

مجلة جامعة حمص

سلسلة العلوم الهندسية الكيميائية والبتروولية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 47 . العدد 4

1447 هـ - 2025 م

الأستاذ الدكتور طارق حسام الدين رئيس جامعة حمص

المدير المسؤول عن المجلة

أ. د. وليد حمادة	رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الإنسانية
د.نعيمة عجيب	رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية

عضو هيئة التحرير	د.محمد فراس رمضان
عضو هيئة التحرير	د. مضر سعود
عضو هيئة التحرير	د. ممدوح عبارة
عضو هيئة التحرير	د. موفق تلاوي
عضو هيئة التحرير	د. طلال رزوق
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الجاعور
عضو هيئة التحرير	د. الياس خلف
عضو هيئة التحرير	د. روعة الفقس
عضو هيئة التحرير	د. محمد الجاسم
عضو هيئة التحرير	د. خليل الحسن
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. أحمد حاج موسى

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة حمص

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

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

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

. البريد الإلكتروني : journal.homs-univ.edu.sy

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة حمص

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 ورد 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 حمص

1. دفع رسم نشر (50000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (200000) ل.س مئة ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مننًا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (15000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
32-11	مروى خالد حمشو أ.د. فؤاد عطا الله	تحسين استخلاص البروتينات من فول الصويا باستخدام الأمواج فوق الصوتية
60-33	م. نسرين الأطرش د.م. غزل طهماز د.م. زياد سفور	دراسة تأثير تطبيق عدة طبقات من الطلاء الناقل للكهرباء على بعض خصائص الأقمشة
84-61	هدى هاشم العلي د. محمد أسعد	دراسة كفاءة قشر الفستق الحلبي كمخثر طبيعي في معالجة المياه
104-85	م. ونام العلي د.م. زياد سفور أ.د.م. صقر سلوم	معالجة قماش البوليستر ببلازما الأرجون لتحسين قابليته للبلل والصبغة بالأصبغة المعلقة

تحسين استخلاص البروتينات من فول الصويا

باستخدام الأمواج فوق الصوتية

طالبة الماجستير: مروى خالد حمشو

كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية – جامعة حمص

بإشراف: أ.د. فؤاد عطا الله

ملخص البحث

إنَّ الطلب على الأطعمة الجاهزة ذات الجودة العالية حفز الحاجة إلى تطوير عدد من الأساليب في معالجة الأغذية والتي أثبتت تقنية الأمواج فوق الصوتية أنها ذات قيمة كبيرة.

توفر تقنية الأمواج فوق الصوتية العديد من المزايا كتسريع العملية والاحتفاظ بخصائص المنتج وتحسين مدة الصلاحية، حيث تم دراسة هذه التقنية في عملية استخلاص البروتينات من فول الصويا.

أُجريت عملية الاستخلاص بطريقتي الاستخلاص بالنقع والاستخلاص بمساعدة الأمواج فوق الصوتية وذلك من خلال استخدام جهازي أمواج يعملان بترددين مختلفين أما طريقة الاستخلاص بالنقع فتمت خلال 3 ساعات، ودرست متغيرات العملية من درجة حرارة وزمن استخلاص، كما وتم استخدام مذيبين لإجراء عملية الاستخلاص وهما الماء المقطر والكحول الإيثيلي وحُدّد المذيب الأفضل الذي يحقق أعلى تركيز للبروتينات.

الكلمات المفتاحية

الاستخلاص، النقع، الاستخلاص بالأمواج فوق الصوتية، البروتينات، فول الصويا.

Improving Protein Extraction from Soybeans using Ultrasound

Abstract

The demand for high-quality convenience foods has stimulated the development of a number of food processing techniques, in which ultrasonic technology has proven to be of great value.

Ultrasonic technology offers several advantages, such as speeding up the process, preserving product properties, and improving shelf life. This technology has been studied in the process of extracting proteins from soybeans.

The extraction process was carried out using two ultrasound-assisted extraction methods, using two ultrasound devices operating at different frequencies. The soaking extraction process took three hours. Process variables, including temperature and extraction time, were studied. Two solvents were used for the extraction process: distilled water and ethyl

alcohol. The optimal solvent, which achieved the highest protein concentration, was determined.

Keywords

Extraction, Infusion, Ultrasound-Assisted Extraction, Proteins, soybeans.

1-المقدمة

يعد فول الصويا أهم محصول بقولي بروتيني زيتي علفي في العالم، حيث أن الموطن الأصلي لزراعته جنوب شرقي آسيا وأن بذوره تحتوي على نسبة عالية جداً من البروتين تصل إلى 30 - 50 % وهو أكثر من محتوى البروتين في اللحم وهو يمتاز بنوعيته العالية لاحتوائه على الأحماض الأمينية الأساسية الثمانية جميعها الضرورية للإنسان والحيوان، كما ويصنع من بذور فول الصويا حليباً صناعياً ذا قيمة غذائية عالية، ويحتوي طحين فول الصويا على نسبة عالية من النتروجين.[1]

في عمليات الاستخلاص من الأجسام الصلبة تتم عملية استخراج مركب أو أكثر من الجسم الصلب وذلك عن طريق حلها بمذيبات مناسبة وهذه أبسط عمليات الاستخلاص أما العمليات الأكثر تعقيداً هي التي نجدها أثناء استخراج المواد المتوضعة داخل خلايا الجسم الصلب كما الحال في بحثنا استخلاص المواد البروتينية من فول الصويا.[2]

يُشترط في المذيبات المستخدمة توفر العديد من الميزات أهمها انتقائية عالية للمادة المراد استخلاصها وسهولة استرجاعه وأن يكون متوفر ورخيص الثمن وغيرها من الشروط. [3]

تستغرق الأساليب التقليدية في عمليات استخلاص المركبات من النباتات وبشكل أساسي النقع وقتاً طويلاً جداً وتتطلب كميات كبيرة نسبياً من المذيبات، ولقد وجدت طريقة الاستخلاص بجهاز الأمواج فوق الصوتية لتكون وسيلة أكثر فعالية بسبب خصائصها من زمن استخلاص أقصر واستخدام أقل من المذيبات. [4]

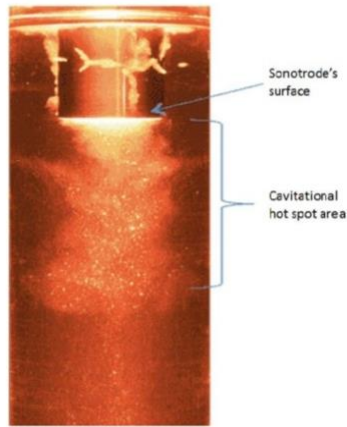
أظهرت الدراسات الحديثة أن الاستخلاص باستخدام الأمواج فوق الصوتية يمكن أن يعزز كفاءة الاستخلاص من خلال الفجوة الصوتية وبعض التأثيرات الميكانيكية.

يمكن أن تسبب الفجوة الصوتية خللاً في جدران الخلايا وتسهل تغلغل المذيب إلى المادة النباتية وتسمح باستخلاص المنتج من داخل الخلايا، هناك تأثير آخر ميكانيكي ينجم عن جهاز الأمواج فوق الصوتية أيضاً وهو تسخين المذيبات المستخدمة للاستخلاص، وزيادة مساحة سطح التلامس بين المذيبات والمركبات المستهدفة من خلال السماح باختراق أكبر كمية ممكنة من المذيبات داخل العينة. [5]

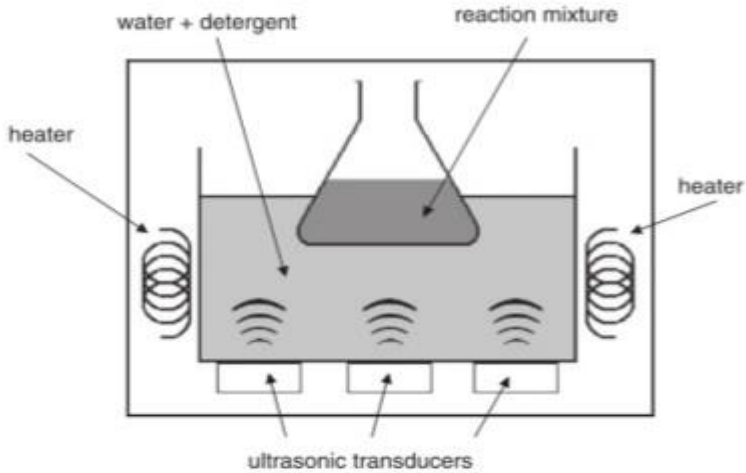
قد يكون تطبيق الأمواج فوق الصوتية في العينة مباشراً أو غير مباشر. يشير التطبيق المباشر للموجات فوق الصوتية إلى التطبيق المطبق مباشرة على وسط العينة كما في الشكل 1 ويشير

التطبيق غير المباشر إلى تطبيق الموجات فوق الصوتية في وسط مختلف قبل الوصول إلى

العينة المستهدفة كما هو موضح في الشكل 2 وكما هو الحال في بحثنا [6].



الشكل 1: تشكل ظاهرة التجويف تحت المسبر عند التطبيق المباشر للأمواج فوق الصوتية



الشكل 2: حمام الأمواج فوق الصوتية (الطريقة غير المباشرة لتطبيق الأمواج فوق الصوتية)

والجدير بالذكر أنه في عام 2004 قام مجموعة من الباحثين بتطبيق الأمواج فوق الصوتية عالية الكثافة 20 كيلو هرتز أثناء استخلاص الزيت من فول الصويا باستخدام الهكسان والإيزوبروبانول وخليط منهما بنسبة 3:2 هكسان - إيزوبروبانول، وتم تعريضه للأمواج فوق الصوتية بين 0 و3 ساعات وتم التوصل إلى أنه باستخدام الهكسان كمذيب زاد المردود بشكل عام مع زيادة كل من وقت تطبيق وكثافة الأمواج فوق الصوتية، كما وأثر نوع المذيب المستخدم على كفاءة الاستخلاص حيث تم الحصول على أعلى مردود باستخدام الأمواج فوق الصوتية مع المذيب المختلط، وقد عُزيت النتائج إلى التأثيرات الميكانيكية الناجمة عن التجويف الناتج عن الأمواج فوق الصوتية مما أدى إلى زيادة نفاذية أنسجة النبات. [7]

2- أهداف البحث

- 1- استخلاص البروتينات من فول الصويا بطريقتي الاستخلاص بالنقع والاستخلاص بالأمواج فوق الصوتية باستخدام مذيبين مختلفين (الماء المقطر والكحول الإيثيلي).
- 2- دراسة العوامل المؤثرة على عملية الاستخلاص بالأمواج فوق الصوتية (درجة الحرارة والزمن والتردد).
- 3- مقارنة النتائج وتحديد المذيب الأفضل الذي يحقق أعلى كفاءة استخلاص.
- 4- تحديد الشروط المثلى لعملية الاستخلاص.

تكتسب منتجات البروتين النباتي اهتمامًا كبيرًا حاليًا كبديل أكثر استدامة لمنتجات البروتين الحيواني وذلك بسبب:

- 1- تأمين مصادر جديدة للبروتين بالتزامن مع محدودية الدخل.
- 2- السعي نحو أسلوب حياة صحي أكثر.
- 3- ضرورة تحضير منتجات جديدة تلبي المتطلبات الأساسية من حيث القيمة الغذائية والمواصفات الحسية حيث تكسب المنتجات الغذائية التي تُضاف إليها الحموض الأمينية طعمًا ونكهة خاصة مرغوب فيها.

4-المواد وطرائق البحث

4-1 المواد المستخدمة

فول الصويا، الماء المقطر، الكحول الإيثيلي، كاشف البايوريت.

4-2 الأجهزة والأدوات المستخدمة

- الحمام المائي بالأمواج فوق الصوتية:
أبعاد الحمام المائي (500*300*150 ml) موضح بالشكل 3، مزود بمؤقت (30-1 min)، يعمل عند تردد (40 kHz)، ومزود بمؤشر لدرجة الحرارة بمجال (0-80°C)، يعمل بالتيار الكهربائي (220 V)، (50 Hz) صيني الصنع موديل PS-80A.



الشكل 3: صورة حمام الأمواج فوق الصوتية ذي التردد 40 kHz

- الحمام المائي بالأمواج فوق الصوتية: يعمل عند تردد ثابت (37 kHz)، مزود بمؤقت زمني (5-30 min) أوتوماتيكي مع إمكانية التحكم بدرجة الحرارة بمجال (25-80°C) مزود بسلة داخلية مصنوعة من الستانلس ستيل غير قابل للصدأ مزود بغطاء بلاستيكي ويعمل بالتيار الكهربائي (V) (220)، (60 Hz) ألماني الصنع كما في الشكل 4.



الشكل 4: صورة حمام الأمواج فوق الصوتية ذي التردد 37 kHz

- **ميزان:**
ميزان الكتروني حساس مخبري بدقة قياس (0.0001g)، يعمل بتيار كهربائي (50Hz) و (100-240V) أوروبي الصنع.
- **مثقلة:**
تستخدم لفصل الراسب عن الرشاحة بعد عملية الاستخلاص فهي مزودة بمؤقت زمني أتوماتيكي وبعده دورات (3200rpm).
- **حاضنة:**
مزودة بمؤشر لدرجة الحرارة حيث تُحتفظ بها العينات عند الدرجة (37°C) بعد إجراء تفاعل البايوريت.
- **جهاز التحليل الطيفي:**
يعرف باسم (سبكتروفوتومتر) يعمل بالمجال المرئي وبطول موجي (190-1100 nm).
- **خلاطات مغناطيسية:**

تعمل بعدد دورات يتراوح (0-1500) rpm ومزودة بمؤشر آخر لدرجة الحرارة.

• زجاجيات وأنباب مختلفة:

حيث تم استخدام العديد من الأنابيب والبياسر الزجاجية المختلفة لإجراء التجارب.

3-4 طريقة العمل

أولاً: الاستخلاص بالنقع

الخطوة الأولى تحضير العينة:

وُزن 5 gr من فول الصويا المطحون والمجفف وأضيف إليه 30 ml من الماء المقطر بنسبة 1\6 ثم حُرك بواسطة خلاط مغناطيسي عند درجة حرارة الغرفة 25°C عند عدد دورات تحريك 600 rpm وبعدها وُضعت العينات في المثقلة لمدة خمس دقائق وبعدها دورات 3200 rpm للحصول على الرائق (المستخلص البروتيني) ففي هذه الخطوة أُجريت ست عينات لمدة ثلاث ساعات وسُحبت عينة كل نصف ساعة.

الخطوة الثانية إجراء تفاعل البيوريت:

- يُؤخذ 2 ml من محلول المستخلص البروتيني في أنبوب اختبار.
- يُضاف إليه 3 ml من كاشف البيوريت.
- تُحفظ عند درجة الحرارة (37°C+) في الحاضنة ولمدة عشر دقائق ثم تبرد.

الخطوة الثالثة تحليل العينات:

باستخدام جهاز السيكتروفوتومتر تُقرأ الامتصاصية عند الموجة 540 نانو متر مقارنة مع الماء المقطر، ولتحديد تركيز البروتين في العينة يُرسم منحنى بياني بسلسلة عيارية من الأنابيب تحتوي على محلول بروتيني عياري معروف تركيز البروتين حيث تُقرأ الامتصاصية لكل أنبوب في السلسلة العيارية.

ثانياً: الاستخلاص باستخدام الأمواج فوق الصوتية

الخطوة الأولى تحضير العينة:

وُزن 5 gr من فول الصويا المطحون والمجفف وأضيف إليه 30 ml من الماء المقطر بنسبة 1\6 ثم حُرك بواسطة خلاط مغناطيسي لمدة عشرة دقائق عند درجة حرارة الغرفة 25°C عند عدد دورات تحريك 600 rpm، وُضعت العينات في جهاز الأمواج فوق الصوتية ذي التردد 40 kHz [هنا في هذه المرحلة تم دراسة تأثير الزمن وتأثير درجة الحرارة حيث أُجريت تجارب عند الزمن (5,10,15,20,25,30) min كما وأُجريت تجارب عند درجات الحرارة °C (20,30,40)] وبعدها وُضعت العينات في المثقلة لمدة خمس دقائق وبعدها دورات 3200 rpm للحصول على الرائق (المستخلص البروتيني).

أُعيدت أفضل تجارب هذه الخطوة في جهاز الأمواج فوق الصوتية ذي التردد 37 kHz وذلك من أجل إجراء المقارنة بينهما.

ملاحظة الخطوة الثانية والخطوة الثالثة أُجريت كما في طريقة الاستخلاص بالنقع.

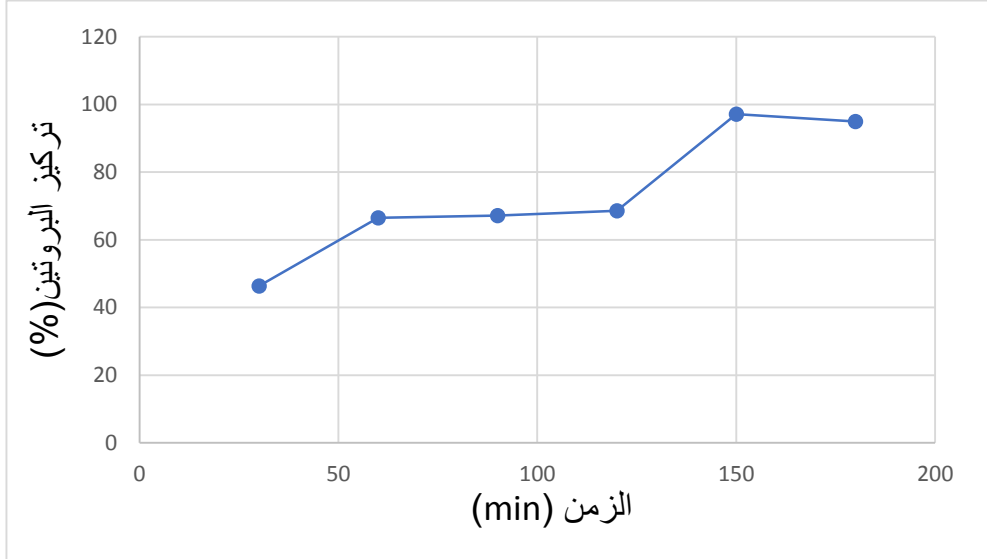
5- النتائج ومناقشتها:

أولاً: مذيب الماء المقطر

- عند القيام بتجربة الاستخلاص بالنقع باستخدام مذيب الماء المقطر حصلنا على النتائج المبينة في الجدول 1.

الجدول (1) نتائج تجربة الاستخلاص بالنقع باستخدام الماء المقطر:

رقم العينة	الزمن (min)	الامتصاصية	تركيز البروتين (%)
1	30	1.465	46.311
2	60	2.075	66.509
3	90	2.093	67.105
4	120	2.137	68.562
5	150	3.000	97.139
6	180	2.934	94.953

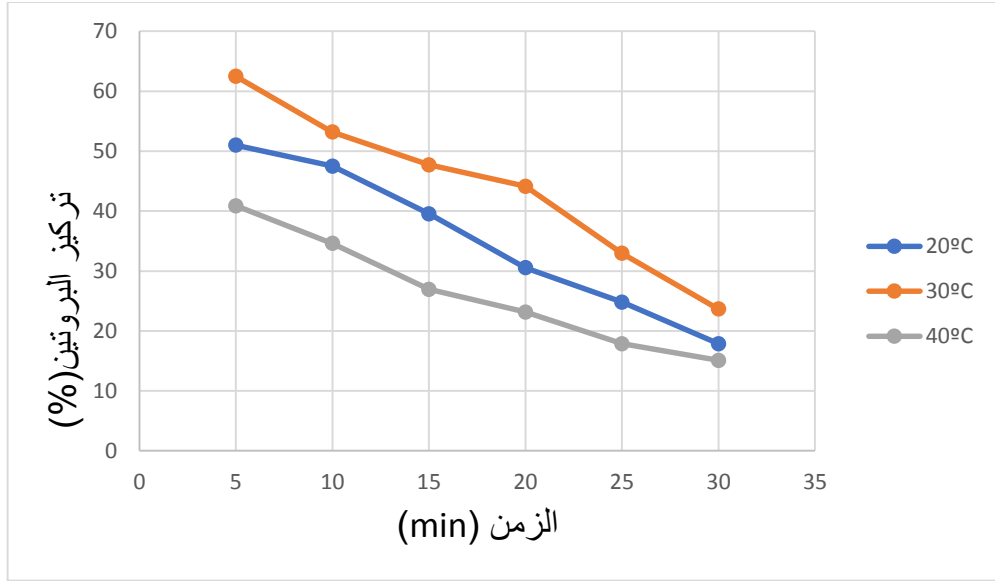


الشكل 5: ءءير تركيز البروتين مع الزمن عند اسءءءاء الماء المقطر

يُلاحظ من الشكل 5 أن أفضل تركيز للبروتين تم الحصول عليه 97.139% عند الزمن 150 دقيقة أي بعد مرور (ساعتين ونصف)، ففي بداية العملية كان المذيب نقي ثم ازءاء ءءريءياً تركيز المادة المنءلة (البروتينات في الماء المقطر) وبلغ أفضل قيمة عند الزمن 150 دقيقة، وبعء هذه الدقيقة انءض معدل الاسءءلاص بسبب انءضاف القوة الءافعة.

- عند ءءفيذ ءءارب على ءهاز الأمواج فوق الصوءية ذي ءرءء 40 kHz أخذين بعين الاءءبار الزمن وءرءة ءرارة تم ءوصل إلى ءءائء المبينة في الشكل 6.

تحسين استخلاص البروتينات من فول الصويا باستخدام الأمواج فوق الصوتية



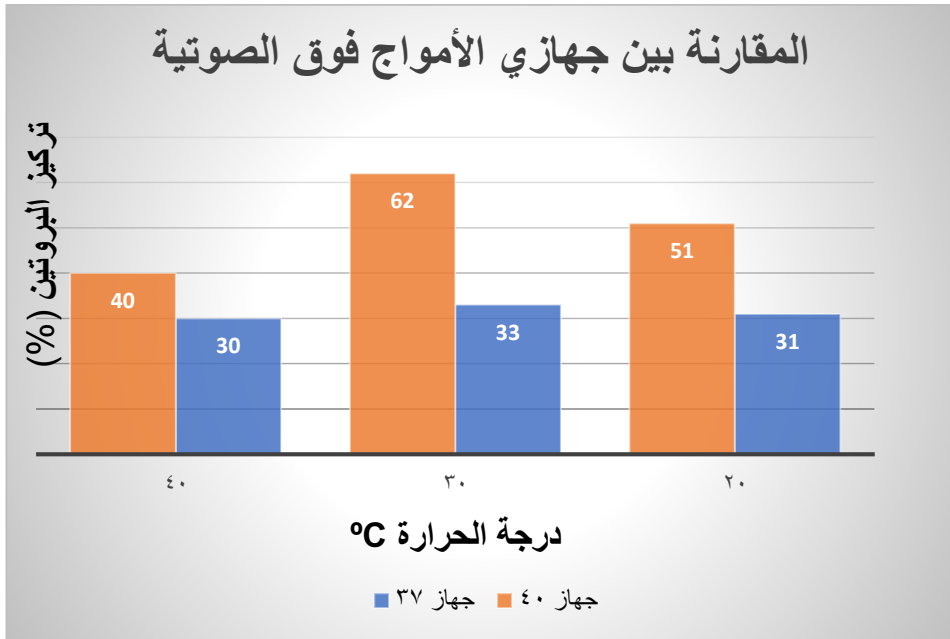
الشكل 6: تغير تركيز البروتين مع الزمن عند درجات حرارة مختلفة

يُلاحظ من الشكل 6 أن أفضل تركيز للبروتين تم الحصول عليه 62.48% عند الزمن خمس دقائق ودرجة الحرارة 30°C أما عند درجة الحرارة 20°C تكون عملية الاستخلاص أقل فعالية حيث أن درجات الحرارة المنخفضة لا تعزز عملية الاستخلاص وعند درجة الحرارة 40°C تكون البنية الثلاثية للبروتين قد تحطمت.

- في جهاز الأمواج فوق الصوتية ذي التردد 37 kHz فُمننا بالاعتماد على التجارب المنفذة في جهاز الأمواج فوق الصوتية ذي التردد 40 kHz حيث حصلنا على أفضل تركيز عند الدقيقة الخامسة وهنا في هذا الجهاز أجرينا التجارب عند الدقيقة الخامسة فقط (الزمن الأفضل) وتوصلنا إلى النتائج المبينة في الجدول 2.

الجدول (2) يظهر المقارنة بين نتائج التجارب المنفذة في الجهازين (الماء المقطر):

درجة الحرارة (°C)	الزمن (min)	تركيز البروتين حسب جهاز 37 kHz	تركيز البروتين حسب جهاز 40 kHz
20	5	31.41	51.01
30	5	33.23	62.48
40	5	30.74	40.88



الشكل 7: تغير تركيز البروتين في جهازى الأمواج فوق الصوتية باستخدام مذيب الماء المقطر

يُلاحظ من الشكل 7 أنّ أفضل تراكيز للبروتين في جهازى الأمواج فوق الصوتية تم الحصول عليها عند درجة الحرارة 30°C ويُلاحظ أنّ التردد 40 kHz كان أفضل من التردد 37 kHz

تحسين استخلاص البروتينات من فول الصويا باستخدام الأمواج فوق الصوتية

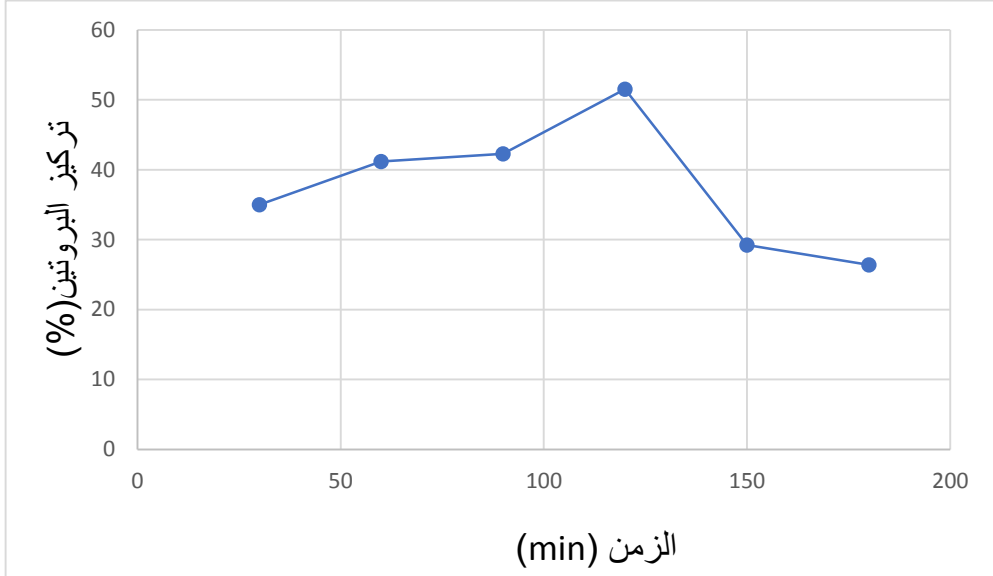
ويُعزى ذلك إلى الفجوة الصوتية التي أحدثت خللاً سريعاً في جدار الخلية وسهلت تغلغل المذيب.

ثانياً: مذيب الكحول الإيثيلي

- عند القيام بتجربة الاستخلاص بالنقع باستخدام مذيب الكحول الإيثيلي حصلنا على النتائج المبينة في الجدول 3.

الجدول (3) نتائج تجربة الاستخلاص بالنقع باستخدام الكحول الإيثيلي:

رقم العينة	الزمن (min)	الامتصاصية	تركيز البروتين (%)
1	30	1.124	35.019
2	60	1.310	41.178
3	90	1.343	42.271
4	120	1.622	51.509
5	150	0.950	29.258
6	180	0.864	26.410



الشكل 8: تغير تركيز البروتين مع الزمن عند استخدام الكحول الإيثيلي

يُلاحظ من الشكل 8 أنّ أفضل تركيز للبروتين تم الحصول عليه 51.509% عند الزمن 120 دقيقة أي بعد مرور (ساعتين)، ففي بداية العملية كان المذيب نقي ثم ازداد تدريجياً تركيز المادة المنحلة (البروتينات في الكحول) وبلغ أفضل قيمة عند الزمن 120 دقيقة، وبعد هذه الدقيقة انخفض معدل الاستخلاص بسبب انخفاض القوة الدافعة وزيادة لزوجة المحلول،

يمكننا القول أنّ مذيب الماء المقطر أعطى نتائج أفضل من مذيب الكحول الإيثيلي ويعود ذلك

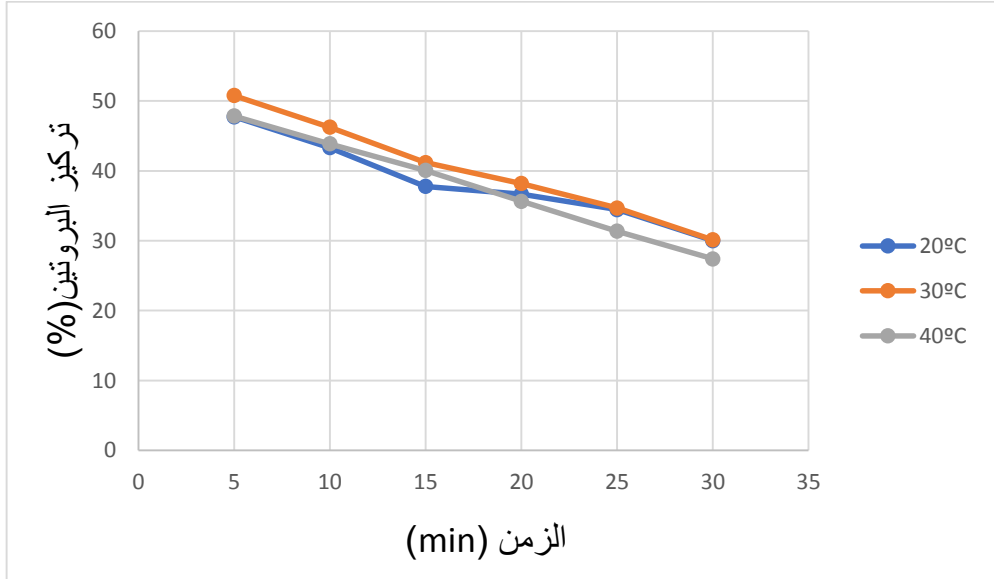
إلى الحموض الأمينية التي تشكّل المكون الأساسي للبروتينات وبالتالي انحلالية البروتينات

تتعلق بشكل أساسي بالحموض الأمينية حيث يذوب قسم كبير من الحموض الأمينية بشكل

سهل في الماء. [8]

تحسين استخلاص البروتينات من فول الصويا باستخدام الأمواج فوق الصوتية

- عند تنفيذ التجارب على جهاز الأمواج فوق الصوتية ذي التردد 40 kHz أخذين بعين الاعتبار الزمن ودرجة الحرارة تم التوصل إلى النتائج المبينة في الشكل 9.



الشكل 9: تغير تركيز البروتين مع الزمن عند درجات حرارة مختلفة

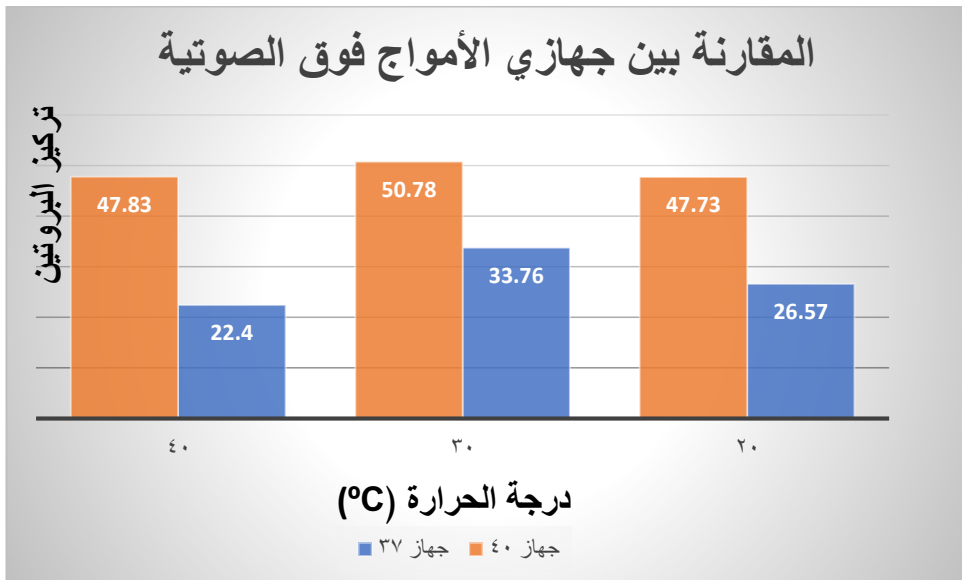
يُلاحظ من الشكل 9 أنّ أفضل تركيز للبروتين تم الحصول عليه 50.78% عند الزمن خمس دقائق ودرجة الحرارة 30°C أما عند درجة الحرارة 20°C تكون عملية الاستخلاص أقل فعالية حيث أنّ درجات الحرارة المنخفضة لا تعزز عملية الاستخلاص وعند درجة الحرارة 40°C تكون البنية الثلاثية للبروتين قد تحطمت.

- في جهاز الأمواج فوق الصوتية ذي التردد 37 kHz فُمنّا بالاعتماد على التجارب المنفذة في جهاز الأمواج فوق الصوتية ذي التردد 40 kHz حيث حصلنا على أفضل

تركيز عند الدقيقة الخامسة وهنا في هذا الجهاز أجرينا التجارب عند الدقيقة الخامسة فقط (الزمن الأفضل) وتوصلنا إلى النتائج المبينة في الجدول 4.

الجدول (4) يظهر المقارنة بين نتائج التجارب المنفذة في الجهازين (الكحول الإيثيلي):

درجة الحرارة (°C)	الزمن (min)	تركيز البروتين حسب جهاز 37 kHz	تركيز البروتين حسب جهاز 40 kHz
20	5	26.57	47.73
30	5	33.76	50.78
40	5	22.40	47.83



الشكل 10: تغير تركيز البروتين في جهازي الأمواج فوق الصوتية باستخدام مذيب الكحول الإيثيلي

يُلاحظ من الشكل 10 أن أفضل تراكيز للبروتين في جهازي الأمواج فوق الصوتية تم الحصول عليها عند درجة الحرارة 30°C ويُلاحظ أن التردد 40 kHz كان أفضل من التردد 37 kHz ويُعزى ذلك إلى الفجوة الصوتية التي أحدثت خللاً سريعاً في جدار الخلية وسهلت تغلغل المذيب.

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

- 1) أظهرت طريقة الاستخلاص الحديثة (الاستخلاص بالأمواج فوق الصوتية) فعالية أفضل من طريقة الاستخلاص التقليدية (الاستخلاص بالنقع) حيث أعطت استخلاصاً أسرع للبروتينات من فول الصويا وعند أزمنة قصيرة
- 2) أكدت الدراسة أن لتردد الأمواج فوق الصوتية تأثير إيجابي على تركيز البروتينات حيث أظهر جهاز الأمواج فوق الصوتية ذي التردد 40 توفيقاً على جهاز الأمواج ذي التردد 37.
- 3) أثبتت الدراسة أن الماء المقطر هو المذيب الأفضل لاستخلاص البروتينات من فول الصويا فقد أعطى تركيزاً أعلى وعند طريقتي الاستخلاص (الاستخلاص بالنقع والاستخلاص بالأمواج فوق الصوتية).
- 4) أظهرت الدراسة أن لدرجة الحرارة تأثير مهم على كفاءة عملية الاستخلاص حيث كان لدرجة الحرارة تأثير سلبي بعد الدرجة 30 وهذا يتوافق مع الدراسات المرجعية (البروتينات تتأثر بدرجة الحرارة وعندما يتعرض البروتين للحرارة العالية تتفكك الروابط الهيدروجينية والترابط الثنائي التي تحافظ على هيكله البروتين وتعرضه للتلف).
- 5) أظهرت الدراسة أن للزمن تأثير عكسي بعد مرور الخمس دقائق وذلك عند استخدام طريقة الاستخلاص باستخدام الأمواج فوق الصوتية ويرجع ذلك إلى ظاهرة التكيف.

6) في حال تطبيق الاستخلاص باستخدام الأمواج فوق الصوتية كانت الشروط المثلى للحصول على أعلى تركيز كانت عند الدرجة 30 والزمن 5 دقائق وباستخدام جهاز الأمواج ذي التردد 40 كيلو هرتز.

التوصيات المقترحة:

- 1) يوصى بتطبيق طريقة الاستخلاص بالأمواج فوق الصوتية بسبب فعاليتها العالية وتفوقها على طريقة الاستخلاص بالنقع.
- 2) تمت دراسة العوامل المؤثرة درجة الحرارة والزمن وتردد الأمواج فوق الصوتية ويوصى بدراسة عوامل أخرى كدراسة نسبة الصلب إلى السائل ودراسة توزيع حبيبي آخر لفول الصويا.
- 3) العمل على تصميم وحدة استخلاص محفّز بالأمواج فوق الصوتية.

6-المراجع:

- [1] الزراعة العراقية (مجلة زراعية إرشادية) العدد الثاني -2010
- [2] يوسف، جورج، خرفان، سعد الدين. العمليات الموحدة الفيزيائية، منشورات جامعة البعث، كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية. 1997-1998
- [3] الجوهرى، حسين. تقانة وعمليات تصنيع الجزء النظري والعملي، منشورات جامعة البعث، كلية العلوم. 2012

[4] Aljindy, M. S., & Shouman, F. EFFECT OF EXTRACTION

SOLVENT, EXTRACTION TIME AND EXTRACTION TEMPERATURE

ON TOTAL POLYPHENOLS CONTENT EXTRACTED BY
ULTRASONIC FROM SYRIAN FRESH OLIVE LEAVES.

[5] Gutte, K. B., Sahoo, A. K., & Ranveer, R. C. (2015). Effect of ultrasonic treatment on extraction and fatty acid profile of flaxseed oil. *OCL*, 22(6), D606.

[6] Huezo, L. A. (2017). *Effects of Ultrasound on Ethanol Fermentation by Saccharomyces cerevisiae* (Master's thesis, The Ohio State University).

[7] Li, H., Pordesimo, L., & Weiss, J. (2004). High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans. *Food research international*, 37(7), 731-738.

[8] الباقرني، محمد. كيمياء الأغذية الجزء النظري، منشورات جامعة البعث كلية الهندسة

الكيميائية والبتروولية. 2018-2017.

دراسة تأثير تطبيق عدة طبقات من الطلاء الناقل للكهرباء على بعض**خصائص الأقمشة**م. نسرین الأطرش¹ د.م. غزل طهماز² د.م. زياد سفور³

قسم هندسة الغزل والنسيج- كلية البتروكيميا- جامعة حمص- حمص- سوريا

ملخص:

يرتكز هذا البحث إلى معالجة قماش ممزوج (قطن/بوليستر) بمادة الغرافيت باستخدام تقنية الطلاء بالسكين وذلك من خلال تطبيق عدد من طبقات الطلاء الحاوي على الغرافيت وهي (2,3,4,5,6)، بهدف دراسة تأثير عدد الطبقات على خواص القماش وذلك من خلال إجراء توصيف للعينات المطلوبة بعدة اختبارات منها حساب نسبة التغلغل لطبقات الطلاء ضمن القماش إذ كانت قيمة نسبة التغلغل للعينة ذات ست طبقات (13%)، وتم حساب نسبة التحميل فكانت (40%) للعينة ذات ست طبقات، وأيضاً تم إجراء توصيف كهربائي للعينات من خلال قياس الناقلية الكهربائية وكانت أعلى قيمة للعينة ذات ست طبقات ($2.25 \times 10^{-2} \text{ S.cm}^{-1}$)، كما تمت دراسة الانتقالات الالكترونية لكل عينة وحساب قيمة المجال المحطور فكانت للعينة ذات الست طبقات قيمة المجال المحطور (1.08 e.v)، ومن ثم تم إجراء توصيف للخواص الميكانيكية للعينات، بإجراء اختبار قوة التمزق للعينات المعالجة إذ لوحظ زيادة في قوة التمزق فكانت (13.04N) للعينة ذات الست طبقات من الطلاء وأيضاً اختبار الصلابة إذ تبين أنه هناك تأثير للمعالجة بزيادة الصلابة للعينات المعالجة مقارنة مع العينة المرجعية (غير المعالجة).

كلمات مفتاحية: نسيج تقني، قماش ممزوج، الطلاء بالسكين، غرافيت، ناقلية كهربائية نوعية

Study the Effect of Application of several layers of conductive paint to some fabric characteristics

Nisreen AlAtrash¹ Dr. Ghazal Tuhmaz² Dr. Ziad Saffour³

Spinning and textile department– petrochemical college– Al Baath

University– Homs– Syria

Abstract:

This research is based on treating a blended fabric (cotton/polyester) with graphite using the knife coating technique by applying several layers of graphite-containing coating, which are (2,3,4,5,6), to study the effect of these layers on the properties of the fabric by characterizing the coated samples with several tests, including calculating the penetration ratio of the layers within the fabric, where the penetration ratio value for the six-layer sample was (13%), and the loading ratio was calculated, which was (40%) for the six-layer sample. Also, electrical characterization of the samples was conducted by measuring the electrical conductivity, and the highest value was for the six-layer sample ($2.25 \times 10^{-2} \text{ S.cm}^{-1}$). In addition to studying the electronic transitions of each sample and calculating the value of the forbidden field, the six-layer sample had a field value of (1.08 e.v). Then, the mechanical properties of the samples were described, and in addition to conducting a tear strength test for the treated samples, an increase in the tear strength was observed, which was (13.04N) of 6layer-sample, as well as a hardness test, where it was shown an effect of treatment in increasing the hardness of the treated samples compared to the reference sample (untreated).

Keywords: Technical textile, blended fabric, knife coating, graphite, electrical conductivity

1- مقدمة:

إن تطور المنسوجات يعكس حضارة البشر إلى حدٍ ما، فقد قامت دراسات سابقة عديدة حول تشكيل نماذج متطورة ومبتكرة من المنسوجات، فتم تشكيل بعض المنسوجات من مواد طبيعية مثل الحرير والكتان لإعطاء خواص أكثر راحةً ودفئاً، وتطوير مجموعة واسعة من الألياف من صنع الإنسان على سبيل المثال (النايلون، الكيفلار وغيرها الكثير)[1]، وهذا بدوره ساهم في تطور المنسوجات للوصول إلى نوع من النسيج أطلق عليه (النسيج التقني)، وهو نوع صمم بشكل وأسلوب خاص بحيث يتميز بمواصفات معينة يمكن استخدامه في مجالات تطبيقية وإدخال النسيج في مجالات عديدة في الحياة اليومية مثل (الطب، الصناعة، الرياضة، وفي المجال العسكري والحماية)، ومثال على ذلك (النسيج المساعد على التئام الجروح، والمضاد للبكتريا، الألبسة الرياضية التي تراقب صحة اللاعب كمعدل ضربات القلب ومعدل الأكسجة، ومنسوجات الحماية والدفاع الواقية من الرصاص وغيرها.....)[2] ، وكانت التطورات حول كيفية الحصول على الخاصة الوظيفية المطلوبة لكل منتج للقيام بالأداء المطلوب منه ويذكر أهم الخصائص الوظيفية التي يمكن أن يتمتع بها النسيج التقني (مضاد البكتريا، مقاوم للبلل، مقاوم للهب، مقاومة للقطع، الناقلية الكهربائية.....)، إذ قامت دراسات متعددة بشرح المفاهيم الأساسية لكيفية الحصول على هذه الخصائص وهي إما بمرحلة سابقة لعملية تشكيل النسيج من خلال تطوير الألياف المشكلة للخیوط التي ينسج بها القماش أو من خلال المرحلة التي تلي تشكيل النسيج وذلك بالمعالجات النهائية المطبقة على الأقمشة كالصبغة والطباعة والطلاء ومعالجات متطورة عديدة وذلك بمواد معالجة مختلفة[3].

توصل هذا التطور إلى نوع من المنسوجات تسمى المنسوجات الالكترونية وهي التي تتمتع بخاصية الناقلية الكهربائية بحيث تتميز بقدرتها على دمج الالكترونيات في المنسوجات وهي هدف بحثي متنامٍ، إذ يمكن من خلالها رؤية العديد من التطبيقات المهمة تجارياً كتطبيقات متنوعة من المنسوجات الذكية الالكترونية في المجالات العسكرية والطبية والصناعية مثل (حساسات حرارة، تطبيقات خلايا شمسية، مكثفات، منتج مراقبة صحية)[4]، أما بالنسبة لعملية معالجة القماش توجد طرق مختلفة لتقنية المعالجة بالطلاء لإنتاج وتصنيع مجموعة واسعة من الأقمشة المطلية ومن

هذه الطرق (طلاء بالسكين، طلاء بالرزاد، طلاء بالروليات، طلاء بالانتقال، طلاء بالغمر، طلاء بالشاشات المسطحة والدوارة) [5,6].

نالت تقنية الطلاء بالسكين اهتماماً جيداً في مجال النسيج التقني، فهذه العملية تؤدي إلى تغليف القماش بطلاء خاص يعطي خاصية معينة يضيفها على القماش ليتم إنتاج منسوجات مطلية [5]. وقد ساهم التطور والتقدم في الدراسات والأبحاث إلى نمو هائل في مجالات تطبيق الأقمشة المطلية لأغراض واسعة الاستخدامات، إذ تمتلك الأقمشة المطلية مكاناً مهماً بين المنسوجات التقنية وهي كذلك واحدة من أهم العمليات التكنولوجية في الصناعة الحديثة [6].

تتطلب معالجة الأقمشة باستخدام تقنية الطلاء بأن تكون المعالجة سطحية، أي لا يوجد تغلغل للطلاء للوجه الآخر من القماش، وهذا بدوره يتطلب شروط عمل خاصة للقيام بالمعالجة، أهمها ضبط لزوجة الطلاء، ويجب الأخذ بالحسبان أن تكون اللزوجة مقبولة لكي لا يتمكن الطلاء من العبور بشكل أسرع إلى الجهة الأخرى من القماش.

يوجد بشكل عام مراحل أساسية موجودة في كل طريقة (مد القماش ونثيبته، تثبيت الطلاء، لف القماش)، ويعتمد اختيار طريقة الطلاء بناءً على العوامل الآتية: طبيعة الركيزة، نوع الريزين (الراتنج)، لزوجة الطلاء، الناحية الاقتصادية في العملية [5].

تم في هذا البحث استخدام الطلاء بالسكين. إن هذه الطريقة معروفة بطريقة الطلاء بالانتشار، إذ يتم مد القماش الجاف فوق حامل موضوع تحت أداة تسمى السكين، يتم سكب مواد الطلاء أمام السكين عن طريق أداة سكب أو عن طريق مضخة على عرض القماش ويتم نقله تحت السكين [6]، وذلك للحصول على طبقة من الطلاء متجانسة على كامل سطح القماش.

في هذا البحث يراد الحصول على قماش تقني ناقل للكهرباء، وبالتالي يجب أن يحوي القماش الناقل على سطحه أو ضمنه الكترولونات حرة الحركة تتمكن من نقل التيار الكهربائي عند تحريضه من قبل مولد جهد أو بطارية، فهذا النوع من الأقمشة يطلق عليه النسيج الإلكتروني الذكي [7]،

ويمكن الحصول على هذه الالكترونات من خلال استخدام مواد ناقلة للكهرباء تمتلك بطبيعتها الكترولونات حرة ضمنها بحيث تمنح القماش خاصية الناقلية الكهربائية ومنها (الفضة ، النحاس ، الأكاسيد المعدنية، البوليمرات الناقلة، مركبات الكربون كالغرافيت والغرافين وأنايب الكربون النانوية) [8]، تم في هذه الدراسة استخدام الغرافيت كونه رخيص الثمن ومتوفر في الأسواق وآمن نوعاً ما للتعامل به، ومن الجدير بالذكر أن تشكيل مثل هذه الأنواع من الأقمشة الناقلة لها تطبيقات محتملة عديدة لما تتميز به من مواصفات المرونة للقماش ووزنه الخفيف والتكلفة القليلة لتوظيفه في تطبيقات عديدة، إذ يمكن استخدام الأقمشة الناقلة كهربائياً في حماية الأسطح من التأثيرات الضارة لطاقة التردد اللاسلكية مثل ترددات الموبايل، الترانزستورات، أقمشة المضيفة، أجهزة الاستشعار المختلفة، مكثفات لتخزين الطاقة، الالكترونات المرنة [9].

2- هدف البحث:

يهدف البحث إلى:

1. تحضير طلاء ناقل للكهرباء حاوي على الغرافيت.
2. تطبيق هذا الطلاء بتقنية الطلاء بالسكين على عينات من الأقمشة الممزوجة (قطن 65%، بوليستر 35%) تختلف بعضها عن بعضها الآخر بعدد طبقات الطلاء المطبقة على سطحها.
3. إجراء دراسة تأثير عدد طبقات الطلاء الناقل للكهرباء في قيم الناقلية الكهربائية للأقمشة المعالجة، ومدى تأثيرها على بعض خصائص القماش (الصلابة، التمزق، وزن المتر المربع).

3- مواد وطرق البحث:

3-1- مواصفات القماش المستخدم:

يوضح الجدول (1) مواصفات القماش المستخدم في البحث وهو قماش مجهز مقصور من خامة ممزوج (قطن 65% / بوليستر 35%)، إذ تم اختيار هذا الصنف من القماش بناءً على دراسة أجريت

سابقة على أصناف مختلفة وتبين نتيجة الدراسة أن القماش الممزوج بهذه المواصفات هو الأفضل [10].

الجدول (1) مواصفات القماش

وزن المتر المربع المجهز g/m ²	نمر خيوط Ne	الكثافة خيوط/سم	التركيب النسيجي	نسبة المزج	الخامة
258	السداء (2*30) الحدف (2*30)	36سداء 24حدف	1/2مبرد	65% قطن 35% بوليستر	ممزوج (قطن/بوليستر)

3-2- تحضير الطلاء الناقل:

يتم تحضير الطلاء الناقل لتطبيقه على القماش وذلك بمزج المكونات الأساسية المذكورة في الجدول (2) في جهاز الخلط والمجانسة عند سرعة 8000 دورة بالدقيقة لمدة ثلاث دقائق.

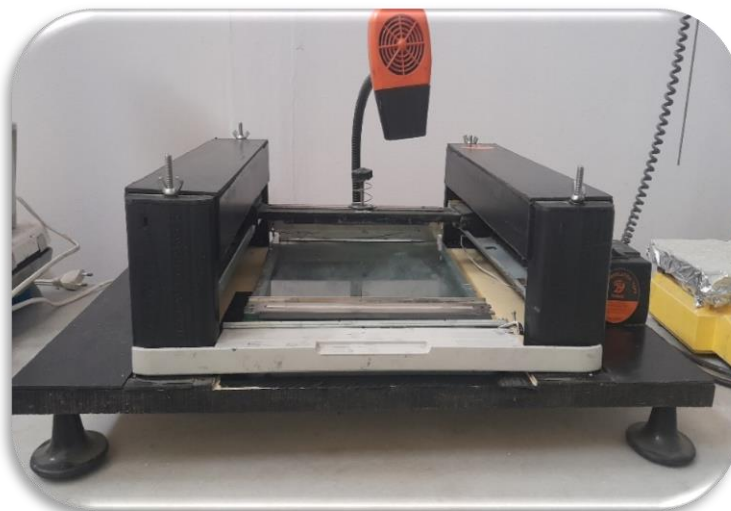
الجدول (2) نسب مكونات الطلاء الناقل

نوع المادة	مادة ناقل (جرافيت)	مشتت المادة الناقلة (ماء مقطر)	مادة مطحنة (ألجينات الصوديوم)	مادة مرطبة (بوريا)	تكمل النسبة إلى 100% بالماء مقطر
النسبة المئوية الوزنية	5%	10%	0.5%	10%	74.50%

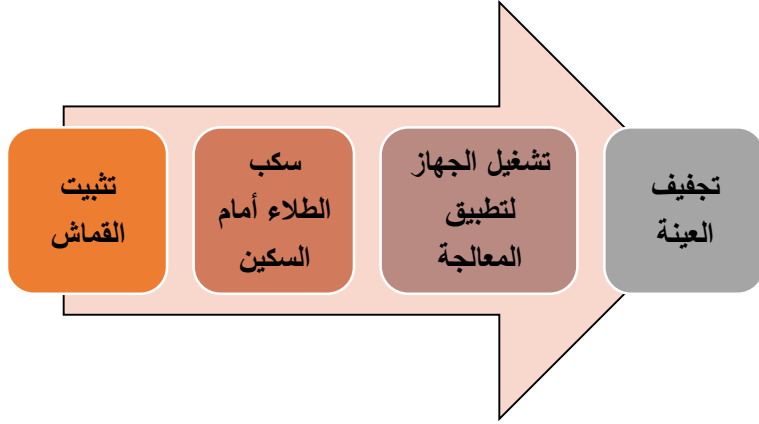
3-3- تطبيق الطلاء على القماش:

يتم في هذه المرحلة تطبيق المعالجة بالطلاء على القماش الممزوج (قطن/ بوليستر)، وذلك باستخدام جهاز الطلاء بالسكين المخبري الموضح في الشكل (1)، والذي يعتمد مبدأه على تثبيت

القماش بين طرفي لوح زجاجي مستوي أملس بواسطة آلية شد خاصة، ومن ثم يتم سكب كمية الطلاء المطلوبة (2ml) على كامل عرض العينة أمام السكين ويتم تشغيل الجهاز لتحريك السكين بأشواط ذهاباً وإياباً على سطح القماش لتوزيع كامل كمية الطلاء وبشكل متجانس، ويكون ذلك عند سرعة (0.2 cm/s) لحركة السكين ويعدد أشواط 8، وتليها مرحلة تجفيف العينات بالهواء الساخن بواسطة أداة التجفيف المثبتة أعلى الجهاز، وبذلك يكون قد تم وضع أول طبقة طلاء على القماش وسوف تتكرر هذه العملية 6 مرات تبعاً لعدد طبقات الطلاء المراد تطبيقها على عينات القماش وهي تتراوح من 2 إلى 6 طبقات، يوضح الشكل (2) تسلسل العملية لوضع طبقة واحدة من الطلاء وتتكرر هذه العملية بحسب عدد طبقات الطلاء المراد تطبيقه على القماش المعالج.



الشكل (1) جهاز الطلاء بالسكين



الشكل (2) مخطط سير عملية الطلاء على القماش

4- الاختبارات:

4-1- اختبار حساب نسبة تغلغل الطلاء ضمن القماش:

تعد عملية حساب نسبة تغلغل الطلاء ضمن القماش ضرورية لمعرفة نسبة الطلاء التي تغلغت ضمن القماش وتلك التي بقيت على السطح، وهذا مؤشر مهم في البحث لأن عملية المعالجة المطبقة على القماش سطحية ويفضل أن يكون الطلاء مطبقاً على السطح من دون أن يتغلغل بشكل كبير لمنع وصوله إلى الوجه الآخر من القماش، وأيضاً لأن قياس الناقلية الكهربائية يكون سطحياً وهذا يتطلب بقاء أكبر قدر ممكن من الطلاء الحاوي على جزيئات المادة الناقلة على سطح القماش ليتمكن الجهاز من قراءتها بشكل صحيح وبالتالي كلما كان التغلغل أقل، كلما كانت الطبقة السطحية ذات ناقلية أعلى.

ويتم حساب نسبة التغلغل بناءً على العلاقة الآتية: [11]

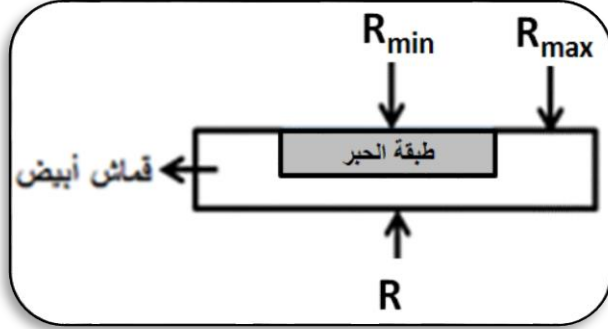
$$p = \frac{R_{\max} - R}{R_{\max} - R_{\min}} * 100 \dots \dots (1)$$

R: معامل الانعكاس على الوجه الخلفي للقماش المطلي.

R_{max} : معامل الانعكاس للقماش غير المطلي

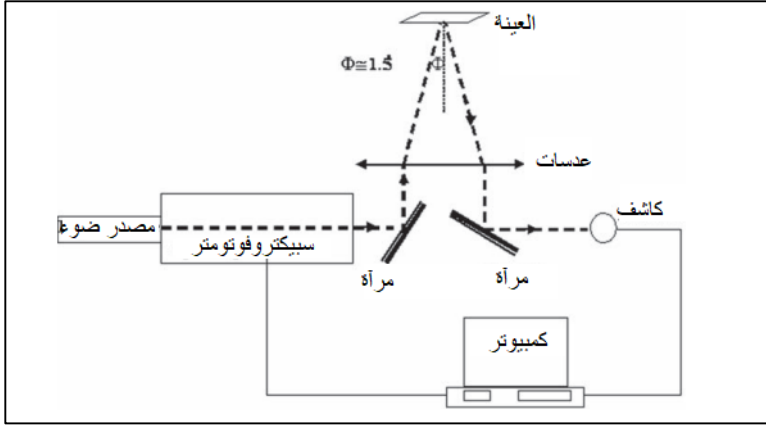
R_{min} : معامل الانعكاس على الوجه الملون (المطلي) للقماش.

والشكل (3) يوضح أماكن قياس الانعكاسية في الأقمشة المطلية



الشكل (3) أماكن قياس الانعكاسية في الأقمشة المطلية

عندما تكون ($R=R_{min}$) فإن كمية الطلاء على الوجه الخلفي تساوي كميتها على الوجه العلوي المطلي، ويكون التغلغل كاملاً ($P=100\%$)، أما عندما تكون ($R=R_{max}$) فذلك يعني أن طبقة الطلاء بقيت على السطح المطلي، ولا يوجد فيه تغلغل، ويبقى الوجه الخلفي أبيض ($P=0$) [11]، وقد تم حساب قيم الانعكاسية الثلاث لكل عينة باستخدام جهاز قياس الانعكاسية الضوئية (سبيكتروفوتومتر) (Triax-550-Jobin Yvon) الموضح في الشكل (4).



الشكل (4) جهاز الانعكاسية الضوئية

4-2- قياس الناقلية الكهربائية باستخدام جهاز المسابر الأربعة:

تم قياس قيم المقاومة الكهربائية باستخدام جهاز المسابر الأربعة وهو من تصنيع شركة (SIGNATURE) كما هو مبين في الشكل (5)، يتألف الجهاز من أربعة مسابر تعمل كمجسات لقياس قيمة المقاومة الكهربائية، إذ يقوم مجسين خارجيين بتقديم تيار للعينة ومجسين داخليين يقومان بقياس قيم الفولط في العينة وعلى أساسها يتم حساب قيمة المقاومة النوعية والناقلية الكهربائية مع الأخذ بالحسبان سماكة العينة وطول وعرض المنطقة المطلية ومسافة القياس للمسابر الأربعة وذلك وفقاً للعلاقات التالية [12]:

$$\rho = G * t * \frac{V}{I} \dots \dots \dots (3)$$

ρ : هي قيمة المقاومة النوعية وتقدر ب ($\Omega \cdot \text{cm}$)

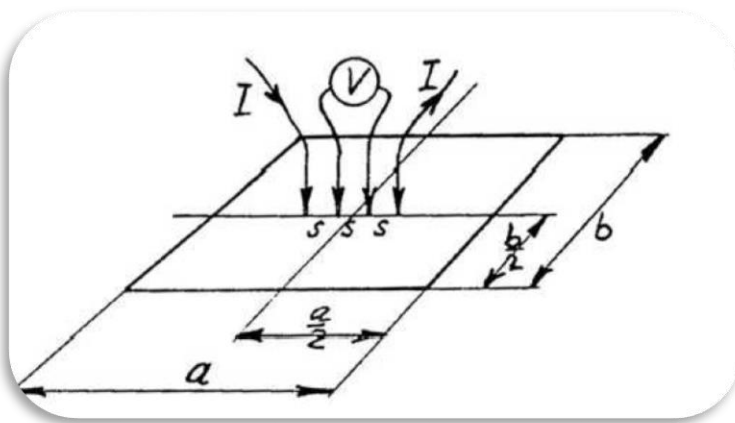
G: قيمة ثابت تؤخذ من الجدول المرفق مع الجهاز وفقاً لطول وعرض العينة ومسافة القياس للمسابر.

V/I: قيمة المقاومة المتوسطة والتي تؤخذ من ميل المستقيم المتشكل من قيم الفولط الناتجة عن شدة التيار المدخلة وتقدر ب Ω .

t: سماكة العينة (سماكة الطلاء الناقلة أو الطبقة الناقلة) تقدر cm.

$$\sigma = 1/\rho \dots \dots \dots (4)$$

σ : قيمة الناقلية الكهربائية تقدر ب $S.cm^{-1}$



الشكل (5) مخطط جهاز المسابر الأربعة

تم أخذ خمس قراءات للعينة بتيارات مختلفة ومن ثم أخذ قيمة متوسطة للمقاومة الناتجة عن قراءات الفولط المقاسة مع الأخذ بعين الاعتبار سماكة الطبقة والمسافة بين المسابر، يشار إلى النتائج في فقرات لاحقة.

3-4- دراسة الانتقالات الالكترونية (حساب المجال المحظور):

يتم الاستفادة من جهاز الانعكاسية الذي تم ذكره في الفقرة (4-1) من أجل حساب قيمة المجال المحظور وذلك لدراسة الانتقالات الالكترونية للعينات الناقلة، ويتم ذلك من خلال أخذ قيم الانعكاسية للعينة عند مجال طيفي بين $(400-700cm^{-1})$ ، إذ أن المجال المحظور يمثل المنطقة الفاصلة بين حزمتي التكافؤ والناقلية، وفيها يتواجد الالكترتون أقل فترة زمنية ممكنة ثم ينتقل الالكترتون من حزمة التكافؤ إلى حزمة الناقلية بعد امتصاصه الطاقة الحركية [13] ويتم ذلك بطريقتين:

أ- الانتقالات الالكترونية المباشرة:

وهي الانتقالات الحاصلة بين أعلى نقطة من حزمة التكافؤ وأخفض نقطة من حزمة الناقلية ويدعى هذا الانتقال بالانتقال المباشر المسموح أما عندما يكون الانتقال من المناطق المجاورة لمنطقة الانتقال المباشر المسموح عندها يعرف هذا الانتقال بالانتقال المباشر الممنوع ويمكن حساب معامل الامتصاصية α بالعلاقة الآتية:

$$\alpha hv = A1(hv - Eg)^r \dots\dots(5)$$

حيث أن:

A1: ثابت يعتمد على خصائص حزمتي التكافؤ والناقلية

hv: طاقة الفوتون الممتص.

Eg: طاقة المجال المحظور.

r: فإن قيمته تعتمد على طبيعة الانتقالات، في حال الانتقال المباشر المسموح تكون قيمته (1/2) وفي حال الانتقال المباشر الممنوع تكون قيمة الأس مساوية (2/3) [13,14].

ب- الانتقالات الالكترونية غير المباشرة:

تكون الانتقالات من قمة حزمة التكافؤ وقعر حزمة الناقلية في مناطق مختلفة من الفضاء المدروس، يوجد نوعان من الانتقالات غير المباشرة، ففي حالة الانتقال من أعلى نقطة في حزمة التكافؤ إلى أخفض نقطة من حزمة الناقلية الموجودة في مناطق مختلفة من الفضاء المدروس، يكون الانتقال غير المباشر مسموحاً، أما عندما يكون في الانتقال من المناطق المجاورة لأعلى نقطة من حزمة التكافؤ إلى المناطق المجاورة لأخفض نقطة من حزمة الناقلية فعندها يكون الانتقال غير المباشر ممنوعاً، ويمكن حساب معامل الامتصاص α لها بالمعادلة التالية:

$$\alpha hv = B(hv - Eg \pm Eph)^r \dots\dots(6)$$

حيث أن:

B: ثابت يعتمد على درجة الحرارة إضافة إلى خصائص حزمتي التكافؤ والناقلية، ويعبر عن احتمالية الانتقال.

E_{ph} : طاقة الفوتون المساعد بحيث تؤخذ إشارة + عند امتصاص الفوتون، وإشارة - عند انبعائه.

r: قيمة تساوي 2 في حالة الانتقال غير المباشر المسموح، وتساوي 3 في حال الانتقال غير المباشر الممنوع

تم حساب المجال المحظور في هذه الدراسة من أجل الانتقالات المباشرة المسموحة، عن طريق رسم علاقة بين تغيرات $((\alpha h\nu)^2 (m. eV^2))$ بدلالة $((h\nu)(eV))$ ، سيتم تمديد الجزء الخطي للمنحنى فتكون نقطة تقاطع مع المحور $(h\nu)$ هي قيمة المجال المحظور للانتقالات الالكترونية الأساسية بين حزمة التكافؤ والناقلية (eV) ، إذ أن h هو ثابت بلانك $(h=6.26*10^{-34} J.sec)$ [13,14]

فبالنسبة للمعامل الامتصاص α كون العينات المدروسة معتمة وانعكاسيتها عالية فكان من الصعب حساب النفوذية لها لكي نحسب معامل الامتصاص من خلال علاقة النفوذية، لذلك توجد علاقة ثنائية تحسب من خلالها معامل الامتصاص كالتالي [15]:

$$\alpha \approx F(R) = \frac{(1-R)^2}{2R} = \frac{K}{S} \dots \dots (7)$$

حيث أن :

R : قيمة الانعكاسية للعينه في الوجه المطلي.

K/s : تعبر عن نسبة قوة اللون.

4-4- حساب نسبة تحميل الطلاء على القماش:

يتم في هذا الاختبار حساب نسبة التحميل الجاف للطلاء على القماش ويكون ذلك من خلال وزن العينة قبل تطبيق الطلاء وبعده بمساحة محددة، ومن ثم تطبيق العلاقة (8) نسبة التحميل

$$\text{الجاف} = \frac{\text{وزن العينة قبل التحميل} - \text{وزن العينة بعد التحميل}}{\text{وزن العينة قبل التحميل}} \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

4-5- اختبار قوة التمزق:

تم إجراء اختبار قوة التمزق للعينات لقياس متانة القماش بعد المعالجة من أجل دراسة مدى تأثير المعالجة المطبقة على متانة التمزق للعينات، إذ تم ذلك باستخدام جهاز اختبار قوة التمزق (Elmendorf test) المكون من فكين أحدهما ثابت والآخر متحرك حيث يتم تحضير عينات بأبعاد (100*75 cm) وعمل شق في العينة بمقدار 2cm ثم يوضع طرفا العينة الممزقة بين فكي الجهاز، ومن ثم تحرير نواس مثبت عليه قرص ثقل محدد ليقوم بتمزيق العينة وقد أنه تم إجراء الاختبار لثلاث قراءات لكل عينة حسب المواصفة القياسية (ASTM D5587-15(2019). [16]

4-6- اختبار الصلابة:

يتم إجراء اختبار الصلابة على العينات المعالجة لملاحظة مدى تأثير المعالجة على صلابة ومقاومة الانحناء لعينة القماش، يقوم مبدأ هذا الاختبار على قدرة القماش على تشكيل دعامة كابول (دعامة مثبتة من طرف واحد) قبل أن ينحني تحت تأثير وزنه، يتم إجراء الاختبار وفق المواصفة القياسية الأمريكية (ASTM D1388-2002)، تم إجراء الاختبار بناءً على الخطوات الآتية: [13]

- 1- يتم تحضير ثلاث عينات من كل عينة معالجة لإجراء ثلاث قراءات لكل عينة وكانت كل عينة بعرض (2.5cm) وبطول (20cm)
- 2- توضع كل عينة على مستوي أفقي بحيث يتطابق حرف عينة الاختبار مع حافة المستوي الأفقي، ثم توضع مسطرة مدرجة فوق عينة الاختبار كما في الشكل (6)

- 3- يتم دفع المسطرة للأمام وتتدفع معها للعينة، ويتم الاستمرار بالدفع حتى يلتقي حرف العينة مع الخط المائل بزاوية (41.5°) ثم تسجل قراءة المسطرة بعد فترة زمنية تتراوح بين (6) إلى (8) ثواني، وبعد قراءة المسطرة هي طول الثني للعينة
- 4- يحسب صلابة القماش بتطبيق العلاقة الآتية: [17]

$$G = K * C^3 * W \dots\dots (9)$$

G: صلابة القماش (g.m).

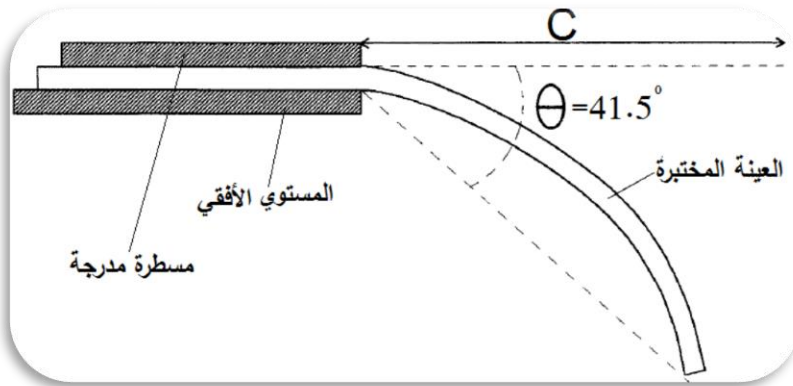
C: طول الثني (m)

W: وزن المتر المربع (g/m^2) .

K: ثابت، حيث أنه يحسب من العلاقة:

$$K = \frac{\cos \frac{1}{2} \theta}{8 \tan \theta} \dots\dots (10)$$

θ : زاوية الانحناء.



الشكل (6) اختبار الصلابة

5- النتائج ومناقشتها:

5-1 نتائج حساب نسبة التغلغل:

يوضح الجدول (4) قيم نسبة التغلغل للعينات المعالجة، إذ تم حساب الانعكاسية لكل عينة على ثلاثة أوجه للقماش (الوجه الخلفي للقماش المطبوع (R)، الوجه المطلي للقماش (Rmin)، والوجه الأبيض غير المطلي (Rmax)، ومن ثم تم أخذ قيمة الانعكاسية لكل وجه من القماش وتطبيقه في العلاقة (1).

الجدول (3) نتائج حساب نسبة التغلغل

رقم العينة	اسم العينة حسب عدد طبقات	Rmin	Rmax	R	P%
1	2	0.00411	0.01019	0.00885	22%
2	3	0.00415	0.01019	0.00858	26%
3	4	0.00189	0.01019	0.00839	21%
4	5	0.00187	0.01019	0.00872	17.6%
5	6	0.00165	0.01019	0.00906	13.2%

يلاحظ من الجدول (3) أنه مع ازدياد عدد الطبقات ازدادت نسبة تغلغل إلى حد معين وبعدها بدأت بالانخفاض، وهذا يفسر بأنه مع ازدياد طبقات الجرافيت شكلت طبقة كثيفة على سطح القماش وبالتالي لن يمتص القماش الطبقات المطلية بعدها وهذا بدوره قلل من نسبة تغلغل الطلاء ضمن القماش وتشكيل تراكم للطبقات على السطح وبالتالي كثافة أعلى للمادة الناقلة على السطح وهذه النتيجة جيدة بالنسبة للخاصية المطلوبة لأن المعالجة سطحية (التطبيق سطحي للطلاء) وبالتالي الناقلة الكهربائية.

5-2- نتائج قياس الناقلية الكهربائية:

الجدول (4) نتائج قياس الناقلية الكهربائية للعينات

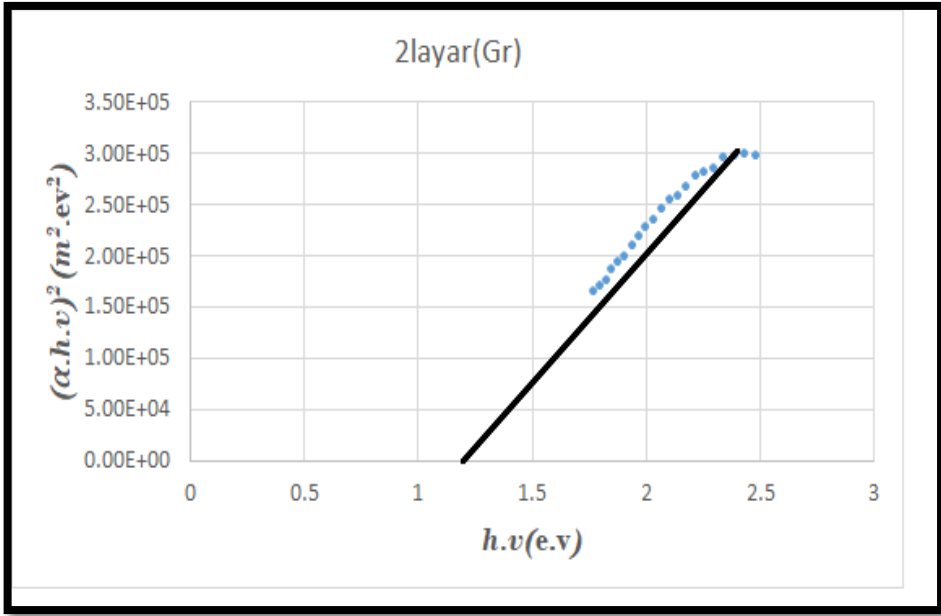
عدد الطبقات	المقاومة الكهربائية $R \times 10^6$ (Ω)	سماكة الطلاء ضمن العينة t (cm)	معامل التصحيح G	المقاومة النوعية $P \times 10^{+3}$ ($\Omega \cdot \text{cm}$)	الناقلية الكهربائية $\sigma \times 10^{-3}$ ($\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
2	40	0.0103 6	3.2721	1.35600	0.737
3	30	0.0124 7	3.2721	1.22400	0.817
4	4	0.01298	3.2721	0.16990	5.89
5	2	0.01368	3.2721	0.08985	11.2
6	1	0.0140 1	3.2721	0.04586	21.8

تبين النتائج الموضحة في الجدول (4) أن مع زيادة طبقات الطلاء على سطح القماش أدى إلى زيادة الناقلية الكهربائية، وهذا مطابق لنتيجة حساب نسبة تغلغل، إذ تبين أن زيادة عدد الطبقات أدت إلى تراكم طبقات الطلاء على السطح، وبالتالي زيادة كثافة المادة الناقلة على السطح وبدوره يزيد الناقلية الكهربائية، لأن الناقلية المقاسة هي ناقلية سطحية لسطح القماش، فكلما ازدادت الطبقة الناقلة على السطح كلما ازدادت الناقلية الكهربائية للعينات.

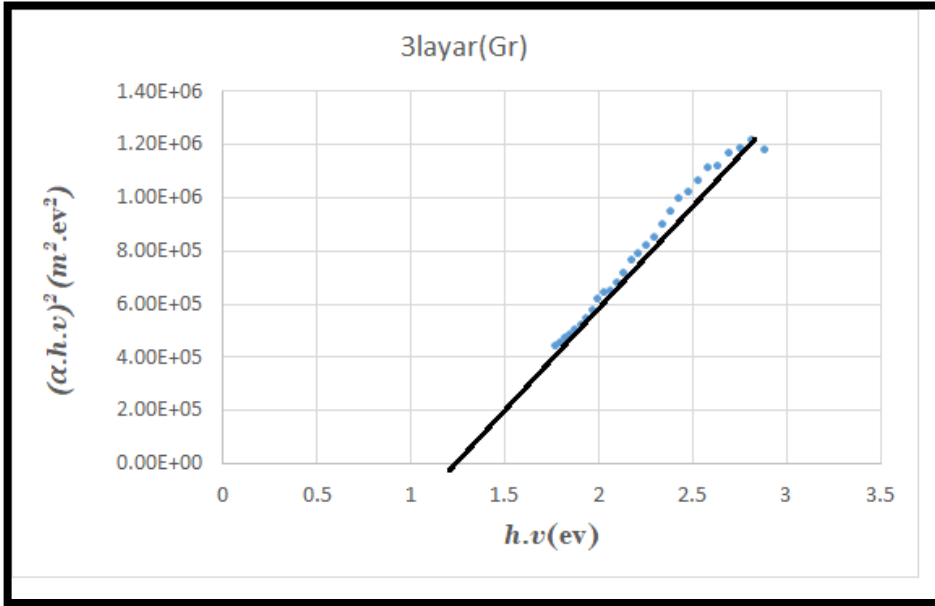
5-3- نتائج دراسة الانتقالات الالكترونية (حساب المجال المحظور):

توضح الاشكال (7-a, 7-b, 7-c, 7-d, 7-e) مخططات الانتقالات الالكترونية للعينات المعالجة وكيفية حساب قيمة المجال المحظور لكل عينة إذ تم رسم مخطط يوضح العلاقة بين تغيرات

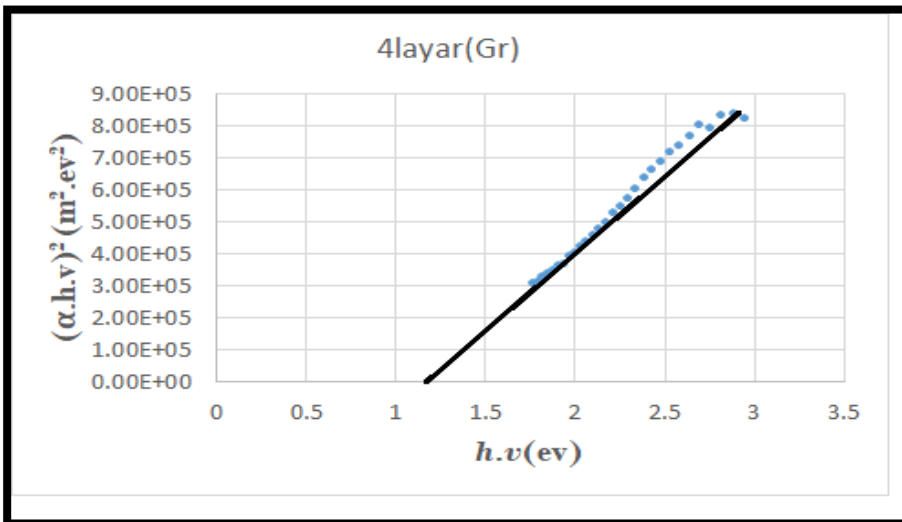
$((\alpha h\nu)^2 (m \cdot eV^2))$ بدلالة $((h\nu)(eV))$ ، من ثم تم تمديد الجزء الخطي للمنحني فتكون نقطة تقاطع مع المحور $(h\nu)$ هي قيمة المجال المحظور للانتقالات الالكترونية الأساسية بين حزمة التكافؤ والناقلية حيث تم رسم المماس باستخدام برنامج Orgiin.



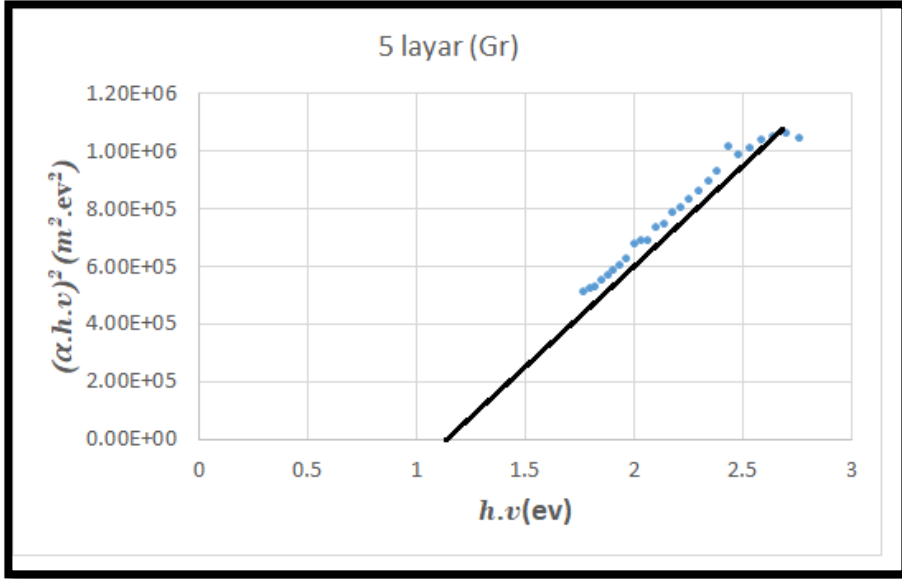
الشكل (7-a) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بطبقتين



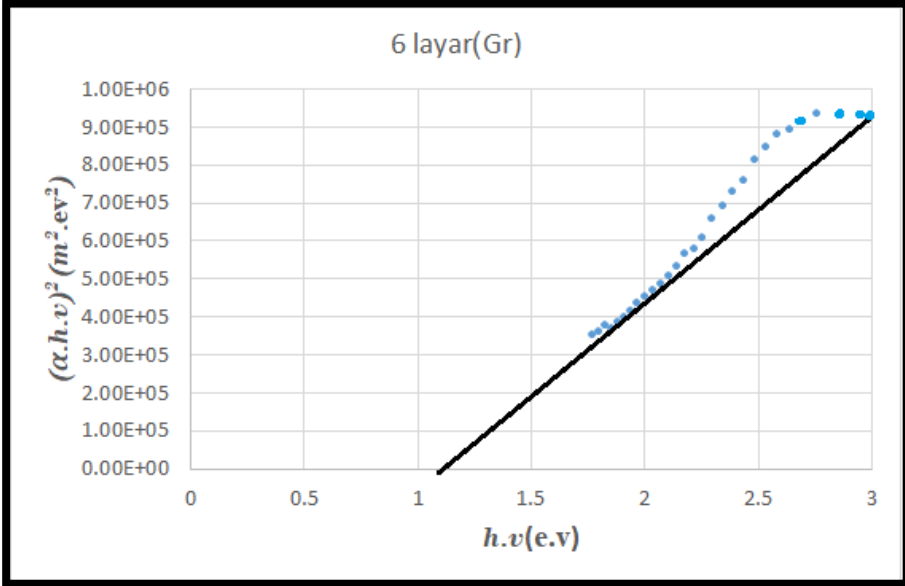
الشكل (7-b) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بثلاث طبقات



الشكل (7-c) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بأربع طبقات



الشكل (7-d) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بخمس طبقات



الشكل (7-e) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بست طبقات

يتبين من خلال المخططات السابقة وبعد رسم مماس لكل مخطط يتقاطع مع المحور الأفقي قيم المجال المحظور لكل عينة كما في الجدول (5)، وكانت قيمة المجال الأصغر عند العينة ذات الست طبقات من الجرافيت وقيمتها (1.08e.v) وهذا يتطابق قيمة الناقلية لهذه العينة لأنه كلما ازدادت الناقلية انخفضت قيمة المجال المحظور.

الجدول (5) قيم المجال المحظور للعينات المعالجة

العينة	طبقتين	ثلاث طبقات	أربع طبقات	خمس طبقات	ست طبقات
قيمة المجال المحظور (e.v)	1.2	1.2	1.14	1.1	1.08

4-5- نتائج حساب نسبة التحميل:

يوضح الجدول (6) نتائج حساب نسبة التحميل الجاف للطلاء على العينات (القطن والممزوج)

لجدول (6) نتائج حساب نسبة تحميل الجاف للطلاء على العينات المعالجة

العينة	وزن العينة بعد التحميل (g)	وزن العينة قبل التحميل (g)	نسبة التحميل %
طبقتين	0.296	0.251	18%
ثلاث طبقات	0.306	0.251	20%
أربع طبقات	0.328	0.251	31%
خمس طبقات	0.336	0.251	33%
ست طبقات	0.35	0.251	40%

لوحظ من خلال نتائج المبينة في الجدول (6) أن مع زيادة عدد الطبقات زادت نسبة تحميل الطلاء على السطح وهذا الشيء منطقي لأن ازدياد كمية الطلاء المطبقة وبالتالي ازدياد وزن العينة بعد التحميل.

5-5- نتائج اختبار الصلابة:

يبين الجدول نتائج اختبار الصلابة للعينات المعالجة ومقارنتها مع العينة المرجعية (غير المعالجة) حيث تم أخذ إجراء الاختبار لكل عينة معالجة ثلاث مرات وحساب طول النثي ومن ثم إيجاد متوسط طول النثي للقراءات الثلاثة وتطبيقها في علاقة معامل الصلابة.

الجدول (7) نتائج اختبار الصلابة

معامل الصلابة G(g.m)	وزن المتر المربع	K	متوسط طول الثني (m)	العينة
0.0009	251	0.1328	0.03	المرجعية
0.0201	296	0.1328	0.08	طبقتين جرافيت
0.0348	306	0.1328	0.095	ثلاث طبقات جرافيت
0.0504	328	0.1328	0.105	أربع طبقات جرافيت
0.0577	336	0.1328	0.109	خمس طبقات جرافيت
0.067	350	0.1328	0.113	ست طبقات جرافيت

لوحظ من خلال نتائج هذا الاختبار أن مع ازدياد عدد الطبقات ازدادت صلابة العينات المعالجة وذلك بسبب زيادة وزن المتر المربع للعينات مع زيادة الطبقات، وهذا بدوره يؤثر على قيمة معامل الصلابة لأنه يتأثر بقيمة وزن المتر المربع للعينة.

5-6- نتائج اختبار قوة التمزق:

يبين الجدول (8) نتائج اختبار قوة التمزق للعينات المعالجة ومقارنتها مع العينة المرجعية غير المعالجة، إذ تم إجراء ثلاث قراءات لكل عينة على جهاز قوة التمزق وحساب المتوسط لقوة التمزق.

الجدول (8) نتائج اختبار قوة التمزق

قيمة الانحراف المعياري	متوسط قوة التمزق N	العينة
0.015	10.01	المرجعية (غير معالجة)
0.4	10.5	طبقتين جرافيت

0.2	11.79	3طبقات جرافيت
0.4	12.53	4طبقات جرافيت
0.2	12.8	5طبقات جرافيت
0.16	13.04	6طبقات جرافيت

يبين من خلال نتائج الجدول (8) أن عملية المعالجة المطبقة مع زيادة طبقات الطلاء زادت من قوة تمزق العينة المعالجة مقارنة مع العينة المرجعية، وهذا بدوره يوضح أن هذه المعالجة لم تؤثر سلباً على قوة تمزق العينات، بل بالعكس ازدادت ويمكن أن يعزى ذلك إلى أن طبقات الطلاء المطبقة زادت من ترابط والتصاق الألياف مع بعضها مما زاد من قوة التمزق.

6- الاستنتاجات:

يمكن الاستنتاج من خلال هذا البحث ما يلي:

- ✓ زيادة عدد طبقات الطلاء الناقل على القماش ممزوج (قطن/بوليستر) أدى إلى زيادة الناقلية الكهربائية للعينات المعالجة
- ✓ بالإضافة إلى تأثير إيجابي من ناحية التغلغل، إذ انخفض تغلغل الطلاء ضمن القماش وذلك عند الوصول إلى ثالث طبقة طلاء عندها شكلت طبقة كثيفة على سطح القماش، وأصبحت الطبقات بعدها تتراكم فوق بعضها البعض من دون تغلغل ضمن بنية القماش، حيث تم التوصل إلى نسبة تغلغل عند ست طبقات (13.2%)، وبالتالي تواجد كثيف للمادة الناقلة على السطح وهذا بدوره أدى إلى زيادة الناقلية الكهربائية وصولاً إلى قيمة ناقلية لعينة الست طبقات $(21.8 \times 10^{-3} \text{ S/cm})$.
- ✓ عند دراسة الانتقالات الالكترونية لحساب المجال المحطور للعينات المعالجة تبين النتائج أن قيم المجال المحطور مطابقة لقيم الناقلية الكهربائية إذ لوحظ انخفاض قيمة المجال المحطور مع زيادة الناقلية الكهربائية فكانت قيمة المجال المحطور للعينة ذات الست طبقات وذات الناقلية الكهربائية الأعلى هي (1.08).
- ✓ عند حساب نسبة التحميل فكانت 40% من وزن القماش.

- ✓ لوحظ أيضاً أن عملية زيادة عدد طبقات القماش لم تؤثر سلباً على قوة تمزق العينات مقارنة بالعينة المرجعية غير المعالجة بل ازدادت قوة التمزق للعينات المعالجة.
- ✓ زادت المعالجة من صلابة القماش عند إجراء اختبار الصلابة،
- ✓ من خلال نتائج هذا البحث تبين أن تطبيق عدد من طبقات الطلاء على سطح القماش كانت مجدية وأعطت نتائج جيدة ولم تؤثر على بعض مواصفات القماش، وبالتالي يمكن اعتمادها لتشكيل قماش تقني ناقل للكهرباء بمواصفات جيدة من ناحية الناقلية والتغلغل وقوة تمزق وصلابة العينات
- ✓ توظيفها في تطبيقات عدة تم ذكرها في مقدمة البحث (تطبيقات الحماية، التدريع المغناطيسي، تشكيل مستشعرات مرنة، تطبيقات الخلايا الشمسية).

7-المقترحات:

هناك تطلع في المستقبل إلى إجراء دراسات واسعة تشمل تغيير نوع المادة الناقلة المعالج بها القماش لدراسة مدى تأثيرها على القماش، وأيضاً إجراء اختبارات توصيفية أخرى للعينات (مثل صور مجهر المسح الالكتروني لتوضيح كيفية توزيع الطلاء على السطح، اختبار قوة الشد، اختبار التدريع المغناطيسي (لتوظيف القماش الناقل))، ومن الممكن دراسة تأثير نوع المادة الأولية من خلال تغيير نسب المزج للألياف، وأيضاً من الممكن من خلال نتيجة هذا البحث إيجاد تطبيق للقماش المعالج وتشكيل منتج ذكي منه (كالمستشعرات المرنة).

رقم المرجع	المراجع العلمية
1	Weng, W., Chen, P., He, S., Sun, X., & Peng, H. (2016). <u>Smart electronic textiles</u> . <i>Angewandte Chemie International Edition</i> , 55(21), 6140-6169.
2	Shabitadanur, N, &Sear, W (1995). <u>Handbook of industrial textile's</u> technomic, Lancater PA(USA)
3	Zhu, Hovgli,etal. (2014) Lightweight, <u>conductive hollow fibers from nature as sustainable electrode materials for microbial energy harvesting</u> . <i>Nano Energy</i> , 10,268-276
4	Skrifvars, M., Rehnby, W., & Gustafsson, M. (2008). <u>Coating of textile fabrics with conductive polymers for smart textile applications</u> . In <i>Ambience 08, Borås, Sweden, June 2-3, 2008</i> .
5	Sen, A. K. (2001). <u>Coated textiles: principles and applications</u> . By Technomic Publishing Company
6	Fung, W. (2002). <u>Coated and laminated textiles (Vol. 23)</u> . Woodhead Publishing
7	Sharouf. H,2022- <u>Studying the Use of Nanofinishing to Give Fabrics Electrical Conductivity and Anti-UV Properties</u> . A Thesis Submitted for The Ph.D. in Spinning and Textile Engineering (Textile Engineering and Its Treatment). Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Homs University. .(in Arabic)
8	Sahito, A, Khatri, A, Ahmed, Afzel, A. (2017). <u>Smart and electronic textiles</u> advanced Techniques (PP295-314)
9	Palamutcu, S., Ahmet, Ö. Z. E. K., Karpuz, C., & Nermin, D. A. Ğ. (2010). <u>Electrically conductive textile surfaces and their electromagnetic shielding efficiency measurement</u> . <i>Textile and Apparel</i> , 20(3), 199-207
10	AlAtrash. N, Tuhmaz. Gh, Saffour.Z,2024- <u>Coating Technology Treatment to Obtain a Technical Electrically Conductive Fabric</u> . Homs university journal publication.(in Arabic)

11	Saffour.z ,2017-<u>printing technology. Theoretical part.</u> Homs University publication. .(in Arabic)
12	Neama.M,2016- <u>preparation of polypyrrole sensor by ultrasonic spraying.</u> A Thesis Submitted for The master in physics (polymer science and technology). Higher institute of applied sciences and technology. (in Arabic).
13	Salamon, R, 2021- <u>The Development of Types of Textile to be used in The Production of Solar Cells.</u> A Thesis Submitted For The Ph.D. in Spinning and Textile Engineering (Textile Engineering and ItsTreatment). Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Al- Baath University, (in Arabic).
14	Khitam Kanjarawi And Ahmad Sulieman, (2014) <u>Studding Of The Optical Characteristics Of Sno2 Thin Films, And Calculating The Energy Gap For The Electronic Transfers.</u> Tishreen University Journal For Research And Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (5) 4102
15	Kortum,G.(1969). <u>Experimental Testing of the"Kubelka-Munk" theory.In Refelactance Spectroscopy</u> (pp.170-216).springer,Berlin Heidelberg.
16	ASTMD5587-15(2019), Standrad Test Method for Tearing Strendgth of Fabrics By Trapezoid Procedure. https://webstore.ansi.org/standards/astm/astm5587152019
17	B P Saville,(1999) <u>Physical Testing Of Textiles:</u> Chapter10: Objective Evaluation Of Fabric Handle, Woodhead Publishing Limited, [8-5]

دراسة كفاءة قشر الفستق الحلبى كمختر طبيعى في معالجة المياه

إعداد: المهندس هدى هاشم العلي

كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية - قسم الهندسة الكيميائية

إشراف: د. محمد أسعد¹

كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية - قسم الهندسة الكيميائية

ملخص:

وُجد أن معالجة المياه العكرة عن طريق التبختر والتلبد هي الطريقة الأكثر انتشاراً وفعالية من حيث التكلفة. على مر السنين، تم تطبيق التبختر الكيميائي على نطاق واسع لتعزيز عملية المعالجة. إلا إن استخدام مواد التبختر الكيميائية يظهر العديد من العيوب، مثل تشكل الحمأة الضخمة وكونها غير قابلة للتحلل الحيوي وكذلك المركبات السامة للحياة المائية. نظراً للمخاوف العالمية بشأن الآثار الضارة، فإن استخدام مواد التبختر الطبيعية يعتبر حلاً واعداً وصديقاً للبيئة. لذا تناول البحث دراسة كفاءة استخدام قشور الفستق الحلبى كمختر طبيعى للحد من عكارة المياه الخام وتحسين جودة مياه الشرب. تم تنظيف قشور الفستق الحلبى مسبقاً وغسلها بماء الصنبور وتجفيفها وطحنها وغربلتها بدقة، ثم تم معالجة المسحوق باستخدام مذيبات مختلفة مثل: (هيدروكسيد الصوديوم - كلوريد الصوديوم - حمض كلور الماء - الماء المقطر) بتركيز مختلفة لاستخراج المكونات الفعالة من قشور الفستق الحلبى للوصول إلى أفضل معالجة في عمليات تقليل عكارة الماء. وأجريت سلسلة من التجارب باستخدام جهاز اختبار جرة المختر/ جار تيس (Jar Test) لتقييم إداء مادة التبختر المستخرجة من مخترات طبيعية نباتية ومقارنة فعاليتها مع الشبّة اعتماداً على نسبة إزالة العكارة. ودراسة تأثير جرعة المختر على كل من العكارة ودرجة الحموضة. أظهرت النتائج أن استخدام مواد التبختر التي تم الحصول عليها من خلال معالجتها بالمذيبات كان فعالاً في إزالة العكارة بالمقارنة مع الشبّة بنسب إزالة وصلت إلى

(99%)، كما عمل المخثر الطبيعي على تكوين ندف واضحة، كبيرة الحجم وسهلة الترسب خلال مدة خمس الدقائق الأولى من عملية المزج البطيء.

الكلمات المفتاحية: التخثير، العكارة، قشور الفستق الحلبي، جهاز اختبار جرعة المخثر، معالجة المياه.

Study of the Efficiency of Pistachio Shells as a Natural Coagulant in Water Treatment

Abstract:

through coagulation and It has been found that treating turbid water effective method. Over the –flocculation is the most widespread and cost years, chemical coagulation has been widely applied to enhance the treatment process. However, the use of chemical coagulants presents –s the formation of large sludge volumes, nonseveral drawbacks, such a biodegradability, and the presence of toxic compounds harmful to aquatic life. Given global concerns about these adverse effects, the use of natural coagulants is considered a promising and environmentally dly solution. This research focuses on studying the efficiency of frien using pistachio shells as a natural coagulant to reduce turbidity in raw –water and improve drinking water quality. The pistachio shells were pre and carefully sieved. The ،cleaned, washed with tap water, dried, ground resulting powder was treated with various solvents (sodium hydroxide, sodium chloride, hydrochloric acid, and distilled water) at different concentrations to extract the active components from the pistachio shells eatment in reducing water turbidity. A series of experiments for optimal tr

were conducted using the Jar Test apparatus to evaluate the performance of the coagulant extracted from natural plant coagulants and compare its effectiveness with aluminum sulfate based on turbidity removal rates. The impact of coagulant dosage on both turbidity and pH levels was also studied. The results showed that the coagulants obtained through solvent treatment were effective in removing turbidity compared to aluminum sulfate, achieving removal rates of up to 99%. The natural coagulant also facilitated the formation of clear, large flocs that settled easily within the first five minutes of slow mixing.

Keywords: Coagulation, turbidity, pistachio shells, jar test, water treatment.

1- المقدمة:

لا يقتصر دور المياه على كونها ضرورية للحياة، بل يتعدى ذلك ليشمل مختلف جوانب حياتنا، من الزراعة والصناعة إلى النظافة والصحة. فبدون الماء، لا يمكننا تخيل وجود حضارات أو تقدم بشري. ولطالما ارتبطت المياه بأهمية قصوى للإنسان، فهي مصدر للحياة ورمز للازدهار. حيث تشير تقديرات منظمة الصحة العالمية إلى أن حوالي (80%) من جميع الأمراض والأوبئة في العالم ترجع إلى عدم كفاية الصرف الصحي أو المياه الملوثة أو عدم توفر المياه [1، 2]. كما أفادت منظمة الصحة العالمية أن حوالي ملياري شخص في جميع أنحاء العالم يستخدمون مصادر مياه الشرب الملوثة، ويظهر تقدير منظمة الصحة العالمية أيضاً أن أربعة ملايين طفل يموتون في البلدان النامية كل عام بسبب الأمراض المنقولة عن طريق المياه [1]. لذا فإن نقص المياه عالية الجودة هو أخطر المخاوف البيئية التي تواجهها البلدان النامية. لذلك

تسعى معظم مناطق العالم لتحقيق الهدف المتعلق بجودة مياه الشرب [3]. العكارة هي غيوم أو ضبابية السائل الناجمة عن أعداد كبيرة من الجسيمات العالقة غير المرئية بشكل عام للعين المجردة مثل الطين والطيني، والرواسب الكيميائية مثل المنغنيز والحديد، والجزيئات العضوية مثل النفايات البشرية، وبقايا النباتات، والكائنات الحية، على غرار الدخان في الهواء. ففي المسطحات المائية مثل البحيرات والأنهار والخزانات، يمكن لمستويات العكارة العالية أن يؤثر على صحة الإنسان، وأن تقلل من كمية الضوء التي تصل إلى العمق الأدنى للنباتات المائية المغمورة. كما أنه يؤثر على قدرة الأسماك على امتصاص DO (الأكسجين المنحل) [4].

لذلك يعد الحد من العكارة خطوة أساسية في عمليات معالجة المياه سواءً لمحطات المعالجة واسعة النطاق أو المجتمعات الصغيرة أو الأسر. وخاصة في البلدان النامية في المناطق الريفية التي تفتقر إلى أنظمة معالجة المياه والتي تعتمد بشكل كبير على مصادر المياه الملوثة، مثل الأنهار وإمدادات المياه المجتمعية الصغيرة والسدود الصغيرة والبرك والآبار التقليدية [5]. تعتبر عمليات التخثر والتلبد هي الأكثر استخداماً على نطاق واسع لمعالجة مياه الصرف الصحي ومياه الشرب، حيث يتميز التخثر بأنه عملية سريعة، تعتمد على خصائص الماء مثل درجة الحموضة، والمزج، وكمية الجزيئات الذائبة والمعلقة، وتتضمن إضافة مادة كيميائية أو طبيعية تسمى المخثر، والتي تتمثل وظيفتها في زعزعة استقرار المادة المعلقة والغروانية والمذابة [6].

لسنوات عديدة، كان للمخثرات الكيميائية مثل كبريتات الألمنيوم (الشبة) والبولي المنيوم، أو البوليمرات العضوية الاصطناعية، مثل: مشتقات أميد البولي أكريل، فعالية جيدة في إزالة العكارة والملوثات، ولكنها باهظة الثمن وغير متوفرة بسهولة. حيث تتمثل القيود الرئيسية في استخدامها في حساسيتها العالية تجاه قيمة الرقم الهيدروجيني للمياه، وإدخال الملوثات الثانوية في مياه الشرب، مثل: آثار التخثر البوليميري الاصطناعي السام، أو أيونات الحديد والألمنيوم المتبقية. حيث وجد الباحثون علاقة بين مرض الزهايمر وأيونات الألمنيوم المتبقية في المياه المعالجة، كما أن الحمأة الناتجة عن استخدام هذه المخثرات لها تأثيرات بيئية مختلفة، حيث يصعب إعادة تدويرها بسبب عدم التحلل البيولوجي للبوليمرات الاصطناعية، بالإضافة إلى التلوث البيئي بسبب

التخلص غير السليم لها [7,8].

في ظل مواجهة التحديات السلبية لاستخدام المخثرات الكيميائية، اهتم الباحثون بالمخثرات الحيوية النباتية كبديل للمخثرات الكيميائية لأنها قابلة للتحلل الحيوي وغير سامة وبالتالي أكثر أماناً على البيئة والإنسان.

حيث وجد Mekayla أن مستخلص بذور القطن حقق كفاءة إزالة مماثلة لمواد التخثر التقليدية، مع ميزة كونه بديلاً طبيعياً ومنخفض التكلفة، فقد تبين إنه يقلل العكارة بنسبة 90% بغض النظر عن العكارة الأولية [9].

كما درس Saravanan استخدام مواد التخثر الطبيعية في معالجة مياه الصرف الصحي ووجد أنه يمكن استخدام مواد التخثر النباتية في عملية التخثر والتلبد لمعالجة مياه الصرف الصحي [10].

وبين Mohammed أن استخدام مسحوق أكواز الصنوبر كمادة تخثر طبيعية لإزالة تراكيز الطلب على الأكسجين الكيميائي (COD) (قيمة الاوكسجين المنحل)، ومجموع المواد الصلبة العالقة (TSS)، والأمونيا والنيتروجين ($N-NH_3$) من مياه الصرف الصناعي قد حقق إزالة وصلت إلى 83.3% و 99% و 83.9% على التوالي عند الرقم الهيدروجيني (8) وباستخدام جرعة تخثر (3) غ / لتر [11].

وبحسب دراسة الباحثين Dehghani and Alizadeh ، أبدت الخلاصة المائية لبذور المورينغا *M.oleifera* فعالية في تخفيض كل من : قيم ال COD ، والعكارة، والمواد الصلبة العالقة TSS بنسب % (38.6-63.7-62) على التوالي [12].

تُقدم المخثرات الطبيعية بديلاً واعداً لمعالجة المياه، فهي فعالة وصديقة للبيئة وأمنة على صحة الإنسان. مع استمرار البحث والتطوير، يمكن أن تُصبح هذه التقنيات الطبيعية جزءاً لا غنى عنه من استراتيجيات معالجة المياه في المستقبل.

2-هدف البحث:

تأتي أهمية البحث في كونه يهدف لتقييم كفاءة منتج طبيعي قابل للتحلل الحيوي يستخدم كمخثر طبيعي في عملية معالجة المياه الخام. حيث تم استخدام قشور الفستق الحلبي، والتي تتوفر بكثرة

في سوريا. وتم إجراء سلسلة من التجارب باستخدام (Jar-Test) على عينات من مياه اصطناعية بعبارة محددة. لتحقيق ما يلي:

1. أمثلة معالجة وتحضير مخثر طبيعي قابل للتحلل الحيوي اعتماداً على قشور الفستق الحلبي.
2. المقارنة بين المخثر الطبيعي المحضر والمخثر الكيميائي في معالجة مياه اصطناعية بعبارة محددة.

3- مواد وطرائق البحث:

3-1- الأجهزة المستخدمة:

3-1-1- جهاز اختبار جرعة المخثر (Jar- Test):

وهو اختبار يستخدم لتحديد الجرعات المضافة من المواد المخثرة الى المياه الخام، لتخفيض العكارة في المياه المعدة لأغراض الشرب، حيث يتأثر هذا الاختبار بكل من الكدرة وقيمة ال pH ودرجة الحرارة والاضطراب.

ويتم إجراء هذا الفحص باستخدام ستة من الكؤوس (بياشر) الزجاجية شفافة، الموضح في الشكل (1) للمساعدة على رؤية (اللبدات المتكونة) الضبابية، والتي تكون سعتها على الأقل (1) ليتر وذات شكل وحجم منتظم، ومعها جهاز الخلط المكون من ست مجاديف تقليب كل منها ذات ريشة بطول (50 سم) وقطر (1سم)، وجهاز منظم للسرعة يتراوح بين (0-500) دورة / دقيقة.



الشكل (1): جهاز اختبار جرعة المخثر (Jar- Test).

3-1-2-الأجهزة المساعدة:

- 1- جهاز قياس العكارة نوع (EUTECH INSTRUMENTS Turbidimeter TN-10) الموضح في الشكل (2).
- 2- جهاز قياس درجة الحموضة نوع (pH-2603).
- 3- ميزان حساس بدقة (0.001g).
- 4- ساعة توقيت.
- 5- فرن تجفيف الشكل (3).
- 6- سخان مع خلاط مغناطيسي.



الشكل (2): جهاز قياس العكارة.



الشكل (3): فرن تجفيف.

3-2-المواد المستخدمة:

- 1-كبريتات الألمنيوم المائية (الشبّة) $(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O})$.
- 2-قشور الفستق الحلبي.
- 3-كلوريد الصوديوم.
- 4-هيدروكسيد الصوديوم.
- 5-حمض كلور الماء.
- 6-طين الكاتولين.
- 7-الماء المقطر.

3-3- التجارب:

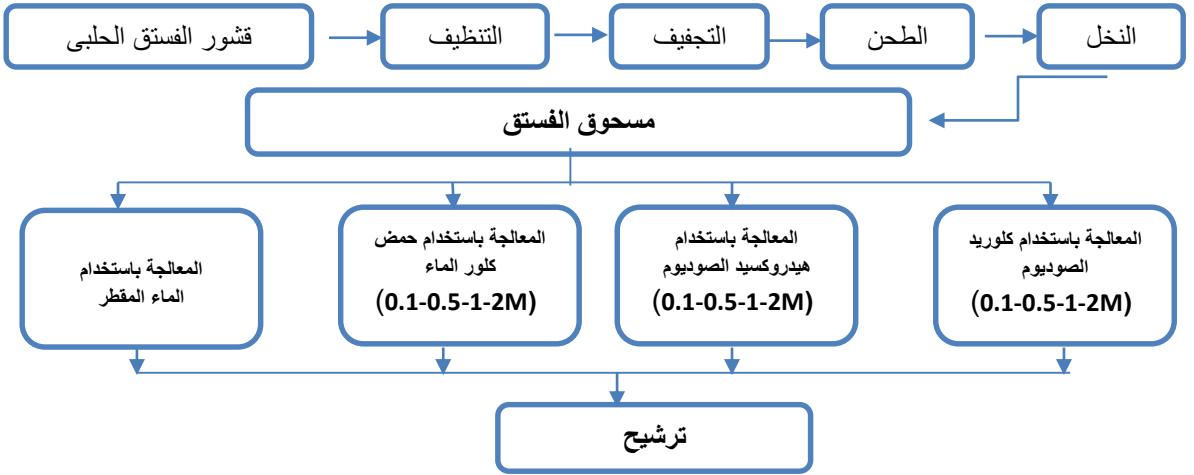
3-3-1- تحضير مادة التخثر الطبيعية (قشور الفستق الحلبي):

قشرة الفستق هي نفايات زراعية منخفضة التكلفة، وبحسب دراسات سابقة بينت إن محتوى العناصر الكيميائية الحيوية في غلاف الفستق على النحو التالي: الكربون (44.89%)، الهيدروجين (5.66%)، النتروجين (0.53%)، الكبريت (0.97%)، الأكسجين (47.95%). ووفقاً لمصادر مختلفة، فإن محتوى السليلوز هو (38.1-54%)، هيميسليلوز (15.2-31.4%)، اللجنين (25.2-29.4%)، كما إنه يحتوي على أعلى تركيز من المواد النشطة بيولوجياً (مثل البوليغينول، والتوكوفيرول، والبروتينات، والألياف الغذائية، والزيوت الأساسية، والأحماض الدهنية غير المشبعة) مع الخصائص المضادة للأكسدة والتأثيرات المعززة للصحة. إلى جانب ذلك، تم تحديد بعض المعادن والفلزات في أصداف الفستق، مثل Sn و Ca و K و Na و Mg و Fe و Ni و Mn و Cu و Zn و Si. تم تحديد متوسط محتواها (ملغ/كغ) على النحو التالي: (1.63 و 424.90 و 1646 و 155.60 و 296.2 و 420 و 31.52 و 6.27 و 5.26 و 1.45 و 153.46) على التوالي [13].

تم جمع قشور الفستق الحلبي من مدينة حماة في شهر تشرين الأول لعام 2023 الشكل (4)، وغسلها عدة مرات بالماء المقطر لإزالة أي أوساخ، وتجفيفها تحت أشعة الشمس لمدة أسبوع، ثم جففت في الفرن عند الدرجة (80°C) للتخلص من أي رطوبة، بعد ذلك تم طحنها ونخلها من خلال منخل (0.35م)، تم إضافة كمية صغيرة من المسحوق الناعم (12.5g) إلى (1000ml) من المذيبات المختلفة، تم تحريك المعلق باستخدام أداة تقليب مغناطيسية لمدة 20 دقيقة لاستخراج عامل التخثر الفعال من مسحوق الفستق الحلبي. كانت المذيبات المستخدمة على النحو التالي: الماء المقطر، محلول هيدروكسيد الصوديوم (0.1-0.5-1-2N)، محلول كلوريد الصوديوم (0.1-0.5-1-2N)، حمض كلور الماء (0.1-0.5-1-2N) حسب المخطط الموضح بالشكل (5)، بعد 30 دقيقة من الترسيب، تم ترشيح المادة الطافية من خلال ورق ترشيح للحصول على مستخلص الترشيح، الذي تم حفظه في عبوات نظيفة لاستخدامه كمخثرات طبيعية [14,15].



الشكل (4): قشور الفستق الحلبي ومسحوقه.



الشكل (5): مخطط تحضير مادة التخثر الطبيعي

3-3-2- تحضير مياه العكرة الاصطناعية:

بالنسبة لتجارب التخثر تمت إضافة (0.1g) من الكائولين إلى (1000ml) من مياه الصنبور للحصول على ماء عكر صناعياً، ثم تم تحريك معلق الكائولين عند 200 دورة في الدقيقة لمدة ساعة لتحقيق نشئت منتظم لجزيئاته، حيث تم الحصول على عكارة بحدود (100NTU)[16].

3-3-3- طريقة اختبار جرعة المخثر:

تم إجراء عمليات التخثر والتلبد باستخدام جهاز (Jar- Test) لتحديد الجرعة المثلى لكل من المخثر الطبيعي والمخثر الكيميائي كلاً على حدة، تم إجراء جميع التجارب عند درجة حرارة الغرفة (30 درجة مئوية)، حيث احتوى كل كوب من أكواب الجهاز الستة على (200ml) من المياه العكرة. أثناء خطوة التخثر، تم إضافة مادة تخثر الطبيعية المحضرة مع المذيبات الأربعة بتركيز مختلفة (الماء المقطر، هيدروكسيد الصوديوم، حمض كلور الماء، كلوريد الصوديوم) لتحديد

المذيب الأمثل والتركيز الأمثل، وبعد ذلك تم تحديد الجرعة المثلى للمذيب الأفضل. أثناء خطوة التبختر، تم تحريك المزيج لمدة دقيقة عند سرعة مزج 200 دورة في الدقيقة. وأثناء خطوة التليد، تم تقليل سرعة الخلط إلى 30 دورة في الدقيقة لمدة 20 دقيقة. أخيراً في خطوة الترسيب، تُركت جميع الأكواب لتترسب بشكل طبيعي لمدة 30 دقيقة [13]. ثم تم إتباع نفس الخطوات السابقة ولكن بإضافة المخثر الكيميائي (الشبة) بتركيز (50 ملغ/لتر) بالكميات (-2-1-0.5-0.1) (4ml) لتحديد الكمية الأمثل.

بعد ذلك تم قياس العكارة النهائية للمياه المختبرة بسحب (10ml) من الطبقة السطحية من كل كوب، وقياس قيمة pH، وتسجيل النتائج. تم حساب نسبة إزالة العكارة للعينات من العلاقة [17]:

$$\% \text{نسبة إزالة العكارة} = ((T_B - T_S)/T_B) * 100$$

T_B : قيمة العكارة قبل اختبار التبختر.

T_S : قيمة العكارة بعد اختبار التبختر.

4- النتائج والمناقشة:

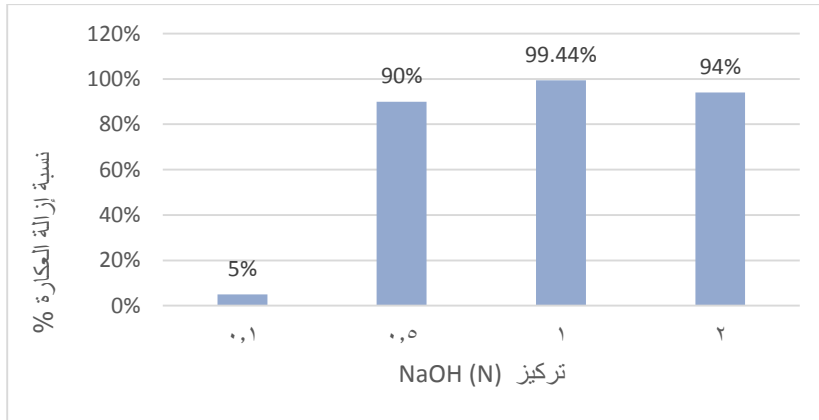
4-1- تأثير استخدام المذيبات المختلفة لاستخراج مادة التبختر الفعالة:

تم اختبار كل من الماء المقطر وهيدروكسيد الصوديوم وحمض كلور الماء وكلوريد الصوديوم في هذه الدراسة للحصول على أفضل مذيب لاستخراج مواد التبختر الطبيعية من قشور الفستق الحلبي. حيث تم اختيار أفضل مذيب بناءً على أعلى نسبة إزالة محققة للعكارة. وفقاً للنتائج حقق الماء المقطر كمذيب لمسحوق القشور إداءً منخفضاً في إزالة العكارة ونشاط تخثر منخفض جداً بنسبة 2%، ويمكن تفسير ذلك بأن المكونات الفعالة في قشور الفستق الحلبي قد تكون غير قابلة للذوبان بشكل كامل في الماء المقطر، مما يقلل من فعاليتها، ولذلك يمكن الاستنتاج إن الماء المقطر غير مناسب كمذيب بسبب انخفاض قدرته على استخراج المواد الفعالة

مقارنة مع المذيبات الأخرى.

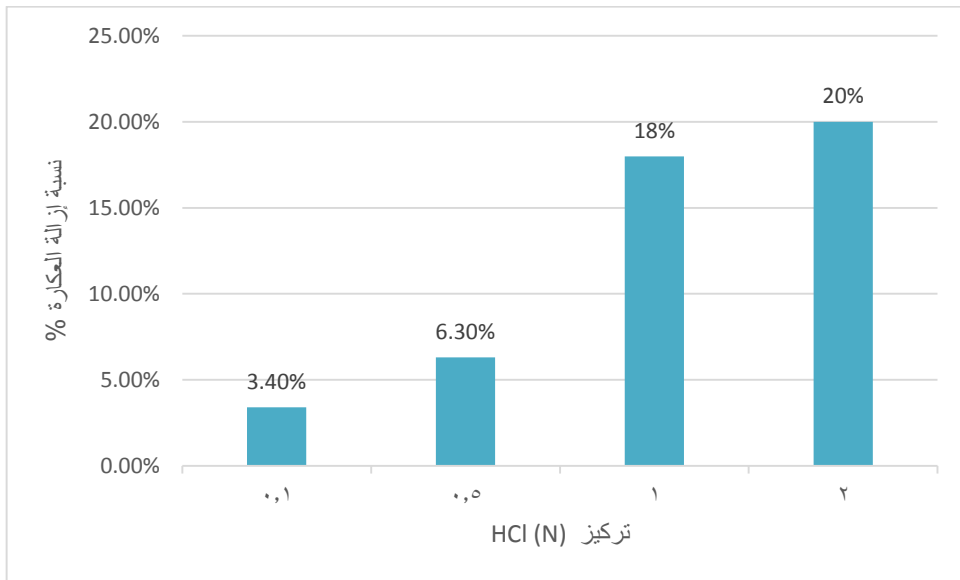
ومن خلال النتائج، يمكن اعتبار تركيز هيدروكسيد الصوديوم البالغ (1N) التركيز الأمثل لاستخراج المكونات الفعالة من قشور الفستق الحلبي، حيث يوضح الشكل (6) تأثيرات مادة التخثر المستخرجة بمحاليل هيدروكسيد الصوديوم بتركيز مختلفة (2N-1-0.5-0.1) على كفاءة إزالة العكارة، ووجد إن مع زيادة تركيز هيدروكسيد الصوديوم من (0.1N) إلى (1N) يكون إداء مادة التخثر أفضل وتزيد نسبة إزالة العكارة وتتوافق هذه النتيجة مع بعض الأبحاث السابقة [18]، لتصل إلى أعلى حد لها 99.44%، ويرجع ذلك إلى الكفاءة العالية لمحلول NaOH في استخراج المزيد من عوامل التخثر من قشور الفستق الحلبي، مما أدى إلى نشاط تخثر مرتفع وبالتالي نسبة إزالة أعلى للعكارة.

في حين لم يحقق مسحوق قشور الفستق مع محاليل حمض كلور الماء ومحاليل كلوريد الصوديوم كفاءة عالية في إزالة العكارة حيث كانت أعلى نسبة 20% و 11% عند التركيز (2N)(0.5N) على التوالي استناداً إلى الشكلين (7،8).

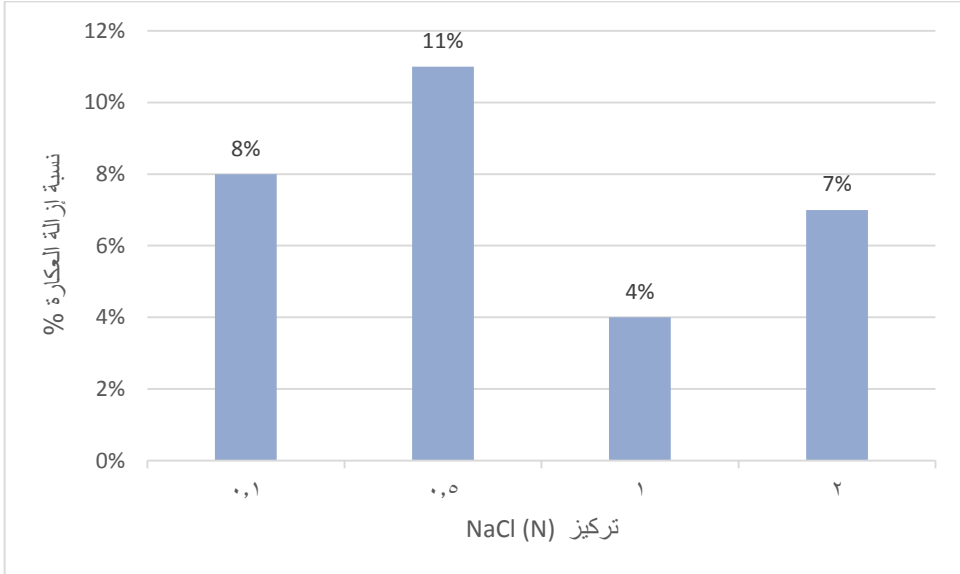


الشكل (6): نسبة إزالة العكارة باستخدام مواد المخثرة المستخرجة من القشور المعالجة

ب NaOH



الشكل (7): نسبة إزالة العكارة باستخدام مواد المخترة المستخرجة من القشور المعالجة بـ HCl



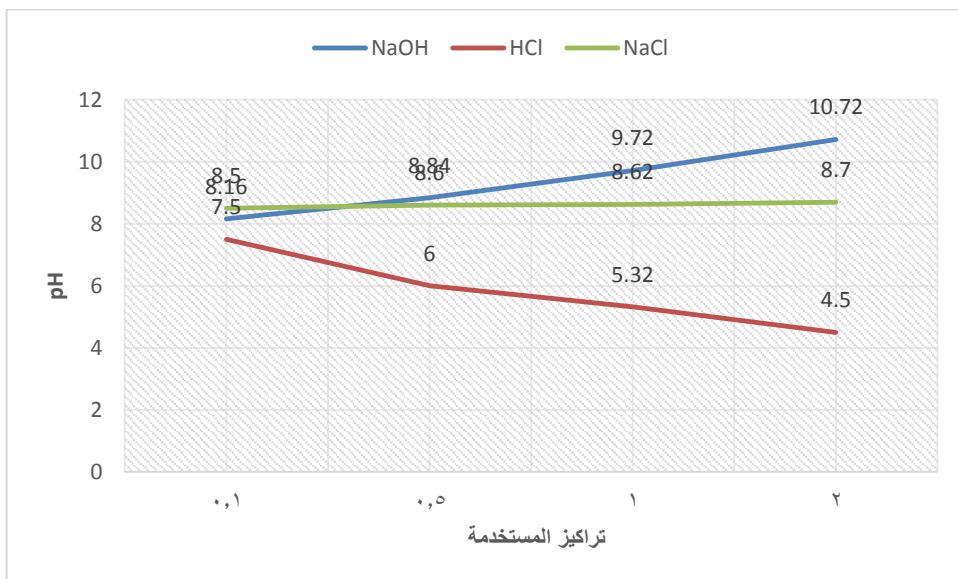
الشكل (8): نسبة إزالة العكارة باستخدام مواد المخثرة المستخرجة من القشور المعالجة بـ

NaCl

4-2- تأثير قيمة pH على التخثر الطبيعي:

يلعب pH دوراً مهماً في عملية التخثر، فهو يعتبر عاملاً أساسياً من العوامل المؤثرة في كفاءة التخثر. حيث قد تتأثر الشحنة السطحية لمواد التخثر بالرقم الهيدروجيني [19]. وقد تتسبب مواد التخثر ذات الشحنة السطحية المنخفضة في بقاء نمو جسيمات الندف، مما يؤدي إلى انخفاض في نسب الإزالة عند معالجة المياه. يوضح الشكل (9) أن مادة التخثر مع المذيبات (هيدروكسيد الصوديوم - حمض كلور الماء - كلوريد الصوديوم) بالتركيز N (0.1-0.5-1-2) تؤثر بشكل طفيف على قيمة pH للمياه الخام، حيث كانت قيمة pH للمياه التي تم استخدامها خلال

التجارب (pH=8)، ويمكن أن يرتبط هذا التأثير بطبيعة مادة التخثر المدروسة. فالشكل (9) يؤكد أنه عند استخدام محلول حمض كلور الماء كمذيب، ينخفض الرقم الهيدروجيني للمياه إلى الحد الأدنى (4.5)، ومن ناحية أخرى يزيد الرقم الهيدروجيني بالتناسب مع جرعة مادة التخثر التي تم الحصول عليها من قشور الفستق الحلبي بمحاليل هيدروكسيد الصوديوم. يمكن تفسير الزيادة في قلوية المياه من خلال طبيعة المذيب المستخدم (NaOH) الذي يسبب إطلاق الهيدروكسيد (OH⁻)، كما يمكن أن تؤدي الطبيعة العضوية للمخثر المستخدم (قشور الفستق الحلبي) إلى زيادة مستوى المادة العضوية في الماء [20]. وبينت بعض الدراسات أن الرقم الهيدروجيني الأمثل للتخثر باستخدام مواد التخثر الطبيعية هي أما الحموضة العالية (2-5) أو القلوية (8-10) وذلك حسب مكونات المخثر الطبيعي المستخدم [21]. ومن خلال النتائج، تبين أن تركيز هيدروكسيد الصوديوم البالغ (N1) هو التركيز الأمثل لاستخراج المكونات الفعالة من قشور الفستق الحلبي، حيث كانت أعلى نسبة لإزالة العكارة عند هذا التركيز (99.44%) في الشكل (10).



الشكل (9): تأثير استخدام المذيبات المختلفة على pH الوسط.

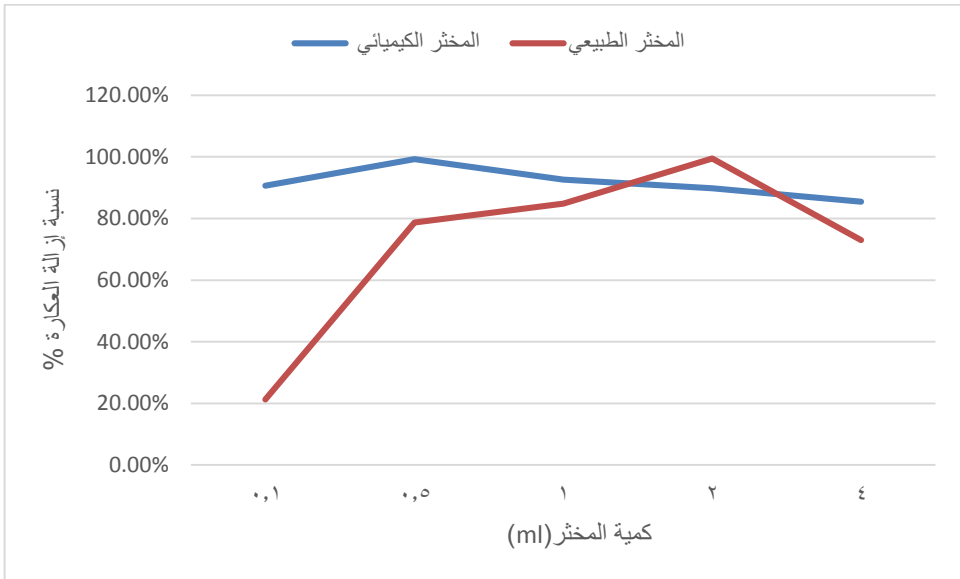
4-3- تأثير جرعة المخثر على إزالة العكارة:

في عملية التخثر والتلبد، تعد جرعة التخثر واحدة من أهم المعايير التي يجب مراعاتها، حيث تؤدي الجرعة غير الكافية أو الجرعة الزائدة إلى ضعف إداء التلبد في مادة التخثر. لذلك يجب تحديد جرعة التخثر المثلى لتقليل تكاليف الجرعات والحصول على معدلات إزالة عالية [22]. تم تحديد نطاقات الجرعة بناءً على الاختبارات الأولية التي أجريت لهذه الدراسة. ووفقاً للنتائج التي تم الحصول عليها كان من الواضح أن مذيب هيدروكسيد الصوديوم مع مسحوق القشور هو الأفضل بين المذيبات المستخدمة بنسبة إزالة وصلت إلى (99.44%) وبتركيز (1N)، وكانت كمية (2ml) بالنسبة للمخثر الطبيعي هي الأفضل من بين الجرع المستخدمة حيث حققت أفضل النتائج، إما بالنسبة للمخثر الكيميائي الشبّة فكانت كمية (0.5ml) بتركيز (50 ملغ/ليتر) هي الأفضل فقد حققت نسبة إزالة للعكارة (99.3%)، ويوضح الشكل (10) العلاقة بين جرعة الشبّة ونسبة الإزالة، فمن المعروف جيداً أنه مع زيادة جرعة الشبّة تزداد النسبة المئوية لإزالة العكارة

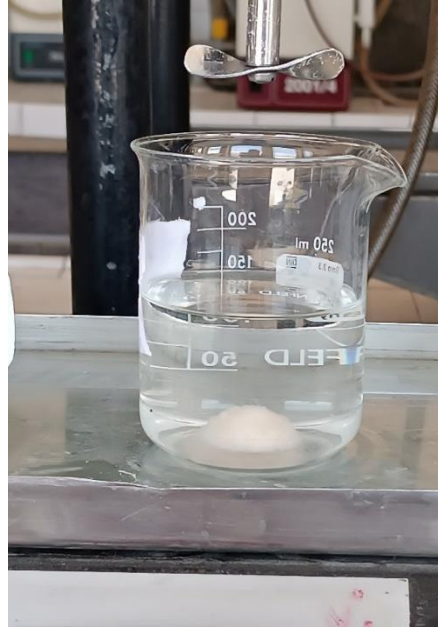
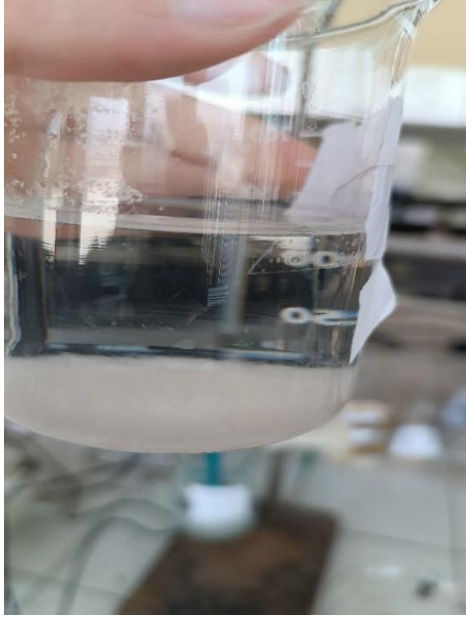
حتى تصل إلى قيمة عظمى تبلغ (99.3%) ثم تتخفص مع أي زيادة أخرى في جرعة الشبّة، وتفسر هذه الظاهرة هو أن التعريف الرئيسي للتخثر هو زعرة استقرار المواد الغروية والمعلقة من خلال إنتاج أيونات الألمنيوم الموجبة ولكن مع زيادة جرعة الشبّة، سيؤدي ذلك إلى الإفراط من الايونات الموجبة مما يسبب التنافر بين الجسيمات وزعرة استقرارها [17]. من ناحية أخرى يلاحظ إن زيادة جرعة التخثر الطبيعي تعزز النسبة المئوية للتخلص من العكارة والمواد العالقة حتى يتم الوصول إلى الجرعة الأمثل، وبعد ذلك لا تؤدي الزيادة الإضافية في الجرعة إلى تحسين هذه النسب كما في الشكل (10). كما بينت الدراسات أن آليات التخثر الطبيعي هي فقط تحييد الشحنة وتشكيل جسور بين البوليميرات. ويسبق تشكل الجسور للبوليمير امتزاز البوليمير، وهي عملية تلتصق فيها البوليميرات طويلة السلسلة بسطح الجسيمات الغروانية بسبب التقارب بينها. جزء فقط من البوليميرات مرتبط بالجسيم، والباقي بشكل حلقات وذيول، تشكل هذه الحلقات والذبول الهيكل الأساسي لجسر البوليمير لأنها تسهل الارتباط بالجسيمات الغروانية الإضافية، مما يؤدي إلى ندف أكبر، وبالتالي إداء أفضل لإزالة العكارة [24].

قد تُعزى فعالية قشور الفستق الحلبي في التخثر إلى احتوائها على العديد من المركبات الفعالة مثل محتوى السليلوز Cellulose بنسبة (38.1-54%)، هيميسليلوز (15.2-31.4%)، اللجنين Lignin (25.2-29.4%)، كما إنه يحتوي على أعلى تركيز من المواد النشطة بيولوجياً (مثل البوليفينول، والتوكوفيرول، والبروتينات، والألياف الغذائية، والزيوت الأساسية، والأحماض الدهنية غير المشبعة) مع الخصائص المضادة للأكسدة والتأثيرات المعززة للصحة، كما أنها تحتوي على بروتينات وسكريات بكميات قليلة، وذلك حسب دراسة أجراها Vaishali وآخرون [13]. وهذه المركبات الفعالة تُعد مواد مازة بسبب امتلاكها مواقع فعالة لجذب الأيونات موجبة الشحنة والجزئيات الأخرى، لتشكل معها معقدات معدنية أو مركبات مخلبية [25]. وهذا ما أكدته دراسات سابقة، حيث أظهرت قشور الفستق الحلبي قدرة على التخلص من أيونات الرصاص Pb^{+2} والزنك Zn^{+2} من المحاليل المائية كبديل فعال ومنخفض التكلفة بنسبة (90.9%) و(91.5%) على التوالي [13].

كما أن وجود العديد من المركبات الحيوية في قشر الفستق مع مجموعات وظيفية مختلفة (مجموعات الكربوكسيل وهيدروكسيل) المساهمة في خصائص الامتزاز العالية كمواد امتصاص لإزالة أيونات المعادن والأصبغ والمضادات الحيوية المختلفة من الأوساط المائية [13].



الشكل (10): نسب إزالة العكارة باستخدام كميات مختلفة من المخثرين الكيميائي والطبيعي. لوحظ بشكل عام أن تكوين الندف كان واضحاً حيث كانت كبيرة الحجم، كما كانت سريعة في تشكلها وترسبها وذلك بعد مرور أقل من (5) دقائق من المزج البطيء، في حين لم تكن الندف واضحة التشكل خلال تلك الفترة في حال استخدام المخثر الكيميائي، وإن الندف الناتجة في حال استخدام المخثر الطبيعي في نهاية الخلط البطيء كان أقل حجماً وأكثر ترصاً من الندف الناتجة عن استخدام كبريتات الألمنيوم الشكل (11،12). وبالنسبة للندف المتشكلة عادة ما يتم فصلها عن المادة المعالجة بعد عملية التخثر أماً عن طريق الترسيب أو التعويم أو الترشيح.



الشكل (12): الندف المتشكلة

الشكل (11): الندف المتشكلة عن المخثر الطبيعي
عن المخثر الكيميائي

5-الاستنتاجات:

- ✓ أظهرت النتائج أن مواد التخثر المستخرجة من قشور الفستق الحلبي والمعالجة بمحلول NaOH يمكن استخدامها في معالجة المياه الملوثة، وبالتالي تقليل الاعتماد على مواد التخثر الكيميائية.
- ✓ بلغت كفاءة قشور الفستق الحلبي كمخثر طبيعي في إزالة عكارة (99.44%).
- ✓ التركيز الأمثل لمذيب NaOH لاستخراج المكون الفعال من قشور الفستق الحلبي هو (1N) بجرعة (2ml).

6-التوصيات:

- الحاجة إلى المزيد من البحث لتحسين وتطوير أنظمة التخثر الطبيعي بشكل أفضل.
- يجب تطوير طريقة استخلاص جديدة وموثوقة ومباشرة لاستخدام المخثرات الطبيعية

بسهولة.

- يجب إجراء المزيد من الدراسات للتحقق من كفاءة التخثر الطبيعي لإزالة الملوثات الدقيقة من مياه الشرب ومياه الصرف الصحي.

المراجع العلمية:

1. -2016 .Hailegebrail, and W. B. Dirersa .H. D. Beyene, T. D
Investigation of coagulation activity of cactus powder in water
Journal of Applied Chemistry, vol. Article ID 7815903, 9 .treatment
pages.
2. H. T. Hippolyte C. Cornelius Tsamo, D. S. Djibrine Sali Meali, and
generated -Studying the impact of anions pre-2018 .ukaTodou Assao
iron corrosion products on the efficiency of contaminant removal in
Journal of Environmental Science and Fe0/H2O systems
،10-Engineering B, vol. 7, 1, pp. 1.
3. Bureau of Economic Growth,Bureau -2009 .deTra Agriculture, and
of Oceans, Environment, and Science, Addressing Water Challenges
in the Developing World: A Framework for Action.
4. Monika Singh , Brij Kishor. 2020- A REVIEW ON REMOVAL
OF TURBIDITY AND TDS FROM WATER BY USING
NATURAL COAGULANTS,national Research Journal of Inter
-2582 ، Modernization in Engineering Technology and Science
5208.
5. D. Sobsey, and L. M. .A. Soros, J. E. Amburgey, C. E. Stauber, M
Casanova. 2019-Turbidity reduction in drinking water by
Journal of Water ،polymers flocculation with chitosan-coagulation
218-and Health, vol. 17, no. 2, pp. 204.
6. Bratby, J. 2016-Coagulation and Flocculation in Water and
IWA Publishing: London, UK ،Wastewater Treatment.
7. m Y. D. Alazaiza , Ahmed Albahnasawi , Gomaa A. M. otaseM
Ali. 2022-Application of Natural Coagulants for Pharmaceutical
Wastewater: A Removal from Water and Wastewater: A Review

- Review.Water, 14, 140 .
8. Gomaa A. M. Ali, ، Y. D. Alazaiza , Ahmed AlbahnasawiMotasem 2022 .Mohammed J. K. Bashir-ts Application of Natural Coagulan for Pharmaceutical Removal from Water and Wastewater: A Review.Water 14, 140 .
 9. A contemporary -2019 .Mussarat Saleem, Robert Thomas Bachmann based coagulants for applications in water -review on plant (treatment.Chemistry Journal of Industrial and Engineering , 72 , 297–281
 10. Mekayla DePaolis,Sophie De Respino,a Laxmicharan Cottonseed -2023 .Samineni,bScott Brightona and Manish Kumar extract as a coagulant for water treatment.the Royal Society of Chemistry.
 11. ering @2017 by Saravaman International journal of civil engine IJCE journal, volume 4 issue 3-SSRG.
 12. Mohammed Shadi S. Abujazara,b, Sakine Ugurlu Karaağaçb , Hamza Ramadanb , Salem S. Abu Amrc , Motasem Y.D. Alazaiza. 2022-Application of pinecones powder as a natural coagulants for ation and Desalin .treatment of industrial wastewater sustainable 64–57 . Water Treatment 269
 13. -2022 .Vaishali VarsaniSuhast J. VyasDushyant R. Dudhagara based material from the Moringa oleifera and -Development of bio approach to treat A sustainable–coagulation kinetic modeling-its bio 116-Faculty of Chemical Technology 101 .the wastewater.
 14. Natalia V. Kraysman , Svetlana V. ، Ildar G. Shaikhiev Sverguzova. 2022-Review of Pistachio (Pistacia) Shell Use to Remove Pollutants from Aqua Media . Biointerface Research in Applied Chemistry, Volume 13, Issue 4, 2023, 389.
 15. Mmasinachi Mary Nweke1, Franklin O. Chukwuma , Benson O. Evbuomwan , and Akuma Oji ,Studies on the -2021 .Kinetics Coagulation of Abattoir Wastewater Using Groundnut Shell Extract Coagulant as a Natural,Journal of Engineering Research and _ Reports,2021 ،33-23 (3)21 .
 16. Abderrezzaq Benalia, Kerroum Derbal , Antonio Panico, and Francesco Pirozzi. 2019- Use of Acorn Leaves as a Natural 57 ،11 ،Water.Coagulant in a Drinking Water Treatment Plant .
 17. Benalia, A., Derbal, K., Panico, A & Pirozzi ,F. 2018-Use of

- Acorn Leave as a Natural Coagulant in a Drinking Water Treatment
14-35/1(Water, 11 .Plant.
18. -2017 . H.; Kenneth, M.P Stephan, J.K ,Alexander, K; Gerald
Process to Counteract Combined Coagulation and Ultrafiltration
Water 2017, 9, 697 .Increasing NOM in Brown Surface Water.
 19. Bolto, B.; Gregory, J 2007-Organic polyelectrolytes in water
2324–Water Res. 41, 2301 .treatment.
 20. bderrezzaq Benalia, Kerroum Derbal , Amel KhalfaouiA.2021-The
vera as Natural Coagulant in Algerian Drinking Water Use of Aloe
Treatment Plant. Journnal of renewable materials.
jrm.2022.017848/10.32604.
 21. Gheethi, Syazwani Mohd Asharuddin, -Vicky Kumar, Adel Al
Norzila Othman.2020-Potential of Cassava Peels as a Sustainable
ulant Aid for Institutional Wastewater Treatment: Coag
Characterisation, Optimisation and TechnoEconomic Analysis.
Chemical Engineering Journal,5-33764(20)8947-S1385 .
 22. Claude Bollinger , -Ali Imessaoudene , Jean , Amina Hadadi
-2022 .ane and Lotfi MouniAm Aymen Amine Assadi , Abdeltif
Coagulants Performances -Based Bio-omparison of Four PlantC
Improvement of .against Alum and Ferric Chloride in the Turbidity
Bentonite Synthetic Water, 14, 3324 .
 23. Saritha V, Srinivas N, Srikanth Vuppala NV 2017- Analysis and
Applied Water .optimization of coagulation and flocculation process
6-451:)1(7 .Science.
 24. Ramli, S.F. Aziz, H.A. 2015-Use of ferric chloride and chitosan as
Appl. .coagulant to remove turbidity and color from landfill leachate
1167–1163 ,774–Mech. Mater. 773 .
 25. Legitimate use of -jayalakashmi,G.,Bhavya,D.,&Saritha V. 2016
Journal of .Plant Waste Products For Drinking Water Treatment
35-351)2(Engineering Research and Development,11

معالجة قماش البوليستر بلازما الأرغون

لتحسين قابليته للبلل والصبغة بالأصبغة المعلقة

م. ونام العلي¹ د. م. زياد سفور² أ. د. م. صقر سلوم³

قسم هندسة الغزل والنسيج - كلية البتروكيمياة - جامعة البعث - حمص - سوريا

الملخص:

تم في هذا البحث معالجة سطح قماش البوليستر لزيادة قابليته للبلل وقابليته للصبغة بالأصبغة المعلقة من خلال معالجته ببلازما الأرغون باستخدام جهاز بلازما الحاجز العازل (DBD) الذي يعمل عند الضغط الجوي، ويتدفق غاز الأرغون (2 L/min)، ودراسة تأثير الجهد والتردد على قابلية القماش للبلل، وبعد معالجة سطح القماش تمت صبغته بصباغ معلق، ودراسة تأثير المعالجة على عملية الصبغة من دون استخدام جهاز الأوتوغلاف، وذلك من حيث عمق اللون وثباتية عملية الصبغة تجاه الغسيل، كما تم دراسة تأثير المعالجة على مورفولوجية سطح القماش، وقوة تمزق القماش، وبنية الكيميائية، وأظهرت القياسات اللونية للعينات المصبوغة أن العينة المصبوغة بعد المعالجة تملك ظلالاً لونية أعمق من العينة المصبوغة تقليدياً بالأوتوغلاف من دون معالجة، كما كانت العينات المعالجة ثابتة تجاه الغسيل بشكل جيد مثل العينة المصبوغة تقليدياً مع تغير في قوة التمزق، وأظهرت النتائج تشكل مجموعات وظيفية محبة للماء في سطح القماش، وهذا ما يساعد على زيادة امتصاص الصباغ من قبل القماش.

كلمات مفتاحية:

قماش البوليستر، بلازما انفرار الحاجز العازل، القابلية للبلل، الصبغة، صباغ معلق.

(1) طالبة دكتوراه - قسم هندسة الغزل والنسيج - كلية الهندسة الكيميائية والبترولية - جامعة البعث. البريد الإلكتروني:

weaam6140@gmail.com رقم الموبايل: 0938548816

(2) أستاذ مساعد في قسم هندسة الغزل والنسيج - كلية الهندسة الكيميائية والبترولية - جامعة البعث.

Treatment of Polyester Fabric Using Argon Plasma to enhance its Water ability and dye ability with disperse dyes

We'aam Alali Dr. Ziad Saffour Dr. Saker Saloum

Spinning and textile department- petrochemical college- Al Baath
University- Homs- Syria

Abstract:

In this research, the surface of polyester fabric was treated to enhance its wettability and dyeability with suspended dyes. The treatment was conducted using argon plasma generated by dielectric barrier discharge (DBD) plasma operating at atmospheric pressure, with an argon gas flow rate of 2 L/min, and the effects of voltage and frequency on the fabric's wettability was investigated. After the treatment, the fabric was dyed with a disperse dye, and the impact of treatment on the dyeing process was analyzed, specifically regarding color depth and the washing fastness of the dyeing process, without employing an autoclave device.

Additionally, the research examined the effects of the treatment on the fabric's surface morphology, its chemical structure, and its tearing strength. Color measurements indicated that the dyed samples post-treatment exhibited deeper color shades compared to those dyed traditionally using an autoclave without prior treatment. Furthermore, the treated samples demonstrated washing fastness, similar to the traditionally dyed samples, though there was a noticeable change in tensile strength. The results indicated the formation of hydrophilic functional groups on the fabric's surface, which facilitate increased dye absorption.

Keywords:

Polyster fabric, Dielectric barrier discharge plasma, water ability, dyeing, disperse dye.

1-مقدمة:

تعدّ المعالجة النهائية مجالاً هاماً في صناعة النسيج، حيث أنها تعطي القماش خواصه المرغوبة ومظهره النهائي، ويمكن تطبيق المعالجات النهائية الكيميائية بالطريقة التقليدية التي تعتمد على استخدام محاليل وأوساط كيميائية، وتستهلك كميات كبيرة من المواد الكيميائية التي قد تؤثر سلباً في البيئة والإنسان [1، 2]. كما يمكن تطبيق المعالجات النهائية باستخدام طرق حديثة تقلل استهلاك المواد الكيميائية، مثل تقنية البلازما التي تتميز بالكلفة المنخفضة والتوفير الاقتصادي، وتجنب هدر المياه والمواد الكيميائية [3، 4]، وهي عملية معالجة سطحية، إذ تقوم بتعديل سطح البوليمير المعالج ضمن مجال نانومتري من دون التأثير في الخواص الأساسية لبنية القماش بشكل كبير [5].

البلازما هي وسط يحوي غازاً أو مزيجاً غازياً، يكون هذا الوسط مؤبناً بشكل جزئي، يتألف من ذرات والكترونات وجزئيات وأيونات وجذور حرة وفوتونات وأشعة فوق بنفسجية تشكلت عن طريق إثارة غاز في المجالات الكهرومغناطيسية أو الكهربائية [6]، ويتم تشكيل البلازما بتطبيق طاقة على وسط غازي، فيتأين ويصبح موصلًا للتيار الكهربائي ويصل إلى حالة البلازما، وعندما تتصادم الجسيمات الفعالة مع سطح البوليمير المعالج، فإنها تنقل الطاقة الإضافية من البلازما إلى سطح البوليمير للسماح بتفاعلات لاحقة على سطحه [5، 7].

يوجد صنفان من البلازما، البلازما الحارة التي تكون فيها درجة الحرارة عالية جداً، والبلازما الباردة التي يمكن الحصول عليها بين الأقطاب الكهربائية في الأجهزة منخفضة التردد أو عالية التردد أو مع مولدات الميكروويف، وبالنسبة للبوليميرات والأقمشة والمواد الحساسة للحرارة يتم استخدام البلازما الباردة [6].

تم في الماضي القيام ببعض الدراسات لفهم تفاعلات البلازما على الزجاج والمواد البوليميرية [3]، لكن الدراسات التي ذكرت تعديل سطح القماش باستخدام بلازما الضغط الجوي تعتبر قليلة.

يمكن تطبيق البلازما في مجال معالجة الأقمشة من أجل مقاومة البلل، التنظيف، مقاومة البكتريا، تحسين قابلية الصباغة والطباعة.. [2، 8]، وذلك إما بطريقة الترسيب البلازمي (أو البلزمة

البلازمية)، التنشيط البلازمي، التتميش بالبلازما (أي حفر سطح القماش على مستوى نانوي) [9]، [10].

عند تعريض سطح القماش للبلازما تتفاعل الأيونات مع سطح القماش، وتشكل جذوراً حرة على سطح القماش، ومجموعات وظيفية جديدة [1، 2]

يمكن تشكيل البلازما الباردة إما عند ضغط منخفض أو عند الضغط الجوي، ومنذ طرح تقنية البلازما في ستينات القرن الماضي، استخدمت بلازما الضغط المنخفض في الصناعات الإلكترونية الدقيقة، وتوسعت استخداماتها في الثمانينات لتشمل العديد من المعالجات السطحية الأخرى، بما في ذلك البلاستيك والبوليمرات والراتنجات والورق والكرتون والمعادن والسيراميك والمواد غير العضوية. ومؤخراً تم استخدامها في مجال المنسوجات لتعديل سطح الأقمشة بواسطة الغازات المختلفة، حيث تم تقديم مجموعة متنوعة من آلات البلازما التجارية ذات الضغط المنخفض - معظمها في شكل نموذج أولي- من أجل معالجة المنسوجات والمواد البوليميرية [11]. وفي هذا النوع من أجهزة البلازما تكون الضغوط منخفضة (عادةً بين 0.01 mbar - 10)، وتتميز بتركيزها العالي للجسيمات التفاعلية، والانتقائية الكيميائية الفائقة والموحدة على مساحة سطح كبيرة [10].

ولكن هذه التقنية لا تزال محدودة الاستخدام تجارياً في مجال صناعة النسيج بسبب صعوبة معالجة كمية كبيرة من المواد النسيجية باستخدام البلازما عند ضغط منخفض والحفاظ عليه فترة طويلة، لذلك بدأت بعض الشركات في الآونة الأخيرة بتقديم أجهزة صناعية لمعالجة المنسوجات بالبلازما عند الضغط الجوي، وقد استخدمت بلازما الضغط الجوي لمعالجة الأقمشة المقاومة للبلل مثل البوليستر، بولي بروبيلين، بولي أميد 6.6، صوف، صوف/كاشمير، كتان، حرير، لتعديل خواصها السطحية وجعلها أكثر محبة للبلل [12، 13]، كما استخدمت المعالجة المسبقة بالبلازما للألياف البروتينية مثل الصوف لتحسين الصبغة والتلبد، واستخدمت أيضاً لمعالجة الأقمشة السيلولوزية المحبة للماء مثل القطن من أجل مقاومة البلل (أو المقاومة الفائقة للبلل)، ولكن هناك أبحاث قليلة حول استخدامها لتحسين الصبغة، استرجاع التجعد، إزالة النشاء [12].

تم مؤخراً تشكيل بلازما باردة عند الضغط الجوي مع أنظمة إلكتروود متنوعة مثل البثق، الكورونا، انفرغ الحاجز العازل [3]، وإن تقنية بلازما انفرغ الحاجز العازل (Dielectric Barrier)

(Discharge DBD) هي عملية مستخدمة بشكل واسع لتعديل الخواص السطحية للعديد من البوليميرات والمواد النسيجية المختلفة، حيث تتميز هذه التقنية بكلفة قليلة للطاقة، تكلفة مالية قليلة، شروط تشغيل هادئة، وسهولة الاستخدام [14].

يعدّ قماش البوليستر (بولي إيثيلين تيريفتالات PET) من الألياف الصناعية المستخدمة بشكل واسع في صناعة النسيج حالياً، ولكنه يملك بعض السلبات ومنها أن طاقته السطحية منخفضة والتي تؤدي إلى قابلية القماش الضعيفة للبلل وللصباغة، وذلك لأن البولي إيثيلين تيريفتالات هو مادة غير فعالة كيميائياً وبملاك درجة بلورة عالية، ولذلك يتم صباغة قماش البوليستر بالأصبغة المعلقة باستخدام جهاز الأوتوغلاف الذي يعمل عند درجة حرارة عالية (130°C) وعند ضغط جوي عالٍ، إذ تسمح هذه العملية لجزيئات الصباغ أن تخترق الليف، وبكل الأحوال هذه العملية تحتاج طاقة كبيرة وتجهيزات خاصة [15، 16].

لذلك تم في هذا البحث تصميم جهاز بلازما عند الضغط الجوي بطريقة انقراغ الحاجز العازل واستخدامه مع غاز الأرجون من أجل معالجة قماش البوليستر، وذلك بهدف تعديل سطحه ودراسة تأثير ذلك على خواص القماش من حيث خاصية البلل والصباغة بالأصبغة المعلقة والخواص الميكانيكية والكيميائية، حيث تمت صباغة القماش بالمعالج بالبلازما عند درجة الغليان والضغط الجوي، وتمت صباغة عينة بالطريقة التقليدية باستخدام الأوتوغلاف الذي يعمل عند ضغط عالٍ ودرجة حرارة عالية [17]، فالغرض الرئيسي من استخدام المعالجة المسبقة بالبلازما هو توفير الطاقة خلال عملية الصباغة.

2- هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى الاستغناء عن الطريقة التقليدية في معالجة الأقمشة واستبدالها بطريقة البلازما الصديقة للبيئة، وذلك بتصميم جهاز بلازما باردة لمعالجة قماش البوليستر باستخدام غاز الأرجون لتعديل سطح القماش ودراسة تأثير ذلك على قابليته للبلل وقابليته للصباغة بالأصبغة المعلقة وخواصه الميكانيكية ومورفولوجية سطحه. ومقارنة عمق لون الصباغ للعينة المعالجة بالبلازما مع العينة المصبوغة تقليدياً غير المعالجة.

3- مواد وطرق البحث:

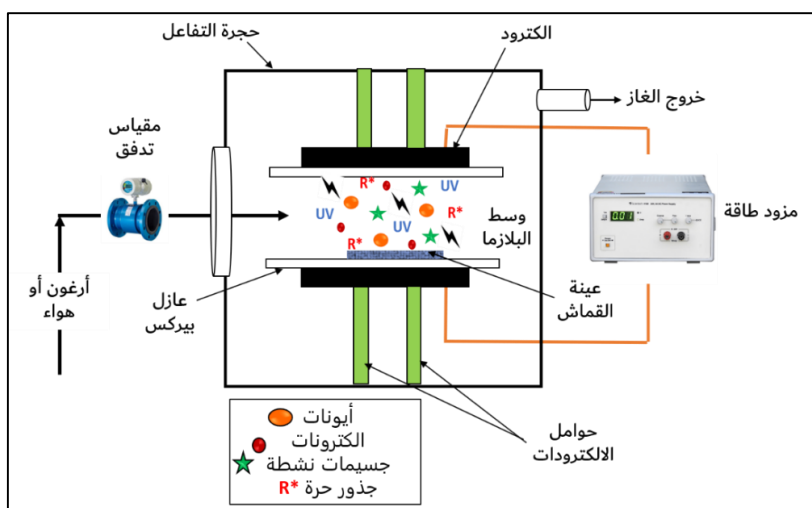
3-1- مواصفات القماش المستخدم وتجهيزه للمعالجة:

يوضح الجدول (1) مواصفات قماش البوليستر المعالج.

الجدول (1): مواصفات قماش البوليستر الذي تم إجراء التجربة عليه:

47	نمرة خيوط الحدف (Nm)	95	وزن المتر مربع g/m^2
40	كثافة خيوط السداء (خيوط/سم)	سادة 1/1	التّركيب النّسجيّ
20	كثافة خيوط الحدف (خيوط/سم)	102	نمرة خيوط السداء (Nm)

3-2- جهاز بلازما الحاجز العازل (Dielectric Barrier Discharge DBD):



الشكل (1): جهاز البلازما الباردة الذي يعمل عند الضغط الجوي

تم تصميم الجهاز بالاستفادة من بعض الدراسات والمراجع السابقة [15، 18-20]. يبين الشكل (1) الجهاز المصنوع، وهو يتألف من حجرة التفاعل بأبعاد $(30 \times 30 \times 30 \text{ cm}^3)$ مصنوعة من مادة (plexiglass) وتحتوي فتحة وصمام لخروج الهواء والغاز الزائد، ويوجد في الحجرة

إلكترودان ألمنيوم متوازيان بأبعاد $(12 \times 4 \text{ cm}^2)$ وثخانة (5 mm) ، تمت تغطيتهما بصفيحتين عازلتين من البيركس بأبعاد $(10 \times 20 \text{ cm}^2)$ وسماكة (5 mm) ، ويمكن التحكم بفتحة الانفراغ بين العازلين يدوياً في مجال يتراوح بين $(1 - 20 \text{ mm})$ بواسطة حوامل للإلكترودادات. وتم استخدام مزود طاقة كهربائية AC (Model CX-200E) يعمل بجهد عالي يصل حتى (20 KV) وتردد يصل حتى (2000 Hz) وقيمة تيار تتراوح بين $(0-10 \text{ mA})$ ودورة تشغيل تتراوح بين (0%) و (100%) ، وتم إدخال الغاز من اسطوانته من خلال مجموعة أنابيب مع التحكم اليدوي بتدفقه بواسطة مقياس تدفق (US211MLite iSentro) يحوي حساس وشاشة تتيح التحكم اليدوي، حيث يتأين الغاز في الوسط بين الإلكترودين وتوضع عينة القماش على الإلكترود السفلي.

3-3- معالجة قماش البوليستر باستخدام جهاز بلازما الحاجز العازل (Dielectric Barrier Discharge DBD)

تمت عملية المعالجة وفق الشروط الموضحة في الجدول (2):

الجدول (2): شروط التجربة

يتراوح بين (1 - 10 KV)	الجهد
يتراوح بين (500 - 2000 Hz)	التردد
25 %	دورة التشغيل
5 mm	المسافة بين العوازل
2 l/min	تدفق غاز الأرجون
1 min	مدة التعرض

تم اختيار مدة المعالجة (1 min) كقيمة تجريبية لأن المعالجة بجهاز DBD تتم عند مدة زمنية قصيرة عادةً (بضع ثوانٍ)، ولأن المدة الأطول قد تؤدي إلى تخريب القماش.

3-4- عملية الصباغة:

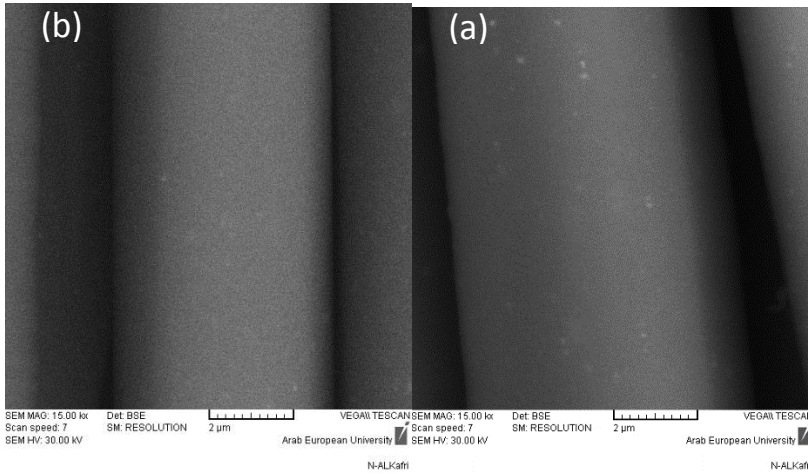
معالجة قماش البولستر ببلازما الأرجون لتحسين قابليته للبلل والصبغة بالأصبغة المعلقة

تمت صبغة العينات المعالجة بالبلازما عند درجة الحرارة (100°C) لمدة (30 min) ونسبة حوض (1:100) باستخدام صباغ معلق (Terasil brown) بتركيز (1%) وبإضافة القليل من الغليسرين وضبط pH عند (4-5) باستخدام حمض الخل، فقد تم إدخال العينات إلى حوض الصبغة عند درجة حرارة الغرفة ومن ثم رفع درجة الحرارة بمعدل ($2^{\circ}\text{C}/\text{min}$) حتى (100°C)، إذ استمرت عملية الصبغة (30 min) عند هذه الدرجة، ثم غُسلت العينات بالماء وجُففت في هواء الغرفة، كما تمت صبغة عينة غير معالجة بنفس الصباغ ونفس التركيز ونسبة الحوض بالطريقة التقليدية وذلك باستخدام الأوتوغلاف تحت ضغط عالٍ (0.16 MPa) ودرجة حرارة عالية (130°C) [21، 22].

3-5- الاختبارات:

3-5-1- توصيف مورفولوجية سطح الألياف:

يوضح الشكل (2) صور العينات قبل المعالجة وبعدها، إذ لم تُلاحظ اختلافات في المورفولوجية، ولكن يمكن ملاحظة أن العينة المعالجة كانت تملك شوائب أقل على سطح أليافها، وذلك يعود إلى أن المعالجة ببلازما الأرجون تساهم في تنظيف سطح المادة المعالجة [23].

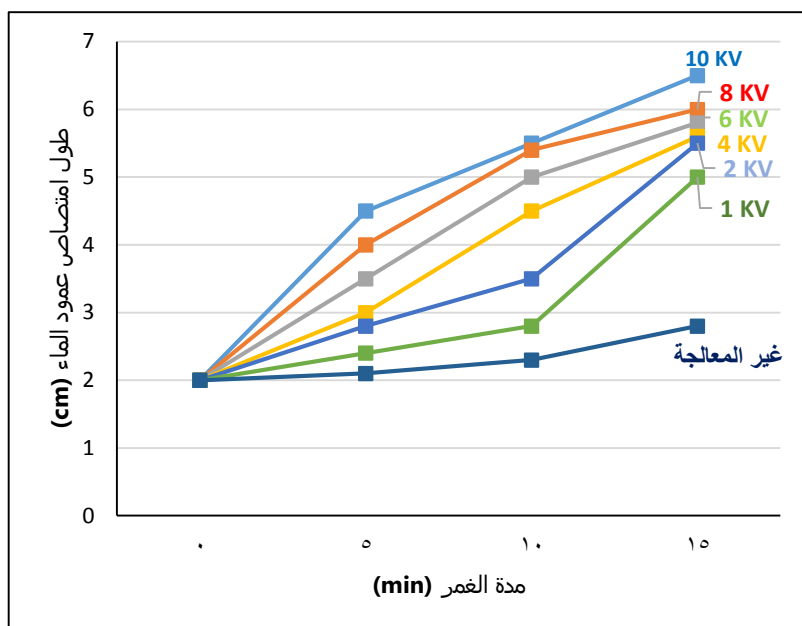


الشكل (2): صور المجهر الإلكتروني الماسح SEM لسطح العينات: (a) غير المعالجة، (b) المعالجة ببلازما الأرجون

3-5-2- تأثير الجهد والتردد على قابلية امتصاص الماء:

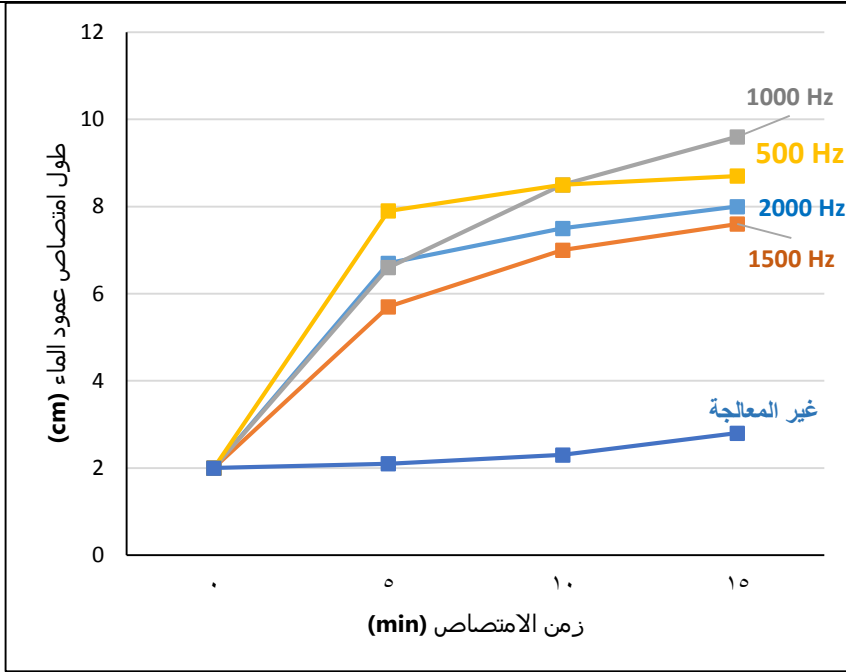
تمت دراسة تأثير كل من الجهد والتردد على قابلية البلل للعينات المعالجة من خلال تحديد طول امتصاص عمود الماء، إذ عند دراسة تأثير الجهد تم تثبيت قيمة التردد عند (500 Hz) ومدة المعالجة عند (1 min) وتغيير قيمة الجهد، وعند دراسة تأثير التردد تم تثبيت قيمة الجهد عند (10 KV) ومدة المعالجة عند (1 min) وتغيير قيمة التردد.

يبين الشكلان (3) و(4) نتائج اختبار الامتصاص العمودي للماء الذي تم وفق المواصفة (AATCC TM 197) (1997).



الشكل (3): نتائج تأثير الجهد على طول امتصاص الماء للعينات المعالجة بالبلازما وغير المعالجة

معالجة قماش البوليستر ببلازما الأرجون لتحسين قابليته للبلل والصباغة بالأصبغة المعلقة

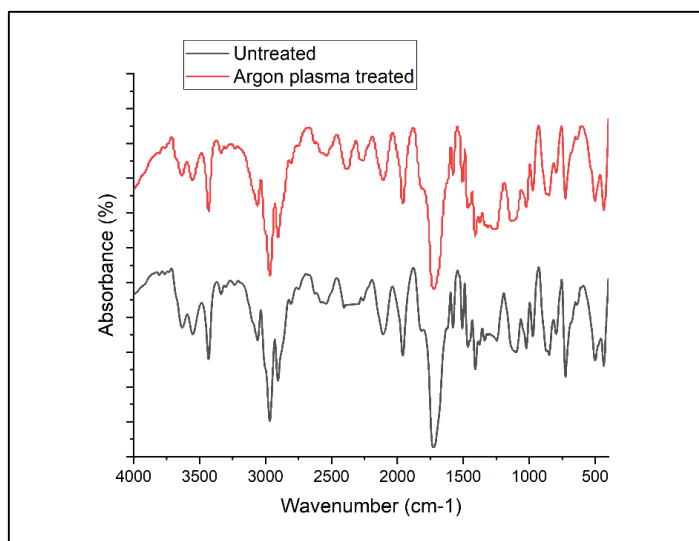


الشكل (4): نتائج تأثير التردد على طول امتصاص الماء للعينات المعالجة بالبلازما وغير المعالجة

يمكن ملاحظة أن طول امتصاص الماء في العينات المعالجة (ضمن المجال المدروس لكل من الجهد والتردد) يزداد مع زيادة الجهد المطبق، وبالنسبة لتأثير التردد على قابلية البلل، كانت أكبر قابلية للبلل عند (1000 Hz)، ويمكن تفسير ذلك بأن القابلية للبلل تزداد مع زيادة الجهد المستخدم في المعالجة، إذ تسبب الأبخار النانوية المتشكلة بعد البلازما ذات التردد (500 Hz) انخفاضاً في الضغط الشعري والذي يسبب زيادة في قابلية البلل للقماش، ولكن عند قيم تردد أعلى من (500 Hz) فإن البلل ينخفض نظراً للحجم الشعري الأكبر الناتج عن الأبخار الأكبر المتشكلة بعد المعالجة [24]. كما أن زيادة التردد من (500 Hz) إلى (2000 Hz) يزيد من احتجاز الجزيئات النشطة من الغاز داخل منطقة البلازما وهذا يؤثر على تأينها [3]، ويتباطأ تشكيل مواقع جديدة ويتناقص التأثير الناتج في القابلية للبلل [25].

3-5-3- تأثير البلازما على البنية الكيميائية للألياف:

يظهر الشكل (5) والجدول (3) أطياف FTIR للعينة غير المعالجة والعينة المعالجة ببلازما الأرجون لمدة (1 min) عند جهد (10 KV) وتردد (500 Hz)، ويمكن ملاحظة أنه لا يوجد قمم جديدة بعد المعالجة، ولا يوجد تغير ملحوظ في طول القمم قبل المعالجة وبعدها، وبكل الأحوال فإن المعالجة بالبلازما تعدل فقط السطح العلوي من العينة على عمق بضع نانومتترات، وتقنية FTIR ليست التقنية الأنسب لفحص طبقة رقيقة جداً والنسب المئوية للتحليل العنصري. ونحتاج إلى تقنيات أكثر تعقيداً لتحليل كيمياء السطح للمواد المعالجة بالبلازما [26].



الشكل (5): أطياف FTIR للعينة غير المعالجة والمعالجة

الجدول (3): قمم الروابط في أطياف FTIR للعينات

العدد الموجي (cm^{-1})		الرابطة
العينة غير المعالجة	العينة المعالجة ببلازما الأرجون	
1720.219	1735.647	C=O
1243.881-1336.448	1247.738	C-O
1409.731	1411.66	Aromatic ring

معالجة قماش البوليستر ببلازما الأرجون لتحسين قابليته للبلل والصبغة بالأصبغة المعلقة

1022.104	1025.96	O=C-O-C ester
725.1149	727.0435	Aromatic C-H
3436.582	3432.725	-OH

كما تم اختبار العينات باستخدام جهاز مطيافية الأشعة السينية X-Ray Energy-Dispersive Spectroscopy (EDX) لمعرفة نسبة كل من الكربون والأكسجين في العينات، حيث يستخدم هذا الجهاز من أجل تحليل العناصر لمعرفة الخصائص الكيميائية للعينات، فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (4). ويمكن ملاحظة انخفاض نسبة عنصر الكربون وازدياد نسبة عنصر الأكسجين في العينة المعالجة بالبلازما، والذي يساعد في زيادة قابلية امتصاص القماش للماء.

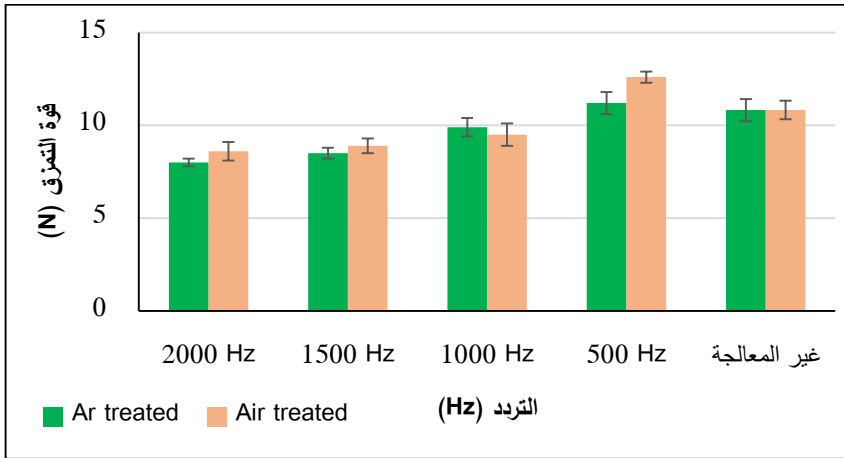
الجدول (4): النسب المئوية للكربون والأكسجين الناتجة عن تحليل EDX لسطح العينات

النسبة المئوية للعنصر في العينة %		العنصر
العينة المعالجة ببلازما الأرجون	العينة غير المعالجة	
64.52	64.9	C
35.48	35.1	O

3-5-4- تأثير البلازما على قوة تمزق القماش:

تم هذا الاختبار باستخدام جهاز (Elmatar) حسب المواصفة القياسية (ASTM D1424) (21)، يتألف الجهاز من فكين (فك ثابت وفك متحرك). يجري الاختبار بعد تثبيت العينة بين فكي الجهاز وإنشاء شق أولي على طول العينة بمقدار (2 cm)، ويتم تحديد قوة التمزق لثلاث عينات لكل من القماش المعالج والقماش غير المعالج، وأخذ المتوسط الحسابي لها.

تم دراسة تأثير المعالجة عند جهد (10 KV) وقيم تردد مختلفة، وبين الشكل (6) قيم قوة التمزق، ويُلاحظ أن قوة التمزق زادت عند التردد (500 Hz) وانخفضت عند القيم الأعلى للتردد. ويمكن تفسير ذلك بأن تنشيط السطح بالبلازما يمكن أن يؤثر على بنية القماش قليلاً والذي يسبب انخفاضاً في قوة التمزق [28].



الشكل (6): نتائج اختبار قوة التمزق للعينات المعالجة عند (10 KV) وقيم مختلفة للتردد

3-5-5-اختبار قوة اللون والقياسات اللونية بعد الصباغة:

تم في هذا الاختبار تحديد الثوابت اللونية وقيم التدرج الرمادي (Grey scale) للعينات المصبوغة باستخدام برنامج ImageJ عند طول الموجة الأعظمي (600 nm)، وذلك موضح في الجدول (5)، إذ أن العينات المصبوغة بعد المعالجة بالبلازما كانت ذات ظلال لونية أعمق عموماً من العينة المصبوغة تقليدياً، وكانت هذه الظلال اللونية متقاربة عند القيم المختلفة للتردد، وعموماً، يمكن تفسير قوة اللون الأكبر في العينات المصبوغة بعد المعالجة بسبب زيادة مساحة السطح الفعال للألياف وبالتالي زيادة كمية الصباغ التي تتغلغل إلى القماش [27].

معالجة قماش البوليستر ببلازما الأرجون لتحسين قابليته للبلل والصباغة بالأصبغة المعلقة

الجدول (5): قيم الثوابت اللونية والتدرج الرمادي للعينات المعالجة ببلازما الأرجون

Gray scale	Blue	Green	Red	العينة
247.528	248.315	247.000	248.339	العينة المرجعية غير المصبوغة
156.650	71.319	137.346	227.087	العينة غير المعالجة المصبوغة تقليدياً
144.980	49.166	120.762	229.075	العينة المصبوغة بعد المعالجة عند 10 KV و 500 Hz
160.599	38.388	140.332	247.046	العينة المصبوغة بعد المعالجة عند 10 KV و 1000 Hz
140.801	50.774	117.111	221.650	العينة المصبوغة بعد المعالجة عند 10 KV و 1500 Hz
151.127	38.581	126.815	241.802	العينة المصبوغة بعد المعالجة عند 10 KV و 2000 Hz

وبشكل عام، فإن المعالجة ببلازما الأرجون حسنت من قابلية صباغة عينات البوليستر بالصباغ المعلق، وذلك يتوافق مع النتيجة التي حصل عليها الباحثون في المرجع [15]، إذ أعطت المعالجة ببلازما الأرجون نتيجة متشابهة في تحسين قابلية الصباغة والطباعة بصباغ حمضي لألياف البوليستر PET.

3-5-6- اختبار ثبات الصباغ تجاه الغسيل:

تمت عملية الغسيل وفق المواصفة (ISO 105 C01)، وكان محلول الغسيل يحوي صابون (5 g/l) عند (pH = 7) مع استخدام نسبة حوض (1:50) لمدة (30 min) عند درجة حرارة (40 ± 2°C)، وبعد الغسيل تم تجفيف العينات في الهواء الطلق.

ويوضح الجدول (6) أن ثباتية الصباغ من حيث كل من درجة تغير اللون ودرجة التلطix للعينات المصبوغة بعد المعالجة لا تختلف عن ثباتية الصباغ في العينة المصبوغة تقليدياً، والتي تعتبر جيدة، حيث تعبر الدرجة (5) عن ثباتية عالية للصباغ تجاه الغسيل بالنسبة لكل من درجة التلطix ودرجة تغير اللون.

الجدول (6): نتائج اختبار ثباتية الصباغ تجاه الغسيل للعينات

درجة التلطix	درجة تغير اللون	العينة
5	5	غير المعالجة المصبوغة تقليدياً
5	5	المصبوغة بعد المعالجة عند 10 KV و 500 Hz
5	5	المصبوغة بعد المعالجة عند 10 KV و 1000 Hz
5	5	المصبوغة بعد المعالجة عند 10 KV و 1500 Hz
5	5	المصبوغة بعد المعالجة عند 10 KV و 2000 Hz

3-5-7- مقدار التوفير في الطاقة:

يتم حساب نسبة التوفير بالقانون الآتي:

$$\text{نسبة التوفير} = \frac{\text{الاستهلاك بطريقة الصباغة التقليدية} - \text{الاستهلاك بطريقة الصباغة بالبلازما}}{\text{الاستهلاك بطريقة الصباغة التقليدية}} \times 100\%$$

ويتم حساب الاستهلاك بالقانون الآتي:

$$\text{الاستهلاك} = \text{الطاقة (Watt)} \times \text{الزمن (hour)}$$

بالنسبة للعيونة غير المعالجة المصبوغة بالطريقة التقليدية باستخدام جهاز الأوتوغلاف ذي الضغط العالي (0.165 MPa) والحرارة العالية (125°C) والطاقة (1600 W)، كان الاستهلاك:

$$\text{الاستهلاك} = 1600 \text{ (W)} \times \frac{30}{60} \text{ (hour)} = 800 \text{ (W.hour)}$$

في حين بالنسبة للعيونة المعالجة بالبلازما والمصبوغة عند الضغط الجوي ودرجة الغليان، كانت أقصى طاقة مستهلكة بجهاز بلازما DBD = الجهد × التيار = 10 (KV) × 10 (mA) = 100 (W).

$$\text{فيكون الاستهلاك} = 100 \text{ (W)} \times \frac{1}{60} \text{ (hour)} = 1.6 \text{ (W. hour)}$$

ويضاف إليه الاستهلاك في السخان الكهربائي أثناء الصبغة في عملية الغليان = 400 (W. hour)

فيكون الاستهلاك الأقصى عند الصبغة بطريقة البلازما = 401.6 (W. hour)

$$\text{وبالتالي التوفير في الطاقة} = \frac{800 - 401.6}{800} \times 100\% = 49.8\%$$

4- الاستنتاجات:

في هذا البحث تم تنشيط سطح قماش البوليستر باستخدام بلازما الأرجون عن طريق جهاز بلازما الحاجز العازل (DBD) لتحسين قابليته للصبغة بالأصبغة المعلقة، حيث أجريت عملية الصبغة للعيونة المعالجة عند درجة الغليان والضغط الجوي من دون استخدام الأوتوغلاف، وتمت دراسة تأثير المعالجة في كل من عمق لون الصباغ وثباتيته تجاه الغسيل، حيث أعطت العينات المعالجة ثباتاً جيداً للصبغ تجاه الغسيل مشابهاً لثبات الصباغ في العينة المصبوغة تقليدياً بالأوتوغلاف، كما كانت ذات لون أعمق من العينة المصبوغة تقليدياً. كما تمت دراسة تأثير عملية المعالجة على التركيب الكيميائي لسطح القماش باستخدام جهاز مطيافية الأشعة

تحت الحمراء (FTIR)، إذ زاد عدد المجموعات الوظيفية المحبة للماء في الألياف السطحية، والتي زادت من قابلية سطح القماش للبلل وبالتالي من كمية جزيئات الصباغ الداخلة للألياف. وبين اختبار قوة تمزق القماش أن المعالجة أثرت على قوة التمزق للقماش بشكل إيجابي عند التردد (500 Hz) في حين انخفضت قوة التمزق قليلاً عند القيم الأعلى للتردد.

وبشكل عام، يمكن القول إن هذا البحث وفر إمكانية الصباغة بالأصبغة المعلقة عند درجة حرارة الغليان والضغط الجوي من دون استخدام جهاز الأوتوغلاف، وبالتالي وفر هذا البحث فائدة اقتصادية من حيث تقليل الطاقة المستهلكة، وكانت نسبة التوفير (49.8%).

5- التوصيات:

نوصي باستخدام أنواع أخرى مختلفة من الغازات ودراسة تأثير استخدامها في معالجة قماش البوليستر مثل النتروجين، ودراسة تراكيز مختلفة من الصباغ، ودراسة تأثير متغيرات أخرى في جهاز البلازما (مثل المسافة بين العوازل ومدة المعالجة ونوع العوازل وثخانتها) في تعديل سطح القماش، والتوصل إلى البارامترات الأفضل لمعالجة سطح القماش للحصول على لون أعمق للصباغ وثبات أفضل تجاه الغسيل.

6- المراجع:

1. المصطفى. حلا، سفور. زياد، يوسف. خلدون، دراسة تأثير بعض عمليات المعالجة النهائية للأقمشة (مضادة للبلل ومقاومة للهب) في بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية للأقمشة، مجلة جامعة البعث، 2024، 46 (2).
2. العلي. ونام، سفور. زياد، سلوم. صقر، دراسة تأثير معالجة قماش القطن ببلازما الأكسجين في عملية صباغته بصباغ مباشر، مجلة جامعة البعث، 2023، 45 (7).
3. Samanta, K.K., et al., *Hydrophobic functionalization of cellulosic substrate by tetrafluoroethane dielectric barrier discharge plasma at atmospheric pressure*. Carbohydrate Polymers, 2021. 253: p. 117272.

4. Kulkarni, S., *Plasma assisted polymer synthesis and processing*, in *Non-Thermal Plasma Technology for Polymeric Materials*. 2019, Elsevier. p. 67–93.
5. Bhat, N., et al., *Surface modification of cotton fabrics using plasma technology*. *Textile Research Journal*, 2011. **81**(10): p. 1014–1026.
6. سلوم. صقر، نداف. منذر، عاقل. محمد، فيزياء البلازما وتطبيقاتها منشورات هيئة الطاقة الذرية، 2010.
7. Choudhary, U., E. Dey, et al., *A brief review on plasma treatment of textile materials*. *Advance Research in Textile Engineering*, 2018. **3**(1): p. 1–4..
8. Morent, R., et al., *Non-thermal plasma treatment of textiles*. *Surface and coatings technology*, 2008. **202**(14): p. 3427–3449.
9. Mohamed, H. and A.A. EL-HALWAGY, *Plasma-based Nanotechnology for Textile Coating*. *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science*, 2021. **18**(1): p. 11–31.
10. Jelil, R.A., *A review of low-temperature plasma treatment of textile materials*. *Journal of materials science*, 2015. **50**(18): p. 5913–5943.
11. Shishoo, R., *Plasma technologies for textiles*. . 2007: Elsevier.
12. Samanta, K.K., et al., *Effect of plasma treatment on physico-chemical properties of cotton*. *International Journal of Engineering Research*, 2014. **3**(3).
13. Ubaid, U.R.E. and A. Danish, *An Update on the Technology and Application of Plasma Treatment for Textiles*, 2011, University of Borås/Swedish School of Textiles.

14. Demir, A., et al. *New Possibilities of Raw Cotton Pre-treatment before reactive dyeing*. in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. IOP Publishing.
15. Salem, A.A. and N.N. Morgan, *Modification of polyester and polyamide fabrics by atmospheric pressure glow discharge plasma*. *Polymers from renewable resources*, 2014. **5**(3): p. 115-137.
16. Kim, T.N.T., et al., *The effect of DBD plasma activation time on the dyeability of woven polyester fabric with disperse dye*. *Polymers*, 2021. **13**(9): p. 1434.
17. Nasadil, P. and P. Benešovský, *Plasma in textile treatment*. *Chem. Listy*, 2008. **102**: p. s1486-s1489.
18. Azeem, M., et al., *Hydrophilization of polyester textiles by nonthermal plasma*. *Autex Research Journal*, 2021. **21**(2): p. 142-149.
19. Shuiliang, Y., et al., *Characterization of catalyst-supported dielectric barrier discharge reactor*. *The Open Catalysis Journal*, 2009. **2**(1).
20. Chiper, A.S., et al., *Atmospheric pressure plasma produced inside a closed package by a dielectric barrier discharge in Ar/CO₂ for bacterial inactivation of biological samples*. *Plasma Sources Science and Technology*, 2011. **20**(2): p. 025008.
21. الميرداس. لينا، دراسة تأثير استخدام طاقة الميكروويف في عمليات تجهيز وصباغة بعض المواد النسيجية، 2019، جامعة البعث.

22. ضفاف. عثمان، سفور. زياد، سلمان. نصر، تقانة الصباغة - الجزء العملي. 2010: منشورات جامعة البعث.
23. Zille, A., F.R. Oliveira, and A.P. Souto, *Plasma treatment in textile industry*. Plasma processes and Polymers, 2015. **12**(2): p. 98–131.
24. Senthikumar, P. and T. Karthik, *Effect of argon plasma treatment variables on wettability and antibacterial properties of polyester fabrics*. Journal of The Institution of Engineers (India): Series E, 2016. **97**: p. 19–29.
25. Dixit, D., et al., *Influence of Ar plasma treatment on the wetting behavior of pharmaceutical powders*. Advanced Powder Technology, 2018. **29**(12): p. 2928–2940.
26. Yilma, B.B., J.F. Luebben, and M.G. Tadesse, *Effect of plasma surface modification on comfort properties of polyester/cotton blend fabric*. Materials Research, 2021. **24**: p. e20210021.
27. Liu, X., Y. Ning, and F. Wang, *Processing methods of polyester fibers with deep-coloring*. Chemical Fibers International, 2012. **62**(1): p. 37.
28. Rosace, G., R. Canton, and C. Colleoni, *Plasma enhanced CVD of SiO_xCyHz thin film on different textile fabrics: Influence of exposure time on the abrasion resistance and mechanical properties*. Applied Surface Science, 2010. **256**(8): p. 2509–2516.