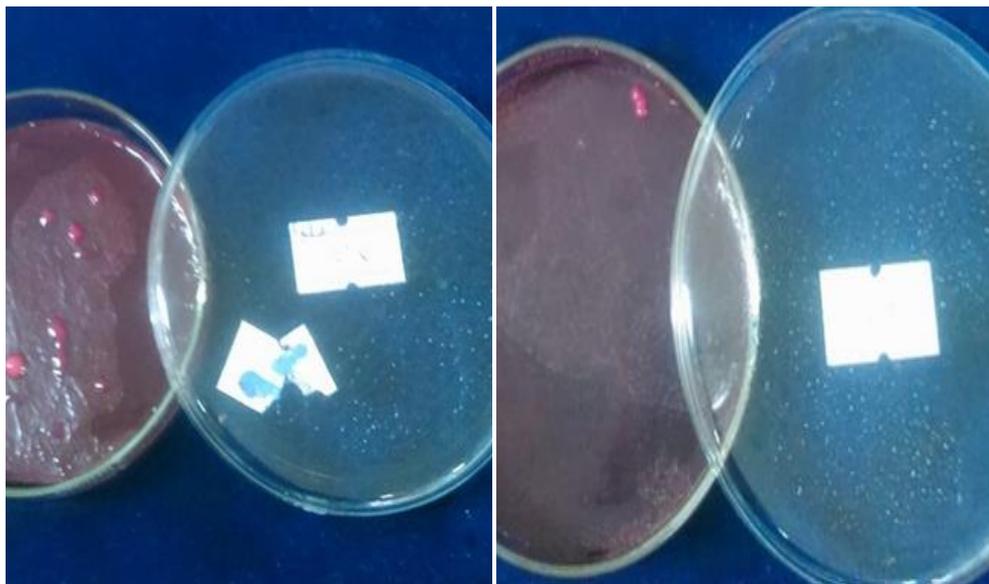
وسط سالمونيلا عند زمن تسخين 70 ثانية

وسط سالمونيلا عند زمن تسخين 80 ثانية



التعداد العام عند زمن تسخين 70 ثانية

التعداد العام عند زمن تسخين 80 ثانية



ماكونكي عند زمن تسخين 70 ثانية

ماكونكي عند زمن تسخين 80 ثانية

بعد مرور الفترة الزمنية المحددة تم الحصول على النتائج المبينة في الجدول [2]:

الجدول رقم [2] نتائج الزرع الجرثومي للحليب غير الممدد

80 Sec	70 Sec	الوسط/الزمن
-	15	SS
-	8	MC
-	10	NA
-	1	تشابك

مناقشة النتائج:

وفقاً للنتائج المبينة [2] في الجدول رقم نلاحظ أنه عند التسخين لمدة 80Sec تم القضاء على كامل الأحياء الدقيقة الموجودة في الحليب الخام، وبمقارنة هذا الزمن مع زمن زوال الأحياء الدقيقة في الحليب الممدد، نجد أنه في حال الحليب الممدد استغرقتنا زمناً أقل لزوال الأحياء الدقيقة، وذلك لوجود الماء الذي أدى لزيادة الإنحلالية وانخفاض كثافة المادة الصلبة، وبالتالي تسهيل العملية التعقيم.

5- الخاتمة والمقترحات:

يوفر هذا العمل فكرة للباحثين عن أهمية استخدام الموجات الدقيقة في مجالات مختلفة ولاسيما في مجال القضاء على الأحياء الدقيقة، فقد أثبت بحثنا هذا أن التسخين باستخدام المايكرويف يتمتع بأضرار أقل إذا ما قورن مع الطرق التقليدية للتسخين، حيث

أن التسخين باستخدام الموجات الدقيقة قلل من فقدان القيمة الغذائية للمادة، بسبب اختصار زمن تعريضها للحرارة الناتجة عن الأشعة مقارنة مع الطرق الأخرى، حيث أن المادة تتعرض للحرارة من كافة الجهات دون تفاوت.

أما بالنسبة للأغذية التي يتم طبخها مسبقاً باستخدام الطرق التقليدية ثم توضع في البراد، فإن المايكرويف يقضي على كافة أبواغها المتشكلة نتيجة حفظها الطويل، فضلاً عن كونها طريقة سهلة وسريعة ورخيصة اقتصادياً.

تم استخدام الموجات الدقيقة بنجاح في عملية القضاء على الأحياء الدقيقة، حيث تبين أن استخدام الموجات الدقيقة بالطاقة القصوى أدى إلى انخفاض كمية الأحياء الدقيقة في عدة أنواع من المواد الغذائية ويزمن تعرض حوالي (70-80) ثانية، وبالتالي من الممكن الاستغناء عن عملية التعقيم وتعريض المواد الغذائية للغلي ولعدة دقائق، وبالتالي الحفاظ على أكبر كمية ممكنة من المواد المغذية.

وهنا، لا بد من استعراض بعض المقترحات التي يجب أخذها بعين الاعتبار والعمل عليها:

- استخدام مواد غذائية أخرى ذات تركيب كيميائي مختلف غير المستخدمة في بحثنا هذا ودراسة تأثير زمن التعرض للموجات الدقيقة على كمية الأحياء الدقيقة الموجودة فيها.
- العمل على دراسة أحياء دقيقة أخرى غير المدروسة في بحثنا هذا واستخدام مستويات مختلفة من طاقة المايكرويف عند أزمنة متعددة.
- محاولة تطبيق عدة تقنيات في آن واحد (تقنية الحواجز المشتركة)، ودراسة آلية التأثير على الأحياء الدقيقة.

6- المراجع (REFERENCES)

6-1 المراجع العربية:

1. أبو غرة، صياح، سليق، سمير، أبو يونس، عهد. (2014). مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية المجلد (30) العدد 4 الصفحات: 197-189.
2. صادق، شريف. (2005). الأحياء الدقيقة، منشورات جامعة البعث.

6-2 المراجع الأخرى:

3. Atmaca, S., Akdag, Z., Dardag, S., & Celik, S. (1996). Effect of microwaves on survival of some bacterial strains. *Acta microbiologica et immunologica Hungarica*, 43(4), 371-378.
4. Bélanger-Giguère, K., Giguère, S. T. E. E. V. E., & Belanger, M. (2011). Disinfection of toothbrushes contaminated with *Streptococcus mutans*. *American journal of dentistry*, 24(3), 155.
5. Canumir, J. A., Celis, J. E., de Bruijn, J., & Vidal, L. V. (2002). Pasteurisation of apple juice by using microwaves. *LWT-Food Science and Technology*, 35(5), 389-392.
6. Chandrasekaran, S., Ramanathan, S., & Basak, T. (2013). Microwave food processing—A review. *Food Research International*, 52(1), 243-261.
7. Dumuța-Codre, A., Rotaru, O., Giurgiulescu, L., Boltea, F., Crisan, L., & Neghelea, B. (2010). Preliminary researches regarding the microwaves influence on the milk microflora. *Analele Universității din Oradea-Fascicula Biologie* 17, 1.
8. Gorny, R. L., Mainelis, G., Wlazlo, A., Niesler, A., Lis, D. O., Marzec, S., ... & Kasznia-Kocot, J. (2007). Viability of fungal and actinomycetal spores after microwave radiation of building materials. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 14(2).
9. Hassan, I. S., Jalil, R. R., Sachit, A. D., & Basri, L. J. (2019). Using Microwave Technology to Extract Organic

- Matter from Rocks. *Journal of Petroleum Research & Studies*, (25), E23-E39.
10. Kalla, A. M., & Devaraju, R. (2017). Microwave energy and its application in food industry: A review. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 36(1), 37-44.
 11. Lau, M. H., & Tang, J. (2002). Pasteurization of pickled asparagus using 915 MHz microwaves. *Journal of food engineering*, 51(4), 283-290.
 12. Park, D. K., Bitton, G., & Melker, R. (2006). Microbial inactivation by microwave radiation in the home environment. *Journal of Environmental Health*, 69(5), 17.
 13. Patel, D., Patel, R., Kumari, P., & Patel, N. (2012). Microwave-assisted synthesis of coumarin based 1, 3, 5-triazinyl piperazines and piperidines and their antimicrobial activities. *Acta Pol. Pharm*, 69, 879-891.
 14. Regier, M., & Schubert, H. (2001). Microwave processing. *Thermal technologies in food processing*, 178-207.
 15. Woo, I. S., Rhee, I. K., & Park, H. D. (2000). Differential damage in bacterial cells by microwave radiation on the basis of cell wall structure. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(5), 2243-2247.

اختيار دالة الانتماء المناسبة للتنبؤ بتوجيه

الألياف النانوية الناتجة عن عملية الغزل

الكهربائي باستخدام المنطق الضبابي

الدكتورة: . غزل طهماز¹

ملخص:

يستخدم نظام المنطق الضبابي عادة للتنبؤ بقيم معينة لبعض المتغيرات حيث يتم تحويل البيانات الحقيقية إلى بيانات ضبابية باستخدام دالة انتماء مناسبة. في نظام المنطق الضبابي يوجد أنواع مختلفة لدالة الانتماء المستخدمة لتضبيب البيانات. في هذا البحث تم إنتاج ألياف نانوية باستخدام عملية الغزل الكهربائي وتم تحديد مستوى توجيه الألياف المنتجة عن طريق مسحها بالمجهر الإلكتروني واستخدام برنامج imagej، وتم التنبؤ بتوجيه الألياف النانوية (متمثلاً بزوايا الانحراف) كخرج للعملية مع تطبيق كافة أنواع الدالات الانتماء الموجودة في نظام المنطق الضبابي باستخدام الماتلاب بالاعتماد على متغيرات ثابتة لعملية الغزل الكهربائي وتغيير في السرعة الدورانية للمجمع. كما تم مقارنة قيم زوايا الانحراف المنتبأ بها بالاعتماد على الدالات المختلفة مع القيم الحقيقية التي حصلنا عليها تجريبياً ضمن شروط محددة. وتم اختيار دالة الانتماء الأفضل اعتماداً على متوسط الخطأ الأصغري للقيم المنتبأ بها. وكانت دالة الانتماء الأفضل بناء على أصغر متوسط خطأ في سلسلة البيانات المدروسة هي دالة غوص 2 (Gauss2).

كلمات مفتاحية: الغزل الكهربائي، الألياف النانوية ، المنطق الضبابي، دالة الانتماء،

الذكاء الصناعي ، توجيه الألياف.

¹ مدرس عضو هيئة تدريسية في جامعة البعث، كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية ، قسم هندسة الغزل والنسيج

Choose the Suitable Fuzzy Membership Function in Prediction of orientation of Nanofibers Produced from Electrospinning Using Fuzzy Logic

Abstract:

Fuzzy logic System is used to predict some parameters. In this system the crisp data were converted into fuzzy data using membership function. There are many members ship functions used in fuzzy system to fuzzify data. In this search, oriented nanofibers were obtained by electrospinning process and scanned by SEM.

The orientation of nanofibers i.e. was predicted as output of the system using all membership functions in fuzzy system by Matlab. The parameters of electrospinning process were constant except the rotational speed. A comparison has been made among the predicted data using different membership functions. One membership function had been selected based on minimum error in prediction of data. It had been cleared that the best membership function was Gauss2 function.

Key words:

Electrospinning, Nanofibers, Fuzzy logic Membership function, Artificial intelligence, fibers orientation

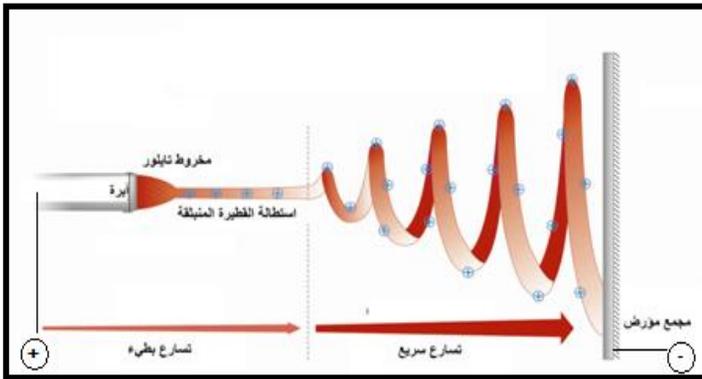
1. مقدمة: Introduction

1.1. الغزل الكهربائي والألياف النانوية:

تعتبر عملية الغزل الكهربائي عملية بسيطة وأساسية لإنتاج ألياف بأقطار دقيقة جداً ضمن مجال النانومتر تسمى بالألياف النانو أو (الألياف النانوية) حيث تتجمع متداخلة بشكل عشوائي لتشكل أقمشة غير منسوجة بخصائص رائعة كالكثافة السطحية العالية و المسامية المرتفعة إضافة إلى الخصائص الميكانيكية الممتازة [2].

تستخدم الأقمشة غير المنسوجة المكونة من ألياف النانو في كثير من التطبيقات الهندسية، كهندسة النسيج التي تستخدم الشبكات غير المنسوجة المكونة من ألياف النانو المغزولة كهربائياً لإصلاح النسيج البشرية، وكذلك استخدامها في حقل الفلترة وفي مجال الطاقة و الكهرباء إضافة إلى أنه يمكن الحصول على حساسات ذات حساسية عالية وسرعة استجابة كبيرة باستخدام ألياف النانو التي تملك كثافة سطحية عالية [6].

في عملية الغزل الكهربائي يوجد قطبين ، قطب مشحون بشحنة موجبة أو سالبة مع أنبوب شعري معدني (إبرة معدنية) والقطب الآخر المشحون بشحنة معاكسة يتصل مع المجمع حيث تسحب القطرة البوليميرية (بوليمير + مذيب) الخارجة من الأنبوب الشعري متحولة إلى ليف نانوي وتترسب على المجمع كما هو موضح بالشكل (1).



الشكل (1) مبدأ عملية الغزل الكهربائي [4]

* متغيرات عملية الغزل الكهربائي: Electrospinning Process Parameters

- تقسم متغيرات عملية الغزل الكهربائي بشكل عام إلى 3 أقسام :
- (1) متغيرات متعلقة بالمحلول البوليميري وتتضمن: لزوجة المحلول البوليميري و الوزن الجزيئي للبوليمير، قوة التوتر السطحي للمحلول البوليميري، العزل الكهربائي للمذيب، الموصلية الكهربائية للمحلول البوليميري
 - (2) متغيرات متعلقة بالعملية وتتضمن: الجهد الكهربائي المرتفع، معدل التغذية بالمحلول البوليميري، المسافة بين المجمع وفوهة البثق، قطر فوهة البثق، وضع الأقطاب الكهربائية، درجة الحرارة
 - (3) متغيرات متعلقة بالجو المحيط وتتضمن: الرطوبة، الضغط، نوعية الهواء المحيط[4].

يمكن دراسة تأثير كل متغير من المتغيرات المذكورة سابقاً على قطر ألياف النانو على حدى، وفي هذا البحث قمنا بدراسة تأثير أحد هذه المتغيرات وهو لزوجة المحلول البوليميري على قطر ألياف النانو الناتجة عن عملية الغزل الكهربائي [6].

2.1. المنطق الضبابي:

وهو أحد أشكال المنطق الرقمي (digital logic) ويعرف أيضاً باسم منطق الغموض. نشأ هذا المنطق عام 1965 على يد العالم الأذربيجاني الأصل "الطفي زادة" من جامعة كاليفورنيا حيث طوره ليستخدمه كطريقة أفضل لمعالجة البيانات، لكن نظريته لم تلق اهتماماً حتى عام 1974 حيث استخدم منطق الغموض في تنظيم محرك بخاري، ثم تطورت تطبيقاته حتى وصلت لتصنيع شريحة منطق ضبابي والتي استعملت في العديد من المنتجات كآلات التصوير.

منطق الضباب بالمعنى الواسع هو منظومة منطقية تقوم على تعميم أوسع للمنطق التقليدي الكلاسيكي الرقمي ثنائي القيم الذي يعتمد على 0 أو 1 فقط ، وذلك للاستدلال في ظروف غير مؤكدة وذلك عن طريق استخدام مدخلات بين (0 و1). حيث أن الصح

والخطأ لا تكفي من أجل تمثيل كافة الأشكال المنطقية وخاصة المشاكل التي تواجهنا حالياً. فالمنطق الكلاسيكي يعتمد على 0 أو 1 فقط وهذا ما يعتمد عليه الكثير من العلاقات في حين توجد علاقات أخرى يكون فيها الموضع الذي فيها يمكن اعتباره صحيح جزئياً أو خاطئ جزئياً في نفس الوقت. هناك العديد من الدوافع التي دفعت العلماء إلى تطوير علم المنطق الضبابي فمع تطور الحاسوب والبرمجيات نشأت الرغبة في اختراع أو برمجة أنظمة يمكنها التعامل مع المعلومات الغير الدقيقة على غرار الإنسان لكن هذا ولد مشكلة حيث أن الحاسوب لا يمكنه التعامل إلا مع معطيات دقيقة ومحددة. وقد نتج عن هذا التوجه ما يعرف بالأنظمة الخبيرة أو الذكاء الاصطناعي ويعتبر علم المنطق الضبابي أحد النظريات التي يمكن من خلالها بناء مثل هذه الأنظمة. حيث يمثل هذا المنطق طريقة سهلة لتوصيف وتمثيل الخبرة البشرية، كما أنه يقدم الحلول العملية للمشاكل الواقعية، وهي حلول بتكلفة فعالة ومعقولة، بالمقارنة مع الحلول الأخرى التي تقدمها التقنيات الأخرى [6].

2. هدف البحث: The Aim of Research

يهدف البحث إلى إنتاج شبكات غير منسوجة مكونة من ألياف نانوية موجهة بعملية الغزل الكهربائي وفق متغيرات محددة وتصميم نظام برمجي للتنبؤ بتوجيه الألياف النانوية الناتجة (عن طريق زاوية الانحراف)، وذلك باستخدام المنطق الضبابي. وتحديد دالة الانتماء الأفضل للتنبؤ بتوجيه الألياف (زاوية انحراف الألياف) لتصميم نظام منطق ضبابي بأفضل نتيجة.

3.المواد والمعدات المستخدمة في البحث: Materials And Equipments

1.3.المواد : Materials

1 - بوليمير بولي فينيل الكحول (PVA):

وهو بوليمير صديق للبيئة يستخدم في الصناعات الغذائية وتصنيع المضغوطات الدوائية وبالتالي فإن ألياف النانو البوليميرية المصنعة منه لن تكون ذات تأثير سمي على جسم الإنسان وهو ينحل في الماء وبالتالي فإنه لن يسبب ضرراً على البيئة أو الصحة بحالة تبخر المذيب سواء أثناء تحضير المحلول أو أثناء تصنيع ألياف النانو، إضافة إلى سهولة الحصول عليه. يتوفر الـ PVA بشكل حبيبات دقيقة، ويحدد على العبوة درجة بلمرته (1700-1800).

الشركة المنتجة: LOBACHEMIE - بلد الصنع: MUMBAI-INDIA

2- الماء المقطر:

يستخدم كمذيب لبوليمير بولي فينيل الكحول عند الدرجة 85 درجة مئوية.

2.3. المعدات : Equipments

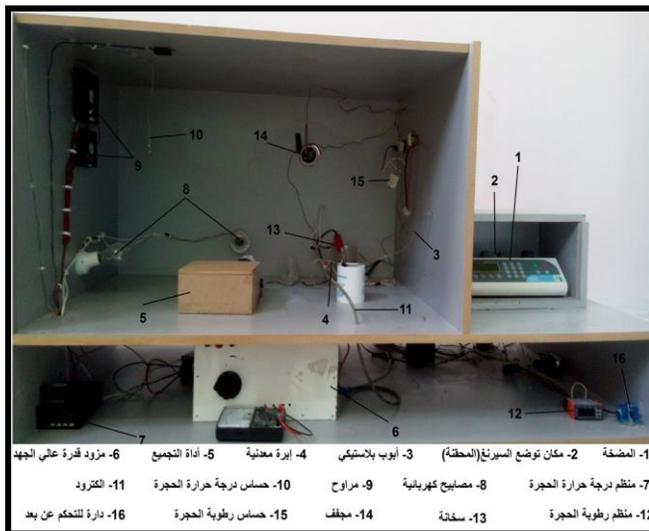
- 1- سخان مزود بتحرك مغناطيسي وبعض الزجاجيات: لتحضير المحلول البوليميري.
- 2- جهاز الغزل الكهربائي والذي يتألف بشكل رئيسي من ثلاثة أقسام (معدات البثق والمجمع بالإضافة إلى مزود قدرة عالي الجهد): للحصول على الألياف النانوية الشكل (2).
- 3- مجهر الكتروني: لمسح العينات الناتجة عن جهاز الغزل الكهربائي بهدف تحليلها.
- 4- برامج (image j- Matlab): برنامج j image لتحليل صور العينات التي حصلنا عليها من المجهر الإلكتروني ومعرفة متوسط أقطار الألياف في كل عينة، أما برنامج Matlab لتطبيق نظام المنطق الضبابي وصولاً إلى القواعد الضبابية ثم التنبؤ بقطر الألياف.

4. الإجراءات : Procedures

- 1- تحضير المحلول البوليميري بتركيز 7 % تركيز وزني حتى نحصل على محلول لزج شفاف، يخضع بعدها المحلول لعملية الغزل الكهربائي.

- 2- تنفيذ عملية الغزل الكهربائي على المحلول الناتج عن (1) بثنيبت المتغيرات الخاصة بالمحلول والعملية وتغيير السرعة الدورانية للمجمع.
- 3- مسح العينات الناتجة باستخدام المجهر الالكتروني.
- 4- تحليل صور العينات باستخدام برنامج imagej لتحديد مستوى التوجيه الحقيقي للألياف النانوية.
- 5- استخدام برنامج الماتلاب لتطبيق نظام المنطق الضبابي في التنبؤ حيث تم الاعتماد على السرعات الدورانية كمدخل مع الأخذ بعين الاعتبار باقي المتغيرات .
- 6- تحديد الخرج وهو مستوى توجيه الألياف النانوية في كل عينة.
- 7- اختيار مجال التضبيب.
- 8- اختيار معامل التضبيب (دالة الانتماء).
- 9- وضع القواعد الضبابية.
- 10- إجراء عملية التضبيب.
- 11- التنبؤ بتوجيه الألياف النانوية (متوسط زاوية انحراف الألياف) لكل عينة.
- 12- حساب متوسط الخطأ النسبي بالاعتماد على قيم مستوى التوجيه الحقيقي للألياف ومستوى التوجيه المنتبأ به اعتماداً على معامل الانتماء.
- 13- تكرار الخطوات (8، 9، 10، 11، 12) لكل دالة انتماء على حدة.
- 14- اختيار دالة الانتماء الأنسب بناء على أصغر قيمة لمتوسط الخطأ النسبي لمستوى التوجيه المنتبأ به.

اختيار دالة الانتماء المناسبة للنتيؤ بتوجيه الألياف النانوية الناتجة عن عملية الغزل الكهربائي باستخدام المنطق الضبابي

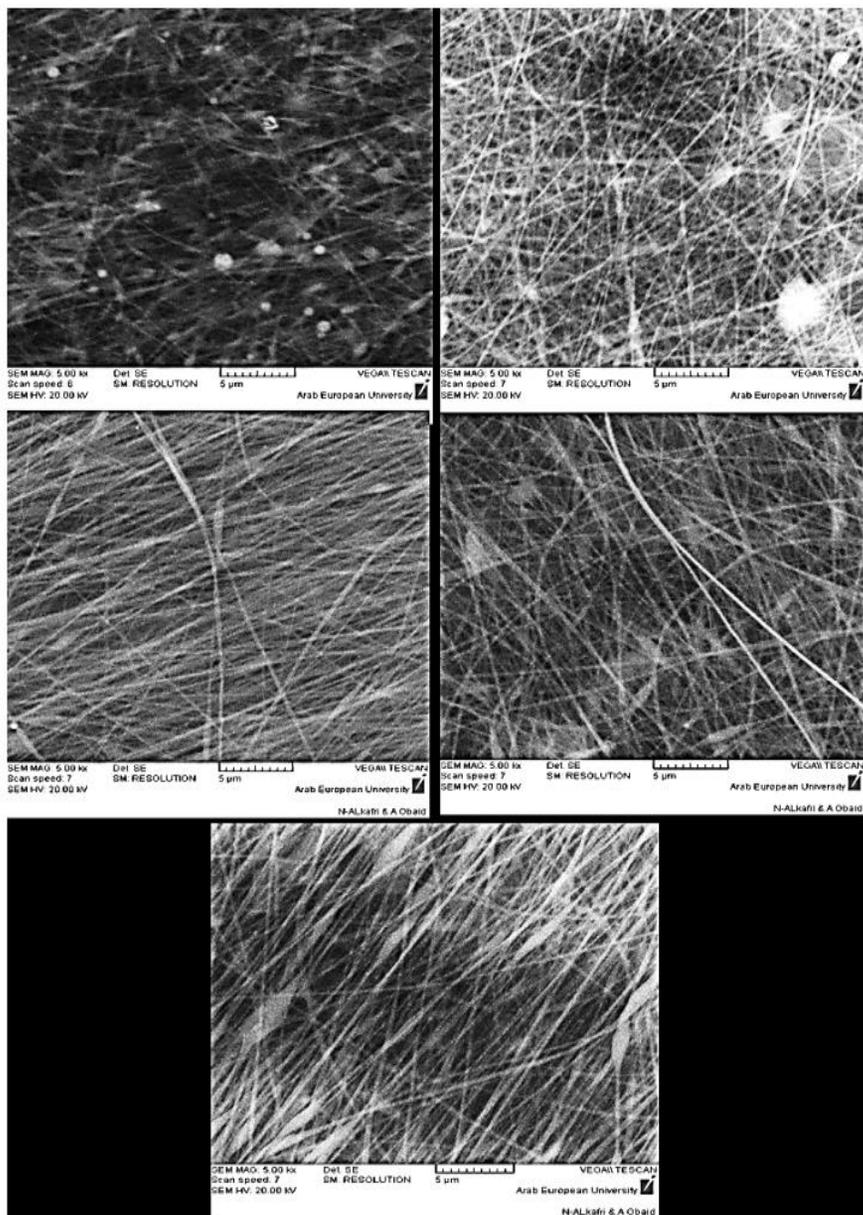


الشكل (2) جهاز الغزل الكهربائي الموجود في قسم هندسة الغزل والنسيج بكلية الهندسة الكيميائية البترولية بجامعة البعث

5. التطبيق باستخدام الماتلاب:

- مجال الخرج المتمثل بتوجيه الألياف النانوية (زاوية الانحراف) لكل عينة: [5-90] درجة.
- مجال الدخل المتمثل بالسرعة الدورانية للمجمع: [0-6000] دورة/د.

6. النتائج: Results



الشكل (3) صور مجهرية لبعض العينات المسوحة باستخدام المجهر الالكتروني

اختيار دالة الانتماء المناسبة للتنبؤ بتوجيه الألياف النانوية الناتجة عن عملية الغزل الكهربائي باستخدام المنطق الضبابي

الجدول (1-6) الخطأ النسبي للقيم المتنبأ بها باستخدام دالة الانتماء Tri MF

Input (rpm)	Real output (Degree)	Predicted output (Degree)	E(%)	No.
3000	90	82	8.9	1
3250	85	77.4	8.9	2
3500	80	67.3	15.9	3
3750	75	66.8	10.9	4
4000	60	62	3.3	5
4250	50	50.1	0.2	6
4500	45	40	11.1	7
4750	35	33.4	4.6	8
5000	25	22.5	10.0	9
5250	20	17.5	12.5	10
5500	15	12.5	16.7	11
5750	10	7.38	26.2	12
6000	5	3.7	26.0	13

متوسط الخطأ النسبي: 11.9 %

الجدول (2-6) الخطأ النسبي للقيم المتنبأ بها باستخدام دالة الانتماء Trap MF

Input (rpm)	Real output (Degree)	Predicted output (Degree)	E(%)	No.
3000	90	82.5	8.3	1
3250	85	82.7	2.7	2
3500	80	77.5	3.1	3
3750	75	68.1	9.2	4
4000	60	58.2	3.0	5
4250	50	50	0.0	6
4500	45	40	11.1	7
4750	35	30	14.3	8
5000	25	22.8	8.8	9
5250	20	17.5	12.5	10
5500	15	12.7	15.3	11
5750	10	7.2	28.0	12
6000	5	2.49	50.2	13

متوسط الخطأ النسبي: 12.8 %

الجدول (3-6) الخطأ النسبي للقيم المتنبأ بها باستخدام دالة الانتماء gbell MF

Input (rpm)	Real output (Degree)	Predicted output (Degree)	E(%)	No.
3000	90	82.4	8.4	1
3250	85	79.9	6.0	2
3500	80	70.2	12.3	3
3750	75	67.9	9.5	4
4000	60	57.5	4.2	5
4250	50	49.7	0.6	6
4500	45	35	22.2	7
4750	35	27.8	20.6	8
5000	25	20	20.0	9
5250	20	17.5	12.5	10
5500	15	12.5	16.7	11
5750	10	7.48	25.2	12
6000	5	2.9	42.0	13

متوسط الخطأ النسبي: 15.4%

الجدول (4-6) الخطأ النسبي للقيم المتنبأ بها باستخدام دالة الانتماء gauss MF

Input (rpm)	Real output (Degree)	Predicted output (Degree)	E(%)	No.
3000	90	82.5	8.3	1
3250	85	80	5.9	2
3500	80	73.1	8.6	3
3750	75	69.6	7.2	4
4000	60	57.9	3.5	5
4250	50	49.9	0.2	6
4500	45	45	0.0	7
4750	35	30	14.3	8
5000	25	22.5	10.0	9
5250	20	17.5	12.5	10
5500	15	12.9	14.0	11
5750	10	11.6	16.0	12
6000	5	5.9	18.0	13

متوسط الخطأ النسبي: 9.1%

اختيار دالة الانتماء المناسبة للتنبؤ بتوجيه الألياف النانوية الناتجة عن عملية الغزل الكهربائي باستخدام المنطق الضبابي

الجدول (5-6) الخطأ النسبي للقيم المتنبأ بها باستخدام دالة الانتماء gauss2 MF

Input (rpm)	Real output (Degree)	Predicted output (Degree)	E(%)	No.
3000	90	82.6	8.2	1
3250	85	82.4	3.1	2
3500	80	77.5	3.1	3
3750	75	69.5	7.3	4
4000	60	57.7	3.8	5
4250	50	50	0.0	6
4500	45	47	4.4	7
4750	35	30	14.3	8
5000	25	22	12.0	9
5250	20	22.7	13.5	10
5500	15	14.6	2.7	11
5750	10	9.9	1.0	12
6000	5	4.2	16.0	13

متوسط الخطأ النسبي: 6.9 %

الجدول (6-6) الخطأ النسبي للقيم المتنبأ بها باستخدام دالة الانتماء Sig MF

Input (rpm)	Real output (Degree)	Predicted output (Degree)	E(%)	No.
3000	90	85.7	4.8	1
3250	85	85.2	0.2	2
3500	80	81.1	1.4	3
3750	75	77.6	3.5	4
4000	60	64.1	6.8	5
4250	50	58.9	17.8	6
4500	45	61	35.6	7
4750	35	55.9	59.7	8
5000	25	53	112.0	9
5250	20	51	155.0	10
5500	15	50.8	238.7	11
5750	10	48	380.0	12
6000	5	45.6	812.0	13

متوسط الخطأ النسبي: 140.6 %

الجدول (6-7) الخطأ النسبي للقيم المتنبأ بها باستخدام دالة الانتماء Dsig MF

Input (rpm)	Real output (Degree)	Predicted output (Degree)	E(%)	No.
3000	90	83.4	7.3	1
3250	85	83	2.4	2
3500	80	78	2.5	3
3750	75	72	4.0	4
4000	60	58.2	3.0	5
4250	50	50.4	0.8	6
4500	45	46.6	3.6	7
4750	35	31.6	9.7	8
5000	25	23.1	7.6	9
5250	20	18	10.0	10
5500	15	12.7	15.3	11
5750	10	7.8	22.0	12
6000	5	3.03	39.4	13

متوسط الخطأ النسبي: 9.8 %

الجدول (6-8) الخطأ النسبي للقيم المتنبأ بها باستخدام دالة الانتماء Psig MF

Input (rpm)	Real output (Degree)	Predicted output (Degree)	E(%)	No.
3000	90	83.6	7.1	1
3250	85	82.7	2.7	2
3500	80	76.4	4.5	3
3750	75	71.9	4.1	4
4000	60	56.8	5.3	5
4250	50	50.3	0.6	6
4500	45	40.4	10.2	7
4750	35	31	11.4	8
5000	25	22.7	9.2	9
5250	20	17.7	11.5	10
5500	15	12.7	15.3	11
5750	10	7.7	23.0	12
6000	5	3.13	37.4	13

متوسط الخطأ النسبي: 11 %

اختيار دالة الانتماء المناسبة للتنبؤ بتوجيه الألياف النانوية الناتجة عن عملية الغزل الكهربائي باستخدام المنطق الضبابي

الجدول (6-9) الخطأ النسبي للقيم المتنبأ بها باستخدام دالة الانتماء Pi MF

Input (rpm)	Real output (Degree)	Predicted output (Degree)	E(%)	No.
3000	90	83.3	7.4	1
3250	85	82.9	2.5	2
3500	80	78.2	2.3	3
3750	75	71.7	4.4	4
4000	60	58	3.3	5
4250	50	51	2.0	6
4500	45	41.1	8.7	7
4750	35	31.1	11.1	8
5000	25	23.1	7.6	9
5250	20	18	10.0	10
5500	15	13	13.3	11
5750	10	8.1	19.0	12
6000	5	2.91	41.8	13

متوسط الخطأ النسبي: 10.3 %

الجدول (6-10) الخطأ النسبي للقيم المتنبأ بها باستخدام دالة الانتماء S MF

Input (rpm)	Real output (Degree)	Predicted output (Degree)	E(%)	No.
3000	90	85.5	5.0	1
3250	85	85.9	1.1	2
3500	80	83.3	4.1	3
3750	75	77.8	3.7	4
4000	60	73	21.7	5
4250	50	69	38.0	6
4500	45	64	42.2	7
4750	35	59	68.6	8
5000	25	55.8	123.2	9
5250	20	53.4	167.0	10
5500	15	50.8	238.7	11
5750	10	48	380.0	12
6000	5	46	820.0	13

متوسط الخطأ النسبي: 147.2 %

الجدول (6-11) الخطأ النسبي للقيم المتنبأ بها باستخدام دالة الانتماء Z MF

Input (rpm)	Real output (Degree)	Predicted output (Degree)	E(%)	No.
3000	90	42	53.3	1
3250	85	40	52.9	2
3500	80	35.4	55.8	3
3750	75	28.8	61.6	4
4000	60	25.4	57.7	5
4250	50	20.4	59.2	6
4500	45	15.4	65.8	7
4750	35	11.3	67.7	8
5000	25	8.83	64.7	9
5250	20	6.33	68.4	10
5500	15	3.83	74.5	11
5750	10	1.36	86.4	12
6000	5	1.8	64.0	13

متوسط الخطأ النسبي: 64 %

الجدول (6-12) الخطأ النسبي للقيم المتنبأ بها لكافة الدالات

الانتماء دالة	متوسط الخطأ (%)
trimf	11.9
trapmf	12.8
gbellmf	15.4
gaussmf	9.1
gauss2mf	6.9
sigmf	140.6
dsigmf	9.8
psigmf	11
pigmf	10.3
smf	147.2
zmf	64

7. الخلاصة: Conclusion

تم إنتاج ألياف نانوية موجهة باستخدام عملية الغزل الكهربائي، وتطبيق المنطق الضبابي للتنبؤ بتوجيه الألياف (زوايا الانحراف) باستخدام برنامج ماتلاب. وتم حساب متوسط الخطأ النسبي لزوايا الانحراف المتنبأ بها عند كل دالة من دالات الانتماء الموجودة في نظام المنطق الضبابي.

كما تم تلخيص متوسط قيم الأخطاء لكل معامل من المعاملات في الجدول (6-12) ويلاحظ أن متوسط الخطأ الأقل كان عند دالة الانتماء Gauss2 وبالتالي تعتبر هي أفضل دالة انتماء للتنبؤ بقيم زوايا انحراف الألياف لكل عينة وفق مجال المتغيرات المدروس.

6.المراجع (References):

* المراجع الأجنبية:

- [1] Chitral J. and Shesha H. (2011), A Theoretical Understanding of the Physical Mechanisms of Electrospinning. Proc. ESA Annual Meeting on Electrostatics.
- [2] HuangZh. M., Zhang Y.Z.,Kotaki M., Ramakrishna S.(2003), A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites. CompositeScience and Technology.
- [3] Ramakrishna S., Fujihara K., Ma Z. (2005),An Introduction to Electrospinning and Nano-fibers. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., National University of Singapore, 396p.
- [4] T. Duńvki , V. Saryviak. (2019), Analysis and characterization of SiO₂ nanowires via electrospinning technique. Exp. Theo. NANOTECHNOLOGY, VOL. 3, 263-274p.
- [5] Franck D. (2013), Introduction to fuzzy logic. Research gate.

اختيار دالة الانتماء المناسبة للنتيؤ بتوجيه الألياف النانوية الناتجة عن عملية الغزل الكهربائي
باستخدام المنطق الضبابي
