

# مجلة جامعة البعث

للعلوم الهندسية البترولية والكيميائية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 44 . العدد 6

1443 هـ . 2022 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](http://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) مئتا 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
32-11	ريان يونس أ.د. محمد الحسين	دراسة تأثير أسلوب مزج ألياف القطن والبوليستر في المواصفات الميكانيكية للغزول
48-33	د. سمارة محمود السويد	دراسة إمكانية تصنيع شبكات بتقنية الغزل الكهربائي من البولي ستايرن
68-49	أ.د. يوسف جوهر أ.د. عماد الحداد د. مصطفى البيش م. أحلام حبيب	دراسة تأثير إضافة غضار أبيض طبيعي ومعدل في خواص العزل والكتامة لأفلام البولي فينيل كلورايد
90-69	إيمان المنصور د. حسين الجوهري	دراسة حركية الاستخلاص المحفز بالأمواج فوق الصوتية للمركبات الفعالة من أوراق إكليل الجبل





## "دراسة تأثير أسلوب مزج ألياف القطن والبوليستر في المواصفات الميكانيكية للغزول"

أ.د. محمد عبدو الحسين<sup>(2)</sup>

م. ريان حسن يونس<sup>(1)</sup>

### الملخص

في هذه الدراسة تم مزج ألياف صناعية ( بوليستر ) مع ألياف طبيعية ( قطن ) باتباع أسلوبين من أساليب المزج ( المزج في مرحلة السحب والمزج في مرحلة الفتح ) وينسب مختلفة حيث أجريت اختبارات الشد المطلوبة لتحديد الخصائص الميكانيكية متمثلة بالمتانة والاستطالة وتم تحليل النتائج ودرستها ومناقشتها لتحديد الأسلوب الأمثل.

حيث تبين من دراسة المخططات البيانية ومناقشتها أن تأثير أسلوب المزج على خصائص المتانة يكون واضحاً عندما تكون نسبة البوليستر أكبر من 10%، وتكون الاستطالة في أسلوب الفتح أعلى من أسلوب السحب لذلك ينصح عندما تكون نسبة البوليستر أقل من 10% باتباع أسلوب المزج في مرحلة الفتح لكونه الأقل تكلفة اقتصادية نظراً لاختصار مراحل السحب فيه .

الكلمات المفتاحية :

القطن , البوليستر, مزج الألياف , الخصائص الميكانيكية للألياف , أسلوب المزج

(1)- طالب ماجستير في قسم هندسة الغزل والنسيج , كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية , جامعة البعث

(2)- أستاذ دكتور في قسم هندسة الغزل والنسيج , كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية , جامعة البعث

# "The Impact of Blend Type of cotton and Polyester Fibers on the Mechanical Properties of Yarns"

## **Abstract**

In this study, synthetic fibers (polyester) were blended with natural fibers (cotton) by following two methods of blending (blending in the drawing phase and blending in the opening phase) in different proportions. The tensile tests required to determine the mechanical properties represented by tenacity and elongation were carried out. The results were analyzed, studied and discussed to determine the optimal method.

The effect of the blending method on the properties of durability is clear when the percentage of polyester is greater than 10%, and the elongation in the opening method is higher than the drawing method, so it is recommended when polyester is less than 10% at to follow the blending method in the opening stage because it is the least economical cost due to the shortness of the drawing phase.

key words : Cotton, polyester, blending fibers, mechanical properties, Blend Type

---

## 1- مقدمة : Introduction

أصبحت الغزول الممزوجة من الغزول الأساسية والمعتمد عليها بين الغزول النسيجية، ولقد زاد الاهتمام حديثاً بمزج الألياف النسيجية الطبيعية والصناعية من أجل تغطية تزايد وتعدد احتياجات مجالات الاستخدام مع خفض تكاليف الإنتاج وبما يلبي التوافق بين إمكانية الحصول على ألياف طبيعية أو صناعية على حد سواء كذلك للتخلص من بعض العيوب في الغزول وخاصة فيما يتعلق بالخصائص الميكانيكية كخصائص المتانة والاستطالة وذلك بغية الوصول إلى غزول جديدة بخصائص محددة وجودة أفضل . [1]

إن الغزول الممزوجة ( blended yarns ) هي الغزول المصنوعة باستخدام نوعين أو أكثر من الألياف ثم مزجها أثناء عملية الغزل ويتم إنتاج أقمشة من هذه الغزول تسمى بالأقمشة الممزوجة ( blended fabrics ). [2] [3]

يستخدم المزج لأغراض اقتصادية وعملية وفنية وأغراض متعلقة بالتصنيع على آلات النسيج والمعالجات المختلفة الكيميائية والحرارية والميكانيكية قبل الوصول إلى المنتج النهائي القابل للاستخدام، ولذلك فإن دراسة تأثير أسلوب المزج على الخصائص الميكانيكية من الأهمية بمكان لتحديد الطريقة الأفضل أو الأكثر ملاءمة للمنتج المطلوب وفقاً لشروط الاستخدام أو التشغيل. [4]

إن مزج ألياف طبيعية مع ألياف صناعية من أهم أنواع المزج لما يضيفه كل نوع من الألياف ويؤثر به على خصائص الغزل الناتج بحيث يعطي خصائص لا يمكن توفرها في كل نوع على حدة ومن أبرز الغزول الناتجة عن هذا النوع من المزج الغزول الممزوجة من القطن والبوليستر. [5] وضمن مجال البحث ندرس مزج البوليستر مع القطن CO – PES

### مزج البوليستر مع القطن CO – PES :

يمزج البوليستر مع القطن للحصول على غزول ممزوجة تمتاز بخواص تتوفر في كل من القطن والبوليستر على حدة. [6] [7] وتستخدم الغزول الممزوجة في القطن والبوليستر في إنتاج أقمشة مختلفة ومتنوعة نذكر منها القمصان والفساتين وبدلات وملابس العمال والمعاطف المطرية والملابس الخارجية وملابس الجنود .

#### المزايا الأساسية التي يضيفها البوليستر على الأقمشة القطنية: [8]

- مقاومة التجعد والانتواء وهي خاصية ناتجة من الخواص الذاتية لألياف البوليستر وليست مكتسبة سطحياً كما هو الحال في الأقمشة القطنية المعالجة ضد التجعد، وبالنسبة للملابس الخارجية فإن الخواص الرئيسية المطلوبة هي مقاومة التجعد.
- سرعة الجفاف نتيجة لانخفاض نسبة اكتساب الرطوبة في ألياف البوليستر .
- زيادة المتانة ضد التمزق وزيادة مقاومة التآكل بالاحتكاك بسبب متانة ألياف البوليستر المصحوبة باستطالة كبيرة ومرونة عالية .
- إكساب القدرة على الاحتفاظ بالكسرات الدائمة التي لا تتأثر أو تزول بالغسيل .

#### أما المزايا الأساسية التي يضيفها القطن على أقمشة البوليستر: [9]

- زيادة مقدرة القماش على امتصاص الرطوبة .
- راحة في الاستعمال .
- التقليل من توليد الكهرباء الساكنة في هذه الأقمشة .
- تحسين ملمس ورخاوة القماش بحيث يصبح قريب لملمس الأقمشة القطنية المعروف.

## 2- هدف البحث :

تحديد أسلوب المزج الأفضل بناء على الخواص الميكانيكية الناتجة عن مزج ألياف القطن والبوليستر بأسلوبي مزج مختلفين على خط الغزل ( في مرحلة الفتح وفي مرحلة السحب ) وبالتالي المساهمة في تحديد الآلية الأفضل لإنتاج غزول ممزوجة وفقاً للمواصفات المطلوبة.

## 3- مواد وطرق البحث :

تم إجراء الاختبارات المتعلقة بالخصائص الميكانيكية لغزول ناتجة عن مزج ألياف القطن والبوليستر بنسب متفاوتة ونمر مختلفة وذلك بأسلوبي مزج مختلفين وبناء عليه تم إعداد جداول النتائج ورسم الخطوط البيانية المتعلقة بكل خاصية من الخصائص التي تم دراستها وتمت مناقشة النتائج واقتراح التوصيات .

## مواد البحث :

ألياف قطن , ألياف بوليستر , غزل ممزوج بوليستر / قطن PES/CO بنمر ونسب مختلفة كما هو موضح لاحقاً .

آلات المزج ضمن خطوط إنتاج الغزول الممزوجة

أجهزة الاختبار جهاز اختبار الشد 3 USTER TENSORAPID

## متغيرات البحث :

1- النسبة : حيث تم اختيار النسب التالية :

قطن	بوليستر
91	9
80	20
65	35
50	50
35	65

2-

الأسلوب : تم اختيار أسلوب مزج :

- أسلوب المزج في مرحلة الفتح.

- أسلوب المزج في مرحلة السحب.

3- النمرة : تم اختيار نمرتين من النمر الرفيعة ( 30 Ne , 40 Ne )

الخصائص الميكانيكية التي تمت دراستها: ( المتانة - الاستطالة )

مواصفات ألياف القطن المستخدمة :

طول التيلة (30) mm وسطياً , نعومة الألياف 4.01 MIC , متانة الألياف الوسطية

5 CN/tex , رطوبة الأقطان الوسطية % 6.91 , الكثافة:  $1.52 \text{ g/cm}^3$  ,

الاستطالة: % 5.95 , اللون: سمني , مقاومة العفن والفطريات : جيد جداً.

مواصفات ألياف البوليستر المستخدمة :

الطول %  $2 \pm 38 \text{ mm}$  , معامل اختلاف الطول %  $\pm 3$  , نعومة الألياف  $1.4 \pm 1\%$

دينيري , متانة الألياف 6.5 CN/tex , الاستطالة الجافة %  $(2 \pm 21)$  , الرطوبة

المكتسبة : % 0.4 , محتوى الزيت : %  $(0.1 - 0.2)$  , الكثافة :  $(1.34 - 1.50)$

$\text{g/cm}^3$  الألياف معالجة بشكل جيد ضد الكهرباء الساكنة , جيدة الامتصاص للأصبغة

, مقاومة للعفن والعت , الاحتفاظ بالكسرات : ممتازة.

### إن أساليب مزج القطن والبوليستر المتبعة في هذا البحث هي :

#### 3-1- أسلوب المزج في مرحلة الفتح :

حيث تم المزج في مرحلة الفتح باستخدام الطريقة التقليدية , وفي هذا الأسلوب يتم تغذية خط الفتح ببالات القطن والبوليستر بشكل متناوب على البلانومات حيث يكون عدد كل من بالات القطن والبوليستر متناسباً مع نسبة المزج وذلك بعد أخذ وزن بالات كل نوع بعين الاعتبار , وكذلك تراعى نسبة العوادم .

ويمكن اختيار النسبة المطلوبة والمقابلة لعدد كل من بالات القطن والبوليستر اللازمة وفقاً لهذه النسبة باستخدام العلاقة التالية :

$$PES\% = 100 * (n_2 * w_2 - n_2 * w_2 * E_2) / (n_2 * w_2 - n_2 * w_2 * E_2 + n_1 * w_1 - n_1 * w_1 * E_1)$$

حيث :  $n_1$  : عدد بالات القطن ,  $w_1$  : وزن بالة القطن ,  $E_1$  : نسبة عوادم القطن

$n_2$  : عدد بالات البوليستر ,  $w_2$  : وزن بالة البوليستر ,  $E_2$  : نسبة عوادم البوليستر .

( النسبة PES% هنا نسبة البوليستر والتي يمكن تغييرها بناء على المتغيرات

(  $E_1$  ,  $w_1$  ,  $n_1$  ,  $E_2$  ,  $w_2$  ,  $n_2$  ) المذكورة في العلاقة ويمكن استخدام برنامج

Excel لإعطاء كافة إمكانيات النسب المتاحة )

حيث يتم في هذه الطريقة تغذية خط الفتح بالبالات بشكل متناوب لتحقيق أكبر قدر من التجانس في توزيع كتل الألياف لتحقيق النسبة المطلوبة .

وفي هذه الأسلوب يتم السحب على مرحلتين فقط.

### 3-2- أسلوب المزج في مرحلة السحب :

في هذا الأسلوب يتم المزج على آلة السحب الثاني وقد يمتد المزج إلى مرحلة السحب الثالث وذلك لنوعين من الألياف ( قطن - بوليستر ) ناتجين عن خطين مستقلين ( فتح - كرد - سحب أول ) , حيث يكون عدد الأشرطة ( البراميل ) في كلا النوعين متعلق بنسبة السحب وذلك بعد الأخذ بعين الاعتبار وزن المتر الطولي لكل من القطن والبوليستر .

وقد يتم المزج في أسلوب السحب على مرحلة واحدة أو على مرحلتين من مراحل السحب وذلك حسب نسبة المزج المطلوبة ولرفع كفاءة المزج تستخدم مرحلة سحب إضافية بحيث يصبح مجموع مراحل السحب أربعة مراحل منها واحدة قبل عملية المزج.

حيث يمكن حساب كل النسب الممكنة باستخدام الحاسب ووضعها ضمن جدول يحدد فيه عدد أشرطة كل نوع من الألياف الممزوجة ( البراميل ) المقابلة لكل نسبة بمراعاة وزن المتر الطولي لكل نوع على حدة .

حيث يتم حساب النسبة وفق ما يلي :

إذا كان المزج يتم على مرحلة واحدة ( مرحلة السحب الثاني ) فإن نسبة البوليستر مثلاً تحسب وفق العلاقة التالية :

$$PES\% = 100 * ( n_2 * w_2 ) / ( n_2 * w_2 + n_1 * w_1 )$$

حيث أن :  $n_1$  : عدد براميل القطن ,  $w_1$  : وزن المتر الطولي للقطن

$n_2$  : عدد براميل البوليستر ,  $w_2$  : وزن المتر الطولي للبوليستر .

أما إذا كان المزج يتم على مرحلتين ( سحب ثاني وسحب ثالث ) فيمكن تحديد النسبة باستخدام برنامج Excel عن طريق تحديد كل الاحتمالات الممكنة لنسب المزج الناتجة عن تغير عدد براميل كل من القطن والبوليستر في المرحلة الأولى والثانية وكنتيجة لذلك ينتج جدول يمكن تحديد النسبة المطلوبة من خلاله وعدد براميل كل نوع في المرحلة الأولى والثانية .

علماً أن نسبة القطن في المزيج يقوم الحاسب بحسابها وفقاً للعلاقة التالية :

$$CO\% = 100 * ( n_1' * w_{l1} + (8-n_1')*n_1*w_{l1}) / (n_1'*w_{l1} + (8-n_1')*n_1*w_{l1} + (8 -n_1') *n_2*w_{l2})$$

حيث أن :

$n_1'$  : عدد براميل القطن في المرحلة الثانية من المزج .

$n_1$  : عدد براميل القطن في المرحلة الأولى من المزج .

$w_{l1}$  : وزن المتر الطولي لألياف القطن .

$n_2$  : عدد براميل البوليستر في المرحلة الأولى من المزج .

$w_{l2}$  : وزن المتر الطولي لألياف البوليستر .

وفي هذا الأسلوب تمر كل من ألياف القطن والبوليستر على حدة في مراحل الفتح ثم الكرد وبعدها مرحلة سحب أولي

وتم المزج في هذه الدراسة في مرحلة السحب الثاني والثالث وجاءت مرحلة السحب الرابع لزيادة تجانس المزج .

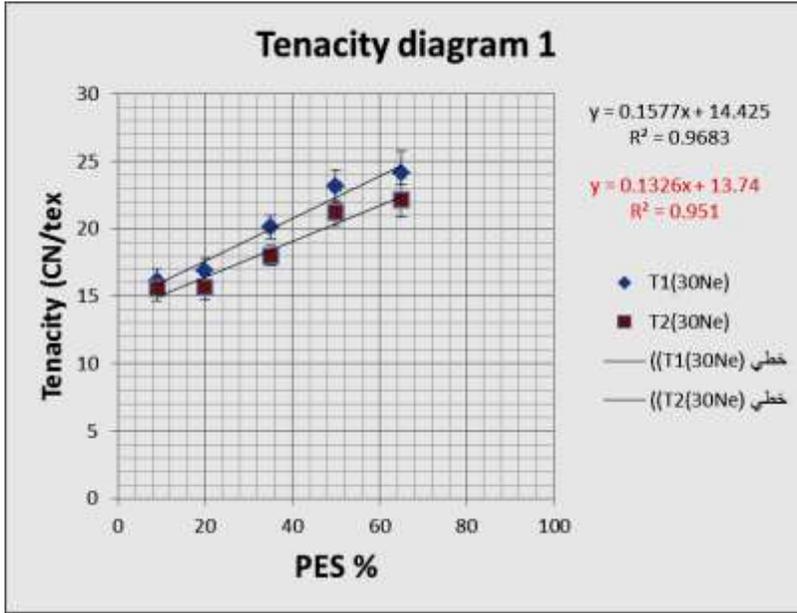
#### 4- النتائج ومناقشتها :

أولاً : نتائج الاختبارات المتعلقة بالمتانة :

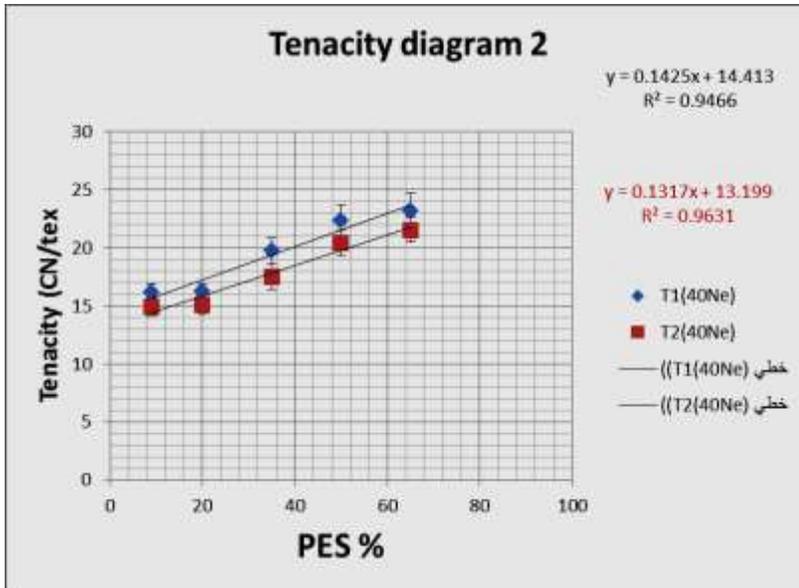
جدول ( 1 ) يوضح نتائج الاختبارات المتعلقة بالمتانة للغزول الممزوجة في أسلوبين مختلفين (فتح - سحب) ومن أجل نمريتين مختلفتين لكل من الأسلوبين

المزج في الفتح		المزج في السحب		نسبة البوليستر PES%
T2(40Ne) (CN/tex)	T2(30Ne) (CN/tex)	T1(40Ne) (CN/tex)	T1(30Ne) (CN/tex)	
14.93	15.55	16.15	16.11	9
15.12	15.63	16.21	16.85	20
17.53	17.97	19.74	20.12	35
20.43	21.17	22.32	23.15	50
21.55	22.11	23.15	24.12	65

حيث تم رسم مخططات المتانة في برنامج Excel وفق النتائج المبينة أعلاه وتمت مقارنة المتانة في كل من أسلوب السحب وأسلوب الفتح من أجل كل نمرة على حدة بتزويد المخطط بأشرطة الخطأ والتي تبين مجال الخطأ الذي تتراوح ضمنه القيم كما هو مبين في المخططات (1) و (2) .



**مخطط (1)** تغير متانة الغزول الممزوجة في أسلوبين مختلفين (فتح - سحب) بتغير نسبة البوليستر من أجل النمرة 30Ne



**مخطط (2)** تغير متانة الغزول الممزوجة في أسلوبين مختلفين (فتح - سحب) بتغير نسبة البوليستر من أجل النمرة 40Ne

### دراسة مخططات المتانة ومناقشة النتائج :

1- من أجل نفس النمرة ونفس النسبة نلاحظ أن المتانة في أسلوب السحب أعلى من المتانة في أسلوب الفتح ويتراوح الفرق بين الأسلوبين من  $1-3$  CN/tex .

2- تزداد المتانة في كل من الأسلوبين مع ازدياد نسبة البوليستر كون متانة ألياف البوليستر أعلى من متانة ألياف القطن, ومجموع متانة الألياف هو العامل الرئيسي المؤثر على متانة الغزل الناتج, وبالتالي مع زيادة مشاركة ألياف البوليستر ذات المتانة الأعلى تزداد متانة الغزول المنتجة.

3- نلاحظ أنه من أجل النسب المنخفضة للبوليستر 10% فما دون تكون فروقات المتانة قليلة 1 CN/tex مع اختلاف النمرة والأسلوب , وتزداد هذه الفروقات في المتانة مع ازدياد نسبة البوليستر 3 CN/tex , ويمكن الاستفادة من هذه الخاصية في اختيار الأسلوب الأنسب والأقل تكلفة اقتصادية عند النسب المنخفضة .

4- يمكن الاستفادة من مخطط المتانة ومعادلات الخطوط البيانية في اختيار الأسلوب الأنسب مع تغير النسبة إذا كان التغير في النسبة والأسلوب معاً يؤدي إلى نفس المتانة المطلوبة, وكذلك يمكن أن نحدد نسبة المزج الواجب اختيارها عند الإنتاج وذلك وفقاً للمتانة المطلوبة للغزول والتي يمكن أن يتم تحديدها بناء على متطلبات الاستخدام النهائي

### مثال :

من أجل متانة 20 CN/tex ونمرة 40 Ne يمكن زيادة نسبة البوليستر من 36% إلى 48% من أجل تغيير أسلوب المزج من أسلوب السحب إلى أسلوب الفتح .

حيث يتم دراسة الجدوى الاقتصادية بمراعاة تكاليف تغيير النسبة بالإضافة إلى تخفيض تكاليف الإنتاج الناتج عن تغيير الأسلوب , وبناء على ذلك يتم اختيار الأسلوب الأفضل .

وكانت النتائج مطابقة وفقاً للدراسة الإحصائية حيث كانت الفروق في متوسط المتانة دالة إحصائياً عند مستوى ثقة 95% تبعاً لتغير الأسلوب والنسبة والنمرة كما هو موضح في الجدول التالي :

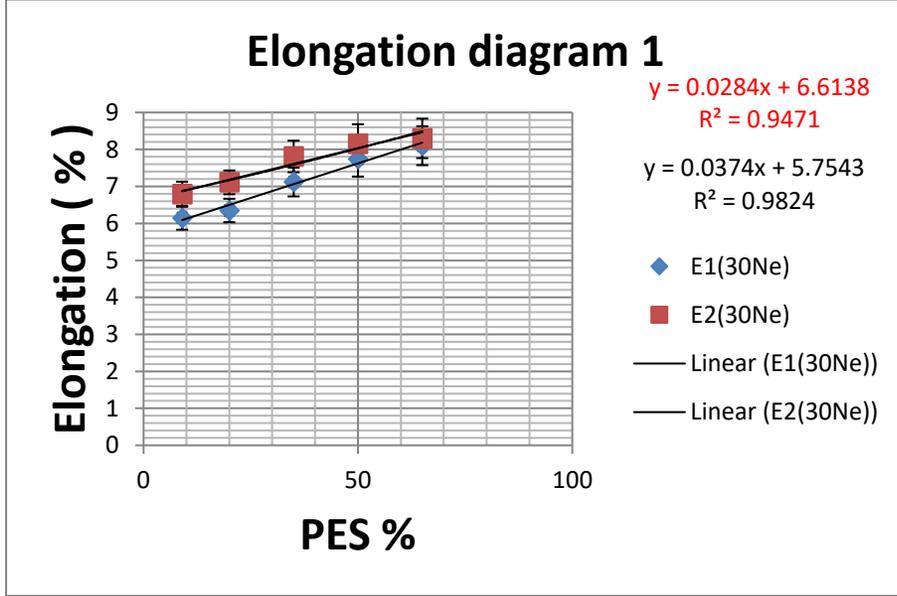
الدالة الإحصائية	قيمة الدالة الإحصائية	قيمة اختبار التباين F	
دال إحصائياً	0.000	2795.691	تبعاً للأسلوب
دال إحصائياً	0.000	351.685	تبعاً للنمرة
دال إحصائياً	0.000	9230.493	تبعاً لنسبة المزج

ثانياً : نتائج الاختبارات المتعلقة بالاستطالة :

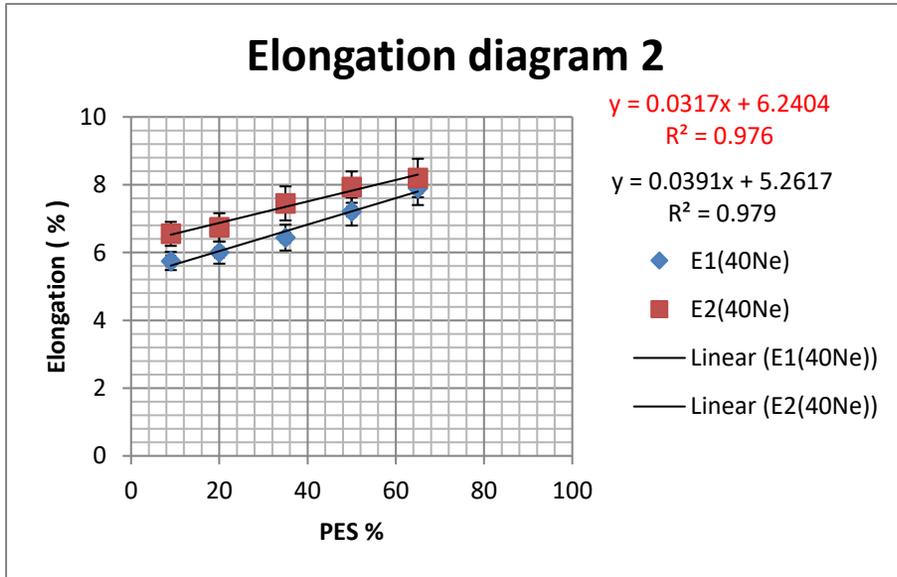
جدول ( 2 ) يوضح نتائج الاختبارات المتعلقة بالاستطالة في أسلوبين مختلفين ( فتح - سحب ) ومن أجل نمريتين مختلفتين لكل من الأسلوبين

مرحلة الفتح		مرحلة السحب		نسبة البوليستر PES%
E2(40Ne) (%)	E2(30Ne) (%)	E1(40Ne) (%)	E1(30Ne) (%)	
6.55	6.79	5.75	6.15	9
6.74	7.11	6	6.35	20
7.45	7.81	6.44	7.12	35
7.93	8.15	7.21	7.74	50
8.2	8.3	7.9	8.1	65

حيث تم رسم مخططات الاستطالة وفق هذه النتائج بحيث تمت مقارنة الاستطالة في كل من أسلوب الفتح والسحب من أجل كل نمرة على حدة باستخدام طريقة أشربة الخطأ لمعرفة تأثير الأسلوب على الاستطالة وفق النسب المدروسة .



**مخطط (3)** تغير استطالة الغزول الممزوجة في أسلوبين مختلفين (فتح - سحب) بتغير نسبة البوليستر من أجل نمرة 30 Ne



**مخطط (4)** تغير استطالة الغزول الممزوجة في أسلوبين مختلفين (فتح - سحب) بتغير نسبة البوليستر من أجل نمرة 40 Ne

### دراسة مخططات الاستطالة ومناقشة النتائج :

- 1- من أجل نفس النمرة ونفس النسبة نلاحظ أن الاستطالة في أسلوب الفتح أعلى من الاستطالة في السحب وذلك بسبب اختلاف عدد مراحل السحب بين الأسلوبين التي تؤثر على شد الألياف واستطالتها ويتراوح الفرق بين  $(0.2-0.7)$  % .
- 2- تزداد الاستطالة في كل من الأسلوبين مع ازدياد نسبة البوليستر لأن استطالة ألياف البوليستر أعلى من استطالة ألياف القطن و مجموع استطالات الألياف هو العامل الرئيسي المؤثر في استطالة الغزل الناتج، وبالتالي مع زيادة مشاركة ألياف البوليستر ذات الاستطالة الأعلى تزداد استطالة الغزل الناتج عن المزج .
- 3- نلاحظ أنه من أجل النسب المنخفضة للبوليستر تزداد فروقات الاستطالة بين الأسلوبين، وتتنخفض هذه الفروقات في النسب المرتفعة للبوليستر وتميل المنحنيات إلى التقارب مع زيادة مشاركة ألياف البوليستر ذات الاستطالة الأعلى حيث يقل تأثير استطالة ألياف القطن لانخفاض مشاركتها من جهة ولانخفاض قيمة استطالتها  $(5.95\%)$  مقارنة مع استطالة ألياف البوليستر  $(21\%)$  من جهة ثانية حيث مجموع استطالات الألياف مجتمعة يشكل العامل الرئيسي المؤثر في الاستطالة النهائية للغزول المنتجة.
- 4- يمكن الاستفادة من مخطط الاستطالة ومعادلات الخطوط البيانية في اختيار الأسلوب الأنسب مع تغير النسبة إذا كان التغير في النسبة والأسلوب معاً يؤدي إلى نفس الاستطالة المطلوبة عند الحاجة إلى تغيير خط الإنتاج لسبب يتعلق بالصيانة أو من أجل خفض تكاليف الإنتاج، وكذلك يمكن أن نحدد نسبة المزج الواجب اختيارها عند الإنتاج وذلك وفقاً للاستطالة المطلوبة للغزول والتي يمكن أن يتم تحديدها بناء على متطلبات الاستخدام النهائي.

**مثال :** إذا كانت الاستطالة المطلوبة 7% والنمرة 30 Ne بالرجوع إلى مخطط الاستطالة (3) يمكن أن نختار نسبة مزج 35% للبوليستر في أسلوب السحب, لكن يمكننا تغيير الأسلوب إلى أسلوب الفتح من أجل نفس الاستطالة 7% , وذلك بعد تعديل نسبة البوليستر إلى 20% .

من أجل الاستطالة 7% ونمرة 30 Ne يمكن تعديل نسبة البوليستر من 20% إلى 35% من أجل تغيير أسلوب المزج من أسلوب الفتح إلى أسلوب السحب أو بالعكس. حيث يتم دراسة الجدوى الاقتصادية ومقارنة تكاليف تغيير النسبة بالإضافة إلى تغيير تكاليف إنتاج كل من الأسلوبين مع مراعاة تكاليف ألياف البوليستر والقطن وتوفيرها عند تغيير النسبة وإمكانية اختيار كل من الأسلوبين وفقاً للظروف التشغيلية في المعمل, وبناء على ذلك يتم اختيار الأسلوب الأفضل

حيث يبدأ خط إنتاج الغزول الممزوجة في أسلوب السحب بالمراحل التالية :

1- فتح- كرد- سحب أول (قبل مرحلة المزج) وذلك لكل من القطن والبوليستر على حدة مع اختصار بعض مراحل الفتح بالنسبة للبوليستر كالخلاط وفاصل الغبار وفاصل الأجسام المعدنية .

2- سحب ثاني - سحب ثالث ( في مرحلة المزج ) .

3- سحب رابع من أجل زيادة تجانس المزج ( بعد مرحلة المزج ) .

بينما يبدأ خط إنتاج الغزول الممزوجة في أسلوب الفتح بالمراحل التالية :

1- فتح ( في مرحلة المزج ) .

2- كرد - سحب أول - سحب ثاني ( بعد مرحلة المزج ) .

حيث نلاحظ زيادة مرحلتي سحب في أسلوب السحب .

أما المراحل التالية ( برم, غزل نهائي ... ) في خط الإنتاج فهي مشتركة في الأسلوبين.

وكانت النتائج مطابقة وفقاً للدراسة الإحصائية حيث كانت الفروق في متوسط الاستطالة دالة إحصائياً عند مستوى ثقة 95% تبعاً لتغير الأسلوب والنسبة والنمرة كما هو موضح في الجدول التالي :

الدالة الإحصائية	قيمة الدالة الإحصائية	قيمة اختبار التباين F	
دال إحصائياً	0.000	622.532	تبعاً للأسلوب
دال إحصائياً	0.000	188.4798	تبعاً للنمرة
دال إحصائياً	0.000	753.9208	تبعاً لنسبة المزج

## النتائج النهائية

- 1- من أجل نفس الأسلوب نلاحظ أنه يؤثر ازدياد نسبة البوليستر في المزيج إيجابياً في الخصائص الميكانيكية للغزل الناتج بما فيها المتانة والاستطالة .
- 2- يؤثر أسلوب المزج على الخصائص الميكانيكية للغزل الناتج بحيث تزداد المتانة باتباع أسلوب السحب في حين تزداد الاستطالة باتباع أسلوب الفتح .
- 3- نلاحظ أن تأثير الأسلوب على الخصائص الميكانيكية يتأثر بتغير نسبة المزيج , حيث يكون التأثير على المتانة صغيراً ويزداد هذا التأثير بزيادة نسبة البوليستر في المزيج ( أي تزداد الفروقات بين قيم المتانة بين الأسلوبين بازدياد نسبة البوليستر في المزيج ) , بينما يكون هذا التأثير على الاستطالة واضحاً أكثر من أجل نسب المزج المنخفضة للبوليستر ويقل في النسب المرتفعة .
- 4- عندما يكون تأثير الأسلوب أقل بالنسبة لأحد الخصائص الميكانيكية المرغوبة يمكن الاستفادة من الخطوط البيانية باختيار الأسلوب الأنسب من حيث الجدوى الاقتصادية ومراعاة تكاليف الانتاج من حيث خطوط الانتاج والمواد الأولية المستخدمة .
- 5- عندما تكون نسبة البوليستر أصغر من 10% يكون تأثير الأسلوب على المتانة شبه مهمل وتكون الاستطالة في أسلوب الفتح أعلى من أسلوب السحب .

## 5- المقترحات والتوصيات :

1- اختيار أسلوب المزج الأفضل بما يتناسب مع التكلفة الاقتصادية وظروف التشغيل والخصائص المطلوبة للغزول المنتجة.

3- إجراء دراسات مستقبلاً على نسب مزج مختلفة عن النسب المدروسة في كلا الأسلوبين.

4- إجراء دراسات لطرق مختلفة من طرق المزج ( إن أمكن ) كالمزج في مرحلة الفتح على آلة الميزان والخلاط النهائي لضمان عدم تأثر خواص ألياف البوليستر بمضارب آلات الفتح والتنظيف.

6- المراجع :

(1) Ahmed Boshi, Spinning Machines (1), 2005- Department of Spinning and Weaving, Faculty of Mechanical Engineering, Aleppo University .

(2) El Mogahzy , Y , 2004 – Integrated Approach to Analyzing the Nature of Multicomponent Fiber Blending, Part I , Textile Research Journal .

(3) El Mogahzy , Y , 2004- Integrated Approach to Analyzing the Nature of Multicomponent Fiber Blending, Part II, Textile Research Journal .

(4) El Mogahzy , Y , 2004- Integrated Approach to Analyzing the Nature of Multicomponent Fiber Blending, Part III, Textile Research Journal .

(5) El Mogahzy,Y, Abdelhady, F and Mohamed , A, 2004-  
Experimental Analysis of Structural and Attributive BlendingRamsis Farag, Textile Research Journal .

- (6) ElMogahzy,Y.,Ghosh , S. 1999– Developing Fundamental Measures of Cotton Multi-Component Blending Performance, National Textile Center Annual Report
- (7) El-Sayed M.A.M, Suzan H. Sanad & A. M. Mohamed; , 2008 – Quality Characteristics Of Ring And O.E. Yarns Spun From Egyptian And Upland Cotton Blends , Faculty of Applied Arts, Helwan University .
- (8) Hammoud Moheddin .2010– Scince Of Fiber(1) , Department of Spinning and Weaving, College of Chemical and Petroleum Engineering, Al-Baath University Publications .
- (9) Magdy Abdel Rahman Ibrahim – Fathi Ismail El-Sayed, 2005 – Industrial Fibers and Yarns, Spinning and Textile Support Fund, Textile Industries Development Center, training programs,
- (10) Muhammad Abdo Al-Hussein, 2015 – Quality in Spinning, – Department of Spinning and Weaving, College of Chemical and Petroleum Engineering, Al-Baath University .

(11) Muhammad Badr Turkawi, 2018– Production Quality Control and Control, Department of Spinning and Weaving, College of Chemical and Petroleum Engineering, Al-Baath University Publications .

(12) Pan, N., , 2002 – Physical Properties of Twisted Structures In Industrial Yarns, Journal Of Applied Polymer Science .  
 , New York .

(13) William T. Waters and Joe Phillips, 1961– The Effect of Blending Cottons of Dissimilar Fiber Properties upon Spinning Performance and Yarn Quality ,Textile Research Journal .

# دراسة إمكانية تصنيع شبكات بتقنية الغزل الكهربائي من البولي ستايرن

الباحثة: د. سمارة محمود السويد<sup>1</sup>

## ملخص البحث

تعد عملية الغزل الكهربائي طريقة بسيطة لإنتاج شبكات نانوية و ميكروية من أنواع مختلفة من المواد البوليميرية . ويعتبر البولي ستايرن من البوليميرات المهمة حالياً. تم في هذا البحث دراسة إمكانية تصنيع شبكات من البولي ستايرن باستخدام تقنية الغزل الكهربائي و تحليل الشبكات الناتجة باستخدام المجهر الالكتروني الماسح لقياس أقطار الألياف الناتجة. تم ملاحظة تشكل ألياف بأقطار من مرتبة الميكرو.

الكلمات المفتاحية: الألياف النانوية, الغزل الكهربائي, تقانة النانو, البولي ستايرن .

قائم بالأعمال، قسم هندسة الغزل و النسيج، كلية الهندسة الكيميائية و البترولية<sup>1</sup>

## **Studying the possibility of manufacturing of Polystyrene mats using electrospinning technique**

### **Abstract**

Electrospinning process is simple technique for producing nano and micro-mats from different kinds of polymers. Polystyrene is one of the most important polymers today. In this research, we studied the possibility of manufacturing of polystyrene using electrospinning technology and analyzing the resulting mats using the Scanning Electron Microscopy (SEM) to measure the diameters of the resulting mats. It was observed that fibers formed by diameters of micrometer.

Key words: Nanofibers, Electrospinning, Nanotechnology , Polystyrene

## 1- مقدمة: introduction

إن عملية الحصول على ألياف نانوية عن طريق توليد الكهرباء الساكنة تدعى بعملية الغزل الكهربائي وقد استخدمت هذه الطريقة منذ عام 1934. الغزل الكهربائي هو عملية إنتاج ألياف بوليميرية طويلة بأقطار ميكروية أو نانوية. ونتيجة للمساحة السطحية العالية بالنسبة لحجم الألياف ( أي السطح النوعي الكبير) والأداء الميكانيكي الكبير, فقد امتلكت هذه الألياف إمكانية الاستخدام في العديد من

### المجالات [3]

#### 1-2- مبدأ عملية الغزل الكهربائي ( Electrospinning Process ) :

تم استخدام الغزل الكهربائي أولاً في صناعة اللانوسج. وقد كانت الأبحاث الأكاديمية في التسعينيات من القرن الماضي بطيئة التقدم في مجال الغزل الكهربائي, ثم زادت الاهتمامات والمجموعات التي عملت في مجال الغزل الكهربائي, الأمر الذي أدى إلى زيادة المقالات المنشورة في مجال الغزل الكهربائي من عدد قليل من المقالات سنوياً حتى وصل العدد ما يقارب 2000 مقالة عام 2010. حيث أصبح الغزل الكهربائي موضوعاً مهماً في علم المواد [2].

و هي عملية غزل متطورة شبيهة نوعاً ما بعملية البثق, حيث تستخدم شحنات كهربائية للحصول على ألياف دقيقة جداً تقاس بالميكرومتر أو النانومتر من سائل بوليميري (محلول أو مصهور), في عملية الغزل الكهربائي يتصل قطب مشحون بشحنة موجبة أو سالبة مع أنبوب شعري (إبرة معدنية ) والقطب الآخر المشحون بشحنة معاكسة يتصل مع المجمع حيث تسحب القطرة البوليميرية (بوليمير +مذيب ) الخارجة من الأنبوب الشعري متحولة إلى ليف نانوي وتتوضع على المجمع . وخلال العملية فإن القطرة الخارجة من الأنبوب الشعري تتحول من الشكل الكروي إلى المخروطي مشكلة ما يسمى بمخروط تابلور الذي يتم سحبه بتأثير الجهد الكهربائي المطبق منتقلاً وفق خط مستقيم لثواني قليلة ( ٣ 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 [4,5,6].

### 3-1 - متغيرات عملية الغزل الكهربائي : Electro spinning Parameters

يمكن تعديل العملية وذلك من أجل التحكم بقطر الألياف الناتجة من خلال بارامترات العملية و التي تتضمن [2,3]:

#### • المتغيرات الخاصة بالعملية : Process Parameters

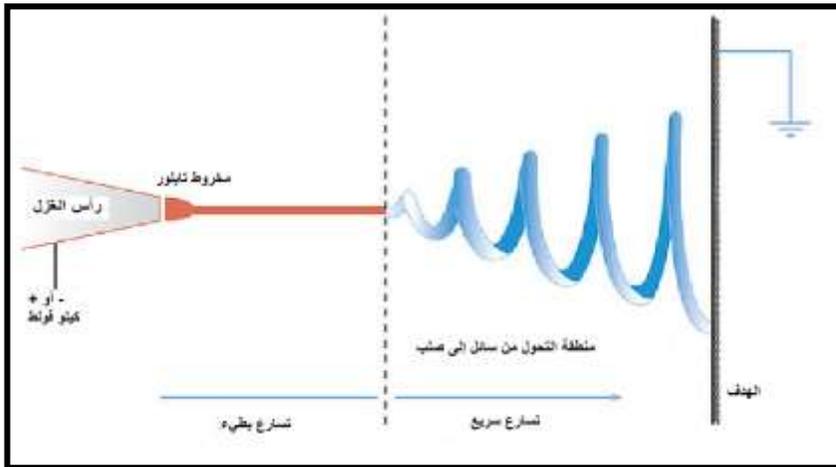
- ❖ قيمة فرق الكمون المطبق .
- ❖ المسافة بين المجمع و المنفذ (البخاخ) .
- ❖ معدل تدفق المحلول .
- ❖ السرعة الدورانية للمجمع .

#### • خصائص المحلول : Properties of solution

- ❖ التوتر السطحي surface tension .
- ❖ اللزوجة viscosity .
- ❖ الناقلية الكهربائية conductivity .
- ❖ العزل الكهربائي dielectric permittivity

#### • الظروف المحيطة بالعملية: Ambient parameters:

- ❖ الرطوبة .
- ❖ درجة الحرارة المحيطة .



الشكل ( 1 ) رسم تخطيطي يظهر مبدأ عملية الغزل الكهربائي

## 2- إشكالية البحث:

يعتبر البولي ستايرين من المواد غير القابلة للتحلل العضوي كغيره من البوليمرات. ونتيجة دخوله في العديد من الصناعات كان هناك حاجة للتفكير بإعادة تدويره.

## 2- هدف البحث : Aim of the search

إن الهدف من البحث هو دراسة إمكانية تصنيع شبكات بتقنية الغزل الكهربائي من البولي ستايرين, كمادة معاد تصنيعها (إعادة تدوير).

## 4- خطة البحث : Plan of the search

تم تحضير محلول البولي ستايرين باستخدام مذيب الكلوروفورم ثم تم تشغيل المحلول الناتج على جهاز الغزل الكهربائي, تم فحص الشبكات الناتجة باستخدام المجهر الالكتروني لتحليل بنيتها و تحديد متوسط قيمة أقطار الألياف المتشكلة .

## 5- الأجهزة و الأدوات و المواد المستخدمة في البحث : Device equipment

: and materials

### 5-1- جهاز الغزل الكهربائي : Electrospinning device

يمكن تقسيم أجزاء جهاز الغزل الكهربائي إلى الأقسام التالية [2]:

- معدات البثق وهي المضخة و المحقن و الإبرة.

- أداة التجميع

- مزود قدرة عالي الجهد: يعطي هذا الجهاز جهداً كهربائياً عالياً جداً يصل إلى 40

كيلو فولت علماً أن المجال المستخدم في عملية الغزل الكهربائي يتراوح بين (10 -

25) كيلو فولت.



الشكل (2) حجرة الغزل الكهربائي



الشكل (3) أجزاء المضخة [2]





الشكل (4) الحقنة

الشكل (5) مزود القدرة عالي الجهد

5-2- إجراء تحليل لبعض العينات الناتجة باستخدام المجهر الالكتروني الماسح (SEM) :

تم توصيف الشبكات اللامنسوجة التي حصلنا عليها باستخدام المجهر الالكتروني الماسح Scanning Electron Microscope والذي يشار له اختصاراً بـ SEM وتقوم فكرة عمل المجهر الالكتروني على استخدام حزمة من الالكترونات عالية الطاقة وذات طول موجي قصير جداً تصطدم عمودياً بسطح العينة ومن ثم يتم جمع الاشارات المنعكسة والصادرة عن العينة باستخدام الكاشف Detector وبعد ذلك يتم معالجة هذه الاشارات ليتم إظهارها كصور . وقد تم تحليل العينات على المجهر الالكتروني الماسح الموجود في هيئة الطاقة الذرية من نوع (VEGA II XMU) صنع جمهورية التشيك [1]



الشكل ( 5 ) المجهر الالكتروني الماسح في هيئة الطاقة الذرية بدمشق VEGA II  
XMU

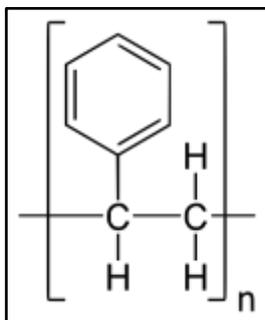


الشكل (6) حجرة المجهر مع حامل العينات والكواشف

## 6- المواد الكيميائية المستخدمة: Materials

## 6-1- البولي ستايرين (Polystyrene) (PS) :

هو مركب كيميائي عبارة عن بوليمر هيدروكربوني عطري اصطناعي مشتق من جزيء مونومير يعرف باسم الستايرين. يمكن أن يكون البولي ستايرين صلباً أو رغوياً. يعد البولي ستايرين أحد أكثر أنواع البلاستيك استخداماً حول العالم، حيث يقدر حجم إنتاجه بعدة ملايين من الأطنان سنوياً. يمكن أن يكون البولي ستايرين شفافاً في شكله الطبيعي، لكن يمكن أيضاً تلوينه بألوان مختلفة. يمكن استخدام البولي ستايرين في عدد من المجالات، على غرار استخدامه في التغليف الوقائي للمنتجات كفشار رغوي (foam popcorn) لمنع تلف وتكسر المنتجات الهشة أثناء الشحن، أو في علب الأقراص الضوئية لتخزين الأقراص المضغوطة العادية وأقراص الفيديو الرقمية أحياناً، الحاويات، الأغذية، الزجاجات، الصواني، الأكواب وأدوات تناول الطعام التي تستخدم لمرة واحدة وأيضاً في صنع النماذج. باعتباره من اللدائن حرارية، يكون البولي ستايرين في حالة صلبة عند درجة حرارة الغرفة ولكنه يصبح سائلاً إذا تم تسخينه فوق درجة تقارب 100 درجة مئوية (درجة حرارة التحول). يصبح صلباً مرة أخرى عند تبريده. يتم استغلال خاصيته الحرارية هذه في عملية البثق (لصناعة ألواح الستايروفوم على سبيل المثال) وأيضاً في عمليتي القولبة والتشكيل الفراغي، حيث يمكن صبه في قوالب والحصول على منتجات بتفاصيل دقيقة [1,10,11].

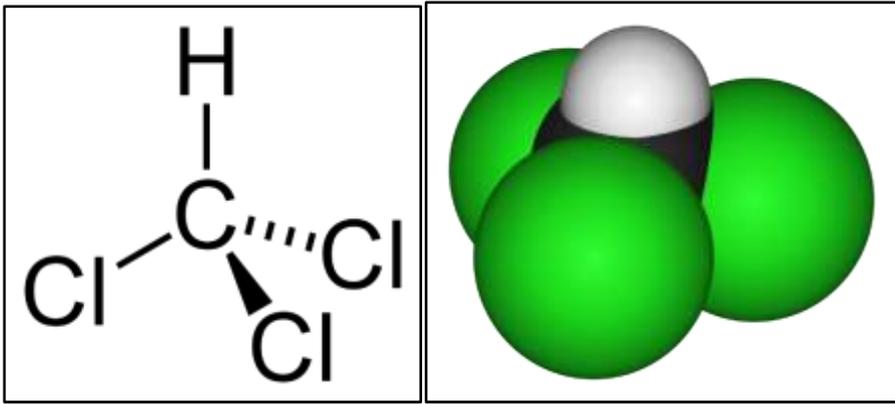


الشكل (7) التركيب الكيميائي للبولي ستايرين

## 6-2- المذيب Solvent:

### الكلوروفورم :

تم استخدام الكلوروفورم كمذيب للبوليمير المستخدم. ثلاثي كلورو ميثان مركب عضوي صيغته الكيميائية  $CHCl_3$ . وهو سائل عديم اللون، سهل التطاير. للكلوروفورم تأثير تخديري، كم أنه مذيب جيد لمختلف المواد الكيميائية خاصة الزيوت، غير قابل للاشتعال، وله رائحة خفيفة مميزة له [8,9,10].



الشكل (8) التركيب الكيميائي للكلوروفورم

## 7- إجراء التجارب: Experiments:

### 7-1- تحضير المحلول : Preparation of the polymer solution

تم تحضير محلول من البولي ستايرن (PS) بتركيز (1 g/ 10 ml) , حيث تمت إذابة ( 1g ) من البولي ستايرن في (10 ml) من الكلوروفورم عند درجة حرارة الغرفة وتمت عملية الخلط لمدة زمنية قدرها (20 min).

### 7-2- عملية الغزل الكهربائي :

تم تشغيل المحلول المحضر على جهاز الغزل الكهربائي . تم إجراء التجارب وفق الشروط التالية:

الجدول (1) شروط التشغيل لعملية الغزل الكهربائي

سرعة المجمع (r/sec)	المسافة بين فوهة الابرة والمجمع (cm)	الفولط (kv)	تركيز المحلول (g/ 10 ml)
207.24	10	20	1

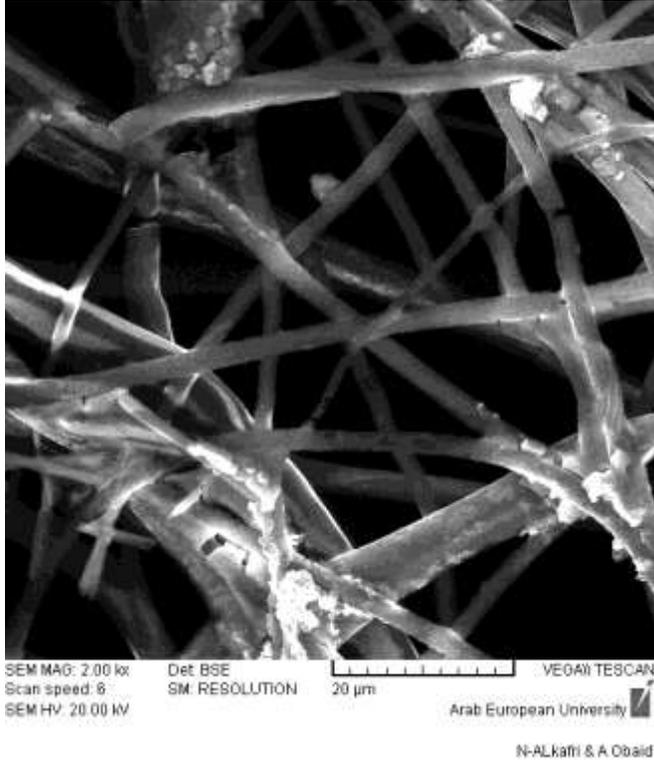
### 7-3 - قياس الأقطار: Measuring of the diameters:

تم قياس أقطار الألياف المشكلة للشبكات الناتجة باستخدام برنامج (ImageJ) الصادر عن (National Institutes of Health, USA) ,حيث تم قياس أقطار أكثر من (20 ليف) من العينة المشغولة. حيث تم أخذ (10 قراءات) من مواضع مختلفة لكل ليف وأخذ المتوسط الحسابي لها للحصول على قطر الليف , ومن ثم تم أخذ المتوسط الحسابي لأقطار ألياف العينة.

الجدول (2) أقطار الألياف النانوية الناتجة

Test number	Diameter ( $\mu\text{m}$ )	Average	Standard deviation
1	3.541	2.07	0.93
2	1.824		
3	2.474		
4	2.344		
5	1.595		
6	2.036		
7	2.769		
8	1.701		
9	2.748		

10	1.824		
11	1.824		
12	1.195		
13	1.251		
14	1.203		
15	1.684		
16	2.135		
17	2.517		
18	2.87		
19	5.766		
20	1.978		
21	2.344		
22	2.344		
23	0.753		
24	2.517		
25	1.377		
26	1.631		
27	1.251		
28	1.818		
29	1.631		
30	1.259		



الشكل (11) صورة بالمجهر الإلكتروني لمنتج العينة

#### 8- مناقشة النتائج : Results Discussion

- تم إنتاج شبكات ميكروية من البولي ستايرن (PS) ، تبين من تحليل العينة الناتجة عن تشغيل المحلول المحضر على جهاز الغزل الكهربائي، وبعد تحليلها على المجهر الإلكتروني أن أقطار الألياف المشكّلة من مرتبة الميكرو ، ومتوسط قطر الألياف الناتجة (  $2.07 \mu\text{m}$  ).
- كانت الألياف الناتجة ( الشبكات ) تتمتع بصلابة معينة وقساوة يمكن ان تعرضها للكسر عند الاستخدام في بعض التطبيقات
- يمكن استخدام الشبكات الناتجة في مجال العزل الحراري و في مجال التعبئة و التغليف.

### 9- المقترحات : Suggestions

- دراسة خصائص الشبكات المتشكلة من البولي ستايرين حرارياً و ميكانيكياً
- دراسة إمكانية توظيف الشبكات الناتجة من البولي ستايرين التطبيقات المختلفة ( طبياً – كهربائياً).
- العمل على تغيير تركيز البولي ستايرين في المحلول و دراسة تغير الخصائص للشبكات الناتجة مع تغير التركيز.

### 10- المراجع العربية : References

1. الفتيح, أشرف. (2016) إعادة تدوير البولي ستايرين عن طريق السلفنة ودراسة تطبيقاته , دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في علوم وهندسة المواد اختصاص بوليميرات, المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا.
  2. طهماز , غزل.(2016). دراسة إمكانية إنتاج قماش مكون من ألياف نانوية بعملية الغزل الكهربائي وبرمجة هذه العملية , دراسة أعدت لنيل درجة الدكتوراه في هندسة النسيج ومعالجاته , جامعة البعث .
- المراجع الانكليزية:

3. A.Lund, 2011– Nanotechnology for textile applications, The Swedish School of Textiles, THS University College of Bors,120p.
4. BOSWORTH, L and DOWNES, L 2011–Electrospinning for tissue regeneration. Wood head Publishing, England, 419p.
5. Bellan L and Craighead H (2009). ‘Nanomanufacturing using electrospinning’, *J Manufact Sci Eng*, 131(3), 034001.
6. Bini T B, Gao S, Tan T C, Wang S, Lim A, Hai L B and Ramakrishna S (2004).‘Electrospun poly(l–lactide–co–

- glycoside) biodegradable polymer nanofiber tubes for peripheral nerve regeneration', *Nanotechnology*, 15, 1459.
7. G. M. Wang, F. Qian, C. W. Saltikov, Y. Q. Jiao and Y. Li, *Nano Res.*, 2011, 4, 563–570 CrossRef CAS
  8. Q. Zhang, S. Lv, J. F. Lu, S. T. Jiang and L. Lin, *Int. J. Biol. Macromol.*, 2015, 76, 94–101 CrossRef CAS PubMed .
  9. Y. T. Zhao, M. He, L. Zhao, S. Q. Wang, Y. P. Li, L. Gan, M. M. Li, L. Xu, P. R. Chang, D. P. Anderson and Y. Chen, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2016, 8, 2781–2795 CAS .
  10. J.H. Nahid, Study of Methyl Orange Effect on the Optical and Electrical Properties of Polystyrene (PS) , Applied Science Department, University Technology/Baghdad, (2014).
  11. Zhang Q, Du Q, Zhao Y and Chen F (2017). 'Graphene oxide–modified electrospun polyvinyl alcohol nanofibrous scaffolds with potential as skin wound dressings', *The Royal Society of Chemistry, RSC Adv.*, 2017, 7, 28826–28836.



## دراسة تأثير إضافة غضار أبيض طبيعي ومعدل في خواص العزل والكتامة لأفلام البوليمير فينيل كلورايد

ا.د.يوسف جوهر<sup>1</sup> ا.د.عماد الحداد<sup>2</sup> د.مصطفى البيش<sup>3</sup> م.أحلام حبيب<sup>4</sup>

### الملخص:

يتناول هذا العمل معالجة سطح غضار سوري طبيعي أبيض بأملاح الأمونيوم الألكيلية الرباعية، لتحويله من سطح محب للماء الى سطح كاره للماء للحصول على الغضار السوري الأبيض المعدل، ثم تم تحضير أفلام بوليميرية من بوليمير البوليمير فينيل كلورايد PVC وغضار سوري طبيعي أبيض ومعدل، حيث تم اضافة الغضار بالنسب الوزنية ( 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% ) إلى البوليمير.

تم تحضير الأفلام البوليميرية بالمزج الجيد بين بوليمير PVC والغضار بتقنية المزج في محلول باستخدام الهكسانول كمذيب، وباستخدام التحريك المغناطيسي عند درجة حرارة 150°C.

دُرست خواص امتصاصية الماء وهجرة المكونات والثباتية الحرارية للأفلام البوليميرية الناتجة. إن الغاية الرئيسية من هذا العمل معرفة تأثير اضافة الغضار الطبيعي والمعدل في خواص العزل والكتامة للأفلام البوليميرية الناتجة، للحصول على PVC محسن يمكن استخدامه في التعبئة والتغليف.

كلمات مفتاحية: بولي فينيل كلورايد، غضار معدل، الرطوبة، امتصاص الماء، الهجرة، الثباتية الحرارية.

1- د.يوسف جوهر - أستاذ في قسم الهندسة الكيميائية - كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية - جامعة البعث - حمص - سوريا.

2- د.عماد الحداد - أستاذ في كلية الصيدلية - جامعة البعث - حمص - سوريا.

3- د. مصطفى البيش - كلية الصيدلية - جامعة الأندلس الخاصة للعلوم الطبية - طرطوس - سوريا

4- م.أحلام حبيب - طالبة دكتوراة في قسم الهندسة الكيميائية - كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية - جامعة البعث - حمص - سوريا.

## Study the addition effect of natural and modified white clay in the properties of insulation and accumulation of polyvinyl chloride films

Dr.Yosef Joher<sup>1</sup> Dr.Emad Al Haddad<sup>2</sup> Dr.Mustafa Beesh<sup>3</sup>

En.Ahlam Habib<sup>4</sup>

### Abstract

This work deals with treating the surface of white natural Syrian clay with quaternary alkyl ammonium salts, to convert it from a hydrophilic surface to a hydrophobic surface and obtaining the modified white Syrian clay, then preparing polymeric films from PVC polymer and white and modified natural Syrian clay, where the clay was added By weight ratios (0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%) to the polymer.

The polymeric films were prepared by mixing PVC polymer and clay using the mixing in a solution technique. The mixture was stirred at 150C° in presence of hexanol as solvent.

The moisture, water absorbency, component migration and thermal stability properties of the resulting polymeric films were studied. The main objective of this work is to know the effect of adding natural and modified clay on the insulating and impermeability properties of the resulting polymeric films, to obtain an improved PVC that can be used in packaging.

**Keywords:** PVC, modified clay, moisture water absorption, migration, thermal stability.

1- Department of chemical Engineering, Faculty of Chemical and petroleum Engineering, Al Baath University Homs, Syria.

2- Faculty of pharmacy, Al Baath University Homs, Syria.

3-Faculty of pharmacy, Al Andalus University, Tartous, Syria.

4- Department of chemical Engineering, Faculty of Chemical and petroleum Engineering, Al Baath University Homs, Syria.

## 1- المقدمة:

تعد المواد المركبة من أهم فئات المواد المتقدمة التي بزغ فجرها مع نهاية القرن المنصرم نتيجة لتزواج العقل البشري بإمكاناته الخلاقة مع التقنيات الحديثة في مجال إنتاج مواد هندسية جديدة بخواص مثالية كالعزل الجيد والمقاومة العالية والثباتية الحرارية والخصائص الميكانيكية الجيدة وقابلة للتطبيق في مجالات كثيرة ومتنوعة في الصناعة[1].

أضافت تكنولوجيا المواد البوليميرية المركبة بعداً مهماً في إنتاج فئة حديثة من المواد تعرف باسم المواد البوليميرية المركبة، وذلك من خلال إنتاج حبيبات صغيرة يتم توظيفها كمواد داعمة ومقوية، تعرف باسم المواد الداعمة والمقوية لمادة الاساس البوليميرية، وأثبتت تلك الجسيمات قدرة فائقة على تحسين خواص مادة الاساس وزيادة مقاومتها وصلابتها وكتامتها، وهذه الحبيبات كالغضار وألياف الكربون[2]. ويعني مصطلح المواد المركبة أن المادة بصورة أساسية مكونة من مادتين أو أكثر، تحتفظ كل مادة بخصائصها الفريدة، ومع اجتماع المادتين تنتج خواص جديدة غير موجودة في المادة لوحدها، ولكنها نتجت من اجتماع خواص المادتين معا[3].

يتم إنتاج المواد المركبة بإضافة نسب وزنية من مادة، تعرف بالمواد الداعمة كالغضار، إلى مادة الأساس المعروفة باسم مادة القالب كالبوليمير، ويتم دمج وخطط المواد الداعمة مع مادة القالب بشكل جيد، بحيث يضمن الحصول على مادة مركبة متجانسة تتوزع بداخلها حبيبات المواد الداعمة مع مادة القالب بشكل جيد يحقق الحصول على مادة مركبة جديدة متجانسة تتوزع بداخلها حبيبات المواد الداعمة توزيعاً مثالياً[4].

تعتبر المواد البوليميرية من المواد التي تتناسب مع كافة التطبيقات الصناعية وبخاصة الصناعة الطبية والدوائية والغذائية، بسبب خواصها الواسعة والمتنوعة، حيث تم استخدام البوليميرات لأول مرة في التطبيقات الطبية عام 1960 حيث استخدمت بوليميرات هيدروكسي إيتيل ميتا اكريليت في تصنيع العدسات اللاصقة الرقيقة، كما استخدمت كمواد تقوم بتوزيع الادوية في كافة أماكن المعالجة الموضعية[5,6]. ويعتبر علم وهندسة البوليميرات ذو أهمية استراتيجية كبيرة، وذلك لإمكانية استخدامها في مجالات متنوعة

أهمها كخيوط جراحية، أو كحشوات للأسنان، أو في التعبئة والتغليف في مجال الصناعات الدوائية والغذائية.....الخ[7].

قام رجاكيومر وآخرون بعام 2011 في الهند بتحضير بوليمير مشترك من البولي ايتلين ترفتالات والبولي بيوتلين ترفتالات، ثم قاموا بدمج نوعين من المونتموريلونيت في المزيج البوليميري والنتيجة تحسن في الخصائص الموروفولوجية والحرارية والميكانيكية للمزيج[8]. كما قام كاسبا وآخرون بعام 2013 في هنغاريا باختيار مجموعة من البوليميرات المختلفة ثم قاموا بتضمين هذه البوليميرات مادة الزيوليت لتحضير مادة تغليف بخصائص جيدة. وحسب هذه الدراسة كان امتصاص الماء بطي جدا في PVC و HDPE وسريع جدا في PC [9]. وقام سادجيت وغمامي عام 2014 بتحضير مركبات من البولي فينيل كلورايد والمونتموريلونيت، بعملية المزج بالصهر وبنسب مختلفة من المكونات، وبينت نتائج التحاليل أن المركبات الجديدة PVC/OMMT تملك خصائص ميكانيكية وحرارية وفيزيائية معززة وأفضل من PVC الأساسي[10]. كما قام العديد من الباحثين بدراسة تأثير دمج حبيبات كربونات الكالسيوم على الخصائص الميكانيكية لبوليمير البولي فينيل كلورايد[11,12,13,14,15]. ويعتبر البولي فينيل كلورايد من أهم البوليميرات المستخدمة في التطبيقات الصناعية المتنوعة، نظرا لخواصه المميزة والفريدة[11,16,17].

ركز الباحثون في الدراسات المرجعية السابقة الخاصة بالمواد المركبة البوليميرية، على إضافة غضار من نوع المونتموريلونيت الحاوي كمية كبيرة من السيلكا أو حبيبات مادة كربونات الكالسيوم إلى البوليميرات كالبولي بروبيلين أو البولي ايتلين أو الراتنجات أو ايبوكسي بولي فينيل كلورايد، ثم قاموا بدراسة خصائص المواد البوليميرية المركبة الناتجة، بينما في هذا البحث كان التركيز على إضافة غضار وطني يحتوي كمية كبيرة من كربونات الكالسيوم إلى بوليمير البولي فينيل كلورايد، ودراسة تأثير إضافة الغضار على

خواص العزل والكتامة للرطوبة وامتصاصية الماء وهجرة المكونات والثباتية الحرارية للمواد البوليميرية الناتجة.

## 2- هدف البحث:

- معالجة سطح الغضار السوري الطبيعي الأبيض لتحويله من محب للماء (هيدروفيلي) إلى كاره للماء (هيدروفوبي).

- تحضير أفلام بوليميرية من البولي فينيل كلورايد PVC و الغضار الأبيض الطبيعي والمعدل.

-دراسة تأثير إضافة الغضار بنوعيه على خصائص الأفلام البوليميرية الناتجة.

## 3- الجزء العملي:

### أولاً: المواد المستخدمة:

1- بوليمير PVC: يبين الجدول التالي مواصفات PVC المستخدم في التجارب.  
الجدول (1) مواصفات البولي فينيل كلورايد

مواصفات البولي فينيل كلورايد	
الكثافة	1.4 g/cm <sup>3</sup>
الوزن الجزيئي	30000-40000 g/mol
المظهر	أبيض مصفر
قيمة-K	42±1
اللزوجة (20% in MEK)	28±5 mpa.s

## 2- الغضار السوري:

جرى العمل على نوع من الغضار السوري الطبيعي، حيث بعد التحليل تبين أن هذا الغضار يتميز بلونه الأبيض واحتوائه على كمية كبيرة من كربونات الكالسيوم، غُسلت التربة الغضارية وجففت وطحنت إلى أن بلغت درجة النعومة للحبيبات 75 ميكرومتر. حلت التربة للحصول على التركيب الكيميائي للغضار، ثم تم معالجة سطح الغضار بأملاح الامونيوم الألكيلية الرباعية لتحويل طبيعة السطح الكيميائية من محب للماء الى

كاره للماء، للحصول على الغضار السوري المعدل. حيث تم تحليل الغضار بجهاز  
OXFORD Instruments Analytical X-RAY Type :XRF

الجدول (2): نتائج تحليل التربة الغضارية بجهاز XRF

CaCO <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	اللون
%78.41	%0.00	%12.46	%0.30	%0.20	%1.08	%44.99	%3.18	%3.45	أبيض

تم معالجة سطح الغضار السوري الطبيعي الأبيض بمادة أملاح الأمونيوم الألكيلية الرباعية لتحويل سطح الغضار من محب للماء الى كاره للماء وذلك للحصول على غضار أبيض معدل حسب الطريقة التالية: يضاف 20 غرام من الغضار إلى 500 مل ماء مقطر مع التحريك لمدة ساعتين باستخدام محرك مغناطيسي عند الدرجة 80 درجة مئوية للحصول على معلق متجانس. ثم يذاب 9.20 غرام من مادة أملاح الأمونيوم الألكيلية الرباعية في 500 مل ماء مقطر وتضاف الى معلق الغضار مع التحريك لمدة 24 ساعة باستخدام التحريك المغناطيسي عند درجة حرارة الغرفة. يرشح المزيج ويغسل الراسب بالماء المقطر عدة مرات حتى يتم التخلص من الرغوة تماما، ثم يجفف الصلب في الفرن عند الدرجة 70 درجة مئوية لمدة ساعتين[9].

3- الملدن: الغليسرين الطبي

4- المثبت: أوكسيد الزنك

5- أملاح الأمونيوم الألكيلية الرباعية: N,N-Dimethyl-n-octadecyl amine

ثانياً: طرق تحضير الأفلام البوليميرية:

وفقاً للدراسات المرجعية إن أهم الطرق لتحضير الأفلام البوليميرية المطلوبة هي إما طريقة المزج بالصهر (Melt mixing) أو طريقة المزج بالمحلول (Solution mixing)[12,11,10].

حضرت العينات بطريقة المزج بالمحلول (Solution mixing)، حيث تعتمد هذه الطريقة على اختيار مذيب خامل مناسب لإذابة البوليمير، هو الهكسانول، تم وضع

المكونات (البوليمير، الغضار، الغليسرين، أكسيد الزنك، الهكسانول) بحسب النسب المذكورة لاحقاً في بيشر ومزجها باستخدام محرك مغناطيسي على سخانة كهربائية، ثم تم تجفيف الأفلام في مجفف عند الدرجة 60 لمدة 8 ساعات ثم تركت في درجة حرارة الغرفة حتى تجف تماماً، تم وزن الأفلام الناتجة، تحضيراً للاختبارات اللاحقة، وكانت سماكة الأفلام الناتجة حوالي 0.30mm.

ثالثاً: الاختبارات:

### 1- قياس الرطوبة (Moisture):

وزنت الأفلام البوليميرية المحضرة في هذا العمل للحصول على الوزن الأولي لها (First weight)، ثم وضعت في مجفف عند درجة الحرارة 105°C حتى ثبات الوزن للحصول على الوزن بعد التجفيف (Second weight) لها، ومن هذه القيم تم تحديد نسبة الرطوبة حسب العلاقة التالية:

$$\text{Moisture}(\%) = (\text{First weight} - \text{Second weight}) / (\text{First weight})$$

هذه الطريقة مطبقة حسب المواصفة القياسية السورية المتبعة في مخابر وزارة الصناعة لقياس كمية الرطوبة للمواد البوليميرية والبلاستيك.

### 2- اختبار الهجرة (Migration study):

تم وزن الأفلام للحصول على الوزن الأصلي لها (Original weight)، ثم وضعت في عبوة زجاجية وأضيف إليها 100ml ماء مقطر وأغلقت العبوة بإحكام لمدة ستة أسابيع في درجة حرارة المخبر 25 درجة مئوية، ثم تم وضعها في مجففات حاوية على كبريتات الكالسيوم لمدة أسبوع، للحصول على وزنها الجاف (Dry weight)، ومن هذه القيم تم الحصول على الفاقد بالوزن حسب المعادلة التالية [19]:

$$\text{Weight Loss} (\%) = (\text{Original weight} - \text{Dry weight}) / (\text{Original weight})$$

### 3- اختبار امتصاص الماء:

تم اجراء هذا الاختبار بطريقتين، في الطريقة الأولى: وضعت الأفلام في عبوة زجاجية وغمرت بالماء المقطر وأغلقت العبوة بإحكام لمدة ستة أسابيع في درجة حرارة المخبر 25

درجة مئوية، نزع الأفلام من الماء ووزنت للحصول على الوزن الرطب (Wet weight)، ثم تم وضعها في مجففات حاوية على كبريتات الكالسيوم لمدة أسبوع، للحصول على وزنها الجاف (Dry weight)، تم تحديد قيم امتصاص الماء حسب العلاقة التالية: [21,20]

$$\text{Water absorption (\%)} = (\text{Wet weight} - \text{Dry weight}) / \text{Dry weight}$$

الطريقة الثانية: وضعت الأفلام في حمام مائي عند الدرجة 95C لمدة 24 ساعة، ثم وزنت الأفلام بعد نزعها من الماء للحصول على الوزن الرطب (Wet weight)، ثم تم وضعها في مجفف عند الدرجة 105C<sup>o</sup> لمدة 3 ساعات للحصول على الوزن الجاف (Dry weight)، (هذه الطريقة مطبقة حسب المواصفة القياسية السورية المتبعة في مخابر وزارة الصناعة لقياس كمية الرطوبة للمواد البوليميرية والبلاستيك) تم تحديد قيم امتصاص الماء حسب العلاقة التالية:

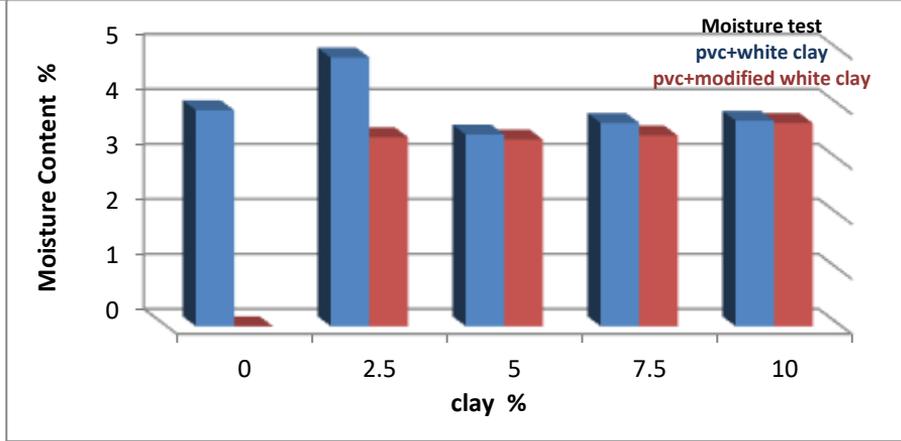
$$\text{Water absorption (\%)} = (\text{Wet weight} - \text{Dry weight}) / \text{Dry weight}$$

#### 4- اختبار الثباتية الحرارية:

تم وزن الأفلام للحصول على الوزن الأصلي لها (Original weight)، ثم تم وضعها في فرن بدرجة حرارة 20C<sup>o</sup>، ثم تم رفع درجة الحرارة 10 درجات مئوية كل ساعة، لغاية 180 درجة مئوية، وتم تحديد الوزن للأفلام عند كل درجة حرارة.  
رابعاً: النتائج والمناقشة:

#### 1- قياس محتوى الرطوبة (Moisture)

يبين الشكل (1) نتائج اختبار قياس محتوى الرطوبة لأفلام بوليميرية محضرة من البوليفينيل كلورايد والجليسرين بنسبة ثابتة لكل العينات 5%، وأوكسيد الزنك بنسبة ثابتة 0.01%، وغضار أبيض بنوعيه طبيعي ومعدل بنسب مختلفة، حيث يتم إضافة المكونات كنسب مئوية من وزن البوليمير PVC.



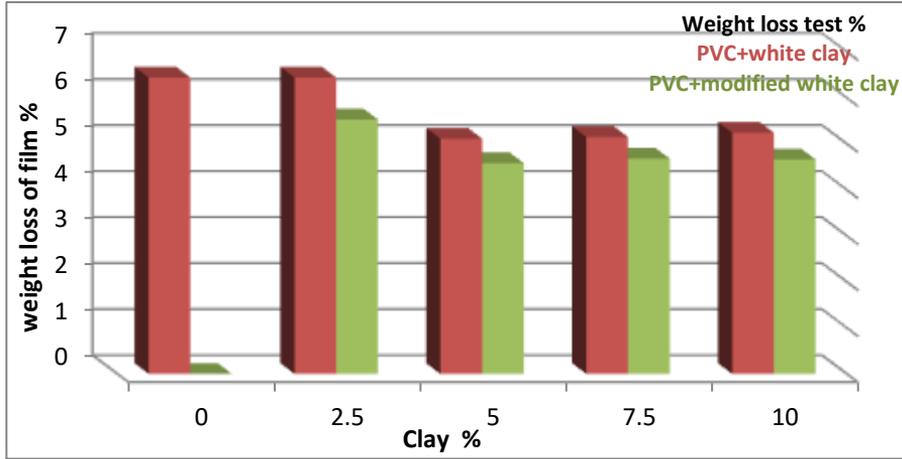
الشكل (1) نتائج اختبار محتوى الرطوبة

تبين النتائج انخفاض في كمية محتوى الرطوبة للفيلم البوليميري عند إضافة حبيبات الغضار الأبيض المعدل حتى النسبة 5% ضمن بنية البوليمير أكثر من البوليمر النقي والخالي من الغضار، كما نلاحظ أن انخفاض كمية محتوى الرطوبة للفيلم البوليميري الحاوي 5% من الغضار الأبيض المعدل أفضل من إضافة الغضار الأبيض الطبيعي، إذ انخفضت كمية الرطوبة حوالي 13% عند إضافة الغضار الأبيض المعدل بنسبة 5% وحوالي 11% عند إضافة الغضار الأبيض الطبيعي بنسبة 5% ضمن بنية البوليمير، السبب في انخفاض كمية محتوى الرطوبة عند إضافة الغضار بنسبة 5% توضع حبيبات الغضار في الفراغات البينية بين سلاسل البوليمير معطية بنية متماسكة بشكل أفضل وبالتالي انخفاض في كمية الرطوبة للفيلم البوليميري، لكن فوق هذه النسبة تعود لترتفع نسبة الرطوبة للفيلم البوليميري، والسبب في ذلك تكسد حبيبات الغضار على شكل تكتلات بحيث لا تكون متوزعة بانتظام ضمن بنية البوليمير وبالتالي لاتعود تشكل حاجز يمنع تغلغل جزئيات الماء.

## 2- اختبار الهجرة (Migration study):

يبين الشكل (2) نتائج اختبار الهجرة لأفلام بوليميرية محضرة من بوليمير البولي فينيل كلورايد والجليسرين بنسبة ثابتة لكل العينات 5%، وأوكسيد الزنك بنسبة ثابتة 0.01%،

وغضار أبيض بنوعيه طبيعي ومعدل بنسب مختلفة، حيث تم إضافة المكونات كنسب مئوية من وزن بوليمير PVC.

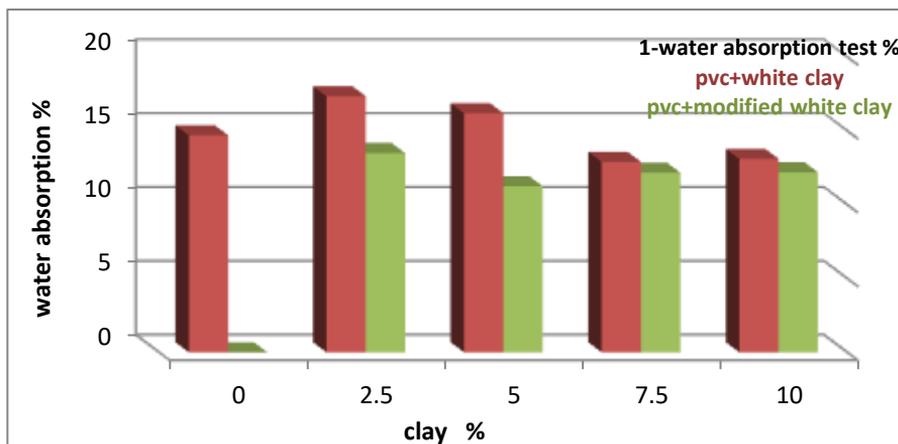


الشكل (2) نتائج اختبار الهجرة

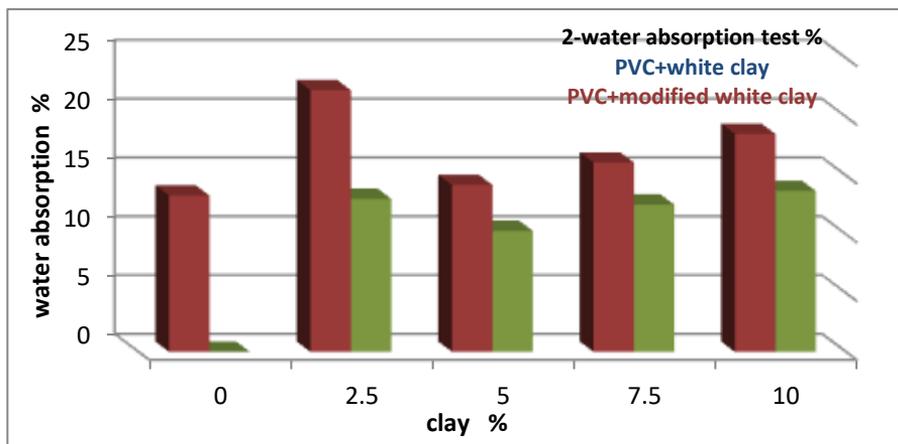
بشكل عام نلاحظ انخفاض في نسبة هجرة المكونات للفيلم البوليميري عند إضافة حبيبات الغضار ضمن بنية البوليمير أكثر من البوليمير النقي والخالي من الغضار، كما نلاحظ أن انخفاض نسبة هجرة المكونات للفيلم البوليميري بإضافة الغضار حتى النسبة 5% وبنوعيه الطبيعي والمعدل، كما يبين الشكل أن نسبة الانخفاض في هجرة المكونات للفيلم البوليميري حوالي 28% عند إضافة الغضار الأبيض المعدل بنسبة 5%، وحوالي 20% عند إضافة الغضار الأبيض الطبيعي مقارنة بالبوليمير الأساسي (الخالي من الغضار)، لكن فوق هذه النسبة تعود لترتفع نسبة هجرة المكونات، ولكن تبقى أقل من البوليمير الأساسي، لذلك يمكن القول أن إضافة حبيبات الغضار قد خفضت من هجرة مكونات الفيلم البوليميري والنسبة المثالية لإضافة الغضار هي 5%، السبب توضع حبيبات الغضار في الفراغات البينية بين سلاسل البوليمير معطية بنية متماسكة بشكل أفضل وبالتالي انخفاض في نسبة هجرة المكونات من الفيلم البوليميري أثناء وجوده في الأوساط المائية، كما بينت النتائج أن إضافة الغضار المعدل بأملاح الامونيوم الألكيلية الرباعية أفضل من إضافة الغضار الطبيعي، والسبب تصبح طبيعة سطح الغضار المعدل هيدروفوبية وبالتالي أكثر تماسك وانسجام مع البوليمير الذي طبيعته هيدروفوبية.

### 3- اختبار امتصاص الماء :

يبين الشكل (3) والشكل (4) نتائج اختبار امتصاص الماء لأفلام بوليميرية محضرة من بوليمير البولي فينيل كلورايد والجليسرين الطبي، بنسبة ثابتة لكل العينات 5%، وأوكسيد الزنك بنسبة ثابتة 0.01%، غضار أبيض بنوعيه طبيعي ومعدل بنسب مختلفة، تم اضافة المكونات كنسب مئوية من وزن بوليمير PVC.



الشكل (3) نتائج اختبار امتصاص الماء للأفلام البوليميرية بالطريقة الأولى

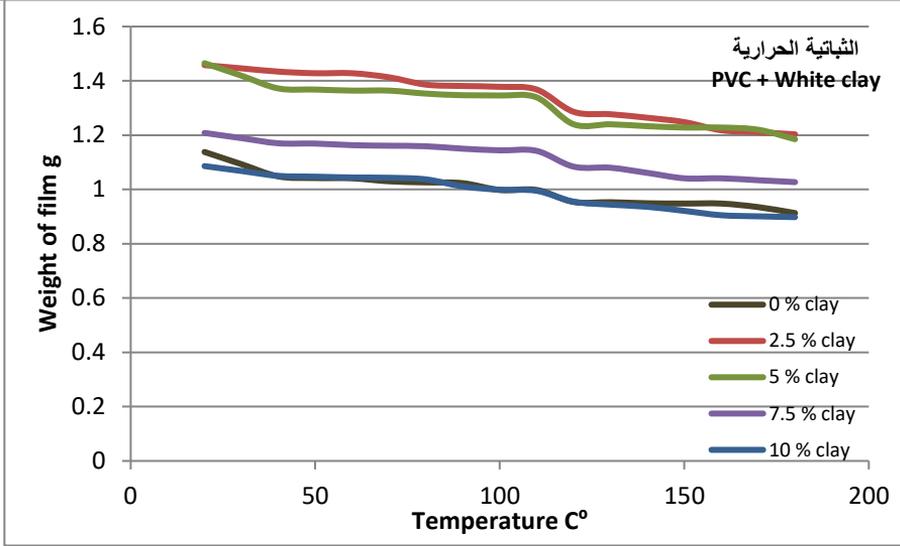


الشكل (4) نتائج اختبار امتصاص الماء للأفلام البوليميرية بالطريقة الثانية

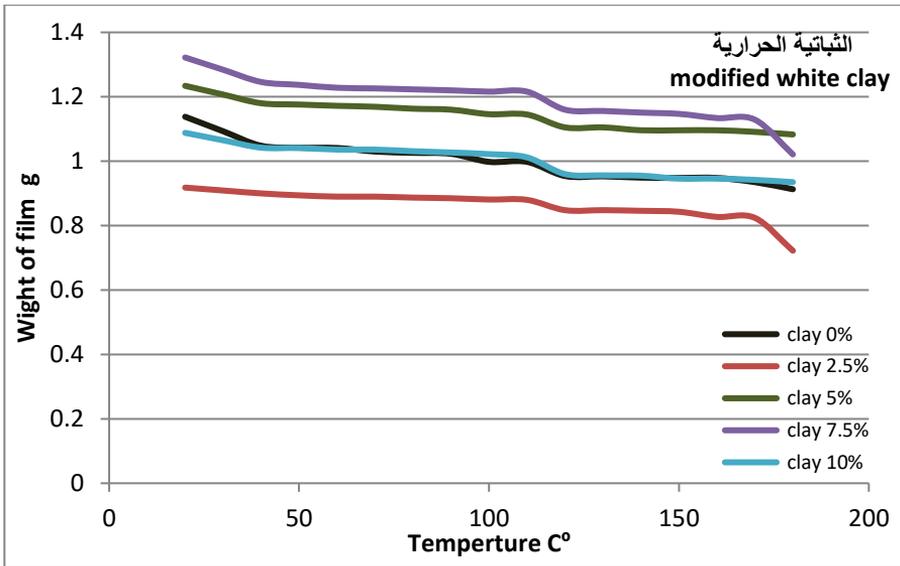
تظهر النتائج في الشكل(3): انخفاض في نسبة امتصاص الماء في الفيلم البوليميري، بإضافة حبيبات الغضار الأبيض المعدل ضمن بنية البوليمير حتى النسبة 5%، إذ انخفضت نسبة الامتصاصية حوالي 23.47% عند إضافة الغضار الأبيض المعدل بنسبة 5% إلى البوليمير، ويبين الشكل(4) انخفاض في نسبة امتصاصية الماء في الفيلم البوليميري، بإضافة حبيبات الغضار الأبيض المعدل حتى النسبة 5%، إذ انخفضت نسبة الامتصاصية حوالي 22.63% عند إضافة الغضار الأبيض المعدل بنسبة 5% إلى البوليمير، ثم تعود لترتفع بعد هذه النسبة، ما يعني أن إضافة حبيبات الغضار الأبيض المعدل ضمن بنية البوليمير حتى النسبة 5% قد خفضت من نسبة امتصاص بوليمير البولي فينيل كلورايد للماء، لذلك يمكن القول أن إضافة حبيبات الغضار المعدل قد حسن من مادة البوليمير وقلل من نسبة امتصاص الفيلم البوليميري للماء أثناء التماس الطويل مع المحاليل المائية، يعزى ذلك إلى توضع حبيبات الغضار في الفراغات البينية ضمن سلاسل البوليمير، حيث تعمل حبيبات الغضار كحاجز يمنع مرور جزيئات الماء أثناء تواجده في المحاليل المائية، وبالتالي تزيد من كتامته وتخفض من نفاذيته لجزيئات الماء، والغضار المعدل ذو طبيعة هيدروفوبية وبالتالي أكثر انسجام مع بنية البوليمير ذو الطبيعة الهيدروفوبية.

#### 4- اختبار الثباتية الحرارية:

يبين الشكل (5) والشكل(6) نتائج اختبار الثباتية الحرارية للأفلام البوليميرية المحضرة من بوليمير البولي فينيل كلورايد والجليسرين الطبي بنسبة ثابتة لكل العينات 5%، وأوكسيد الزنك بنسبة ثابتة 0.01%، وغضار أبيض بنوعيه طبيعي ومعدل بنسب مختلفة، لقد تم إضافة المكونات كنسب مئوية من وزن بوليمير PVC. لقد تم وضع الأفلام في فرن ورفع درجة الحرارة  $10C^{\circ}$  كل ساعة، سُجلت أوزان الأفلام عند كل درجة حرارة، حيث يظهر الشكل (5) منحنيات تحلل البوليمير الحاوي نسب الغضار الأبيض الطبيعي المختلفة بارتفاع درجة الحرارة بدءاً من الدرجة  $20C^{\circ}$  درجة حرارة المختبر إلى الدرجة  $180C^{\circ}$ ، تظهر المنحنيات ثباتية جيدة بارتفاع درجة الحرارة.



الشكل (5) نتائج اختبار الثباتية الحرارية للأفلام البوليميرية مع الغضار الأبيض الطبيعي



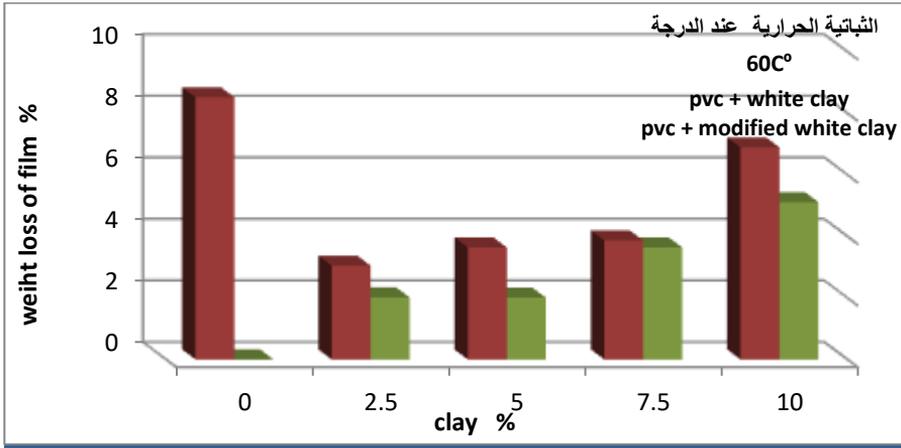
الشكل (6) نتائج اختبار الثباتية الحرارية للأفلام البوليميرية مع الغضار الأبيض المعدل

يظهر الشكل (6) منحنيات تحلل البوليمير الحاوي نسب الغضار الأبيض المعدل المختلفة بارتفاع درجة الحرارة، تظهر الخطوط البيانية ثباتية جيدة بارتفاع درجة الحرارة، ويبدو الخط البياني المثل للبوليمير الحاوي 5% غضار أبيض معدل هو الأفضل والأكثر ثباتاً.

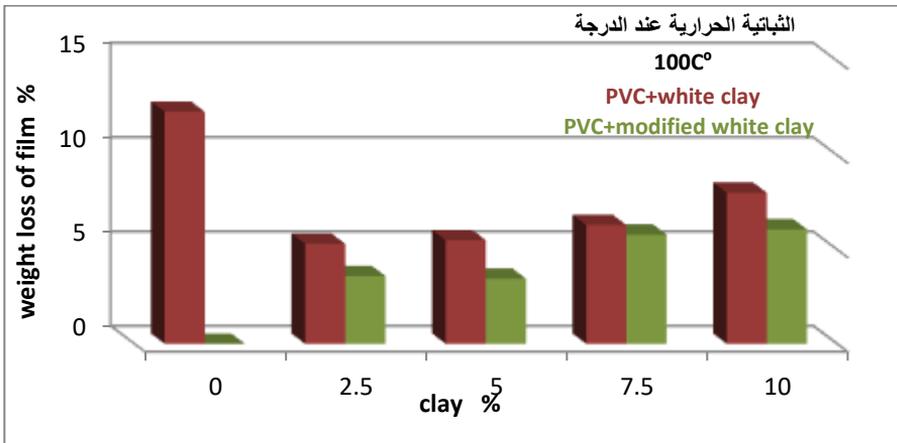
دراسة تأثير إضافة غضار أبيض طبيعي ومعدل في خواص العزل والكتامة لأفلام البولي فينيل كلورايد

تبين الأشكال (7,8,9) نتائج الثباتية الحرارية للأفلام البوليميرية ذات نسب الغضار الأبيض الطبيعي والمعدل المختلفة، بحساب الفاقد بالوزن للأفلام البوليميرية عند كل درجة حرارة، من الدرجة  $60C^{\circ}$  إلى الدرجة  $150C^{\circ}$ ، للحصول على الفاقد بالوزن للأفلام البوليميرية حسب المعادلة التالية:

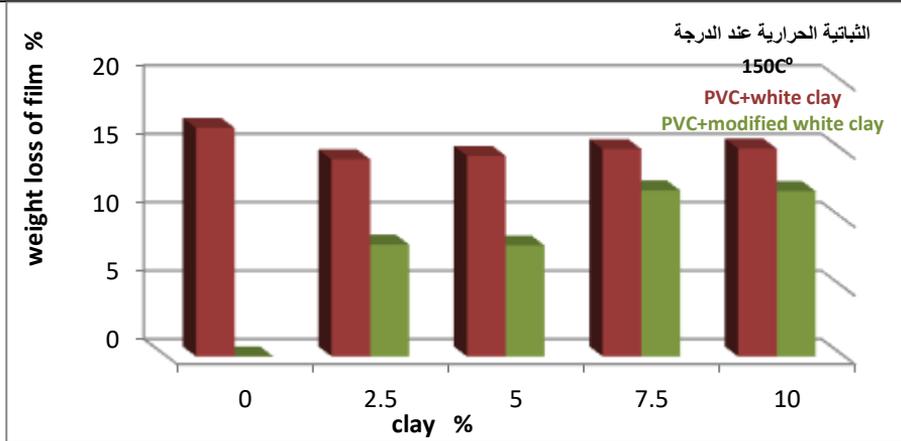
$$\text{Weight Loss (\%)} = (\text{Original weight} - \text{Dry weight}) / (\text{Original weight})$$



الشكل (7) نتائج الفاقد بالوزن للأفلام البوليميرية عند الدرجة  $60C^{\circ}$



الشكل (8) نتائج الفاقد بالوزن للأفلام البوليميرية عند الدرجة  $100C^{\circ}$



الشكل (9) نتائج الفاقد بالوزن لأفلام البوليميرية عند الدرجة 150C°

يبين الشكل (7) انخفاض في نسبة الفاقد بالوزن للفيلم البوليميري عند إضافة حبيبات الغضار بنوعيه ضمن بنية البوليمير أكثر من البوليمير النقي والخالٍ من الغضار، كما لوحظ انخفاض في نسبة الفاقد بالوزن للفيلم البوليميري بمقدار 75% عند إضافة حبيبات الغضار الأبيض المعدل بنسبة 5%، وانخفاض في نسبة الفاقد بالوزن للفيلم البوليميري بمقدار 57% عند إضافة حبيبات الغضار الأبيض الطبيعي بنسبة 5%، مقارنة مع البوليمير الأصلي، كما يبين الشكل (8) انخفاض في نسبة الفاقد بالوزن للفيلم البوليميري بمقدار 71% بإضافة الغضار الأبيض المعدل بنسبة 5% وبمقدار 55% عند إضافة الغضار الأبيض الطبيعي بنسبة 5% مقارنة مع البوليمير الأصلي، ويظهر الشكل (9) انخفاض في نسبة الفاقد بالوزن للفيلم البوليميري بنسبة 51% عند إضافة الغضار الأبيض المعدل بمقدار 5% وانخفاض في نسبة الفاقد بالوزن بمقدار 12% عند إضافة الغضار الأبيض المعدل بنسبة 5% مقارنة مع البوليمير الأصلي، يعزى ذلك إلى تموضع حبيبات الغضار في الفراغات البينية لسلاسل البوليمير والتي تتحمل جزء كبير من الحرارة المسلطة على المادة المركبة، وبالتالي تعمل حبيبات الغضار على زيادة مقاومة البوليمير لدرجات الحرارة وتعزيز مقاومته للحرارة المرتفعة.

#### خامساً-النتائج:

1- أظهرت النتائج انخفاضاً جيداً في كمية محتوى الرطوبة للفيلم البوليميري بإضافة الغضار الأبيض الطبيعي والمعدل مقارنة مع البوليمير الأساسي، وأعطى الفيلم البوليميري الحاوي النسبة 5% للغضار الأبيض المعدل أقل نسبة في كمية الرطوبة مقارنة مع البوليمير الأساسي وبقية النسب المضافة من الغضار الأبيض بنوعيه الطبيعي والمعدل.

2- أظهرت النتائج انخفاضاً جيداً في هجرة المكونات من الفيلم البوليميري أثناء التماس الطويل مع المحاليل المائية بإضافة الغضار مقارنة مع البوليمير الأساسي، وأبدى الفيلم البوليميري الحاوي النسبة 5% من الغضار الأبيض المعدل أقل نسبة في هجرة للمكونات.

3- بينت النتائج تحسن جيد في انخفاض نسبة امتصاصية الفيلم البوليميري للماء بإضافة الغضار بأي نسبة مقارنة بالبوليمير الأساسي، وأبدى الفيلم البوليميري الحاوي النسبة 5% من الغضار الأبيض المعدل أقل نسبة في امتصاصية الماء والرطوبة، أثناء التماس الطويل مع المحاليل المائية.

4- لقد أبدت الأفلام جميعها ذات نسب الغضار المختلفة وبنوعيه ثابتية حرارية جيدة، وانخفضت نسبة الفاقد بالوزن من الفيلم البوليميري الحاوي نسب مختلفة من الغضار بنوعيه بارتفاع درجة الحرارة، وأبدى الفيلم البوليميري الحاوي النسبة 5% من الغضار الأبيض المعدل أفضل ثابتية حرارية.

5- لقد تحسنت خصائص الرطوبة والهجرة وامتصاصية الماء والثباتية الحرارية للفيلم البوليميري للبولي فينيل كلورايد بإضافة حبيبات من الغضار السوري الأبيض الحاوي نسبة مرتفعة من كربونات الكالسيوم وبنوعيه الطبيعي (طبيعة سطح الغضار هيدروفيلية) والمعدل (طبيعة سطح الغضار هيدروفوبية)، ولكن كانت نسبة التحسن أفضل مع الغضار الأبيض المعدل بسبب الانسجام والتوافق الأكبر بين طبيعة البوليمير وطبيعة الغضار الهيدروفوبية، وبالتالي تحسنت خصائص العزل والكتامة للفيلم البوليميري PVC أكثر من البوليمير الأصلي، والنتيجة: تحسنت الخصائص التغليفية للفيلم البوليميري PVC، لقد

كان الفيلم البوليميري الحاوي النسبة 5% من الغضار الأبيض المعدل هو أفضل فيلم بالمقارنة مع باقي الأفلام البوليميرية.

سادساً- المراجع:

- 1-Albdiry.M.T, Yousif.B.F, Ku.H, Lau.K.T,2013, A critical review on the manufacturing processes in relation to the properties of nanoclay/polymer composites, J. Compos. Mater.
- 2- Akat.H, Tasdelen.M.A , Prez.F.D, Yagci.Y, 2008, Synthesis and characterization of polymer / clay nanocomposites by intercalated chain transfer agent, European polymer journal
- 3-Wan.C, Qiao.X, Zhang.Y, Zhang.Y, 2003, Effect of different clay treatment on morphology and mechanical properties of PVC-clay nanocomposites, ELSEVIER, Polymer Testing
- 4-Shaoyun.F, Sun.Z, Huang.P, Yuanqing.L, Ning.H,2019, Some basic aspects of polymer nanocomposites: A critical review, Nano Materials Science
- 5-Denis.L, Gilles.P, Christin.V,2011, Biomedical and Pharmaceutical Polymer, Pharmaceutical press.
- 6-Nyflott.A, Mericer.C, Minelli.M, Moons.E, Jarstrom.L, Lestelius.M, Baschetti.M.G,2017, The influence of moisture content on the polymer structure of polyvinyl alcohol in dispersion barrier coatings and its effect on the mass transport of oxygen, J. Coat. Technol. Res.
- 7-Hala Barakat, Johanna Saunier, Caroline Aymes Chodur, Pascal Aubert, Jackie Vigneron, Arnaud Etcheberry, Najet Yagoubi, 2013, Modification of a cyclo-olefin surface by radio-sterilization: Is there any effect on the interaction with drug solutions?. International Journal of Pharmaceutics.
- 8-P.R. Rajakumar, R. Nanthini, 2011, THERMAL AND MORPHOLOGICAL BEHAVIOURS OF POLYBUTYLENE TEREPHTHALATE/POLYETHYLENE TEREPHTHALATE BLEND NANOCOMPOSITES".RASAYAN.J.chem.
- 9-Csaba Kenyó & Dóra Andrea Kajtár & Károly Renner & Christoph Kröhnke & Béla Pukánszky, 2013, Functional packaging materials: factors affecting the capacity and rate of water adsorption in desiccant composites. J Polym Res.

- 10-Sedaghat.S, Ghammamy.S, 2014,Synthesis of polyvinyl chloride /MMT nanocomposites and evaluation of their morphological and thermal properties, proceedings of the 5 international conference on nanotechnology: fundamentals and applications, prague, Czech Republic.
- 11-Katlen.P.S, Janaína.L.H, Denise.A.S, Ana.P.P,2019, Effect of The Incorporation of Micro and Nanoparticles of Calcium Carbonate in Poly(Vinyl Chloride) Matrix for Industrial Application, Materials Research.
- 12-Patil.C.B, Kapadi.U.R, Hundiwale.D.G, Mahulikar.PP.2009, Preparation and characterization of poly(vinyl chloride) calcium carbonate nanocomposites via melt intercalation, Journal of Materials Science.
- 13-Wu.D, Wang.X, Song.Y, Jin R,2004, Nanocomposites of poly (vinyl chloride) and nanometric calcium carbonate particles: effects of chlorinated polyethylene on mechanical properties, morphology, and rheology. Journal of Applied Polymer Science.
- 14-Sun.S, Li.C, Zhang.L, Du.H.L, Burnell-Gray.J.S,2006, Interfacial structures and mechanical properties of PVC composites reinforced by CaCO<sub>3</sub> with different particle sizes and surface treatments, Polymer International.
- 15-Kemal.I, Whittle.A, Burford.R, Vodenitcharova.T, Hoffman M, toughening of unmodified polyvinylchloride through the addition of nanoparticulate calcium carbonate and titanate coupling agent, Journal of Applied Polymer Science.
- 16-Guermazi.N, Haddar.N, Elleuch.K, Ayedi.H.F,2016, Effect of filler addition and weathering conditions on the performance of PVC/CaCO<sub>3</sub> composites, Polymer Composites.
- 17-Bouchoul.B, Benaniba.M.T, Massardier.V,2017,Thermal and mechanical properties of bio-based plasticizers mixtures on poly vinyl chloride, polimeros.
- 18-Galus S., Uchanski P., Lenart A. Colour,2013, Mechanical Properties and Water Vapour Permeability of Pectin Films, Acta Agrophysica.
- 19-Renan M. B. Dezena, Renan C. Coelho Silva, Gabriel Ferreira Luiz,2019, Chemical Approaches for the Identification of PVC and PVDC in Pharmaceutical Packaging Materials, . J. Anal. Chem.

20-Hossein Omidian, Kinam Park, and Patrick J. Sinko, 2009, Sixth Edition: published as Chapter 20 (Pharmaceutical Polymers).  
MARTIN'S PHYSICAL PHARMACY AND PHARMACEUTICAL SCIENCES.

21-Dongyan Wang, Daniel Parlow, Qiang Yao, Charles A. Willie, 2001, PVC-CLAY nanocomposites: preparation, thermal and mechanical properties, journal of vinyl & additive technology.

22-Tajeddin.Behjat, Ramedani.Najmeh, 2016, Preparation and Characterization(Mechanical and Water Absorption Properties) of CMC/PVA/Clay Nanocomposite Films, Iran. J. Chem. Chem. Eng.



## دراسة حركية الاستخلاص المحفز بالأمواف فوق الصوتية للمركبات الفعالة من أوراق إكليل الجبل

طالبة الدكتوراه: م. إيمان المنصور

قسم الهندسة الكيميائية - كلية الهندسة الكيميائية والبترولية - جامعة البعث

الدكتور المشرف: حسين الجوهرى

### الملخص:

يعد الاستخلاص المحفز بالأمواف فوق الصوتية من أهم طرق الاستخلاص الحديثة، والذي أثبت فعاليته في كثير من الأبحاث، قمنا في هذا البحث بدراسة تأثير مجموعة من العوامل على كل من نسبة و انتقائية استخلاص بعض المركبات الفعالة من أوراق إكليل الجبل وذلك باستخدام الحمام المائي بالأمواف فوق الصوتية بهدف تحديد شروط الاستخلاص الأفضل. كما تمت دراسة حركية الاستخلاص بتطبيق ثلاث نماذج حركية وهي: نموذج Elovich (Elovich's model)، نموذج قانون الطاقة (Power law model)، ونموذج المرتبة الأولى (First order model). وذلك من اجل تحديد بعض الثوابت الهامة والتي تمكننا من فهم عملية الاستخلاص وتحديد مدى إمكانية تطبيقها صناعياً.

الكلمات المفتاحية: إكليل الجبل، الأمواف فوق الصوتية، الحركية.

# A Study of assisted Ultrasonic Extraction kinetics of Bioactive compounds from Rosemary

## Abstract:

Ultrasound assisted extraction is one of the most important modern extraction method, which has proven its effectiveness in many studies.

In this research, we studied a number of factors affecting each of the yield and selective extraction of some bioactive compounds from Rosemary using an ultrasonic bath, in order to determine the best extraction conditions.

The kinetics of extraction was also studied applying three kinetic models:

1- First order model  
2- Power law model  
3- Elovich's model. This is in order to define some important constants which enable us to understand the process of extraction and determine the extent to which it can be applied industrially.

**Key Ward:** Rosemary, Ultrasound, Kinetic.

## المقدمة:

لعمليات الاستخلاص تطبيقات مهمة في مجال الصناعة، حيث يستخدم الاستخلاص في مجال الصناعات النفطية، أيضاً في مجال الصناعات الغذائية يستخدم الاستخلاص في مجال واسع من تطبيقات الصناعات الكيماوية والغذائية وذلك في تنقية الزيوت النباتية والحصول على الزيوت المتبقية في مخلفات عصر الزيتون واستخلاص الحموض الدسمة، وله أيضاً تطبيقات مهمة في المجال الطبي والصيدلاني ومعالجة المياه لإزالة المركبات العالية التركيز أو تخفيض تركيزها قبل البدء بالمعالجة البيولوجية، واستخلاص المركبات الفعالة من النباتات الطبية و التي تلعب منذ القدم دوراً هاماً في الغذاء والدواء، وإن غابت المعالجة بالنباتات الطبية فترة من الزمن بسبب الأدوية المحضرة صناعياً، إلا أنها تعود اليوم لتحقيق مكانة هامة في عالم الطب بعد ان أصبحت المعالجة بالنباتات الطبية قائمة على أسس علمية، وقد حظيت طرق الاستخلاص التقليدية بالكثير من الابحاث التي تناولت تحديد أهم العوامل المؤثرة على مردود وانتقائية عملية الاستخلاص بهدف تحديد شروط الاستخلاص المثلى، كما تمت دراسة حركية الاستخلاص من أجل توصيف عملية الاستخلاص و تحديد مدى إمكانية تطبيقها صناعياً [2,1]. اما بالنسبة لطرق الاستخلاص الحديثة فلا تزال دراسة حركية عمليات الاستخلاص الحديثة محدودة و غير كافية لتوصيف العمليات بشكل دقيق.

## إكليل الجبل (Rosemary)

استعمل إكليل الجبل منذ زمن بعيد، فقد كان الإغريق والرومان يضعون أوراق وأزهار النبات على ملابسهم للتزين به في المناسبات، كما انه كان يزرع في حدائق الملوك بوصفه نباتاً عطرياً، استعمل أيضاً في المجال الطبي بوصفه منشطاً للذاكرة وقد اكتشفت الفعالية المضادة للأكسدة لنبات إكليل الجبل في عام 1950، اما حامض الروزمارينيك فقد تم عزله من قبل العالمين Scarbate و Oriente عام 1960 من المستخلص المائي لنبات إكليل الجبل، وبدأ استعمال هذا النبات كمضاد للأكسدة منذ ذلك الحين فقد وجد أنه يحتوي على العديد من الحموض الفينولية (Phenolicacids)

"أهمها الكارنوسول (Carnosol) وحمض الكارنوسيك (Carnosic) وحمض الروزمارينيك (Rosmarinic acid) ومشتقات حمض السيناميك (Cenamic acid) و الفلافونيدات (Flafonoids) , بالإضافة إلى أنواع من الزيوت الطيارة, كما أنه يحتوي مركبات تمنع تلف خلايا الدماغ وهومنعش ومقوي لجريان الدم, كما أنّ أوراقه المجففة لها مفعول مهدئ, مدر للبول, مضاد للتقلص, مطهر, ويستخدم في صناعة العطور. [4,3]

### الخصائص العلاجية:

إنّ وجود الزيت الطيار بتركيبته المختلفة يجعل منه مزيلاً للاحتقان لاحتوائه على السينيول, كما انه يحوي عدداً كبيراً من مركبات الفلافونويد وفينولات ثنائي التربين والتي تعطيه خصائص خفض درجة الحرارة ومسكن للألم ومضاد التهاب وواق من أمراض القلب والأوعية الدموية.

يعزى النشاط المضاد للأكسدة لنبات إكليل الجبل لوجود الفلافونويد والكارنوزول والروزمانول وحمض الكارنوزيك والروزمارينيك والتي تعتبر جميعها مضادات أكسدة فعالة جداً ولها دور هام في كسح الجذور الحرة وبالتالي مقاومة الأمراض التي تؤدي إلى تدهور الخلايا مثل الزهايمر والأمراض السرطانية.

درس Hua. Ebrahim.2013 الفعالية البيولوجية للمستخلص الميثانولي لأوراق إكليل الجبل والفعالية ضد الأكسدة, وبينت الدراسة أن للمستخلص الايتانولي لإكليل الجبل فعالية تثبيط عالية على معظم المجموعات البكتيرية البوائية كالإيشيرشا كولي والمكورات الذهبية والتي تعتبر مصدر العدوى الرئيسي في المشافي, كما أكدت الدراسة امتلاك المستخلص فعالية مضادة للأكسدة مما يعني إمكانية استعمال المستخلص الميثانولي في حماية الأغذية من الأكسدة لزيادة عمر تخزينها.[5]

درست Kedran Hana.2018 تأثير المذيب في استخلاص المركبات الفينولية من نبات إكليل الجبل، وتوصلت من خلال الدراسة إلى أن أكبر قيمة للمركبات الفينولية المستخلصة كانت عند نسبة مذيب % (70\30) (ماء\إيثانول) وثبت بعدها عند النسب (80\20)، (90\10)، (100\0)، وقدرت كمية الفينولات ب  $67.73 \text{ mg/g}$  (مغ حمض غاليك مكافئ\غ من وزن النبتة الجافة). [6]

### الأمواج فوق الصوتية:

الأمواج فوق الصوتية هي امواج ميكانيكية (تحتاج إلى وسط مادي للانتقال عبره)، اهتزازية تقدمية (تنتقل الطاقة من مكان إلى آخر دون نقل الجزيئات في الوسط)، طولية(تنتقل في نفس اتجاه سير الموجة)، ذات تردد يفوق 20kHz. [7].  
تقسم مجالات التردد الصوتي إلى:

- **المجال تحت السمعي infrasound**: يتراوح تردد الأمواج ما بين (-2Hz- 20KHz).
- **المجال السمعي Acoustic**: تردد الأمواج ما بين (20Hz-20KHz)، وهو المجال الذي يتمكن عنده البشر من سماع الصوت.
- **المجال فوق السمعي Ultrasonic**: تردد الأمواج يتراوح ما بين (-20KHz- 20MHz)، وهو اعلى من المجال السمعي.

ويقسم مجال التردد فوق الصوتي إلى:

- **الأمواج فوق الصوتية العالية التردد**: وتشمل الموجات فوق الصوتية المنخفضة السعة، والسعة هي ذروة إزاحة التذبذب للموجة الصوتية، وتتعلق بالتأثير

الفيزيائي للوسط، ويتراوح تردد هذه الأمواج ما بين 2-10 MHz، وغالباً ما يستخدم هذا المجال في التصوير الطبي والتحليل الكيميائية وفي التشخيص والطب العلاجي.

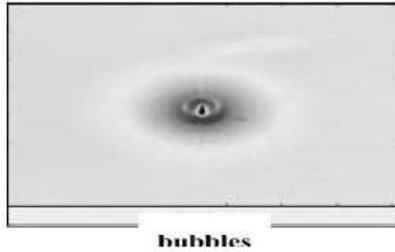
- **الأمواج فوق الصوتية المنخفضة التردد:** ويكون تردد الأمواج ما بين 20-100 KHz، وضمن هذا المجال يمكن أن تتولد طاقة صوتية عالية، وتظهر الكهوف أو التجاويف في السوائل، وتستخدم في التنظيف، لحام المعادن، تثبيط الخلايا، الاستحلاب، والبلورة. [7]

#### تأثير الأمواج فوق الصوتية:

أثبتت الدراسات أن تأثير الأمواج فوق الصوتية يكون بثلاثة عوامل: التكهف، زيادة انتقال الكتلة، والعامل الحراري.

#### التكهف (Cavitation):

التكهف أو التجويف هو ظاهرة فيزيائية تحدث نتيجة انخفاض مفاجئ في الضغط داخل السائل مما يولد فقاعات أو تجاويف .



الشكل (1) تشكل الفقاعات بتأثير الأمواج فوق الصوتية

يخلق التجويف طاقة ودرجات حرارة وضغوط محلية قوية لفترة قصيرة من الزمن ويعقب ذلك عودة فورية إلى الضغط الأصلي، مما يؤدي إلى انهيار تلك التجاويف و إطلاق الطاقة التي يتم نقلها بعد ذلك إلى الوسط. يؤدي الانهيار التكهفي إلى شروط حدية منتجاً إصداراً ضوئياً ودرجات حرارة موضعية عالية حتى 5000k تقريباً وضغوطاً حتى 180MPa تقريباً.

#### زيادة انتقال الكتلة: increase mass transmission

يزداد انتقال الكتلة ومعدل التفاعل عند تطبيق الأمواج فوق الصوتية المنخفضة الشدة، حيث يسمح التدفق الدقيق (micro streaming) للفقاعات داخل السائل للمواد بالتدفق إلى الخلية فيزيد من معدل التفاعل، كما تزيد الأمواج فوق الصوتية من انتقال الكتلة عبر الأغشية البيولوجية والاصطناعية.

#### العامل الحراري: Thermal coefficient

ترتفع درجة حرارة الوسط نتيجة المعاملة بالأمواج فوق الصوتية، إذ يمتص الوسط الطاقة الناتجة عن انتشار الأمواج فوق الصوتية فيه، هذه الظاهرة يمكن أن تشكل عاملاً مهماً في الكثير من التطبيقات [8]

درست إيمان اسماعيل 2010 تأثير طريقة الاستخلاص على نسبة المواد الفعالة المستخلصة من الكركم وعلى فعالية تثبيط البكتريا، حيث استخدمت طريقة الاستخلاص بالنقع في الكحول لمدة 20 min، والاستخلاص المدعم بالأمواج فوق الصوتية باستخدام الحمام المائي ولمدة 15 min، وقد أظهرت الدراسة تفوق طريقة الاستخلاص بالأمواج فوق الصوتية من حيث نسبة المواد الفعالة المستخلصة ومن حيث فعالية التثبيط. [9]

درس Mohamed et al. 2021 شروط الاستخلاص المثلى باستخدام الأمواج فوق الصوتية والاستخلاص بهاز سوكسيليه لاستخلاص مبيد الدايثوات من التربة الزراعية، واستخدم الباحثون مزائج مختلفة من المذيبات (نظامي الهكسان - اسيتون، ماء مقطر -

ميتانول، ماء مقطر)، ووضحت الدراسة أن الاستخلاص المحفز بالأمواف فوق الصوتية أعطى فعالية أكبر من الاستخلاص بطريقة سوكسيلييه. [10]

قام So et al. 2013 بدراسة استخلاص المركبات الفينولية من نبات *Eoklcnia cava* وهي من أنواع الأعشاب البحرية، تم الاستخلاص بعدة طرق (النقع بالماء البارد، النقع بالماء الحار، النقع بالايثانول، والاستخلاص المدعم بالأمواف فوق الصوتية)، وأكدت الدراسة ان الاستخلاص المدعم بالأمواف فوق الصوتية أعطى كفاءة استخلاص اعلى من حيث محتوى المستخلص من البوليفينولات، حيث وصلت نسبة البوليفينولات إلى 142.80 mg/g، بينما كانت نسبتها في مستخلص الماء الحار 10.03 mg/g [11]

الدراسة الحركية:

اعتماداً على نتائج الدراسات السابقة، وجد أن النماذج الأكثر ملاءمة لنمذجة حركية استخلاص صلب- سائل تحت شروط الاستخلاص التقليدية و الحديثة هي النماذج التالية:

a. نموذج تفاعل Spiro:

والذي يعتمد تطبيق علاقة سرعة تفاعل من المرتبة الأولى:

$$\ln(C_s / (C_s - C_t)) = K.t + \alpha$$

حيث  $C_s$  التركيز التوازني للمادة المستخلصة (g/L)،  $C_t$  التركيز عند الزمن t، k ثابت سرعة التفاعل من المرتبة الأولى  $\text{min}^{-1}$ ،  $\alpha$  ثابت التكامل. [12,13]

يمكن حساب طاقة التنشيط بعد ذلك من علاقة أرينيوس:

$$K = K_0 e^{\frac{-E}{R.T}} \Rightarrow \ln K = \ln K_0 - \frac{E}{R.T}$$

حيث: K ثابت سرعة التفاعل  $\text{min}^{-1}$ ،  $K_0$  ثابت أرينيوس  $\text{min}^{-1}$ ، E طاقة التنشيط

J/mol، T درجة الحرارة K، R ثابت الغازات العام J/mol.K. [5]

b. قانون فيك الثاني في الانتشار Fick's second law of diffusion:

والذي يعتمد تطبيق العلاقة:

$$\ln \frac{M_{\infty}}{M_{\infty} - M_t} = \ln \frac{\pi^2}{6} + \frac{D\pi^2 t}{R^2}$$

حيث:  $M_{\infty}$  الكمية العظمى التي يمكن استخلاصها (mg/g),  $M_t$  الكمية المستخلصة

عند الزمن  $t$ ,  $R$  نصف قطر الحبيبة الصلبة  $m$ ,  $D$  ثابت الانتشار  $\text{cm}^2/\text{s}$ . [14]

c. نموذج Elovich:

و يعبر عنه بالعلاقة:  $q = E_0 + E_1 \cdot \ln t$

$E_0, E_1$  ثوابت Elovich model

درس kitanovic et al حركية استخلاص الراتنجات من الاجزاء الهوائية

لعشبة القديس يوحنا بتطبيق النماذج التالية: Parabolic diffusion, Hyperpolc

diffusion, Weibull's and Elovich وتم توصيف عملية الاستخلاص وفقاً لهذه

النماذج. [15]

درس Parinaz et al (2021) استخلاص البوليفينولات من التفاح باستخدام

أنواع مختلفة من المذيبات وعند درجات حرارة وازمنة مختلفة, وطبق نموذجي سرعة

التفاعل من المرتبة الأولى والثانية ( First order and second order reaction )

(model) وحدد من خلال الدراسة ثوابت سرعة التفاعل وطاقة التنشيط لأجل كل نوع من

المذيبات المستخدمة. [16]

### هدف البحث: Research objective

تحديد شروط الاستخلاص التي تمكننا من الحصول على أفضل قيمة

للاستخلاص من حيث نسبة الاستخلاص وانتقائية الاستخلاص وذلك باستخدام الحمام

المائي بالأمواف فوق الصوتية. ومن ثم دراسة حركية الاستخلاص بهدف تحديد اهم

الثوابت الفيزيائية ومعرفة مدى إمكانية تطبيق العملية صناعياً.

### خطة البحث: Research plan

- 1- تحضير المواد الأولية والمتمثلة بأوراق إكليل الجبل والمذيبات اللازمة وبعض الأجهزة والمواد والكواشف الكيميائية.
- 2- دراسة تأثير نوع و تركيز المذيب على نسبة الاستخلاص.
- 3- دراسة تأثير درجة الحرارة والزمن على نسبة الاستخلاص
- 4- تحديد نسبة المركبات الفينولية الكلية المستخلصة عند شروط الاستخلاص التي تم تحديدها.
- 5- دراسة حركية الاستخلاص.

### الأجهزة المستخدمة:

- 1- الحمام المائي بالأمواف فوق الصوتية, تردد 40kHz, أبعاد الحمام المائي 500X300X150 mm, السعة الداخلية 15L, مزود بمؤقت زمني 1-30 min, يعمل بالتيار الكهربائي 220V, 50Hz, صيني الصنع موديل PS-80A.
- 2- مجفف, مجال الحرارة حتى 300 C°.
- 3- ميزان الكتروني حساس مخبري بدقة قياس 0.0001g يعمل بتيار كهربائي 100-240v,50Hz, أوربي المصدر.
- 4- المبخر الدوار.
- 5- سبكتروفوتومتر.

### الجزء العملي: Practical part

- تم جمع أوراق إكليل الجبل في نهاية شهر أيلول, وتم تنظيفها من الغبار والشوائب وذلك بغسلها بتيار مائي مستمر, جففت بعد ذلك في الظل في مكان جيد التهوية لمدة سبعة أيام ومن ثم تم طحنها في مطحنة كهربائية.
- تم استخدام خمسة مذيبات مختلفة القطبية وهي: نظامي الهكسان, الايتري النفطي, دي كلوروالايتان, الايتانول, والماء المقطر. حيث تم وزن 5g من الورق المطحون لأجل كل عينة, أضيف لكل عينة 50ml من المذيب

المستخدم، وضعت العينات في الحمام المائي بالأمواج فوق الصوتية عند درجة الحرارة 40°C ولمدة 20min. رشحت بعد ذلك العينات وتم تبخير المذيب باستخدام المبخر الدوار لمدة 20min عند درجة الحرارة 40°C حتى الحصول على سائل كثيف، وضعت الخلاصة في مجفف عند درجة الحرارة 40°C حتى ثبات الوزن وتم وزن العينات.

- تم حساب نسبة الاستخلاص لكل عينة بتطبيق المعادلة:

$$q = \frac{m_f}{m_i} \times 100$$

حيث: q نسبة الاستخلاص %، m<sub>f</sub> الوزن بعد الاستخلاص والتجفيف، m<sub>i</sub> وزن الأوراق الجافة ويساوي 5g.

- بناءً على نتائج هذه المرحلة تم اختيار أفضل المذيبات و تم اختيار عدة تراكيز لكل مذيب من اجل تحديد التركيز الأفضل، كررت عملية الاستخلاص والترشيح والتجفيف وتم حساب نسبة الاستخلاص.
- بعد تحديد نوع وتركيز المذيب الأفضل تم تحديد درجة حرارة الاستخلاص الأفضل والتي تعطي اعلى نسبة استخلاص حيث تم اختبار درجات الحرارة (20, 30, 40)°C.
- تم اختبار أربع ازمنة استخلاص من اجل تحديد زمن الاستخلاص الأفضل وهي: (10, 20, 30, 40) min

تمت دراسة الحركية بتطبيق نموذجين من نماذج الحركية هما:

a. نموذج تفاعل Spiro

b. نموذج Elovich's model

c. نموذج قانون الطاقة Power low model :

$$q = B.t^n$$

والذي يعتمد تطبيق المعادلة:

والتمثيل الخطي لها يكون على الشكل:  $\ln q = \ln B + n \cdot \ln t$

حيث: B ثابت قانون الطاقة ، n أس الانتشار وقيمته أقل من 1.

تمّ رسم القيم التجريبية وفقاً للعلاقات السابقة لمعرفة مدى مطابقة النماذج المقترحة مع القيم التجريبية، لأجل معرفة أكثر النماذج ملائمةً لعملية الاستخلاص، كما تم تحديد كل من معامل الارتباط "من المنحنيات البيانية"، الجذر التربيعي النسبي RSM، والانحراف النسبي المطلق AARE من العلاقات التالية:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{q_{exp} - q_{cal}}{q_{exp}} \right)^2} \quad [1]$$

$$AARD = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{q_{exp} - q_{cal}}{q_{exp}} \right| \times 100 \quad [2]$$

حيث:  $q_{exp}$  نسبة الاستخلاص التجريبية،  $q_{cal}$  نسبة الاستخلاص الحسابية،  $N$  عدد التجارب. [17]

تمت دراسة الحركية لكل من المستخلصين الكحولي والمائي، وعند درجات حرارة  $20-30-40$  C°، و لأجل أزمنة استخلاص 10-20-30-40-50 min، حيث تم حساب الثوابت المتعلقة بالمعادلات الرياضية الخاصة بالنموذجين المقترحين.

### النتائج والمناقشة:

يبين الجدول (1) نتائج حساب نسبة الاستخلاص وفقاً لنوع و تركيز المذيب المستخدم، يتضح من خلال النتائج المدرجة في الجدول أن المذيبات ذات القطبية المتوسطة والعالية أعطت نسبة استخلاص أعلى وهي دي كلوروالايتان والايثانول والماء المقطر، وهذا يدل على أن المركبات الفعالة في أوراق إكليل الجبل هي مركبات ذات صفة قطبية.

أعطى الايثانول أعلى نسبة استخلاص، يليه الماء المقطر، ثم دي كلوروالايتان. هذا بالنسبة لنوع و تركيز المذيب، اما بالنسبة لدرجة الحرارة والزمن، فأثبتت النتائج ان اعلى نسبة استخلاص كانت عند درجة الحرارة  $40$  C° والزمن 40 min، وهذا موضح في الجداول (2)(3) حيث يتضح من النتائج زيادة نسبة الاستخلاص بازدياد درجة

الحرارة ويمكن تفسير ذلك بأن معامل الانتشار يزداد بازدياد درجة الحرارة وفق علاقة

$$D = D_0 \cdot e^{\frac{-E}{RT}} \quad \text{ارينيوس:}$$

حيث: D معامل الانتشار cm<sup>2</sup>/sec, D<sub>0</sub> معامل الانتشار عند الشروط الحدية cm<sup>2</sup>/sec, E طاقة التنشيط J/mol, T درجة الحرارة K, R ثابت الغاز العام J/mol.K

### دراسة الحركية:

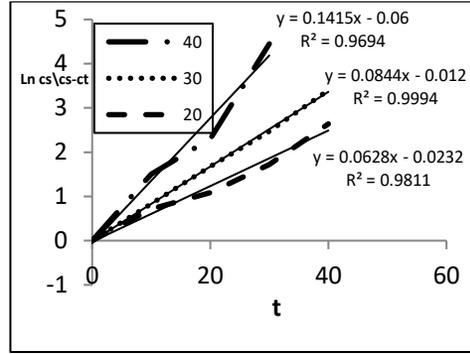
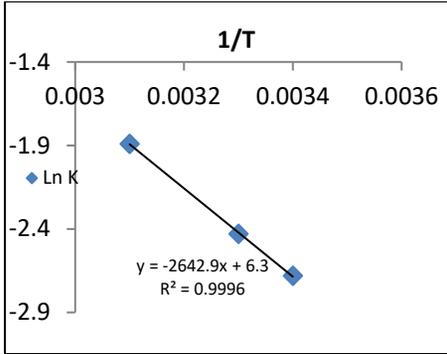
تبين الجداول (4)(5) (6) نتائج تطبيق كلِّ من نموذج التفاعل من المرتبة الأولى order model First ونموذج قانون الطاقة Power law model ونموذج Elovich على كل من المستخلصين الكحولي والمائي, و قيم الثوابت الخاصة بكل نموذج, تم تحديد معاملات الارتباط والثوابت الخاصة بكل نموذج من الأشكال (2-3-4-5) للمستخلص الكحولي و(-6-7-8-9) للمستخلص المائي, يتضح من النتائج ان نموذج التفاعل من المرتبة الأولى كان ملائماً لكلا المستخلصين بمعامل ارتباط اعلى من 0.96 وقد تم حساب كل من ثابت سرعة التفاعل وطاقة التنشيط لكل عملية استخلاص, وتبين النتائج زيادة قيمة ثابت سرعة التفاعل مع زيادة درجة الحرارة, وهذا يتفق مع علاقة ارينيوس. بالنسبة لنموذج قانون الطاقة, تبين النتائج ان النموذج كان مطابقاً لكلا المستخلصين بمعاملات ارتباط تتراوح ما بين 0.93-0.99 باستثناء المستخلص المائي عند درجة الحرارة 40°C حيث معامل الارتباط 0.82, وتبين النتائج ان معامل الاندماج B يزداد بازدياد درجة الحرارة, اما أس الانتشار فيلاحظ ان علاقته مع درجة الحرارة غير واضحة وهذا يتفق مع نتائج الدراسات السابقة. بالنسبة لنموذج Elovich, نجد أنه كان ملائماً للمستخلصين الكحولي والمائي بمعامل ارتباط أعلى من 0.93 باستثناء المستخلص المائي عد درجة الحرارة 40°C حيث معامل الارتباط 0.83.

بالنسبة لثوابت معادلة Elovich تثبت النتائج زيادة قيمة هذه الثوابت بازدياد درجة الحرارة وهذا أيضاً يتفق مع نتائج الدراسات السابقة.

بمقارنة نتائج النماذج الثلاث, نجد ان نموذج قانون الطاقة كان الكثر ملاءمةً للمستخلص الكحولي, بينما كان نموذج Elovich اكثر ملاءمةً للمستخلص المائي وذلك عند مقارنة قيم كل من معامل الارتباط, الجذر التربيعي النسبي, والانحراف النسبي المطلق.

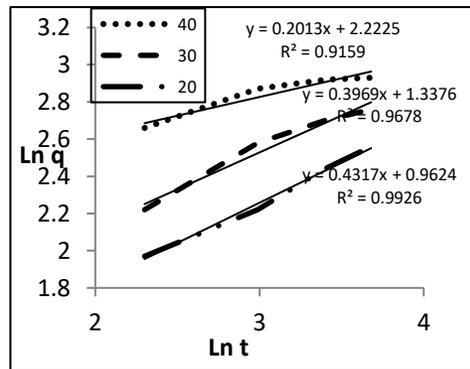
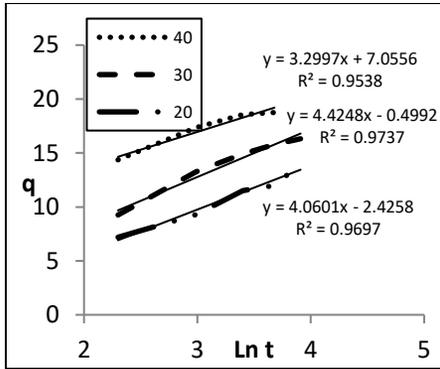
#### الاستنتاجات:

1. أعطى الايتانول 80% أعلى نسبة استخلاص وقدرها 18.75% وذلك عند درجة الحرارة  $40^{\circ}\text{C}$  والزمن 40min, يليه المستخلص المائي الذي أعطى نسبة استخلاص قدرها 13.44% عند نفس الشروط.
2. أثبتت نتائج دراسة الحركية ان النموذج الأكثر ملاءمةً للمستخلص الكحولي هو نموذج قانون الطاقة Power low model, والنموذج الأكثر ملاءمةً للمستخلص المائي هو نموذج Elovich's model.



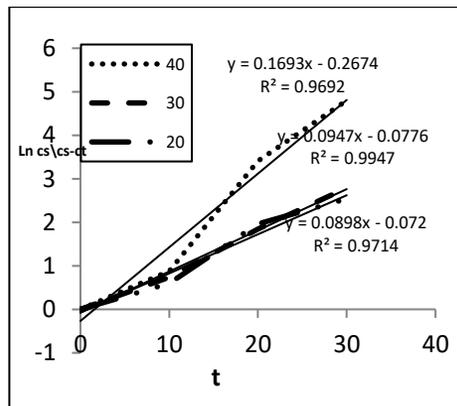
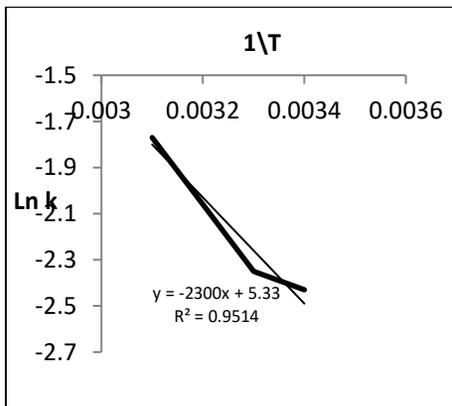
الشكل (3) علاقة أرينيوس بيانياً

الشكل (2) نموذج المرتبة الأولى



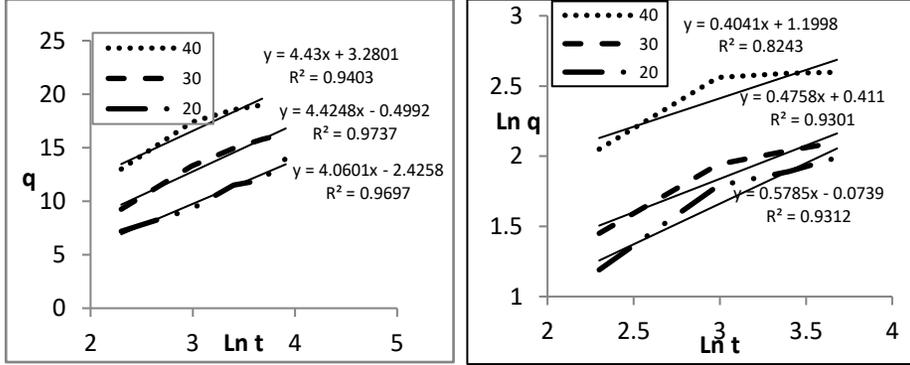
الشكل (5) نموذج Elovich's

الشكل (4) نموذج قانون الطاقة



الشكل (7) علاقة أرينيوس بيانياً

الشكل (6) نموذج المرتبة الأولى



الشكل (9) نموذج Elovich's

الشكل (8) نموذج قانون الطاقة

الجدول (1) تأثير نوع وتركيز المذيب على نسبة الاستخلاص

نسبة الاستخلاص %	الزمن min	درجة الحرارة °C	المذيب
1.8	20	40	نظامي الهكسان
5.27	20	40	دي كلورو الايتان 50%
7.94			دي كلورو الايتان 60%
12.69			دي كلورو الايتان 70%
7.97			دي كلورو الايتان 80%
5.98			دي كلورو الايتان 90%
5.54			20
6.56	ايتانول 60%		
8.88	ايتانول 70%		
17.38	ايتانول 80%		
17.36	ايتانول 90%		
13.00	20	40	

الجدول (2) تأثير درجة الحرارة على نسبة الاستخلاص

المذيب	درجة الحرارة °C	الزمن min	نسبة الاستخلاص
ايتانول	20	30	8.79
	30		13.84
	40		18.55
	50		14.33
ماء مقطر	20		6.22
	30		6.89
	40		13.33
	50		7.31

الجدول (3) تأثير الزمن على نسبة الاستخلاص

المذيب	درجة الحرارة °C	الزمن min	نسبة الاستخلاص %
ايتانول 80%	40	10	14.36
ايتانول 80%	40	20	17.68
		30	18.55
		40	18.75
		50	14.67
		60	9.64
ماء مقطر	40	10	7.87
		20	13.00
		30	13.33
		40	13.44
		50	10.02
		60	9.32

الجدول (4) نتائج نموذج المرتبة الاولى

نوع المستخلص	درجة الحرارة °C	First order				E(J/mol)	K <sub>0</sub> (min <sup>-1</sup> )
		K(min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	RMS	ARD%		
المستخلص الكحولي	20	0.0628	0.98	0.054	1	33463	53103
	30	0.0844	0.99	0.94	4		
	40	0.1415	0.96	0.007	0.1		
المستخلص المائي	20	0.089	0.97	0.031	6	19122	206.4
	30	0.094	0.99	0.094	9		
	40	0.169	0.97	0.089	8		

الجدول (5) نتائج نموذج قانون الطاقة

نوع المستخلص	درجة الحرارة	Power law				
		n	B	R <sup>2</sup>	RMS	ARD%
المستخلص الكحولي	20	0.432	2.61	0.99	0.006	0.8
	30	0.396	3.80	0.97	0.04	0.1
	40	0.201	9.23	0.93	0.02	0.2
المستخلص المائي	20	0.578	0.928	0.93	0.07	0.2
	30	0.475	1.508	0.93	0.05	0.5
	40	0.404	3.319	0.82	0.04	3

الجدول (6) نتائج نموذج Elovich's

نوع المستخلص	درجة الحرارة °C	Elovich's model				
		E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	R <sup>2</sup>	RMS	ARD%
المستخلص الكحولي	20	-2.425	4.060	0.96	0.007	0.6
	30	-0.499	4.242	0.97	0.040	3.0
	40	3.28	4.43	0.95	0.020	1.0
المستخلص المائي	20	-2.928	2.821	0.93	0.063	0
	30	-1.97	2.837	0.94	0.014	0.1
	40	-0.78	4.104	0.83	0.180	0.8

## References:

- 1- JURINJAK, A., BENKOVIC, M., BELSAK , A., VALINGER, D., JURINA ,T., GAJDOS, J, 2016- Kinetics and thermodynamics of the solid-liquid extraction process of total polyphenols, antioxidants and extraction yield from Asteraceae plants. Ind Crops Prod ,91:205-214.
- 2- SHEWALE ,S., RATHOD, VK ,2018- Extraction of total phenolic content from Azadirachta indica or (neem) leaves: Kinetics study. Prep Biochem Biotechnol ,48(4):312-320.
- 3-. SING,A., SJARMA,P.K., GORG,G,2010- Natural products as preservatives. International journal of pharma and Bio sciences, 1(4):601-612.
4. DEFEREA,D., ZIOGAS,B., POLISSIOU, M,2000- GC-MS analysis of essential oil from some Greek aromatic plants and their fungitoxicity on pencillium digitatum. Journal of agriculturak and food chemictry. Athena, 48(6):2576-2581.
- 5- حواء ابراهيم. 2013- دراسة الفعالية البيولوجية لبعض نباتات العائلة الشفوية الفعالية ضد الأكسدة. جامعة قاصدي مرياح ورقلة, 2013.
6. خذران هناء. 2018 - تأثير المذيب في استخلاص المركبات الفينولية من نبات إكليل الجبل. جامعة قاصدي مرياح ورقلة, كلية العلوم التطبيقية, الجمهورية الجزائرية.

7- HUEZO, LA SANCHEZ.2017- Effects of ultrasound on Ethanol fermentation by saccharomyces cervisiae, The Ohio state University.

8- RIESEZ, P., KONDO, T.1992- Free radical formation induced by ultrasound and its biological implications, Free Radical Biological and Medicine, Volume 13, issue 3, 247-270.

9- اسماعيل, ايمان.2010- الاستخلاص والتعريف والتجربة الحيوية للكرمين المستخلص من مسحوق الكركم العراقي بواسطة تقنية الأمواج فوق الصوتية , مجلة ميسان للدراسات الأكاديمية, المجلد الثامن, العدد السادس عشر

10- معروف محمد, عواج طارق, الشاعر علي. (2021). اختيار شروط الاستخلاص المثلى باستخدام الأمواج فوق الصوتية وسوكسيليه في تحديد الدائمتوات لعينات تربة زراعية باستخدام HPLC, مجلة جامعة تشرين للدراسات العلمية, المجلد (43), العدد (1).

11- KM, SO., KM, D., LEE, TK.,2013- Phenolic content, DPPH radical scavenging, and tyrosinase inhibitory activities of Ecklonia Cava extracted with the Ultrasonic wave method. Journal of life science. Vol 28. No 7. 913-918.

12- BALYAN, U., SARKAR,B .,2016- Aqueous extraction kinetics of phenolic compounds from jamun (Syzygium cumini L.) seeds. Int J Food Prop, 20(2):372-389.

13- SPIRO,M., JAGANYI, D., BROOM, M.C., 1992- Kinetics and equilibria of tea infusion: Part 9. The rates and temperature

coefficients of caffeine extraction from green Chun Mee and black Assam Bukial teas. Food Chem, 45(5), 333–335.

14– TAO Y., ZHANG Z., SUN D.W. 2014– Kinetic modeling of ultrasound–assisted extraction of phenolic compounds from grape marc: Influence of acoustic energy density and temperature.

Ultrason. Sonochem. 21(4), 1461–1469.

15- KITANOVIC,S., MILENOVIC,D., VEELLJKOVIC,V.B.,2008– Empirical Kinetic Models for the resinoid extraction from aerial parts of St John’s Wort (*Hypericum Perforatum L.*). Journal of Biochemical Engineering, 41: 1–11.

16– HOBBI, P., VALENTINE, O., DELOPORTE, C., ALIMORADE, H., PODSTAWCZYK, D., BERANAERTS, k., 2021– Kinitic modeling of solid– liquid extraction process of polyphenolic compounds from apple pomace: influence of solvent composition and tempreture. Bioresources and Bioprocessing. 8:114..

17– HUANG,Z., YANG M.J., LIU,S.F., MA,Q., 2011– Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Baizhu: Experiments and Modeling. The Journal of Supercritical Fluids, 58: 31 – 39.

